

ISSN 2520-2227

# ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ

Бахши Таҳқиқотҳои муҳандисӣ

1 (65) 2024

---



**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК**  
Серия: Инженерные исследования

**POLYTECHNIC BULLETIN**  
Series: Engineering studies



# ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ БАХШИ ТАҶҚИҚОТҶОИ МУҲАНДИСИ

ISSN  
2520-2227

**1(65)**  
**2024**



МАҶАЛЛАИ ИЛМӢ – ТЕХНИКӢ

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

Published since January 2008

Ба рӯйхати нашрияҳои тақризии ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон дохил карда шудааст.  
Включен в Перечень рецензируемых изданий ВАК при Президенте Республики Таджикистан

Маҷалла дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қайд гирифта шудааст  
№ 0261 / ЖР аз 18 январи соли 2017  
Индекс обуна 77762

РАВИЯИ ИЛМИИ МАҶАЛЛА	НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЖУРНАЛА	SCIENTIFIC DIRECTION
05.14.00 Энергетика 05.16.00 Металлургия ва маводшиносӣ 05.17.00 Технологияи кимиёвӣ 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
Маҷалла дар шохиси иқтибосоварии Россия қайд гардидаст	Журнал включен в РИНЦ	The journal is included in the Russian Science Citation Index

Нишонӣ	Адрес редакции	Editorial office address
734042, г. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10А Тел.: (+992 37) 227-04-67	734042, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10А Тел.: (+992 37) 227-04-67	734042, Dushanbe, Avenue of Academics Radjabovs, 10A Tel.: (+992 37) 227-04-67

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК**  
СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**POLYTECHNIC BULLETIN**  
SERIES: ENGINEERING STUDIES

**ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ**

**САРДАБИР**

**Қ.Қ. ДАВЛАТЗОДА**

доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор

**Р.Т. АБДУЛЛОЗОДА**

н.и.т., дотсент, муовини сармухаррир

**Ш.А. БОЗОРОВ**

н.и.т., дотсент, муовини сармухаррир

**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 (Федерацияи Россия)

**Р.А. ДАВЛАТШОЕВ**

н.и.т., дотсент

**М.Ю. ЮНУСОВ**

н.и.т., и.в. дотсент

**Р.САЛОМЗОДА**

н.и.т., дотсент

**Д.Н. НИЗОМОВ**

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

**И. КАЛАНДАРБЕКОВ**

д.и.т., и.в. профессора

**А. Г. ГИЯСОВ**

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

**Н.Н. ҲАСАНОВ**

доктори меъморӣ, и.в. профессор

**Р.С. МУҚИМОВ**

доктори меъморӣ, профессор

**Ҷ.Ҳ. САИДЗОДА**

доктори илмҳои техникӣ, профессор

**Р.Ҳ. РАСУЛОВ**

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

**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

**Дж.Н. НИЗОМОВ**

член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

**И. КАЛАНДАРБЕКОВ**

д.т.н., и.о. профессора

**А. Г. ГИЯСОВ**

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

**Н.Н. ХАСАНОВ**

доктор архитектуры, и.о. профессора

**Р.С. МУКИМОВ**

доктор архитектуры, профессор

**Дж.Х. САИДЗОДА**

д.т.н., профессор

**Р.Ҳ. 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>6</b>
<i><b>БАҲОДИҲИИ ИҚТИДОРИ ЗАХИРАҲОИ ЭНЕРГИЯИ ОҒТОБӢ ДАР ҲУДУДИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН</b></i> .....	<b>6</b>
С.Р. Ниёзӣ, Б.С. Ҷамолзода, Ф.О. Исмоилов, С.Г. Гулмуродзода, Х.С. Саидзода .....	6
<i><b>АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ</b></i> .....	<b>11</b>
Дж.С. Ахъеев <sup>1</sup> , М.Х. Сафаралиев <sup>2</sup> , Дж.Б. Рахимзода <sup>1</sup> , У.У. Косимов <sup>1</sup> , Ш.А. Бобозода <sup>1</sup> .....	11
<i><b>БАҲОДИҲИИ ИСТИФОДАБАРИИ ЭНЕРГИЯИ ОҒТОБ БАРОИ ЭЛЕКТРОТАЪМИНКУНИИ ИСӢМОЛКУНАНДАГОНИ АВТОНОМӢ ТАВАССУТИ ТАТБИҚИ КОМПЛЕКСҲОИ ЭНЕРГЕТИКӢ</b></i> .....	<b>22</b>
Ф.О. Исмоилов, С.Г., Гулмуродзода, Х.С. Саидзода, Б.С. Ҷамолзода .....	22
<i><b>ЛИКВИДАЦИЯ ОДНОФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ДВУХЦЕПНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ</b></i> .....	<b>28</b>
С.Г. Гулмуродзода, Ф.О. Исмоилов, Х.С. Саидзода, Б.С. Ҷамолзода, .....	28
С.Р. Ниёзи, М.М. Саидзода .....	28
<i><b>ТАҲЛИЛИ САМАРАНОКИИ ИСТИФОДАБАРИИ ЧАРОҒҲОИ СВЕТОДИОДӢ ВА ЧАРОҒҲОИ НАМУДИ ДNaT ДАР СИСТЕМАИ РӢШНОДИҲИИ КӢЧАҲО</b></i> .....	<b>34</b>
Б.С. Ҷамолзода, Ф.О. Исмоилов, С.Г. Гулмуродзода, Х.С. Саидзода .....	34
<i><b>ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СИСТЕМ АПК В ЦИФРОВОМ РЕЖИМЕ</b></i> .....	<b>39</b>
В.Н. КАРПОВ <sup>1</sup> , З.Ш. ЮЛДАШЕВ <sup>2</sup> .....	39
<i><b>РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ПВК MATLAB/SIMULINK И ЕЕ ВЕРИФИКАЦИЯ</b></i> .....	<b>45</b>
М.З. Одинабеков <sup>1</sup> , Ш.Н. Сидиков <sup>1</sup> , М.М. Вохидов <sup>2</sup> .....	45
<i><b>СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ИНТЕГРАЦИИ В НЕЁ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ</b></i> .....	<b>50</b>
Н. Хасанзода, М.И. Сафаров .....	50
<i><b>ОПТИМАЛЬНОЕ ДОЛГОСРОЧНОЕ ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РОГУНСКОЙ ГЭС</b></i> .....	<b>58</b>
Раджабов М.Ш., Султонов Ш.М. ....	58
<b>МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАВОДШИНОСӢ - МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ - METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE</b> .....	<b>65</b>
<i><b>ВЛИЯНИЕ ГАЛЛИЯ, ИНДИЯ И ТАЛЛИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВО-БЕРИЛЛИЕВОГО СПЛАВА AlBe1</b></i> .....	<b>65</b>
Р.Д. Исмонов, А.М. Сафаров, С.С. Раджабалиев, С.Т. Бадурдинов .....	65
<i><b>ГАРМИҶУНҶОИШ ВА ТАҒЙИРӢБИИ ФУНКСИЯҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ХӢЛАИ АЛЮМИНИЙ АЖ2.4М5.3Мg1.1Ц4Kp3 ВОБАСТА АЗ ҲАРОРАТ</b></i> .....	<b>69</b>
Давлатов О., Фаниев И.Н., Раҷабалиев С.С., Бадурдинов С.С. ....	69
<i><b>ПЕШҶӢИИ ДИАГРАММАҲОИ ҲОЛАТИ ТИЛЛО БО БАӢЗЕ ЭЛЕМЕНТҲОИ ҶАДВАЛИ ДАВРӢ</b></i> .....	<b>74</b>
Мирзоева Б.М. ....	74
<i><b>INFLUENCE OF IRON ON THE SPECIFIC HEAT CAPACITY AND HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF ZINC-ALUMINUM ALLOY Zn55Al</b></i> .....	<b>79</b>
J.N. Aliev, Z.F. Narzulloev, I.N. Ganiev .....	79
<i><b>ВОБАСТАГИИ ҲАРОРАТИИ ИҚТИДОРИ ГАРМӢ ВА ФУНКСИЯҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ХӢЛАИ НОҚИЛИИ АЛЮМИНИЙИ AlTi0.1 БО БАРИЙ</b></i> .....	<b>83</b>
Фаниев И.Н., Зокиров Ф.Ш., Файзуллоев Р.Ҷ. ....	83



<b>ТАДҚИҚОТИ ТАҶРИБАВИИ РАВАНДИ ХОТИМАКОРИИ АБРАЗИВИИ МАРКАЗГУРЕЗ.....</b>	<b>92</b>
И. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев, Т.А. Хочаев .....	92
<b>ТЕХНОЛОГИЯИ КИМИЁВӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY .....</b>	<b>97</b>
<b>ОМУӢЗИШИ ТАРКИБИ МИНЕРАЛОГӢ, ХИМИЯВӢ ВА РАВАНДИ СИАНИДКУНИИ ТИЛЛО АЗ МАӢДАНИ МАВЗЕИ ЧУЛБОЙ .....</b>	<b>97</b>
А.И. Шамсиддинов, Ш.Р. Самихов .....	97
<b>КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ СЕРЕБРА (I) С N, N'-ДИЭТИЛТИОМОЧЕВИНОЙ В ВОДНО-ДИМЕТИЛФОРМАМИДНЫХ И ВОДНО-ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДНЫХ РАСТВОРАХ .....</b>	<b>103</b>
Кудратуллоев Ё.К. ....	103
<b>ИЗОТЕРМАИ ФАЗАҲОСИЛШАВӢ ДАР СИСТЕМАИ Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>//SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-H<sub>2</sub>O БАРОИ 298 К.....</b>	<b>108</b>
Н.В. Олимҷонова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев .....	108
<b>ПРОЦЕСС МОДЕЛИРОВАНИЯ АЗОТНОКИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАРОР.....</b>	<b>112</b>
Г.Н. Солехова, Ш.Р. Самихов, Н. Шерматов.....	112
<b>ТАҲЛИЛИ СИФАТӢ ВА МИҚДОРИИ КИСЛОТАҲОИ ТАРКИБИ НАМУНАҲОИ ТАҲҚИҚШАВАНДАИ РАВҒАНИ ЗАҒИР</b>	<b>118</b>
Чураҳонзода Р.Ҷ., Назаров Ф.Х., Маҳмудзода Т.М. ....	118
<b>НАҚЛИЁТ - ТРАНСПОРТ - TRANSPORT .....</b>	<b>124</b>
<b>УСУЛИ ТАҲҚИҚИ МУТОБИҚАТИ АВТОМОБИЛҲО БАРОИ ИСТИФОДАБАРИ ДАР ШАРОИТҲОИ ЭКСТРЕМАЛИ .....</b>	<b>124</b>
Давлатшоев Р.А., Мажитов Б.Ж. ....	124
<b>ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ПОВЫШЕНИЯ ПРОБЕГА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНЫ .....</b>	<b>129</b>
Умирзоков А.М., Джобиров Ф.И., Бердиев А.Л. ....	129
<b>ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ И ОСЕВЫХ НАГРУЗОК НА АВТОДОРОГАХ ТАДЖИКИСТАНА .....</b>	<b>134</b>
С.Б. Мирзозода, Ф.С. Мирзоев .....	134
<b>МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕМОНТИРУЕМЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....</b>	<b>142</b>
Саидзода Р.Х., Умирзоков А.М. ....	142
<b>РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ПО СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМИ АКТИВАМИ .....</b>	<b>146</b>
Мирзозода С.Б., Красиков О.А., Косенко И.Н. ....	146
<b>МАСЪАЛАИ ВОРИДСОЗИИ ТЕХНОЛОГИЯҲОИ ИТТИЛОТӢ ДАР ТАНЗИМИ ДАВЛАТИИ ҲАРАКАТИ ВОСИТАҲОИ НАҚЛИЁТИ МУСОФИРБАРИ ШАҲРӢ.....</b>	<b>153</b>
Исмоилов М.И <sup>1</sup> ., Саидзода М.Р <sup>1</sup> ., Расулов Ф.С <sup>2</sup> .....	153
<b>НАҚШ ВА АҲАМИЯТИ ЛОГИСТИКАИ НАҚЛИЁТӢ ДАР РУШДИ ИҚТИСОДИЁТИ МАМЛАКАТ .....</b>	<b>160</b>
Низомзода Ф.Н. ....	160
<b>СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE.....</b>	<b>163</b>
<b>ТАМОЮЛҲОИ МУОСИР ДАР САНӢАТИ БАДЕЙ ВА МЕЪМОРӢ - ОРОИШИ ДОХИЛИ БИНОҲОИ ЧАМӢИЯТӢ .....</b>	<b>163</b>
<b>(ДАР МИСОЛИ ДУШАНБЕ) .....</b>	<b>163</b>
Шерматов М.У. ....	163
<b>КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В ВИДЕ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК .....</b>	<b>169</b>
Набизода М.Ш. ....	169

<b><u>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИТО-ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД</u></b> .....	<b>175</b>
Марина П., Марамов М.Б., Калдандарбеков И.И., .....	175
Собиров М.С., Ходжибоев Д.Д., Ходжиев С.К., Содикзода Т.Х. ....	175
<b><u>ИСТИФОДАБАРИИ ПАРТОВҲО, ҲАМЧУН САРЧАШМАИ БАДАСТОРИИ ГЛАЗУР БАРОИ ИСТЕҲСОЛИ МАСНУОТҲОИ САФОЛӢ</u></b> .....	<b>181</b>
Ќуракулов М.Р., Мирчамолов А.М., Саидов Х.Ҳ, .....	181
<b><u>ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВО ЦЕМЕНТА</u></b> .....	<b>185</b>
Акрамов А. А. ....	185
<b><u>ВОПРОСЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ГРАДОСТРОИТЕЛЬНО-ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ЖИЗНЕСТОЙКОСТИ ГОРОДОВ И РАЙОНОВ ТАДЖИКИСТАНА</u></b> .....	<b>189</b>
Рахматуллозода Ш.И., Рахматуллаева Н.И. ....	189
<b><u>ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУЛЬФОФЕРРИТНОГО КЛИНКЕРА</u></b> .....	<b>195</b>
Акрамов А.А., Ашуров И.Ш., Муминов И.С., Саидов Р.Р. ....	195
<b><u>ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОЙ ОБДЕЛКИ И ЦЕМЕНТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ</u></b> .....	<b>200</b>
<b><u>СТРОИТЕЛЬНОГО ТОННЕЛЯ СТ-4 РОГУНСКОЙ ГЭС</u></b> .....	<b>200</b>
Саидов М.Х <sup>1</sup> ., Сулеймонова М.А <sup>1</sup> ., Хасанов М.Н <sup>2</sup> .....	200
<b><u>ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ СОЛЕЙ И ГРУНТОВЫХ ВОД В ДРЕВНИХ СООРУЖЕНИЯХ</u></b> .....	<b>208</b>
Джуракулов М.Р., Саидзода Дж. Х., Мирджамолов А., Саидов Х.Х. ....	208
<b><u>ВЫБОР КРЕПИ УЧАСТКА РАЗВЕТВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ТОННЕЛЯ СТ-4 РОГУНСКОЙ ГЭС</u></b> .....	<b>212</b>
Сулейманова М.А <sup>1</sup> ., Хасанов М.Н <sup>2</sup> .,Алимардонов А.М <sup>1</sup> ., Саидов С.А <sup>1</sup> . ....	212
<b><u>ТАҲЛИЛИ САНЪАТИ ПЛАСТИКӢ ДАР МЕЪМОРИИ ШАҲРИ ДУШАНБЕ</u></b> .....	<b>220</b>
Эмомова Ф.Ё., Раҷабов Н.У. ....	220
<b><u>ЛОИҲАКАШИИ БИНОҲОИ ЭНЕРГИЯСАМАРАНOK БО ДЕВОРҲО АЗ МАСОЛЕҲҲОИ ТАБИӢ</u></b> .....	<b>224</b>
Хучаев П.С., Саидзода Ҷ. Ҳ., Фанизода Ҷ.Ш., Сафарзода Д.Ф. ....	224
<b><u>ОМИЛҲОИ ТАЪИНОТИИ ТАШКИЛИ МУҲИТИ ДОХИЛАИ МУАССИСАҲОИ МАХСУСИ ТАВОНБАХШӢ</u></b> .....	<b>231</b>
Саидзода Ҷ.Ҳ., Фанизода Ҷ.Ш., Сафарзода Д.Ф. ....	231
<b><u>ТОНКОДИСПЕРСНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОМПЛЕКСЕ С ХИМИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ ДЛЯ ДОРОЖНОГО БЕТОНА</u></b> .....	<b>234</b>
Сайрахмонов Р.Х. Рахматзода А.С. Назиров Я.Г. ....	234



УДК 620.92

## БАҲОДИҲИИ ИҚТИДОРИ ЗАХИРАҶОИ ЭНЕРГИЯИ ОҒТОБӢ ДАР ҲУДУДИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

**С.Р. Ниёзӣ, Б.С. Ҷамолзода, Ф.О. Исмоилов, С.Г. Гулмуродзода, Х.С. Саидзода**

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Барои баҳодиҳии иқтисодии захираҳои энергияи офтобӣ як қатор маводҳои зерин истифода гардидаанд: давомнокии камтарин ва зиёдтарини дурахши (тобиш) нурҳои офтоб, тибқи натиҷаи ҷенкуниҳои стансияҳои обуҳавошиносӣ, шиддатнокии радиатсияи офтоб ва ғайра. Дар натиҷаи таҳқиқот иқтисодии умумӣ, техникаӣ ва аз ҷиҳати иқтисодӣ манфиатнок будани энергияи офтоб дар кишвар муайян гардид. Аз натиҷаи таҳлилҳои гузаронидашуда муайян гардид, ки мамлакат иқтисодии калонро рушди энергетикаи офтобӣ дорои буда, мавриди истифода қарор гирифтани ин иқтисодии мамлакат на танҳо барои бехтар намудани таъминоти аҳоли ба энергия мусоидат менамояд, балки сатҳи зиндагии аҳолии дар ноҳияҳои душворгузари кӯҳии ҷумҳури истиқоматкунанда бехтар мегардад. Аз натиҷагирӣ муайян шуд, ки иқтисодии захираҳои манбаҳои барқароршавандаи энергия (МБЭ), аз он ҷумла энергияи офтоб, ки дар муддати сол ба ҳудуди ҷумҳури ворид мегардад, ҳаҷми истеъмолшавандаи захираҳои энергетикиро зиёд менамояд. Ин ҳолат заминаи хубро барои ба пуррагӣ дохил намудани МБЭ ба мувозинаи сӯзишворӣ - энергетикӣ мамлакат бо мақсади таъмин намудани бехатарии устувории экологии рушди энергетикаи кишварро ба миён меорад.

**Калимаҳои калидӣ:** манбаҳои барқароршавандаи энергия, усулҳои ғайрианъанавӣ, энергияи офтоб, радиатсияи офтоб, иқтисодии офтобӣ, Ҷумҳурии Тоҷикистон.

## ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

**С.Р. Ниёзӣ, Б.С. Ҷамолзода, Ф.О. Исмоилов, С.Г. Гулмуродзода, Х.С. Саидзода**

Для оценки потенциальных ресурсов солнечной энергии, были использованы ряд следующих материалов: наименьшая и наибольшая продолжительность солнечного сияния по результатам измерений метеостанций, интенсивность и потенциал солнечной радиации и т.д. Во время исследования были определены: валовый, технический и экономический целесообразный потенциал солнечной энергии в стране. Исходя из выше проведенных исследований можно сделать вывод, что страна имеет большой потенциал для развития солнечной энергетики. При использовании этих потенциалов страна сможет способствовать не только улучшению энергообеспеченности населения, но и повышению их жизненного уровня, особенно проживающих в труднодоступных горных районах республики. Потенциальные ресурсы возобновляемых источники энергии (ВИЭ), в частности, солнечная энергия, поступающая в течение года на территорию страны, многократно повышают потребляемые объемы энергоресурсов. Это обстоятельство создаёт хорошие предпосылки для масштабного вовлечения ВИЭ в топливно-энергетический баланс страны в целях обеспечения устойчивого экологически безопасного развития энергетике страны.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, солнечная радиация, солнечный потенциал, Республика Таджикистан.

## ASSESSMENT OF POTENTIAL RESOURCES OF SOLAR ENERGY IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

**S.R. Niyozī, B.S. Jamolzoda, F.O. Ismoilov, S.G. Gulmurodzoda, Kh.S. Saidzoda**

To assess the potential resources of solar energy, a number of the following materials were used: the smallest and largest duration of sunny radiance according to the results of measurements of weather stations, the intensity and potential of solar radiation, etc. During the study, gross, technical and economic appropriate potential of solar energy in the country were determined. Based on the above studies, we can conclude that the country has great potential for the development of solar energy. When using these potentials, the country will be able to contribute not only to improve the energy supply of the population, but also to increase their living standards, especially those living in hard-to-reach mountainous regions of the republic. Potential resources of renewable energy sources (renewable), in particular, solar energy that enters the country's territory during the year, repeatedly increase the consumed volumes of energy resources. This circumstance creates good prerequisites for the large-scale involvement of renewables in the country's fuel and energy balance in order to ensure a sustainable environmentally friendly development of the country's energy.

**Key words:** renewable energy sources, solar energy, solar radiation, solar potential, Republic of Tajikistan.

**Вазъи масъалагузорӣ:** таҷрибаи ҷаҳонӣ дар бисёр давлатҳои тараққикарда истифодаи манбаҳои барқароршавандаи энергия (МБЭ), омилҳои асосӣ барои рушди соҳаи энергетика ҳисобида мешавад. Ин тамоюли рушд дар энергетикаи тоҷик низ ба назар мерасад, ки барои иҷрои он як қатор барномаҳо ва қонунҳо дар сатҳи Ҳукумат барои рушди ин соҳа қабул гардидаанд. Иқтисодии захираҳои МБЭ, аз он ҷумла энергияи офтоб, ки дар муддати сол ба ҳудуди ҷумҳури ворид мегардад, ҳаҷми истеъмолшавандаи захираҳои энергетикиро зиёд менамояд. Ин ҳолат заминаи хубро барои ба пуррагӣ дохил намудани МБЭ ба мувозинаи сӯзишворӣ - энергетикӣ мамлакат бо мақсади таъмин намудани бехатарии устувории экологии рушди энергетикаи кишвар ба миён меорад. Аз ин ҷиҳат дар ин мақола масъалаи санҷидани иқтисодии захираҳои энергияи офтобӣ дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон баррасӣ карда мешавад.

Ҷумҳурии Тоҷикистон кишвари кӯҳӣ ва офтобӣ буда, дар минтақаи Осиёи Марказӣ ҷойгир шудааст. Ҳудуди ҷумҳури 141,4 км<sup>2</sup> [1] мебошад. Аз ин ҳудуд 93 % - ро кӯҳҳо ташкил медиҳанд. Тибқи [2] аҳолии ҷумҳури 10078,4 ҳаз. нафарро ташкил медиҳад. Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон 71% аҳоли дар деҳот зиндагӣ менамояд [3].

Чумхурии Тоҷикистон ба туфайли ҷойгиршавии географӣ ва шароити табиӣ иқлимиаш, иқтидорҳои калони МБЭ барои истифодабарӣ дорои мебошад. Мувофиқи [4] МБЭ ба намудҳои сӯзишвории барқарорнашаванда мансуб набуда, инҳо барқарорнашаванда мебошанд, ки доимо мавҷуданд ё ин ки даврӣ дар муҳити атроф аз сели офтоб, бод, обҳои гарми зеризаминӣ, биомасса ва дарёҳо ба вучуд меоянд. МБЭ тибқи қонунгузориҳои Чумхурии Тоҷикистон [4] инҳоянд:

- энергияи офтоб;
- энергияи бодӣ;
- энергияи оби равони табиӣ ва обанборҳо;
- энергияи гармии зеризаминӣ;

- пасмондаҳои ҷӯб, биомасса дар шакли партовҳои саноатӣ, хоҷагии қишлоқ ва ҷангал, хоҷагии коммуналӣ-маишӣ ва партовҳои маишӣ;

МБЭ шартан ба ду гурӯҳ ҷудо карда мешаванд [5].

**Анъанавӣ:** энергияи оби дар нуругоҳҳои оби барқӣ (НОБ)-и иқтидорашон зиёда аз 30 МВт ба энергияи электрикӣ табдил дода мешавад; энергияи биомасса, ки барои ҳосил намудани гармӣ бо усулҳои анъанавӣ сӯхтанӣ (ҳезум, торф ва дигар намудҳои сӯзишвории дар оташдон истифодашаванда); энергияи гармии замин.

**Ғайрианъанавӣ:** энергияи офтоб ва бод, энергияи мавҷи баҳр, маҷрои мадди уқёнус, энергияи оби ки дар НОБ - и хурд ба энергияи электрикӣ табдил дода мешавад, энергияи биомасса, ки барои ҳосил намудани гармӣ бо усулҳои анъанавӣ истифода намешавад, энергияи ҳароратии потенциалаш хурд ва дигар намудҳои “нави” энергияи барқарорнашаванда.

Қайд намудан зарур аст, ин таснифот то андозае шартан буда, он қадар нақши амалии калонро иҷро наменамояд, бо истисноии як лаҳза. Мутобиқи он, энергияи оби ба ду дараҷаи ҳархела ҷудо шудааст ва ба манбаҳои ғайрианъанавӣ барқарорнашавандаи энергия (МФБЭ) ва НОБ иқтидорашон камтар аз 30 МВт дохил гардидаанд. Аз таснифоти МБЭ бар меояд, ки тибқи қонунгузориҳои Чумхурии Тоҷикистон энергияи офтоб ба МФБЭ-е дохил мешавад, ки дертар дида мебароем.

#### **Потенсиали иқтидори энергияи офтоб дар Чумхурии Тоҷикистон**

Тадқиқот нишон дод, ки дар Чумхурии Тоҷикистон истифодаи саноатии иқтидори энергияи офтобӣ вучуд надорад, вале тавре ки дар боло қайд гардида буд, Чумхурии Тоҷикистон аз руи мавҷеи ҷойгиршавии ҷуғрофӣ ва шароити табиӣ иқлими худ яке аз минтақаҳои мувофиқ барои истифодаи энергияи офтоб ба ҳисоб меравад. Стандарт [6] истилоҳот ва мафҳумҳои соҳаи энергетикаи офтобиро муқаррар намуда, дорои стандартҳои зерини тасдиқшудаи давлатӣ мебошад, ки дар қаламрави Чумхурии Тоҷикистон амал менамоянд.

“Энергияи ғайрианъанавӣ”. Энергияи офтобӣ. Истилоҳот ва муқаррарот» бо № СТ ҚТ ГОСТ Р 51594-2010;

- «Энергетикаи ғайрианъанавӣ». Энергияи офтобӣ. Коллекторҳои офтобӣ. Шартҳои умумии техникӣ» бо № СТ ҚТ ГОСТ Р 51595-2010;

- «Энергетикаи ғайрианъанавӣ». Энергияи офтобӣ. Коллекторҳои офтобӣ. Усулҳои санҷиш» бо № СТ ҚТ ГОСТ Р 51596-2010;

- «Энергетикаи ғайрианъанавӣ». Модулҳои фотоэлектрикҳои офтобӣ. Намудҳо ва параметрҳои асосӣ» бо № СТ ҚТ ГОСТ Р 51597-2010.

Чумхурии Тоҷикистон дар байни 36° 40' то 41° 05' арзи шимолӣ ҷойгир буда, тамоми ҳудуди он ба истилоҳ дар «камарбанди офтобии ҷаҳонӣ» (45° аш. - 45° аҷ) қарор дорад. Иқлими континенталӣ бо тағйирёбии назарраси ҳавои шабонарӯзӣ ва мавсимӣ, боришоти кам, ҳавои хушк, кам абрнокӣ ва давомнокии рӯзҳои офтобӣ хос аст. Давомнокии рӯзҳои офтобӣ дар як сол 2100-3166 соат ва шумораи рӯзҳои офтобӣ ба 280-330 рӯз дар як сол баробар аст [7,8]. Тибқи [9-11] давомнокии умумии нурҳои офтоб аз руи натиҷаҳои ҷенкунии баъзе стансияҳои обуҳавошиносӣ чунин аст:

- стансияи обуҳавошиносӣ «Деҳавз» -2097 соат дар як сол (дар болооби дарёи Зарафшон дар баландии 2500 м);

- стансияи обуҳавошиносӣ «Пиряхи Федченко» - 2116 соат дар як сол (дар баландии 4169 м);

- стансияи обуҳавошиносӣ «Панҷ» - 3029 соат дар як сол (дар ҷануби чумхурӣ);

- стансияи обуҳавошиносӣ «Карокул» - 3166 соат дар як сол (дар шарқи чумхурӣ дар Мурғоб).

Ин минтақаҳо барои истифодаи энергияи офтоб бештар мувофиқанд.

Тибқи маълумоти баъзе стансияҳои обуҳавошиносӣ чумхурӣ шумораи рӯзҳои бе офтоб дар ҳудуди Чумхурӣ дар як сол тақрибан 30-60 рӯзро ташкил медиҳад [12].

Ба гуфтаи мутахассисони ин соҳа, шиддати радиатсияи офтобӣ дар аксари манотиқи кишвар то ба 1000 Вт/м<sup>2</sup> ва миқдори солнаи радиатсияи офтоб аз 2000 кВт/м<sup>2</sup> мегузарад.

Дар ин ҳолат миёнаи шуъҳои офтобӣ 700—800 Вт/м<sup>2</sup> ҳисоб карда мешавад. Қайд кардан мумкин аст, ки ин нисбат ба арзи миёнаи Аврупои, ки энергияи офтоб ба таврӣ васеъ истифода мешавад, ду баробар зиёд аст [13].

Бо истифода аз энергияи офтобии дастрас дар Чумхурии Тоҷикистон мо метавонем то 10-20 % талаботи чумхуриро бо энергияи электрикӣ таъмин намоем. Тибқи ҳисобҳои пешакӣ, иқтидори радиатсияи офтобӣ дар Чумхурии Тоҷикистон 25 миллиард кВт/соатро ташкил медиҳад. [12-15]. Аз нуқтаи назари мутахассисони ин



соҳа дар давоми 10 моҳ 60-80 фоизи талаботи аҳолии ҷумҳуриро бо энергияи офтоб таъмин кардан мумкин аст. Тибқи ҳисоб мутобиқ ба сузишвории шартӣ ин қариб 400 ҳазор тонна сузишвории шартиро ташкил медиҳад, ки ин ба 460 миллион м<sup>3</sup> газ ё 528 ҳазор тонна мазут баробар аст [9]. Дар асоси параметрҳои яқлурт нишондодҳои шиддатнокии радиатсияи муостақими офтобӣ аз 10,3 кВт/м<sup>2</sup> (июн-июл) то 5,9 кВт/м<sup>2</sup> (декабр-январ) ҳисоб карда мешавад [8]. Дар нуқтаҳои асосии аҳолинишини ҷумҳури радиатсияи умумии моҳонаи офтоб қариб 200 Вт/м<sup>2</sup> - ро ташкил медиҳад.

Дар шароити баландкӯҳ ба ғайр аз астроиклим ва мавҷудияти абрҳо, давомнокии нури офтоб аз дараҷаи миқдори равшании нишебӣҳо ва сатҳи пӯшидашавӣ ва доираи уфуқии пуштаҳои атроф низ вобаста аст. Дар водиҳои маҳдуд, нишебӣҳо ва ҷариҳо шумораи соатҳои нури офтоб афганда, кам мешавад. Дар фасли баҳор нисбат ба сатҳи уфуқӣ, нишебӣҳои шимолӣ, ки нишебӣашон 10° ва 30° аст, мутаносибан 10 - 15 ва 15-20% камтар нурҳои офтобро мегиранд. Дар мавсими тобистон паҳншавии радиатсияи умумӣ ба фазои уфуқӣ ба ҳеҷ ваҷҳ фарқ намекунад. Ба гуфтаи коршиносон, қимати миёнаи шабонарӯзии радиатсияи назариявии офтоб барои Тоҷикистон дар як рӯзи соф 228 Вт/м<sup>2</sup> аст. Ин маълумотҳо бо мушоҳидаҳои бевоситаи стансияҳои обухавосанҷӣ комилан мувофиқат мекунанд (ҷадвали 1).

**Ҷадвали 1** - Радиатсияи офтобӣ дар нуқтаҳои асосии аҳолинишини Ҷумҳурии Тоҷикистон (тибқи маълумотҳои стансияҳои обухавосанҷӣ)

Бузургӣ Вт/м <sup>2</sup>	Моҳҳо											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Мин.	80	114	153	209	275	326	322	290	232	164	100	65
Миёна	87,2	121,6	160,4	225,1	280,9	330,7	328,9	294,1	244,1	167,4	110	75,6
Макс	96	137	187	320	304	350	340	305	258	172	114	86

### Ҳисоб ва таҳлили захираҳои энергияи офтобии Ҷумҳурии Тоҷикистон

Қимати миёнаи қувваи нурҳои офтобӣ тибқи ҷадвали 1 202,2 Вт/м<sup>2</sup> мебошад. Тавре дар боло зикр гардид, ки масоҳати Ҷумҳурии Тоҷикистон ба 141,4 ҳазор километри мураббаъ баробар буда, иқтидори умумии солонаи он 28934820 МВт мебошад. Бо дарназардошти он, ки истифодаи энергияи офтоб танҳо дар минтақаҳои, ки сокинон иқомат доранд ва он ҳамагӣ 7 фоизи ҳудуди Ҷумҳуриро (93 фоиз)-ро ташкил медиҳад, захираҳои умумии нерӯи офтобӣ дар Ҷумҳури чунин мебошанд:

$$28591080 \cdot 0,07 = 2001375,6 \text{ МВт}$$

Қимати дарёфтгардидаи радиатсияи офтоб барои ҳолате мебошад, ки дар тамоми сол рӯзҳои офтобӣ мебошанд. Дар воқеъ, тавре пештар қайд карда будем, давомнокии солонаи нури офтоб дар қаламрави Ҷумҳури дар як сол аз 2100 то 3166 соатро ташкил медиҳад. Қабул мекунем, ки шумораи умумии рӯзҳои офтобӣ дар як сол 90% аст, мо иқтидори умумии эҳтимолии энергияи офтобиро барои Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳисоб менамоем:

$$2001375,6 \cdot 0,9 = 1801238,04 \text{ МВт}$$

Аз нуқтаи назари техники, панелҳои офтобӣ метавонанд танҳо дар як минтақаи хурд ҷойгир карда шаванд ва майдони чунин батареяҳо барои як нафар истиқоматкунанда ба 2 м<sup>2</sup> баробар хоҳад буд. Чи тавре ки дар боло қайд карда шуд, аҳолии ҷумҳури 10 миллиону 78 ҳазор нафарро ташкил медиҳад. Бо назардошти он ки шумораи рӯзҳои офтобӣ дар ҷумҳури ба ҳисоби миёна солона 90 % - ро ташкил медиҳад, иқтидори умумии ба ин ҳудуд мувофиқро ба даст меоварем:

$$202,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot 2 \text{ м}^2/\text{одам} \cdot 10,0784 \text{ миллион нафар} \cdot 0,9 = 3668,13 \text{ МВт}$$

Бояд ба назар гирифт, ки ҳангоми бевосита ба энергияи электрикӣ табдил додани энергияи офтоб, тавоноӣ дар баромад кам мешавад. Агар қабул намоем, ки дар батареяҳои офтобӣ кристаллҳое, ки қабулкунандаи фотон буда, коэффитсиенти кори муфидашон 0,16 % ё ба ҳамин монанд истифода мешаванд, пас иқтидори техникийи энергияи офтобии дар ҷумҳури ҳосилшаванда ба ин баробар аст:

$$3668,13 \cdot 0,16 = 586,90 \text{ МВт}$$

Энергияи офтобӣ дар мамлакат бо гидроэнергетика рақобат карда наметавонад. Арзиши хоси сохтмони нерӯгоҳи барқӣ обӣ дар Тоҷикистон ҳудуди 1000 доллар/кВт, тарифаш 2,8 сент.кВт-соатро ташкил медиҳад [16]. Дар ҳамин ҳол, арзиши хоси як нерӯгоҳи офтобӣ бо иқтидори 1000 МВт, ки имрӯз дар Чин, дар дашти Ордо, ки дорои радиатсияи баланди офтоб сохта мешавад, ба 2500 доллар/кВт баробар буда, тарифи пешбинишуда 18,8÷20 сенти ИМА барои як кВт-соат мебошад [9].

Дар ҷумҳури дар давраи тирамоҳу зимистон (моҳҳои ноябр - феврал) аз сабаби кам шудани ҷоришавии об дар дарёҳо ва кам шудани истеҳсоли энергияи электрикӣ маҳдудияти истифодаи энергияи электрикӣ ҷори карда мешавад. Дар асоси ин ва дар чунин шароит иқтидори энергияи офтобӣ, пеш аз ҳама, маҳз дар давраи тирамоҳу зимистон (ноябр - феврал) талаб карда мешавад. Аз ин ҷо бармеояд, ки иқтидори аз ҷиҳати иқтисодӣ самаранокӣ энергияи офтобӣ дар кишвар чунин аст:

$$586,9 \cdot 0,365 = 214,22 \text{ МВт}$$

214,22 МВт-ро метавон тақрибан бо нерӯгоҳи барқӣ оби Сангтӯда - 2 муқоиса кард. Дар шароити Тоҷикистон зиёда аз 120 адад ҳамин гуна нерӯгоҳҳои электрикийи обӣ сохтан мумкин аст. Дар натиҷаи ин таҳлил

гуфтан мумкин аст, ки дар боло қайд карда шуд, энергияи офтобӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон имрӯз тадбиқи калони саноатӣ надорад.

Агар захираҳои энергияи офтобиро дар ҷумҳурӣ ба тоннаи сузишвории шартӣ (т.с.ш.) гузаронем, шакли зеринро дарёфт менамоем:

- иқтидори умумӣ - 1801238,04 МВт = 4737,25 млн т.с.ш./сол;
- иқтидори техникӣ - 586,90 МВт = 1,54 млн т.с.ш.ше/сол;
- иқтидори аз ҷиҳати иқтисодӣ имконпазир - 214,22 МВт = 0,564 млн. т.с.ш/сол.

Таҳлили дар боло овардашуда ба табдили бевоситаи энергияи офтоб ба энергияи электрикӣ дахл дорад. Истифодаи энергияи офтоб барои бахши иҷтимоию маишӣ, барои гарм кардан ва бо оби гарм таъмин намудани он нақши муҳим дорад.

Агар иқтидори энергияи офтобии дар боло зикргардидаро дар Ҷумҳурии Тоҷикистон (барои истифода дар саноати энергетикаи электрикӣ гирифта шудааст) ба энергияи гармӣ табдил диҳем, қиматҳои зеринро дарёфт менамоем: қабул мекунем, ки 1 кВт·соат = 860 Ккал.

- иқтидори умумӣ - 13732,94 млн. Гкал/сол.
- иқтидори техникӣ - 3,763 млн Гкал/сол.
- иқтидори аз ҷиҳати иқтисодӣ самаранок - 1,37 миллион Гкал/сол.

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ба ғайр аз истифодаи энергияи офтоб дар таҷҳизоти фотоэлектрикӣ, инчунин технологияи ба энергияи гармӣ табдил додани энергияи офтоб низ саҳми калон дорад. Истеҳсоли чунин дастгоҳҳо аз истифодаи маводи маҳаллӣ бо ҷалби ширкатҳои саноатии маҳаллӣ ва инфрасохтор имконпазир мебошад. Инчунин таҷҳизоти обгармкунандаи офтобӣ метавонанд барои истеҳсоли оби гарм ва гармӣ, барои таъмини оби гарм дар биноҳои истиқоматӣ, хонаҳои истироҳатӣ, меҳмонхонаҳо, ҳамомҳо дар бустонсаройҳои тобигона, дар деҳот ва гармхонаҳо васеъ истифода шаванд.

Ширкатҳои сайёҳии байналмиллалӣ ба таъминоти мустақили барқ бо истифода аз дастгоҳҳои фотоэлектрикӣ мунтазам таваҷҷӯҳ зоҳир мекунад [17]. Бо ин мақсад дар равандҳои технологӣ чорӣ намудани ин дар Ҷумҳурӣ ашёи хом, базаи зарурии истеҳсоли ва илмӣ мавҷуд аст.

Дар алоқамандӣ бо ин мушкилӣ Ҷамъияти саҳомии кушодаи «Системаавтоматика», ки зиёда аз 20 сол боз бо ҳамгироии қарорҳои муосири технологӣ сару кор дорад ва дар қаламрави Тоҷикистон ба технологияҳои муосир дастрасӣ дорад, бо олимони ва мутахассисони варзидаи худ дар атрофи ин мушкилӣ фаъолият карда истодааст.

Кормандони ин ширкат барои рушди инфрасохтор дар саросари кишвар корҳои илмӣ-таҳқиқотӣ ва сохтмониро анҷом медиҳанд.

Аз ҷониби ҶСК «Системаавтоматика» дар Ҷумҳурии Тоҷикистон неругоҳҳои барқии офтобӣ, аз қабилӣ Маркази миллии тиббии «Қараболо» бо иқтидори муқаррашудаи - 120 кВт, таваллудхонаи №1 - 40 кВт, Осоишгоҳи ҶДММ. «Баҳористон» тавоноии - 30 кВт сохта ба истифода дода шуданд. Иқтидори умумии онҳо зиёда аз 500 кВт мебошад.

Дар асоси таҳқиқотҳои дар боло овардашуда ба чунин хулоса омадан мумкин аст, ки Ҷумҳурии Тоҷикистон барои рушди энергетикаи офтобӣ имкониятҳои калон дорад. Бо истифода аз ин иқтидорҳо Ҷумҳурии Тоҷикистон на танҳо ба бехтар намудани таъминоти энергия ба аҳоли, балки ба баланд шудани дараҷаи некуаҳволии онҳо, махсусан сокинони ноҳияҳои дурдасти кӯҳсори ҷумҳурӣ ҳисса гузошта метавонад.

*Муқаррир: Мирзозода Б.М. — н.и.т., дотсент, мудири қабедраи Ҷимояи релеӣ ва автоматикунони шабақаҳои энергетикӣ.*

## Адабиёт

1. Электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> Таджикистан.
2. Статистический ежегодник Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан-2023, – 419 с.
3. Таджикистан: Ускорение прогресса в достижении ЦРТ путем улучшения доступа к энергосбережению (UNDP). Душанбе – 2010,– 58 с.
4. Закон Республики Таджикистан «Об использовании возобновляемых источников энергии» от 12 января 2010 года № 587.
5. Ларан Э. Нефть-М., 2008. - 432 с.
6. Приказ Агентство по стандартизации, метрологии, сертификации и торговой инспекции при Правительстве Республики Таджикистан (Таджикстандарт) «Об утверждении проектов национальных стандартов Республики Таджикистан», от 1 сентября 2010 г. № 07.
7. Galaktion V.Shvedov., Sirojiddin R.Chorshanbiev., Ekaterina V. Shvetsova.,Khurshed B. Nazirov. «Impact of Solar Generation Connected to 0.4 kV Grid on the Power losses and the Shape Factor of Load Curve», IEEE Saint Peterburg, Russia Young Researchaers in Electrical and Electronic Engineering Con.(EIConRus), 2018. pp. 781-784.
8. Сулейман С.Ш. О зависимости солнечного излучения от географических факторов местности. / Гелиотехника.1985-№5,-с 68-71.
9. Киргизов А. К. «Развитие и оптимизация режимов электроэнергетической системы с распределенными возобновляемыми источниками энергии методами искусственного интеллекта (на примере Республики Таджикистан)»: дис....канд.техн.наук : спец. 05.14.02 / Киргизов Алифбек Киргизович. — Н., 2017. — 178 с.



10. Сирожев Б. Развитие электроэнергетики Таджикистана. - Душанбе: Ирфон, 1984. - 110 с.
11. Лавриненко П.Н., Кабилов З.А. Возможности использования солнечной энергии в Таджикистане.-Обзор инф.- Душанбе, 1980. - 50 с.
12. Кабутов К. Возобновляемые источники энергии проблемы и перспективы использования в Таджикистане/ К.Кабутов// Материалы международной конференции. «Хартия» Земли и устойчивое развитие Таджикистана» - Душанбе , -2011.- 75-81 с.
13. Ахмедов Х.М., Каримов Х.С., Кабутов К. Возобновляемы источники энергии в Таджикистане: состояние и перспективы развития./ Физико- Технический институт им.С.У.Умарова Академии наук Республики Таджикистан.- Доклад- Душанбе:-2010. - 30 с.
14. Khurshed V. Nazirov., Galaktion V.Shvedov., Sirojiddin R.Chorshanбиеv., Shokhin D. Dzhuraev.« Study of the Operating Modes of the 0.4 kV Main Distribution Network, in Dushanbe city of the Republic of Tajikistan, with Distributed Solar Generation for Power Losses and Power Quality Estimation», IEEE Saint Peterburg, Russia Young Researchaers in Electrical and Electronic Engineering Con.(EIconRus), 2018. pp. 743-747.
15. Г.В.Шведов, С.Р.Чоршанбиев, И.А.Морсин. «Влияние распределенной солнечной генерации на потери электроэнергии в электрических сетях»./ материалы VIII международной молодежной научно – технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи – 2017», г. Самара, 02-06 октября 2017 г., В 3 т. Т.2. . – С. 125 – 128.
16. Прейскурсант №09-01-2023 « Тарифы н электрическую и тепловую энергию». Открытая Акционерная Холдинговая Компания (ОАХК) «Барки Точик»- Душанбе,2023.- 45 с.
17. Bukarica, V. United nations development programme Tajikistan: Energy efficiency master plan for Tajikistan/V.Bukarica, Morvaj, S.Robic// Dushanbe, 2011,- 73p.
18. Открытое Акционерное Общество "Системаавтоматика" [электронный ресурс]: <http://systemavto.tj>.
19. Презентация Герерального директора Открытое Акционерное Общество "Системаавтоматика", Глава Ассоциации возобновляемой энергии Таджикистана, Умархон Мадвалиева на тему: «Использование возобновляемых источников энергии в Республике Таджикистан на примере проектов реализованных ОАО «Системаавтоматика»». 3 декабря 2013 г. Душанбе.

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

TJ	RU	EN
Ниёзи Сирочиддин Рачаббоки	Ниёзи Сироджиддин Раджаббоки	Niyozzi Sirojiddin Rajabboqi
н.и.т	к.т.н	Candidate of technical sciences, associate 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:niyozi@maorif.tj">niyozi@maorif.tj</a>	
TJ	RU	EN
Чамолзода Бехрузи Саъдонхуча	Джамолзода Бехрузи Саъдонхужа	Jamolzoda Behruzi Sadonkhujja
н.и.т	к.т.н	Candidate of technical sciences, associate 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:Jamolzoda_behruz@mail.ru">Jamolzoda_behruz@mail.ru</a>	
TJ	RU	EN
Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Ismoilov Firdavs Olimshoevich
н.и.т	к.т.н	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:ismoilovFO@yandex.com">ismoilovFO@yandex.com</a>	
TJ	RU	EN
Гулмуродзода Сайёд Гулмурод	Гулмуродзода Сайёд Гулмурод	Gulmurodzoda Saiyod Gulmurod
н.и.т	к.т.н	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:jononaev.87@mail.ru">jononaev.87@mail.ru</a>	
TJ	RU	EN
Саидзода Хушдил Саид	Саидзода Хушдил Саид	Saidzoda Khushdil Said
н.и.т	к.т.н	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:khushdil.sangov@mail.ru">khushdil.sangov@mail.ru</a>	

## АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Дж.С. Ахъев<sup>1</sup>, М.Х. Сафаралиев<sup>2</sup>, Дж.Б. Рахимзода<sup>1</sup>, У.У. Косимов<sup>1</sup>, Ш.А. Бобозода<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

В настоящее время все большее значение приобретает диагностика текущего технического состояния высоковольтного оборудования в энергосистемах. Это позволяет более точно оценить реальное техническое состояние энергетического оборудования с выводом его в ремонт по результатам диагностики. В данной работе представлен сравнительный анализ экспертных оценок с использованием среднего арифметического и медианных значений экспертных оценок. В работе рассматриваются три подхода: метод средних арифметических оценок, метод медианных оценок, основанный на методе медианы Кемени, и аналитический иерархический процесс Саати. Рассмотренные методы позволяют очень быстро принимать решения по эксплуатации энергетического оборудования.

*Ключевые слова:* текущая диагностика; экспертная оценка; системность; медиана Кемени; процесс анализа иерархий

## ТАҲЛИЛИ УСУЛҲОИ МАТЕМАТИКИИ АРЗЕБИИ ИНТЕГРАЛИИ ЭКСПЕРТӢ БАРОИ ТАШХИСИ ПЕШГУӢИ ТАҶҲИЗОТИ БАҶӢ

Ҷ.С. Ахъев, М.Х. Сафаралиев, Ҷ.Б. Раҳимзода, У.У. Қосимов, Ш.А. Бобозода

Дар айни замон ташхиси ҳолати техникӣи ҳозираи таҷҳизоти баландишдат дар системаҳои энергетикӣ аҳамияти бештар пайдо мекунад. Ин имкон медиҳад, ки ҳолати воқеии техникӣи таҷҳизоти энергетикӣ бо таъмири он аз рӯи натиҷаҳои ташхис дақиқтар арзёбӣ карда шавад. Дар ин қор таҳлили муқоисавии арзёбиҳои экспертӣ бо истифода аз арзишҳои миёнаи арифметикӣ ва миёнаи арзёбиҳои экспертӣ пешниҳод карда шудааст. Дар қор се равиш баррасӣ карда мешавад: усули баҳодихии миёнаи арифметикӣ, усули баҳодихии медианӣ, ки ба усули Медианаи Кемени асос ёфтааст ва раванди иерархии таҳлилии Саати. Усулҳои баррасишуда имкон медиҳанд, ки қарорҳои истифодаи таҷҳизоти энергетикӣ хеле зуд қабул карда шаванд.

*Калимаҳои калидӣ:* ташхиси қорӣ; арзёбии қориносон; систематикӣ; Медианаи Кемени; раванди таҳлили иерархияҳо.

## ANALYSIS OF MATHEMATICAL METHODS OF INTEGRATED EXPERT ASSESSMENT FOR PREDICTIVE DIAGNOSTICS OF ELECTRICAL EQUIPMENT

J.S. Ahyoev, M.Kh. Safaraliev, J.B. Rahimzoda, U.U. Kosimov, Sh.A. Bobozoda

Currently, diagnostics of the current technical condition of high-voltage equipment in power systems is becoming increasingly important. This makes it possible to more accurately assess the actual technical condition of the power equipment with its withdrawal for repair based on the results of diagnostics. This paper presents a comparative analysis of expert estimates using the arithmetic mean and median values of expert estimates. The paper considers three approaches: the method of arithmetic averages, the method of median estimates based on the Kemeny median method, and the analytical hierarchical Saati process. The considered methods make it possible to make decisions on the operation of power equipment very quickly.

*Keywords:* current diagnostics; expert assessment; consistency; Kemeny median; hierarchy analysis process

### Введение

Развитие энергосистем и повышение требований к качеству их функционирования в значительной степени определяется техническим состоянием энергетического оборудования и уровнем его эксплуатации. В настоящее время предприятия по передаче и распределению электроэнергии часто сталкиваются с проблемами, связанными с реформированием отрасли, ужесточением требований, растущими запросами потребителей и ужесточением требований к надежности систем. При этом электроэнергетические компании должны обеспечить экономическую эффективность своих затрат и полное использование вложенных средств для повышения производительности и надежности систем [1–3].

В связи с этим оптимизация ресурса энергетического оборудования является одной из важнейших задач управления энергосистемой [4].

Плановая эксплуатация электросетевых объектов регламентируется соответствующими нормативными документами на основе системы плано-предупредительного ремонта. Техническое обслуживание и ремонт объектов электросетевого хозяйства в связи с их техническим состоянием повышает требования к методам и моделям планирования [5,6].

Решение задачи оценки технического состояния оборудования электрических сетей во многом связано с внедрением эффективных методов контроля и технического мониторинга энергетического оборудования, что требуется для поддержания оптимального состояния и работоспособности энергосистем и оборудования [7]. Внедряя передовые решения по диагностике и мониторингу, операторы электростанций могут повысить эффективность работы с минимизацией незапланированных простоев и затрат на техническое обслуживание [8–11].

Раннее обнаружение и диагностика отказов позволяет повысить надежность и эффективность процессов генерации, передачи и распределения электроэнергии, а также предотвратить потенциально



катастрофические отказы и длительные остановки на техническое обслуживание, вызванные работой в деградированных условиях [12].

Система диагностики показала высокую эффективность в решении задач раннего выявления дефектов высоковольтного энергетического оборудования, прогнозирования развития дефектов и оценки их опасности, определения объемов ремонтно-восстановительных работ, оптимизации технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [13].

Передача электроэнергии включает в себя следующие этапы: преобразование напряжения с шин электростанции до уровня, соответствующего критериям экономической целесообразности, передача мощности на центры нагрузки, преобразование мощности в номинальное напряжение потребителей электроэнергии. Передача электроэнергии осуществляется по электрическим сетям энергосистемы к центрам нагрузки, как правило, по воздушным линиям [14].

В процессе диагностики текущего технического состояния энергетического оборудования на основе экспертных оценок эксперт, как правило, имеет дело с лингвистическими переменными. Следовательно, необходимо определить запас, при котором силовое оборудование должно быть немедленно снято для ремонта или оставлено в эксплуатации с более частым контролем. Процесс оцифровки полученных данных обеспечивает численные оценки. На основании этих численных оценок лицо, принимающее решения, может принять решение о дальнейшей эксплуатации энергетического оборудования, его выводе в ремонт или замене. В то же время обнаруженный дефект может быть симптомом неисправности, что косвенно указывает на неисправный элемент. Поэтому неисправную ситуацию следует изучать как единое целое с поиском возможных альтернатив [15–17].

Принятие решения – это процесс накопления данных, анализа информации об объекте и выбора оптимального решения из нескольких возможных вариантов. Принятие решения на основе экспертных оценок может быть принято после осмотра энергетического оборудования и выявления симптомов отказа [18–20].

Можно ввести термин «оценка текущего технического состояния» [21]. Он подразумевает сбор данных с эксплуатируемого трансформаторного оборудования и анализ этой информации для получения определенного вывода о техническом состоянии оборудования [22]. Такая диагностика проводится после осмотра энергетического оборудования и выявления симптомов отказа [23–25].

Современная энергосистема характеризуется высокой мощностью, высоким напряжением, интеллектуальностью, высокой надежностью и устойчивым развитием на основе возобновляемых источников энергии [26]. Значительное увеличение рабочего напряжения предъявляет повышенные требования к изоляции силового оборудования [18,19]. Поэтому контроль и оценка условий изоляции становится все более важным. Интеллектуальная энергосистема в первую очередь базируется на интеллектуальном энергетическом оборудовании, которое характеризуется высокой эффективностью и надежностью. Поэтому для достижения более высокого уровня интеллектуальности энергетического оборудования оно должно точно контролироваться и быстро диагностироваться.

Интеллектуальная сеть – это высокоинтеллектуальная и широко распределенная сеть, состоящая из передовых технологий мониторинга, высокопроизводительных электронных устройств, более надежных информационных технологий и коммуникационных технологий [23, 25]. Внедрение в энергосистему различных электронных устройств (таких как выпрямитель, частотно-регулируемый привод или тиристор) может привести к возникновению более сложных гармоник, отличающихся от существующих сигналов, и, следовательно, к ускоренному старению изоляции, перегреву силового оборудования и сокращению срока службы силового оборудования.

Выявленные источники свидетельствуют о том, что на сегодняшний день существует значительный пробел в данной области исследований, за исключением примитивного подхода, основанного на среднем арифметическом, в результате чего целью данной работы является математическое обоснование нового направления, которое характеризуется как прогностическая диагностика. Авторами проведено исследование реальных рекомендаций по использованию статистических методов анализа экспертных оценок в зависимости от текущего технического состояния энергетического оборудования. Основная мотивация к работе обусловлена желанием и необходимостью снижения финансовых и материальных затрат, а также затрат на измерительные автоматизированные диагностические системы в целом, которые в настоящее время могут составлять до 30% от стоимости самого электрооборудования. Для достижения поставленной цели был проведен сравнительный анализ трех математических методов комплексной оценки мнений группы экспертов: среднего арифметического, медианы Кемени и попарного сравнения по Саати.

Структура работы включает введение и методологию интегральной оценки экспертных мнений на основе трех подходов, а именно:

- Среднее арифметическое;

- Медиана Кемени (как медиана с точки зрения теории вероятностей и математической статистики более корректно отражает свойство статистической совокупности);
- Парное сравнение экспертных оценок по методу Саати, включающему результаты экспертных суждений нескольких экспертов для диагностики текущего состояния электрооборудования, а также обсуждение результатов, заключение и список литературы.

### Методы исследования

В настоящее время прогностическая диагностика и контроль разрабатываются с соответствующим обоснованием. Они основаны на прогнозе, который в некоторых случаях является определяющим для принятия решений. Обработка экспертных заключений называется методом экспертных оценок, при котором экспертные мнения выражаются в качественной и количественной формах. При анализе экспертных мнений могут использоваться различные статистические методы, при этом основными широко применяемыми методами математической обработки экспертных оценок можно выделить следующие: проверка согласованности экспертных мнений и усреднение экспертных мнений внутри непротиворечивой группы.

Процесс экспертной оценки осуществляется путем формирования экспертной группы. Затем будет проведен экспертный опрос и получение количественных оценок [26]. Далее будет проведена статистическая обработка результатов и определение согласованности мнений.

В соответствии с общенаучной концепцией устойчивости, которая рекомендует использовать разные методы обработки одних и тех же данных с целью нахождения выводов, полученных одновременно разными методами, целесообразно использовать одновременно два метода, такие как метод стандартного отклонения и метод медианы Кемени.

Оценка согласованности экспертных заключений на основе метода стандартного отклонения

Если количество экспертов в группе равно ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) и количество оцениваемых факторов равно ( $j = 1, 2, \dots, m$ ), то можно выполнить оценку непротиворечивости.

Математическое ожидание вычисления  $j$ -го фактора равно

$$M(x_j) = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n} \quad (1)$$

где  $x_{ij}$  — оценка  $i$ -го эксперта по  $j$ -му фактору и  $n$  — количество экспертов.

Дисперсия вычисления для  $j$ -го множителя вычисляется по формуле

$$D(x_j) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - M(x_j))^2}{n - 1} \quad (2)$$

Стандартное отклонение вычисления для  $j$ -го множителя равно

$$\sigma(x_j) = \sqrt{D(x_j)} \quad (3)$$

Коэффициент согласованности для оценки согласованности всех экспертов ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) для каждого коэффициента ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) равен

$$\mu_j = 1 - \frac{\sigma(x_j)}{M(x_j)} \quad (4)$$

Если полученный результат находится в диапазоне  $\mu_j = 0,7-0,9$ , то это свидетельствует о высокой согласованности экспертов при отсутствии сговора между ними.

Блок-схема процесса описания этапов предлагаемого метода приведена на рисунке 1.

В качестве исходных данных использовались экспертные оценки в виде нечетких причинно-следственных связей. Данные оценки представляют собой субъективную вероятность развития дефекта в энергетическом оборудовании в случае отклонения контролируемых параметров от нормативных значений.

Симптомы и параметры дефектов приведены ниже, где  $X_i$  — симптом, а  $Y_i$  — контролируемый параметр.

$X_1$  — непрерывное прерывание сквозного тока короткого замыкания на стороне низкого напряжения трансформатора;

$X_2$  — недостаточная электродинамическая прочность обмоток к токам короткого замыкания;

$X_3$  — отказ системы охлаждения;

$X_4$  — снижение механической прочности изоляции;

$Y_1$  — перегрев обмотки;

$Y_2$  — деформация обмотки;

$Y_3$  — увлажнение и загрязнение изоляции обмоток;

$Y_4$  — износ изоляции обмотки.

Исходная информация сведена в таблицу 1.

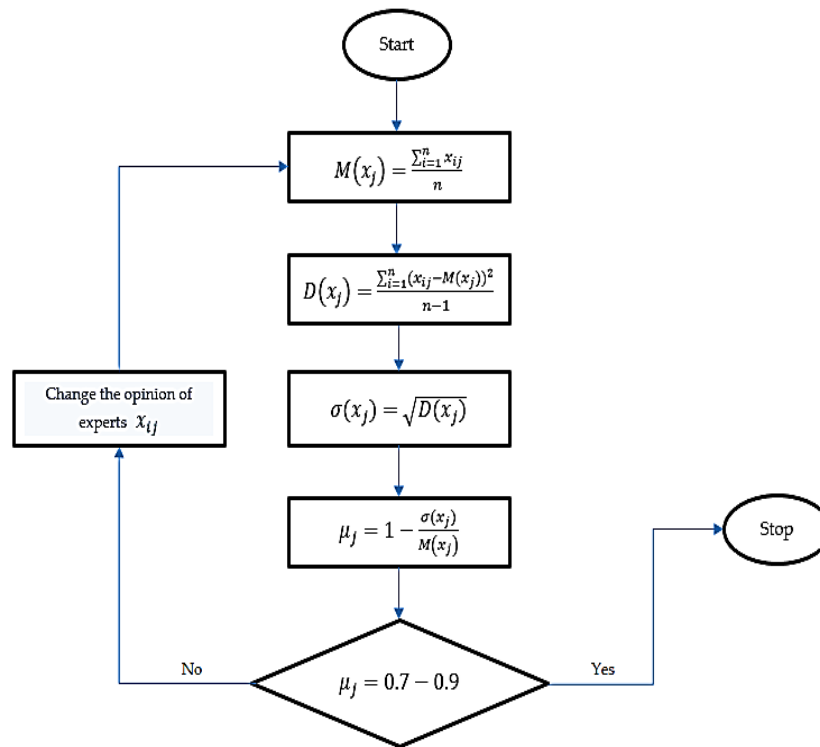


Рисунок 1 – Блок-схема процесса методом среднеквадратичного отклонения

Таблица 1 – Причины и неисправности обмоток трансформатора.

		Причины			
		X1	X2	X3	X4
Дефекты	Y1	0,9	0,5	0,8	0,3
	Y2	0,6	0,5	0,3	0,7
	Y3	0,4	0,3	0,8	0,7
	Y4	0,7	0,4	0,6	0,6

Для экспериментальных результатов была отобрана группа компетентных специалистов-практиков, связанных с эксплуатацией электроэнергетических систем и систем электроснабжения, в возрасте от 29 до 53 лет со стажем работы от 7 до 28 лет.

В качестве сравнения рассматривались шесть и девять экспертов. В таблице 2 приведены экспертные оценки по четырем причинам X1, X2, X3 и X4 и их согласованность по второму параметру Y2.

Таблица 2 – Экспертные оценки по второму параметру.

		Причины			
		X1	X2	X3	X4
Эксперты	Y2				
1		1,0	0,8	0,3	0,7
2		0,9	0,7	0,4	0,5
3		0,6	0,5	0,3	0,7
4		1,0	0,6	0,5	0,8
5		0,9	0,5	0,4	0,7
6		0,7	0,8	0,5	0,5
7		0,9	0,8	0,3	0,7
8		0,7	0,6	0,5	0,5
9		0,8	0,7	0,4	0,8
Согласованность для Y2					
6 экспертов					
$\mu_j$		0,807	0,788	0,776	0,811
9 экспертов					
$\mu_j$		0,830	0,839	0,783	0,812



Коэффициенты согласованности для параметра Y2 соответствуют рекомендуемому уровню согласованности и находятся в диапазоне 0,7–0,9. Аналогичным образом определялась согласованность экспертных мнений по другим параметрам Y1, Y3 и Y4.

В практической психологии считается, что не более 20% решений могут быть ошибочными. Иными словами, не менее 80% решений должны быть правильными. Относительная погрешность почти всегда подчиняется нормальному закону распределения. То есть все достоверные решения попадают в диапазон  $\pm 3\sigma$  (где  $\sigma$  — стандартная ошибка) с вероятностью 0,997. Таким образом, приняв коэффициент непротиворечивости (CR)  $0,8 \pm 0,1 = 0,7-0,9$ , мы получаем, с указанной выше вероятностью, область надежных решений при условии, что  $\pm 0,1$  эквивалентно отклонению  $\pm 3\sigma$ .

### Оценка согласованности экспертных заключений на основе метода медианы Кемени

Использование медианы Кемени основано на вводе метрики в множество экспертных мнений с аксиоматическим вводом расстояния между элементами в наборе экспертных мнений. В данном случае важно, как представлены заданные мнения, поскольку это определяет сложность проблемы.

Каждая матрица попарных сравнений представлена элементом из множества экспертных мнений  $P$ . С другой стороны, если ввести метрику и поместить в пространство элементы  $P$ -множества, то элементы будут представлены точками в этом пространстве, что схематически проиллюстрировано на рисунке 2.

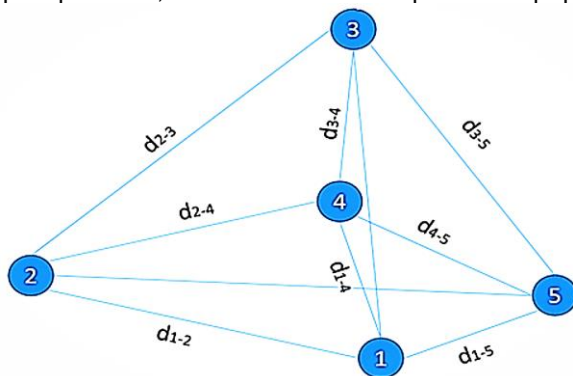


Рисунок 2 – Пространство экспертных мнений

Таким образом, медиана Кемени может быть определена как элемент множества  $P$ , имеющий наименьшее расстояние до других элементов. Математически это наименьшая сумма расстояний от неподвижного элемента множества  $P$  до других элементов этого множества:

$$M^*(P_1, \dots, P_m) = \arg \min \sum_{i=1}^m d(P, P_i) \quad (5)$$

Согласованность экспертных мнений с использованием медианы Кемени предлагается оценивать по следующей формуле, где сначала должен быть определен индекс несогласованности (II):

$$II = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^m \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |C_{ik} - C_{kk}|}{m} \quad (6)$$

где  $n$  — количество экспертов;  $m$  — количество симптомов;  $i$  — текущий номер эксперта;  $k$  — текущий номер симптома;  $C_{ik}$  — оценка  $i$ -го эксперта по  $k$ -му симптому;  $C_{kk}$  — оценка эксперта по методу медианы Кемени для  $k$ -го симптома.

Затем коэффициент согласованности определяется следующим образом:

$$CR = 1 - II. \quad (7)$$

Согласованными считаются оценки в диапазоне от  $0,9 \leq CR < 1$ , при этом согласованность по всей экспертизе определяется с помощью медианы Кемени.

Результаты расчета медианы Кемени и оценки согласованности для второго параметра Y2 представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Кемени медианы между мнением одного эксперта по отношению к другим по второму параметру для 6 экспертов.

Экспертов	1	2	3	4	5	6
Сумма расстояний	2,9	2,7	3,5	3,1	3,0	3,5

Таблица 4 – Кемени медианы между мнением одного эксперта по отношению к другим по второму параметру для 9 экспертов.

Экспертов	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сумма расстояний	2,1	0,6	4,2	3,0	0,3	0,6	1,2	2,4	1,2

По второму параметру медиана между 6 экспертами – это мнение эксперта №2, а медиана между 9 экспертами – это мнение эксперта №5. Коэффициент согласованности приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Коэффициент согласованности (CR) для второго параметра Y2.

Количество экспертов	Симптомы			
	X1	X2	X3	X4
6 экспертов	0,945	0,955	0,970	0,955
9 экспертов	0,966	0,975	0,981	0,959

Коэффициенты согласованности для параметра Y2 соответствуют рекомендуемому уровню согласованности, находящемуся в диапазоне  $0,9 \leq CR < 1$ .

Проведен сравнительный анализ экспертных оценок для 9 экспертов, а также согласованность по второму параметру Y2 со значительными отклонениями мнений эксперта №1 (табл. 6 и 7).

Таблица 6 – Кемены медианы между мнениями одного эксперта по отношению к другим в случае отклонений мнений одного эксперта.

Экспертов	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сумма расстояний	2,4	0,5	6,6	3,3	0,6	0,3	1,5	2,1	1,5

В случае отклонений мнений одного эксперта медианным значением является мнение эксперта №6.

Таблица 7 – Согласованность экспертных заключений с отклонениями мнений одного эксперта.

Y2	Причины			
	X1	X2	X3	X4
Метод стандартного отклонения				
МДЖ	0,766	0,724	0,635	0,677
Метод медианы Кемени				
ЧР	0,963	0,966	0,972	0,963

В исследовании показано, что медианные оценки менее подвержены искажениям со стороны отдельных выбросов оценочных мнений, так, например, при согласованности по среднеквадратичному коэффициенту непротиворечивости при отклонении мнения одного из экспертов (диссидента) выходил за пределы  $\mu_j = 0,6$ , что не попадает в общепринятый интервал.

Наряду с вышесказанным, экспертные оценки широко используются в сравнительном анализе, основанном на предпочтительности тех или иных решений и оцениваемых в баллах (интенсивностях значимости) по методу Саати.

### Оценка текущего технического состояния на основе процесса анализа иерархий

На первом этапе проводятся попарные сравнения симптомов друг с другом по каждому возможному поводу. Сравнение этих симптомов осуществляется с помощью девяти степеней важности из фундаментальной шкалы Саати, где 1 - равная важность (или равнозначно предпочтительная) и 9 - чрезвычайная важность (или абсолютно предпочтительная). При сравнении элемента с самим собой мы получаем равную важность, поэтому ставим «1» на пересечении прямой A со столбцом A в позиции (A, A). Поэтому главная диагональ матрицы должна состоять из значений, равных 1. Элементы попарных сравнений располагаются над главной диагональю, а соответствующие им обратные значения - под главной диагональю. Затем мы устанавливаем соответствующие обратные значения: 1, 1/3, ..., или 1/9. После этого, используя матрицу попарных сравнений, необходимо определить вектор-столбец приоритетов (CVP) симптомов отказа по каждой возможной причине [25]. В математическом плане это означает вычисление главного собственного вектора, который после нормализации становится вектором приоритетов.

Перемножив матрицу попарных сравнений с помощью вектора-столбца приоритетов, мы получим новый вектор собственных значений. Затем мы делим первый компонент этого вектора на первый компонент вектора оценки решения, второй компонент этого компонента на второй компонент вектора оценки решения и так далее. Поэтому определяем вектор собственных значений для матрицы. Разделив сумму компонент этого вектора на число компонент, мы получим приближение к значению  $\lambda_{max}$  (называемому максимальным или главным собственным значением), используемому для оценки непротиворечивости, представляющей пропорциональность важности. Чем ближе  $\lambda_{max}$  к  $n$  (количеству объектов или действий в матрице), тем более согласованным будет результат. Отклонение от консистенции можно рассчитать следующим образом:

$$(\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (8)$$

Это значение называется индексом согласованности (CI). Затем, используя АНП Саати, необходимо перейти к коэффициенту консистенции (CR). Эта CR определяется делением CI на константу в зависимости от порядка матрицы. CR, меньший или равный 0,100, считается приемлемым.

В качестве параметров были выбраны рассмотренные выше причинно-следственные связи. Затем иерархия строилась поэтапно, от нижнего уровня к верхнему, как показано на рисунке 3, следующим образом: Четвертый (нижний) уровень иерархии включает в себя ключевые симптомы отказов маслонаполненного силового трансформатора:  $Y1$  - перегрев обмотки;  $Y2$  - деформация обмотки;  $Y3$  - увлажнение и загрязнение изоляции обмоток; и  $Y4$  - износ изоляции обмоток.

Третий уровень включает в себя основные причины развития данных отказов:  $X1$  - непрерывное прерывание сквозного тока короткого замыкания на стороне низкого напряжения трансформатора;  $X2$  - недостаточная электродинамическая прочность обмоток к токам короткого замыкания;  $X3$  - отказ системы охлаждения;  $X4$  - снижение механической прочности обмоток.

На втором уровне иерархии представлены основные причины, влияющие на быстрый переход трансформатора в неработоспособное состояние:  $P1$  - неисправность релейной защиты;  $P2$  - разрушение уплотнения обсадной колонны;  $P3$  - отсутствие ограничителя перенапряжений или его неисправность;  $P4$  - нарушение правил эксплуатации.

Первый уровень иерархии является главной целью. Он подразумевает определение кратчайшего времени перехода трансформатора в неработоспособное состояние.

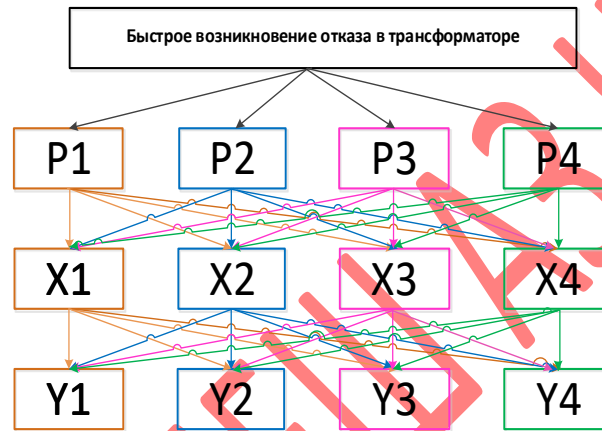


Рисунок 3 – Иерархическая модель причин и симптомов неисправности маслонаполненного трансформатора.

Расчеты проводились по каждой из четырех возможных причин, а также по другим уровням иерархии, описанным выше, на основании суждений экспертов № 5 и № 6.

С помощью процесса анализа иерархий (АНП) была составлена таблица попарных сравнений возможных симптомов неисправностей по числу возможных причин, где были вычислены векторы столбцов приоритетов ( $CVP$ ), основных собственных значений ( $\lambda_{max}$ ), индекса согласованности ( $CI$ ) и коэффициента согласованности ( $CR$ ) (табл. 8).

Таблица 8 – Попарные сравнения симптомов при непрерывном прерывании сквозного тока короткого замыкания.

Эксперт №5					
	$Y1$	$Y2$	$Y3$	$Y4$	Ценностное предложение
$Y1$	1	5	2	3	0,464
$Y2$	1/5	1	1/3	1	0,106
$Y3$	1/2	3	1	3	0,316
$Y4$	1/3	1	1/3	1	0,112
$CP$			0,021		
$KE$			0,019		
$\lambda_{max}$			4,057		

Продолжение таблицы 8

Эксперт №6					
	$Y1$	$Y2$	$Y3$	$Y4$	Ценностное предложение
$Y1$	1	2	5	3	0,522
$Y2$	1/2	1	1	1	0,166
$Y3$	1/5	1	1	1	0,152
$Y4$	1/3	1	1	1	0,158
$CP$			0,034		
$KE$			0,031		
$\lambda_{max}$			4,093		



По мнению эксперта №5, наиболее вероятным симптомом является перегрев обмотки с приоритетом 0,464. На втором месте – увлажнение и загрязнение изоляции обмоток с приоритетом 0,316. На третьем месте – износ изоляции обмоток с приоритетом 0,112. Коэффициент согласованности  $CR = 0,021$ , что ниже 0,100 и соответствует условию согласованности по процессу анализа иерархий Саати.  $CI = 0,019$ . Главное собственное значение равно  $\lambda_{max} = 4,05$ .

По мнению эксперта №6, наиболее вероятным симптомом также является перегрев обмотки с приоритетом 0,523. На втором месте – деформация обмотки с приоритетом 0,166. На третьем месте – износ изоляции обмоток с приоритетом 0,158. Коэффициент согласованности  $CR = 0,021$ , что ниже 0,100.  $CI = 0,031$ . Главное собственное значение равно  $\lambda_{max} = 4,093$ .

Таким образом, порядок приоритета отказа идентичен для обоих экспертов, только с разными значениями.

Для достижения основной цели необходимо произвести итоговую интегральную оценку взаимосвязи между причинами первого уровня и результирующими приоритетными оценками о возможности перехода трансформатора или другого оборудования в неработоспособное состояние. Это вызвано тем, что трансформатор, или любое другое оборудование, может иметь дефекты, но находиться в работоспособном состоянии. Для решения рассматриваемой задачи предлагается использовать умножение векторов-столбцов приоритетов со всеми иерархическими уровнями. Векторы столбцов приоритетов для каждого уровня иерархии по экспертам №5 и №6 приведены ниже в таблице 9.

Таблица 9 – CVP для четвертого уровня иерархии.

Эксперт №5				
	X1	X2	X3	X4
Y1	0,464	0,437	0,457	0,457
Y2	0,107	0,328	0,122	0,274
Y3	0,316	0,171	0,146	0,152
Y4	0,113	0,063	0,274	0,116
Эксперт №6				
Y1	0,523	0,393	0,349	0,459
Y2	0,166	0,196	0,218	0,161
Y3	0,152	0,224	0,349	0,307
Y4	0,158	0,187	0,083	0,073

Результирующий столбчатый вектор влияния каждого симптома на наиболее быстрый переход трансформатора в неработоспособное состояние может быть определен путем перемножения матриц векторов столбцов приоритетов от нижнего уровня к верхнему. Получен результирующий интегральный вектор-столбец, характеризующий влияние каждого симптома на конечную цель, и показан в таблице 10.

Таблица 10 – Целочисленный вектор-столбец.

Эксперт №5		Эксперт №6	
Y1	0,451	Y1	0,435
Y2	0,219	Y2	0,186
Y3	0,105	Y3	0,164
Y4	0,019	Y4	0,105

Таким образом, если следовать экспертным предпочтениям Саати, то, по мнению эксперта №5, признаком отказа (дефектом), заставляющим маслonaполненный трансформатор за кратчайшее время с наибольшей вероятностью перейти в неработоспособное состояние, является перегрев обмотки с приоритетом 0,451. На втором месте – деформация обмотки с приоритетом 0,219. На третьем месте – увлажнение и загрязнение изоляции обмоток с приоритетом 0,105. По мнению эксперта №6, наиболее вероятным симптомом также является перегрев обмотки с приоритетом 0,435. На втором месте – деформация обмотки с приоритетом 0,186. На третьем месте – увлажнение и загрязнение изоляции обмоток с приоритетом 0,164.

### Обсуждение результатов

В данной работе предложена методика определения индекса несогласованности и коэффициента согласованности по отношению к медиане Кемени, которая никогда не определялась и ранее не появлялась. Без оценки коэффициента согласованности использование медианы Кемени возможно только в социологических опросах, что снижает качество этих опросов.

Таким образом, предложенный метод оценки согласованности экспертных мнений по отношению к медиане Кемени имеет существенную новизну и дополняет общую методологию оценки согласованности

экспертных мнений, особенно для случаев, основанных на лингвистических переменных теориях нечетких множеств.

При этом важно сопоставление согласованности экспертных оценок. Сравнение согласованности экспертных мнений выполнено в данной работе с использованием следующих критериев: стандартное отклонение оценок среднего арифметического и медианных оценок на основе метода медианы Кемени. Наши исследования показали, что медианные оценки в меньшей степени подвержены искажениям от единичных выбросов суждений. Например, при оценке непротиворечивости с помощью средних арифметических коэффициент согласованности при отклонении экспертных (диссидентских) мнений превышает пределы, будучи равным  $\mu_j = 0,6$ , что выходит за пределы условного интервала согласованности  $\mu_j = 0,7-0,9$ . Кроме того, такое же отклонение оценки по второму симптому по методу медианы Кемени приводит к замене эксперта №5 на эксперта №6, который наилучшим образом представляет мнение экспертной группы. Однако согласованность мнений в целом уменьшилась, но не превысила условный интервал согласованности  $\mu_j = 0,7-0,9$ . В свою очередь, экспертные оценки возможных причин и последствий неудач, организованные по четырем уровням иерархии, несмотря на несколько отклонений на среднем уровне, показали тот же результат. Перегрев обмоток является основной причиной выходов из строя маслонаполненного силового трансформатора.

В целом анализ приведенных выше результатов показывает, что наряду с автоматизацией систем диагностики мнения и суждения квалифицированных специалистов представляют собой очень важную функцию для диагностической оценки текущего технического состояния высоковольтного оборудования и другого электрооборудования.

Однако до сих пор эти мнения в необходимой мере не могли быть представлены на строго математической основе в качестве достоверной интегральной коллективной оценки. Представление мнений в виде среднего арифметического является довольно приблизительным приближением, мало чем отличающимся от средней температуры тела пациентов в больнице. Наряду с этим, использование медианных оценок для медианы Кемени, аналогично любой медианной оценке, дает более достоверный результат. Как следует из обзора литературы, медиана Кемени ранее не использовалась в инженерных дисциплинах, в том числе в технической диагностике. Его применение ограничивалось только социологическими и экономическими дисциплинами. Таким образом, новизна и практическая значимость данной работы с учетом предложенных новых формул индекса несогласованности и коэффициента согласованности является инновационной.

Новая методика может быть применена на практике в сочетании с некоторыми, пусть и достаточно простыми, автоматизированными измерительными системами. В то же время интегральные оценки экспертных заключений являются прогнозированием возможных дефектов. Следует учитывать, что это новый раздел диагностики, а именно предиктивная диагностика, то есть диагностика по прогнозированию.

Некоторые ограничения предлагаемого метода предиктивной диагностики обусловлены подбором достаточно квалифицированных специалистов, имеющих опыт работы и высказывающих правдоподобные суждения, что компенсируется снижением финансовых затрат на автоматизированную систему, так как она не требует дополнительных затрат на выражение экспертных мнений и за счет этого, в большинстве случаев, совпадает с их служебными обязанностями.

### **Заключение**

В данной работе предложены и рассмотрены методы диагностики текущего технического состояния электрооборудования по прогнозу экспертной группы (которые следует называть предиктивной диагностикой, для которой в настоящее время не выбран устойчивый математический аппарат). Основным вкладом авторов в предиктивную диагностику является достоверный выбор согласованности экспертных мнений на основе коэффициента согласованности.

Проведенные нами исследования показывают, что сравнительный анализ принятия решений, в частности предиктивная диагностика на основе оценки стандартного отклонения, медианная оценка на основе медианы Кемени и экспертные предпочтения на основе метода Саати, дали разные результаты. Решения, основанные на медиане Кемени, представляются наиболее взвешенными, так как в ней в основном выбирается мнение эксперта, которое наиболее точно отражает коллективное мнение экспертной группы, в данном случае мнение эксперта №5. В качестве метафоры можно считать, что это мнение соответствует «условному центру тяжести» экспертной группы, так как их квалификация различна, что является основанием для дачи разных экспертных заключений.

Целесообразность предложенной математической методики прогнозирования предаварийного и аварийного состояния энергетического оборудования на основе оценки влияния тех или иных дефектов позволяет существенно сократить аварийно-восстановительные работы за счет перехода от планово-предупредительного ремонта, регламентирующего обязательный ремонт на определенный период

эксплуатации энергетического оборудования, к предиктивной диагностике на основе текущего технического состояния каждого объекта.

Наряду с этим, предложенная математическая модель оценки согласованности мнений экспертов по медиане Кемени, а именно индекса несогласованности и коэффициента согласованности, может быть рекомендована для повышения достоверности результатов оценки общественных и социологических опросов. Предложенная математическая модель оценки согласованности экспертных мнений, а именно индекс согласованности и коэффициент согласованности, может быть рекомендована для повышения достоверности результатов оценки общественных и социологических опросов, где она ранее никогда не использовалась.

*Рецензент: Джурев Ш.Дж. — к.т.н., ст. преподаватель кафедры электроэнергетики ФФ ННУ "МЭИ".*

### Литература

1. Orlov, A.I. *Organizational and Economic Modeling: Textbook: In 3 Parts* Publishing House; Bauman Moscow State Technical University: Moscow, Russia, 2009; p. 567
2. VGorsky, G.; Orlov, A.; Gritsenko, A. Method of matching clustered rankings. *Autom. Telemekhanics* **2000**, 3, 159–167.
3. Manusov, V.; Ahyoev, J. Technical Diagnostics of Electric Equipment with the Use of Fuzzy Logic Models. *Appl. Mech. Mater.* **2015**, 792, 324–329, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.792.324>.
4. Dmitriev, S.; Safaraliev, M.; Gusev, S.; Ismoil, O.; Ahyoev, J.; Khujasaidov, J.; Zicmane, I. Analysis and evaluation of experts judgements consistency during electrical equipment diagnostics. In Proceedings of the 2020 IEEE 61st Annual International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University, RTUCON, Riga, Latvia, 5–7 November 2020; doi:10.1109/RTUCON51174.2020.9316577.
5. Levin V M 2018 Methodological Aspects of Assessing State of HPP Transformers in Monitoring Mode XIV Int. In Proceedings of the 2018 XIV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE), Novosibirsk, Russia, 2–6 October 2018; pp. 38–43.
6. Levin, V.M.; Guzhov, N.P.; A Chernenko, N.; Cheganova, N.F. Optimization of impacts parameters on the equipment of electrical networks during operation according to the technical condition. *IOP Conf. Series: Mater. Sci. Eng.* **2021**, 1089, 012017, <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1089/1/012017>.
7. Dmitriev, S.A.; Khalyasmaa, A.I. Power Equipment Technical State Assessment Principles. *Appl. Mech. Mater.* **2014**, 492, 531–535, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.492.531>.
8. Khlebtsov, A.P.; Shilin, A.N.; Rybakov, A.V.; Klyucharev, A.Y. Development of a fuzzy expert system for power transformer diagnostics. *J. Physics: Conf. Ser.* **2021**, 2091, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2091/1/012064>.
9. Khlebtsov, A.P.; Zaynutdinova L. K.; Shilin, A.N. Development of methods and devices for diagnostics of electric power equipment of transformer substations. *Electrotechnical complexes and systems* **2020**, 16, 14–27 (In Russian)
10. Khlebtsov, A.P.; Rybakov, I.A.; Svishchev, N.D.; Shilin, A.N. Expert system for predicting the state of transformers based on fuzzy logic. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **2020**, 976, 012001.
11. Khalyasmaa, A.I.; Dmitriev, S.A.; Glushkov, D.A.; Baltin, D.A.; Babushkina, N.A. Electrical Equipment Life Cycle Monitoring. *Adv. Mater. Res.* **2014**, 1008–1009, 536–539, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1008-1009.536>.
12. Grabchak, E.P. Assessment of the technical condition of power equipment in the digital economy, Nadezhnost' ibezopasnost' energetiki. *Reliab. Saf. Energy* **2017**, 74, 10268. (In Russian)
13. Kosolapov, A.B. System of Technical Diagnostics of Electrotechnical Complexes // Success of Modern Natural Science. 2005, No. 2, pp. 28–29. Available online: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=7980> (accessed on 28 October 2022) (In Russian).
14. Manusov, V.Z.; Orlov, D.V.; Frolova, V.V. Diagnostics of Technical State of Modern Transformer Equipment Using the Analytic Hierarchy Process. 2018 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Moscow, Russia, 12–15 June 2018; pp. 1–6, doi: 10.1109/IEEEIC.2018.8493904.
15. NSinyagin, N.; Afanasyev, N.; Novikov, S. *System of Planned Preventive Maintenance for Power Equipment and Networks of Industrial Power Engineering*; Energoatomizdat: Moscow, Russian, 1984. (In Russian)
16. Manusov, V.Z.; Ahyoev, D.S. Diagnosis of transformer electric equipment based on expert models with fuzzy logics. *ELEKTRO Elektrotehnika Elektroenerg. Electrotekhnicheskayapromyshlennost* **2015**, 5, 45–48.
17. Kofman, A. *Introduction into the Theory of Fuzzy Sets: Translation from French-M.*:RadioiSvyaz, 1982; 432p, (In Russian).
18. Manusov, V.Z.; Kovalenko, D.I. *Fuzzy Mathematical Models of Transformer Equipment Diagnosis; Nauchnyie problemy transporta Sibiri I Dalnego Vostoka*: 2012; p. 254–257. (In Russian)
19. Manusov, V.Z.; Demidas, J.M. *Defect/Fault Statistics Resulting in Breakdown of Power Transformers*; Nauchnyie problem I transporta Sibiri I Dalnego Vostoka: 2009; p. 405–407. (In Russian)



21. Bury, H.; Wagner, D. Application of Kemeny's Median for Group Decision Support. In *Applied Decision Support with Soft Computing. Studies in Fuzziness and Soft Computing*; Yu, X., Kacprzyk, J., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2003; Volume 124. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-37008-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-540-37008-6_10)

22. Dmitriev, S.A.; Manusov, V.Z.; Ahyoev, J.S. Diagnosing of the current technical condition of electric equipment on the basis of expert models with fuzzy logic. In Proceedings of the 2016 57th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 13–14 October 2016; Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.: Interlaken, Switzerland. <https://doi.org/10.1109/RTUCON.2016.7763126>.

23. Khalyasmaa, A.I.; Dmitriev, S.A.; Kokin, S.E.; Eroshenko, S.A. Fuzzy neural networks' application for substation integral state assessment. *WIT Trans. Ecol. Environ.* **2014**, *190*, 599–605. <https://doi.org/10.2495/EQ140581>

24. Kemeny, J.; Snell, J. *Cybernetic Modeling: Some Applications*; Soviet Radio/Sovetskoye Radio, 1972; 192p.

25. Ахъев, Д. С. Диагностика технического состояния электрооборудования на основе нечетких признаков / Д. С. Ахъев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 1(53). – С. 10-14.

26. Диагностика технического состояния электрооборудования по методу анализа иерархий / В. З. Манусов, Д. С. Ахъев, Д. В. Орлов, Д. Б. Рахимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 4(44). – С. 13-17.

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

TJ	RU	EN
Ахъев Чавод Саламшоевич н.и.т. дотсент, дотсенти кафедраи нуругоҳҳои электрии	Ахъев Джавод Саламшоевич к.т.н., доцент, доцент кафедри «Электрические станции»	Ahyoev Javod Salamshoevich Can.tech.scien., Associate Professor, Department of Power Stations
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
Телефон:(+992) 55-999-10-00, E-mail: <a href="mailto:Javod@ttu.tj">Javod@ttu.tj</a>		
TJ	RU	EN
Сафаралиев Муродбек Холназарович н.и.т., ходими калони илмии кафедраи автоматии шабакаҳои электрии	Сафаралиев Муродбек Холназарович к.т.н., старший научный сотрудник кафедри «Автоматизированные электрические системы»	Safaraliev Murodbek Kholnazarovich PhD., senior researcher of the Department of "Automated Electrical Systems"
Донишгоҳи федералии Урал ба номи аввалин президенти Россия Б. Н. Ельцин	УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина	UrFU named after the first President of Russia B. N. Yeltsin
Телефон: (+7) 950-564-49-67, E-mail: <a href="mailto:murodbek.safaraliev@urfu.ru">murodbek.safaraliev@urfu.ru</a>		
TJ	RU	EN
Рахимзода Чамшед Бобомурод н.и.т. дотсент, дотсенти кафедраи нуругоҳҳои электрии	Рахимзода Джамшед Бобомурод к.т.н., доцент, доцент кафедри «Электрические станции»	Rahimzoda Jamshed Bobomurod Can.tech.scien., Associate Professor, Department of Power Stations
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
Телефон: (+992) 98-747-77-71, E-mail: <a href="mailto:jam-rahimov@mail.ru">jam-rahimov@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Қосимов Улугбек Умриевич н.и.т., дотсенти кафедраи химояи рери ва автоматикаи системаҳои электроэнергетики	Қосимов Улугбек Умриевич к.т.н., доцент кафедри «Релейная защита и автоматизация энергосистем»	Kosimov Ulugbek Umrievich Can.tech.scien., Associate Professor of the Departments of relay protection and automation of power systems
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
Телефон:(+992) 907-37-24-24, E-mail: <a href="mailto:kosimov@list.ru">kosimov@list.ru</a>		
TJ	RU	EN
Бобозода Шукруллоҳ Абдуғафор унвончуи кафедраи нуругоҳҳои электрии	Бобозода Шукруллоҳ Абдуғафор соскатель кафедри «Электрические станции»	Bobozoda Shukrulloh Abdugafor Researcher of the Department of Power Stations
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
Телефон:(+992) 937-00-30-07, E-mail: <a href="mailto:shukrullobobozoda3@gmail.com">shukrullobobozoda3@gmail.com</a>		

## **БАҶОДИҶИИ ИСТИФОДАБАРИИ ЭНЕРГИЯИ ОҒТОБ БАРОИ ЭЛЕКТРОТАЪМИНКУНИИ ИСЪМОЛКУНАНДАГОНИ АВТОНОМӢ ТАВАССУТИ ТАТБИҚИ КОМПЛЕКСҶОИ ЭНЕРГЕТИКӢ**

**Ф.О. Исмоилов, С.Г., Гулмуродзода, Х.С. Саидзода, Б.С. Чамолзода**

Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар кори мазкур дар асоси натиҷаҳои ҳисобҳои тадқиқоти илмӣ имкониятҳои истифодаи энергияи офтоб бо мақсади электротаминкунии истеъмолкунандагони автономӣ ва дурдасти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавассути истифодабарии комплексҳои энергетикӣ неругоҳи фотоэлектрикӣ офтобӣ-неругоҳи барқии обии хурд (НФЭО-НБОХ) баҳогузорӣ карда шудааст. Таҷрибаи истифодабарии дастгоҳҳои электрикӣ дар асоси манбаъҳои барқароршавандаи энергия дар тамоми ҷаҳон нишон медиҳад, ки истифодаи комплексҳои энергетикӣ дар асоси манбаъҳои барқароршавандаи энергия бартариҳои назаррас дорад ва аксар вақт яке аз роҳҳои рафъи бӯҳрони энергетикӣ минтақаҳои мушаххас ба ҳисоб меравад. Муқаррар карда шудааст, ки электротаминкунии истеъмолкунандагони дурдаст бо роҳи истифодабарии комплексҳои энергетикӣ дар асоси МБЭ дар ҳолати вучуд доштани захираи ду ва зиёда МБЭ самаранок шуда метавонад.

Дар кишвар бо вучуди зиёд будани захираҳои техникӣ ва иқтисодии энергияи офтоб ва об истифодабарии комплексҳои энергетикӣ НФЭО-НБОХ имконпазир мебошад. Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон то ин замон шумораи кофӣ НБОХ бунёд шудаанд ва миқдори муайяни онҳо то имрӯз ҳам мавриди истифода қарор доранд. Дар кори мазкур дастгоҳҳои офтобӣ барои илова ба НБОХ, ки алақай дар истифода қарор доранд, барои истифодабарии яқоя ҳамчун комплексҳои энергетикӣ пешниҳод карда мешавад. Вобаста ба ин, комплексҳои энергетикӣ НФЭО-НБОХ дар кори мазкур барои шароити минтақаи баландкӯҳи дурдасти кишвар – ноҳияи Мурғоб зери тадқиқот қарор дода мешавад. Бо ин мақсад дар навбати аввал имкониятҳои энергияи офтобро баҳогузорӣ намуда, самаранокии истифодабарии онро дар асоси истифодабарии комплекси энергетикӣ муайян намудан лозим мебошад.

*Каливоҷаҳо: электротаминкунии, комплексҳои энергетикӣ, энергияи офтоб, манбаъҳои барқароршавандаи энергия.*

### **ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ**

**Ф.О. Исмоилов, С.Г., Гулмуродзода, Х.С. Саидзода, Б.С. Чамолзода**

В работе на основе результатов научно-исследовательских расчетов дана оценка возможности использования солнечной энергии с целью электроснабжения автономных и отдаленных от объединенной энергосистемы потребителей Республики Таджикистан путем применения энергетических комплексов СФЭС-МГЭС. Опыт эксплуатации электроустановки на основе МБЭ во всем мире показывает, что применение энергокомплексов на базе МБЭ имеет много достоинств и часто считается одним из способов выхода из энергетического кризиса конкретных регионов. Установлено, что энергетические комплексы на основе МБЭ эффективнее использовать для электроснабжения отдаленных территорий, имеющие два или более видов ресурсов МБЭ. Из всех имеющихся видов МБЭ в стране солнечная и гидравлическая энергии ввиду большего технического и экономического запаса могут использоваться в комбинации в ЭК СФЭС-ГЭС. В Республике Таджикистан до сегодняшнего дня было построено достаточное количество малых ГЭС и определенное их количество по сей день функционирует. Предполагается использовать солнечную энергию и установки на их основе в дополнение к уже имеющимся МГЭС. В связи с этой ЭК СФЭС-ГЭС исследуется применительно к условиям характерного высокогорного отдаленного региона страны – Мургабского района. Для этого естественно в первую очередь необходимо исследовать возможности солнечной энергии и дать оценку эффективности её использования на базе энергетических комплексов.

*Ключевые слова: электроснабжение, энергокомплекс, солнечная энергия, возобновляемые источники энергии.*

### **ASSESSMENT OF THE USE OF SOLAR ENERGY FOR ELECTRIC SUPPLY OF AUTONOMOUS CONSUMERS BY USING ENERGY HYBRID SYSTEM**

**F.O. Ismoilov, S.J., Gulmurodzoda, Kh.S. Saidzoda, B.S. Jamolzoda**

The work, based on the results of scientific research calculations, assesses the possibility of using solar energy to supply electricity to autonomous and remote consumers of the Republic of Tajikistan through the use of SPV-HPP energy hybrid systems. Experience in the operation of electrical installations based on renewable energy sources around the world shows that the use of energy hybrid systems based on renewable energy sources has many advantages and is often considered one of the ways to overcome the energy crisis of specific regions. It has been established that it is more efficient to use energy hybrid systems based on renewable energy sources for power supply to remote areas that have two or more types of renewable energy resources. Of all the available types of renewable energy sources in the country, solar and hydraulic energy, due to their greater technical and economic reserves, can be used in combination in the HS SPV-HPP. A sufficient number of small hydroelectric power stations have been built in the country and a certain number of them are still operating today. It is planned to use solar energy and installations based on them in addition to existing SHPP. In this regard, in the work of the HS SPV-HPP, it is studied in relation to the conditions of a characteristic high-mountainous remote region of the country - the Murghab region. To do this, it is natural, first of all, it is necessary to study the possibilities of solar energy and assess the effectiveness of its use on the basis of energy complexes.

*Key words: electricity supply, energy hybrid system, solar energy, renewable energy sources.*

Имрӯз ҳамаи нерӯгоҳҳои электрикӣ амалкунандаи Тоҷикистон ба ҳисоби миёна 20 млрд. кВт·соат/сол нерӯи барқ истеҳсол мекунанд ва талаботи солона ба нерӯи барқ дар ҷумҳурӣ бо назардошти дурнамо тақрибан 23-25 млрд. кВт·соат/сол-ро ташкил медиҳад. Бо ба истифода додани нерӯгоҳи барқии обии Роғун, мушкилоти норасоии нерӯи барқ хеле беҳтар хоҳад шуд, аммо мушкилоти электротаминкунии бисёр маҳалҳои

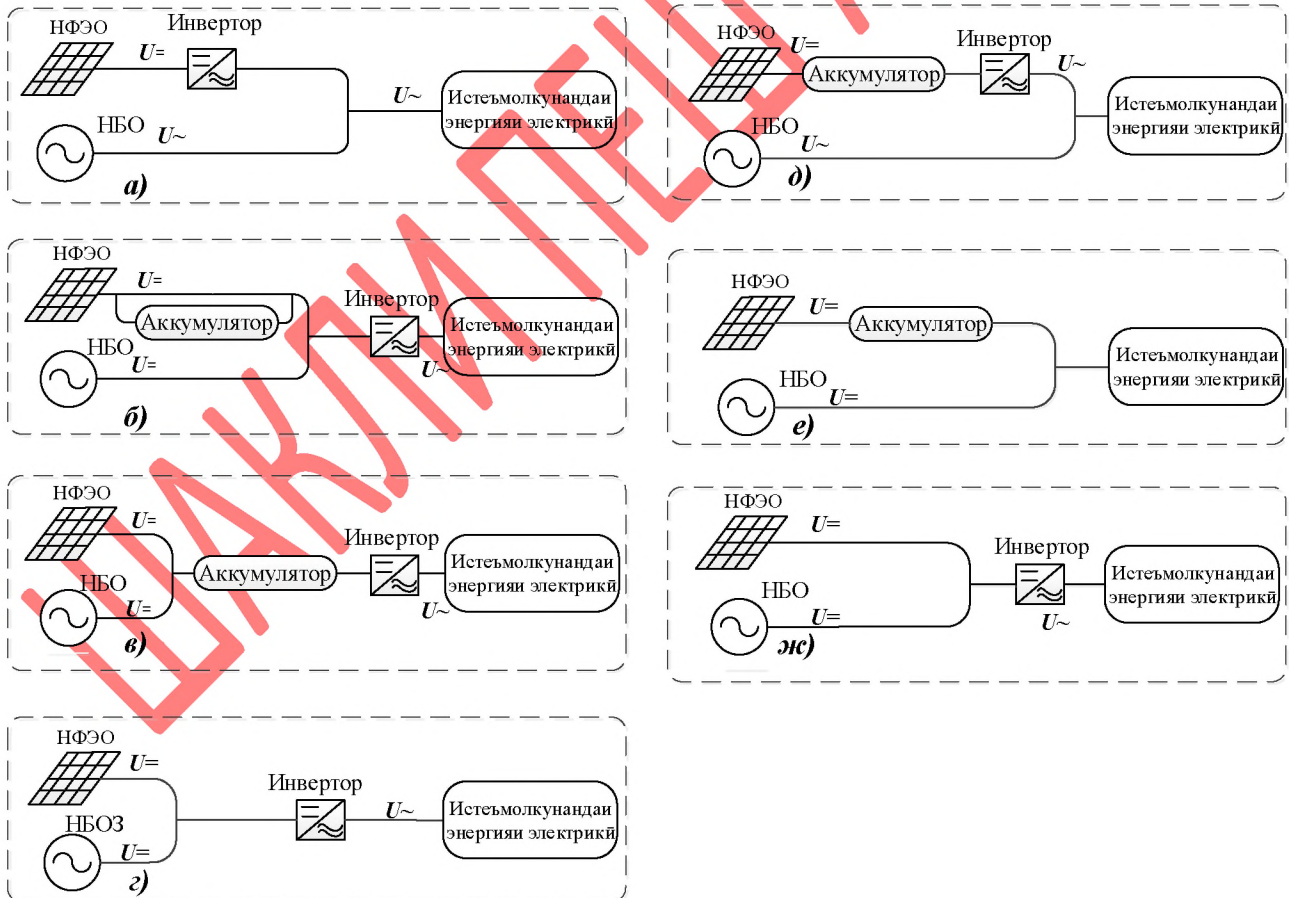
аҳолинишини аз хатҳои интиқоли барқи марказӣ дур ҷойгир буда ва минтақаҳои аҳолинишини кӯҳӣ ҳал нашоудааст.

Мувофиқи тадқиқот [1] истифодаи комплексҳои энергетикӣ (энергокомплекс) дар асоси МБЭ бартариҳои зиёд дорад ва ҳамчун яке аз роҳҳои баромадан аз бӯҳрони энергетикӣ ҷумҳурӣ қабул шудааст. Дар навбати аввал, комплексҳои энергетикӣ дар асоси МБЭ барои таъмини энергияи электрикӣ ба минтақаҳои дурдасти аҳолинишин, ки дорои ду ё зиёда намуди захираҳои МБЭ мебошанд, самараноктар истифода мешавад. Ҷойҳои мусоид барои насби маҷмааҳои энергетикӣ дар пойгоҳи МБЭ дар қорҳои муайян карда шудаанд [1][2].

Дар Тоҷикистон, хусусан дар минтақаҳои кӯҳӣ, ки ба шабақаҳои электрикӣ марказӣ пайваست нестанд, шумораи зиёди НБО-ҳои микро, мини ва хурд фаъолият мекунад, ки талаботи аҳолиро ба энергияи электрикӣ пурра қонеъ карда наметавонанд. Ин маънои онро дорад, ки инчунин масъалаи илова кардани НФЭО ба нуругоҳҳои хурди барқии обӣ ва таҳқиқи самаранокии фаъолияти якҷояи онҳо зарур аст.

Тавре ки дар боло қайд шуд, мубодилаи якҷанд намуди энергияи барқароршаванда дар комплексҳои энергетикӣ, ки якҷанд дастгоҳҳои энергияи барқароршавандаро дар бар мегиранд, амалӣ карда мешавад. Вобаста аз манбаъҳои энергиябарандаҳои аввала, таъинот ва як қатор омилҳои дигар, комплексҳои энергетикӣ метавонанд иҷроӣ ва сохти гуногун дошта бошанд.

Имрӯзҳо бисёр вариантҳои иҷрои комплексҳои энергетикӣ дар асоси манбаъҳои барқароршавандаи энергия қоркард ва дар амал татбиқ карда шудаанд. Аз рӯи захираҳои энергияи барқароршаванда ва дастрасии онҳо, аз рӯи дараҷаи омӯхтагии захираҳо, аз рӯи мавҷудияти заминаи истеҳсоли-техникӣ ва сатҳи рушди заминаи илмӣ-техникӣ дар Тоҷикистон истифодаи энергияи об ва офтоб аз боқимонда намудҳои энергияи бештар афзалият доранд. Дигар намудҳои манбаъҳои энергия то имрӯз аз рӯи аломатҳои дар боло зикршуда ба дуюм ҷой гузошта шудаанд. Истифодаи комплексҳои энергетикӣ НФЭО-НБОХ дар бисёр қорҳои илмӣ баррасӣ карда шуда, бисёр схемаҳои иҷроии онҳо таҳия ва пешниҳод шудаанд. Баъзе аз ин схемаҳо дар расми 1 оварда шудаанд.



Расми 1 – Схемаҳои иҷроии комплексҳои энергетикӣ НФЭО-НБОХ.



Комплексҳои энергетикӣ схемаҳои **а, б, в, г, д**, ва **ж** дар расми 1 дар истифодабарӣ осон мебошанд, аммо барои иҷрои тарҳбандии чунин схемаҳо, иловатан насби инвертор талаб карда мешавад. Схемаи **е** дар расми 1 дар таркиби худ инвертор надорад ва танҳо барои таъмини истеъмолкунандагони чараёни доимӣ пешбинӣ шудааст, ки истифодаи васеи онро маҳдуд мекунад. Дар расми 1 схемаҳои **б, в, д** ва **е** эътимоднокии баланд доранд, зеро дар таркиби онҳо дастгоҳи ҷамъкунанда (аккумулятор) мавҷуд аст. Дар схемаи **г** дастгоҳи иловагии аккумуляторӣ насб карда намешавад, зеро вазифаи аккумуляторро дар ин схема нуругоҳи барқии обуҳаҷраи (НБОЗ) иҷро мекунад.

Қариб дар ҳама схемаҳои расми 1 агар дар назди нуругоҳи обӣ обанбор мавҷуд бошад, дастгоҳи иловагии аккумуляторро насб накардан мумкин аст. Дар ин ҳолат бо ёрии НБО захиракунии обро ба роҳ мондан мумкин аст.

Вариантҳои комплексҳои энергетикӣ НФЭО-НБОХ дар боло овардашуда хусусиятҳои хос доранд, онҳо қодиранд ҳам дар речаи автономӣ ва ҳам дар ҳаёти системаи электроэнергетикӣ калон фазолияти самарабахшро ба роҳ монанд.

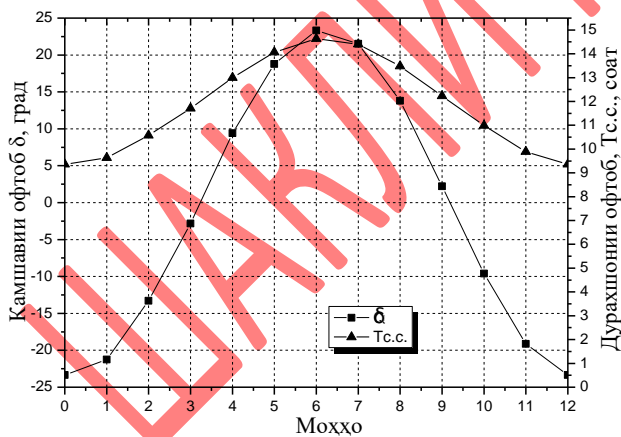
Дар робита ба гуфтаҳои боло, дар ин қор самаранокии энергетикӣ комплексҳои энергетикӣ НФЭО-НБОХ дар минтақаҳои дурдаст барои электротавминкунии истеъмолкунандагони мустақил, дар мисоли ноҳияи Мурғоби Вилояти Мухтори Кӯҳистони Бадахшон тадқиқ карда мешавад. Самаранокии энергетикӣ-иқтисодии комплексҳои энергетикӣ НФЭО-НБОХ аз речаҳо ва бузургии энергияи офтобӣ ва об, ҷойгиршавии мушаххаси комплексҳои энергетикӣ, хусусиятҳо ва речаҳои қори НБОХ, мавҷудияти обанбор ва намудҳои танзим, таносуби иқтидорҳои НБОХ ва НФЭО ва иштироки алоҳидаи онҳо дар пӯшонидани графикаи борҳо вобастагӣ дорад.

Азбаски параметрҳо ва хусусиятҳои истифодаи энергияи об алақай муфассалтар омӯхта шудаанд, аз он ҷумла НБО-и минӣ ва микро, дар ин қор имкониятҳои техникӣ истифодаи энергияи Офтоб бо истифодаи минбаъдаи онҳо дар ҳаёти комплексҳои энергетикӣ НФЭО-НБОХ барои электротавминкунии истеъмолкунандагони мустақил тадқиқ карда шуданд.

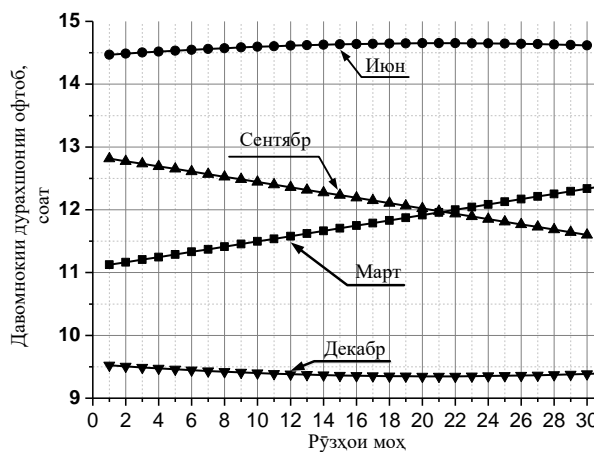
Ҳамин тариқ, пеш аз ҳама, бояд хусусиятҳои захиравӣ ва техникӣ истифодаи энергияи офтобро дар мисоли ноҳияи Мурғоби ҚТ таҳқиқ кард. Ноҳияи Мурғоб дар баландии 3600-4000 м аз сатҳи баҳр бо координатаҳои арзи шимолӣ ҷойгир аст:  $\phi=38^{\circ}11'$  ва дарозии шарқӣ  $\phi=74^{\circ}00'$ .

Ҳангоми ҳалли масъалаи мазкур ба параметрҳои зарурии энергияи офтобӣ бузургиҳои радиатсияи офтобӣ дохил мешаванд: радиатсияи офтобӣ дар моҳҳои хоси сол дар осмони соф ва ҳавои абрнок, тағйирёбии чараёни радиатсияи офтобӣ дар давоми сол, давомнокии офтоб дар давоми рӯз, тағйирёбии давомнокии офтоб дар давоми сол, кунҷи самарабахши панели офтобӣ дар ин минтақа дар вақти мушаххаси сол [4].

Мувофиқи ҳисоб, натиҷаҳои ба даст овардашуда аз рӯи ҳисоб кардани давомнокии офтоб аз рӯи моҳҳои сол ва тағйирёбии он дар давоми соли тақвимӣ ва майл кардани офтоб дар расми 2 оварда шудаанд.

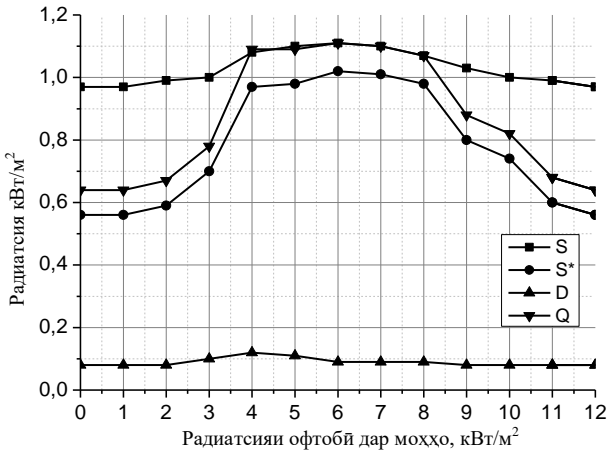


Расми 2 - Камшавии офтоб ва давомнокии офтоб дар як сол дар ноҳияи Мурғоб. Арзишҳои миёна ба рӯзи 15-уми ҳар моҳ мувофиқат мекунад.

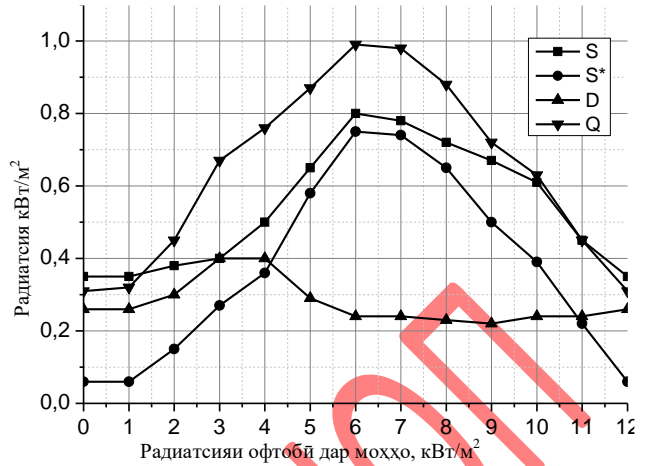


Расми 3 - Графики тағйирёбии давомнокии офтоб барои моҳҳои хоси сол дар ноҳияи Мурғоб.

Тибқи маълумоти ҳадамоти обуҳавошиносӣ, ки дар ин минтақа муддати тӯлонӣ мушоҳида кардаанд, ҷадвали тағйирёбии омадани радиатсияи офтобӣ дар минтақаи ноҳияи Мурғоб тартиб дода шудааст [1], (расм.4. ва 5.).



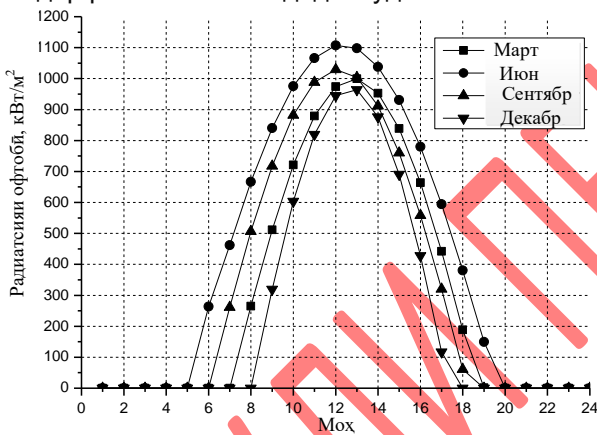
Расми 4 – Ташиқилдиҳандаҳои сели радиатсияи офтобӣ дар минтақаи Мурғоб дар рӯзи офтобӣ.



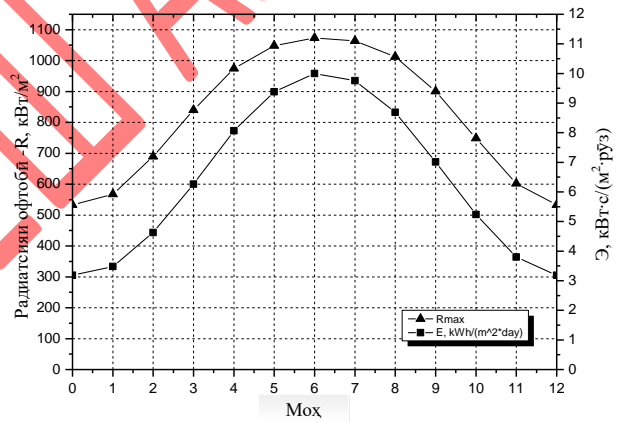
Расми 5 – Ташиқилдиҳандаҳои сели радиатсияи офтобӣ дар минтақаи Мурғоб дар рӯзи обрнок.

Дар расми 4 ва 5: **S** радиатсияи мустақими офтоб, ки ба сатҳи ба нуҳҳои офтоб перпендикуляр ворид мешавад, **S\*** радиатсияи мустақими офтоб, ба сатҳи уфуқӣ воридшаванда, **d** радиатсияи пароканда, ки ба сатҳи уфуқӣ ворид мешавад, **Q** радиатсияи ҷамъбаастшуда, ки ба сатҳи уфуқӣ ворид мешавад.

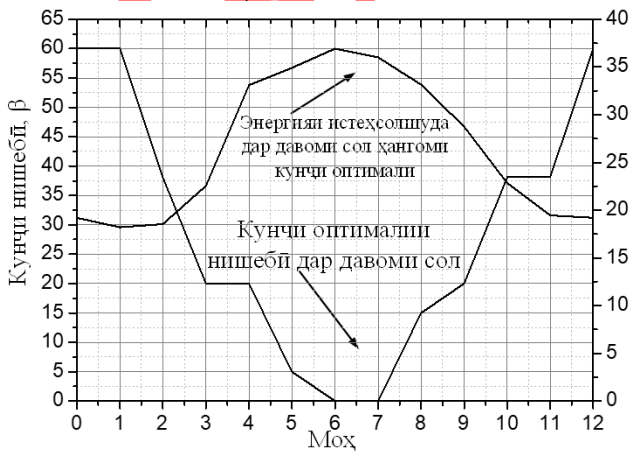
Арзишҳои максималии сели радиатсияи офтобӣ, рӯзҳои хоси моҳҳои хоси сол дар шакли графикҳо дар расми 6 оварда шудаанд. Тағйирёбии сели энергияи офтоб ва радиатсияи офтобӣ дар давоми сол дар минтақаи Мурғоб дар расми 7 нишон дода шудааст.



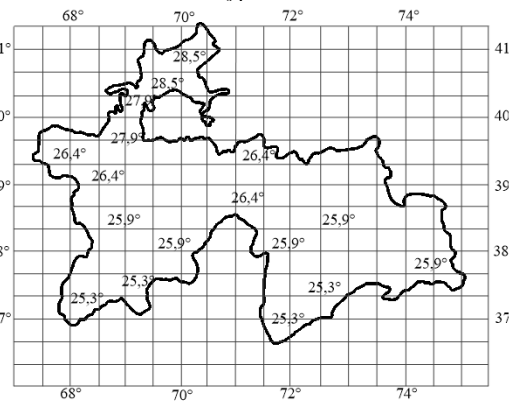
Расми 6- Радиатсияи максималии офтобии рӯзҳои хос барои моҳҳои хоси сол дар ноҳияи Мурғоби Тоҷикистон.



Расми 7- Тағйироти сели энергияи офтоб ва радиатсияи офтобӣ дар давоми сол дар ноҳияи Мурғоб.



Расми 8 - Кунҷи оптимальи насби панели офтобӣ барои ҳар моҳи сол ва энергияи таҳти кунҷи оптимальӣ воридшаванда дар ноҳияи Мурғоб.



Расми 9- Кунҷҳои оптимальи насби дастгоҳҳои офтобӣ дар давоми сол барои тамоми қаламрави ҷумҳурӣ.

Барои ба даст овардани истеҳсоли максималии нерӯи барқ аз дастгоҳҳои офтобӣ, зарур аст, ки онҳо дар давоми сол дар кунҷи беҳтарин ҷойгир карда шаванд. Бо ин мақсад кунҷи оптималии насби панелҳои офтобӣ дар давоми сол бо усули дар кори [4] овардашуда ҳисоб карда шуд.

Ҳисоб кардани кунҷи оптималии насби панелҳои офтобӣ барои тамоми паҳноии Қаламрави Тоҷикистон анҷом дода шуд. Натиҷаҳои ҳисоб кардани кунҷи оптималии насби панели офтобӣ барои ҳар моҳи сол ва энергияи дар кунҷи оптималӣ воридшаванда дар ноҳияи Мурғоб дар расми 7 оварда шудаанд, ва арзишҳои кунҷҳои оптималии насби панелҳои офтобӣ барои қаламрави ҷумҳурӣ дар расми 8 нишон дода шудаанд.

Барои шароити ноҳияи Мурғоб бо арзи шимолӣ  $\varphi = 38^\circ$  кунҷи оптималии насби модулҳои офтобӣ дар давоми сол ба  $25,9^\circ$  баробар буд.

Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқоти анҷомдодашуда бояд хулосаҳои зерин бароварда шаванд:

1. Давомнокии дурахшони офтоб барои кӯтоҳтарин рӯзҳои декабр 9,5 то 14,5 соатро ташкил медиҳад ва арзиши миёнаи он на камтар аз 12 соат дар як сол аст, ки ба баланд бардоштани самаранокии истифодаи энергияи офтоб мусоидат мекунад;

2. Радиатсияи мустақими офтоб дар сели умумии радиатсияи офтоб арзиши калон дорад, ки ин ба самаранокии истифодаи панелҳои офтобӣ, ки дар самтҳои амудӣ ва уфуқӣ танзим карда намешаванд, таъсири калони мусбат мерасонад. Ин хусусият барои аксари қаламрави кишвари мо хос аст;

3. Арзишҳои радиатсияи максималии офтобии минтақа барои рӯзҳои хоси моҳҳои сол аз 950 то 1100 Вт/м<sup>2</sup> мебошанд.

5. Самаранокии комплексҳои энергетикӣ НФЭО-НБОХ афзуда мешавад, агар НБОХ дар таркиби худ обанбори танзими шабонарӯзӣ дошта бошад;

6. Ҳамаи натиҷаҳои дар боло зикршуда энергияи офтобро барои истифода дар ҳайати комплексҳои энергетикӣ НФЭО-НБОХ на танҳо дар шароити ноҳияи Мурғоб, балки дар тамоми қаламрави Ҷумҳурии Тоҷикистон хеле самаранок мегардонанд.

*Муқаррир: Султонзода Ш.М. — н.и.т., мудири кафедраи нерӯгоҳҳои электрӣ ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ.*

### Адабиёт

1. Исмоилов Ф.О. Комплексное использование источников возобновляемой энергии в условиях Таджикистана. Политехнический Вестник №1 (37) 2017. Серия Инженерные исследования. – Издание Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими, Душанбе 2017г. -с.17-27.

2. Исмоилов Ф.О. Проектирование энергокомплексов на базе возобновляемых источников энергии в условиях Таджикистана. Политехнический Вестник №1 (37) 2017. Серия Инженерные исследования. – Издание Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими, Душанбе 2017г. -с.27-37.

3. Ахмедов Х. М., Каримов Х. С., Кабутов К. Возобновляемые источники энергии в Таджикистане: состояние и перспективы развития./Физико-Технический институт им. С. У. Умарова Академии наук республики Таджикистан. – Доклад. – Душанбе: - 2010г. – 30с.

4. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, Кузнецова, Н. К. Малинин; под ред. В. И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 276 с.

5. Исмоилов Ф. О., Давроншоев Ш. Р., Ашуров А. Возможные схемы энергокомплекса СЭС-ГЭС и выбор оптимального варианта в условиях Таджикистана./ Материалы V-й международной научно-практической конференции «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ» Материалы конференции. Издание Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими, Душанбе 2011. -с.110-114.

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

TJ	RU	EN
Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Ismoilov Firdavs Olimshoevich
н.и.т	к.т.н	Candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техники 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:ismoilovFO@yandex.com">ismoilovFO@yandex.com</a>		
TJ	RU	EN
Гулмуродзода Сайёд Гулмурод	Гулмуродзода Сайёд Гулмурод	Gulmurodzoda Saiyod Gulmurod
н.и.т	к.т.н	Candidate of technical sciences, associate professor

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: <a href="mailto:jononaev.87@mail.ru">jononaev.87@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after academic M.S. Osimi
<b>TJ</b>	<b>RU</b>	<b>EN</b>
Саидзода Хушдил Саид	Саидзода Хушдил Саид	Saidzoda Khushdil Said
н.и.т	к.т.н	Candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: <a href="mailto:khushdil.sangov@mail.ru">khushdil.sangov@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after academic M.S. Osimi
<b>TJ</b>	<b>RU</b>	<b>EN</b>
Чамолзода Бехрузи Саъдонхуча	Джамолзода Бехрузи Саъдонхуджа	Jamolzoda Behruzi Sadonkhuja
н.и.т	к.т.н	Candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: <a href="mailto:Jamolzoda_behruz@mail.ru">Jamolzoda_behruz@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after academic M.S. Osimi

ШАРҲИ ПЕШАВЗУР



## ЛИКВИДАЦИЯ ОДНОФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ДВУХЦЕПНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ

С.Г. Гулмуродзода, Ф.О. Исмоилов, Х.С. Саидзода, Б.С. Джамолзода,  
С.Р. Ниёзи, М.М. Саидзода

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье рассматриваются особенности ликвидации однофазных коротких замыканий (ОКЗ) в двухцепных воздушных линиях (ВЛ). При этом значительная часть однофазных коротких замыканий представляют неустойчивые дуговые аварии, которые могут быть успешно ликвидированы в цикле быстродействующего автоматического повторного включения (БАПВ) или однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ). Двухцепные линии нередко используются в дальних электропередачи (ДЭП), что позволяет повысить их пропускную способность и надёжность работы. В этом случае целесообразно при возникновении ОКЗ на одной из цепей осуществлять её отключение на время, достаточное для устранения устойчивых ОКЗ. Дело в том, что заметный процент ОКЗ является устойчивыми и поэтому при использовании быстродействующего автоматического повторного включения (БАПВ) есть вероятность включения линии на неустранившееся ОКЗ, что усугубляет характер динамического перехода. Во всем мире ДЭП проектируются и эксплуатируются так, чтобы удовлетворять критерию надёжности N-1. Этот критерий означает, что при потере одного независимого элемента в энергообъединении оно должно выполнять свои функции, по крайней мере, в послеаварийном режиме в полном объёме. Рассмотрим традиционное решение проблемы надёжности для ДЛЭП, которым является сооружение двухцепных линий. Критерий N-1 должен выполняться при всех авариях на отдельной цепи за исключением весьма редких случаев одновременной потери двух цепей, а также полного отказа одной из подстанций.

**Ключевые слова:** ликвидация однофазных коротких замыканий, двухцепные воздушные линии, быстродействующего автоматического повторного включения, динамического перехода, критерию надёжности N-1, дальних электропередачах, секционированная двухцепная ЛЭП, послеаварийные режимы, двухцепная несекционированная ВЛ.

### ELIMINATION OF SINGLE PHASE SHORT CIRCUITS IN A TWO CHAIN AIR LINES

S.J. Gulmurodzoda, F.O. Ismoilov, Kh.S. Saidzoda, B.S. Jamolzoda, S. R. Niyozzi, M.M. Saidzoda

The article analyzes the features of eliminating single-phase faults in an overhead circuit line. At the same time, a significant part of single-phase short circuits represent intermittent arc accidents, which can be successfully eliminated in the cycle of high-speed automatic reclosing or single-phase automatic reclosing. Double-circuit lines are used in long-distance power transmission, which makes it possible to increase their throughput and operational reliability. In this case, it is advisable, if a short circuit occurs on one of the circuits, to turn it off for a time sufficient to eliminate stable short circuits. The fact is that a significant percentage of the short circuits are stable and therefore, when using high-speed automatic restart, there is a possibility of switching on the line to the unresolved short circuit, which aggravates the nature of the dynamic transition. Moreover, from a reliability standpoint, the line can be sectioned into sections, so that damage is eliminated by turning off the emergency circuit of the corresponding section. All over the world, EPS are designed and operated to meet reliability criterion N-1. This criterion means that if one independent element in the energy system is lost, it must perform its functions, at least in the post-emergency mode, in full. Let's consider the traditional solution to the reliability problem for DPS, which is the construction of double-circuit lines. Criterion N-1 must be met for all accidents on a single circuit, with the exception of very rare cases of simultaneous loss of two circuits, as well as a complete failure of one of the substations.

**Keywords:** recovery voltage, secondary arc currents, double-chain overhead lines, fast-acting automatic re-activation, secondary arc resistance, dynamic transition process, reliability criterion N-1, long-range power transmission, partitioned double-chain, two-chain unsectioned overhead line.

### БАРҶАМ ДОДАНИ РАСИШИ КУҶОҶИ ЯКФАЗА ДАР ХАТҶОИ ИНТИҚОЛИ ҲАВОИИ ДУ ЗАНЧИРА

С.Г. Гулмуродзода, Ф.О. Исмоилов, Х.С. Саидзода, Б.С. Ҷамолзода, С.Р. Ниёзӣ, М.М. Саидзода

Дар ин мақола хусусиятҳои ҳоси барҷам додани расиши кӯҷоҳи якфаза дар хатҳои ҳавоии ду занҷира дида шудааст. Дар мавриди истифодаи хатҳои шиддати фавқулбаланд қисми зиёди расиши кӯҷоҳи якфаза, ҳосияти ноустуворро ҳос аст, яъне дар давраи пайвастании такрори автоматии якфаза (ПТАЯ), баргараф карда мешаванд. Дар ин ҳолат, қисми зиёди расиши кӯҷоҳи якфаза садамаҳои камоии ноустуворро ташкил медиҳад, ки метавонанд дар давраи муваффақияти пайвасти такрорӣ худбаҳуди зудамал (ПТХЗ) ё пайвастании такрори автоматии якфаза (ПТАЯ) бо муваффақият баргараф карда мешаванд.

Ҳати интиқоли ду занҷира на ҳама вақт дар хатҳои интиқоли дар масофаи дур истифода бурда мешавад, ки имконияти баланд бардоштани этимодноки ва қобилияти ҷараёнгузаронии онро таъмин менамояд. Дар ин ҳолат мувофиқи мақсад буда ҳангоми таъсиррасонии расиши кӯҷоҳи якфаза, дар яке аз занҷирҳо вучуд доштани хомушқунии дар мудати вақт, басанда ҳаст барои баргараф кардани устувории расиши кӯҷоҳи якфаза. Гап дар он аст, ки фоизи назарраси расиши кӯҷоҳи якфаза, устувор аст ва бинобар ин ҳангоми истифодаи зудпайвастании якфазаи автоматии такрорӣ (ЗЯАТ) имкони он аст, ки пайваст кардани ҳати интиқол дар ҳолати ноустувории расиши кӯҷоҳи якфаза, ки характери гузариши динамикиро тезу тунд мегардонад. Гузашта аз ин, аз нуктаи назари этимодноки, ҳати интиқол қисм банди шуда дар қитаҳо, пас аз ин барҷам додани зарарҳои вучудоштаи хомушқунии садамавӣ дар занҷирҳои қисм банди карда шуда. Дар саросари ҷаҳон, дар хатҳои интиқоли масофаи дур барои қонеъ кардани меъёри этимодноқӣ N-1 тарҳрезӣ ва истифода мешавад.

**Калимаҳои калиди:** барҷам додани расиши кӯҷоҳи якфаза, хатҳои интиқоли ду занҷира, зудпайвастании якфазаи автоматии такрорӣ, гузариши динамика, меъёри этимодноқӣ N-1 ҳати интиқоли барҷ дар масофаи дур, қисмбандии хатҳои интиқоли ду занҷира, реҷаи бад аз садамавӣ.

### Введение

Развитие электроэнергетики, в частности, рост номинального напряжения воздушных линий электропередачи 500 –750 кВ обусловили повышение требований, предъявляемых к устройству АПВ этих

линий, особенно в отношении быстродействия, чувствительности и расширения выполняемых функций. Использование двухцепных ЛЭП высокого напряжения как правило приведет к повышению пропускной способности и надёжности дальних электропередач в целом. В этом случае целесообразно при возникновении ОКЗ на одной из цепей осуществлять её отключение на время, достаточное для устранения устойчивых ОКЗ. Дело в том, что заметный процент ОКЗ является устойчивыми и поэтому при использовании БАПВ есть вероятность включения линии на неустранившееся ОКЗ, что усугубляет характер динамического перехода. Более того, с позиций надёжности линия может секционироваться на участки (рис.1), так что ликвидация повреждения осуществляется отключением аварийной цепи соответствующей секции.

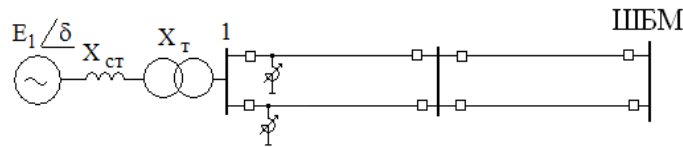


Рисунок 1 – Секционированная двухцепная ДЭП

### Двухцепная несекционированная ВЛ

При длинах линий не превышающих 350–400 км обычно используются несекционированные двухцепные ДЭП (рис.2.). Рассмотрим характер динамического перехода в такой ДЭП при ликвидации ОКЗ путем отключения аварийной цепи.

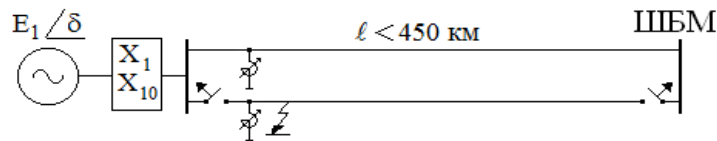


Рисунок 2 – Ликвидация ОКЗ в несекционированной двухцепной ДЭП

Угловые характеристики позволяют проанализировать характер динамического перехода, используя метод площадей. Для определения изменения угла генераторов станции во времени требуется решение уравнения движения.

Найдём требование к угловой характеристике послеаварийного режима по условию сохранения динамической устойчивости (Рис.3). Требуемая амплитуда угловой характеристике послеаварийного режима находится из равенства площадок ускорения и торможения в процессе динамического перехода.

$$\int_{\delta_0}^{\delta_{OKЗ}} (P_0 - P_{OKЗ \max} \cdot \sin \delta) d\delta + \int_{\delta_{OKЗ}}^{\pi - \delta_{01}} (P_0 - P_{п/а \max} \cdot \sin \delta) d\delta = 0 \quad (1)$$

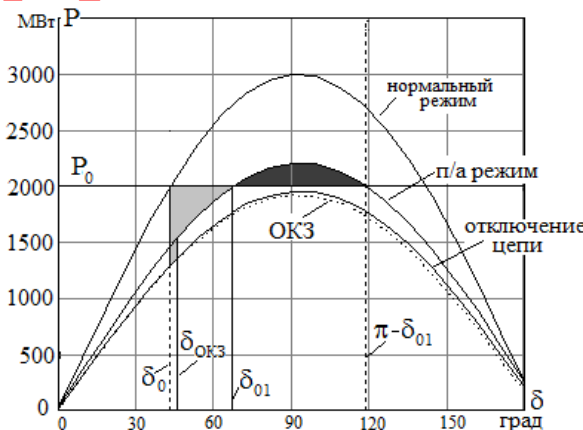


Рисунок 2 – Ликвидация ОКЗ в несекционированной двухцепной ДЭП

После преобразований получим следующее уравнение для определения амплитуды угловой характеристике послеаварийного режима, при которой обеспечивается устойчивый динамический переход.

$$P_o \left( \pi - \delta_o - \arcsin \frac{P_o}{P_{ПА \max}} \right) - \left( P_{ПА \max} \cdot \cos \delta_{ОКЗ} + \sqrt{P_{ПА \max}^2 - P_o^2} \right) + P_{ОКЗ \max} (\cos \delta_{ОКЗ} - \cos \delta_{ОКЗ}) = 0 \quad (2)$$

Решение этого уравнения при принятых данных даёт  $P_{ПА \max} = 2190 \text{ МВт}$ .

Повышение уровня угловой характеристике послеаварийного режима наиболее просто достигается увеличением ЭДС станции за счет автоматического регулирования возбуждения генераторов. При этом необходимая степень увеличения ЭДС определяется соотношением

$$K_E = \frac{E_{1ПА}}{E_1} = \frac{P_{ПА \max}}{P_{н \max}} \cdot \frac{X_{вз.ПА}}{X_{вз.н}} \quad (3)$$

где  $X_{вз.н}$ ,  $X_{вз.ПА}$  – взаимные сопротивление схемы соответственно в нормальном и послеаварийном режимах.

Для рассмотренного примера при длине ВЛ 350 км  $K_E = 1,12$ , т.е. степень увеличения ЭДС составляет 12 % и находится в приемлемых пределах.

С ростом длины линии требования к системам АРВ генераторов ужесточаются. Так, при длине линии 500 км требуется степень увеличения  $K_E = 1,35$ , что находится за пределами, которые могут обеспечить АРВ генераторов. И в этом случае эффективным путем является секционирование линии (рис.4.), которое, как мы убедимся несколько позже, требуется и по условиям послеаварийного режима. Однако при длинах ВЛ порядка 450 – 500 км и выше одного секционирования для обеспечения динамической устойчивости недостаточно (рис.5.) и требуются дополнительные меры, в частности, рассмотренное выше повышение ЭДС станции за счет АРВ генераторов. В данном случае для определения необходимой степени увеличения ЭДС в послеаварийном режиме также справедливы уравнение (4) и соотношение (5). В результате для рассматриваемого примера имеем  $P_{ПА \max} = 2130 \text{ МВт}$  и  $K_E = 1,1$ .

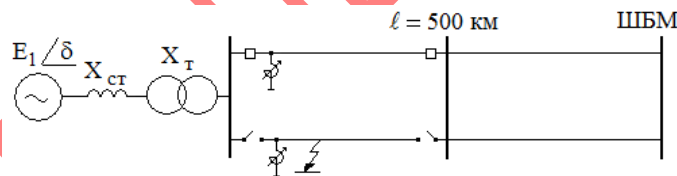


Рисунок 4 – Ликвидация ОКЗ в секционированной двухцепной ДЭП

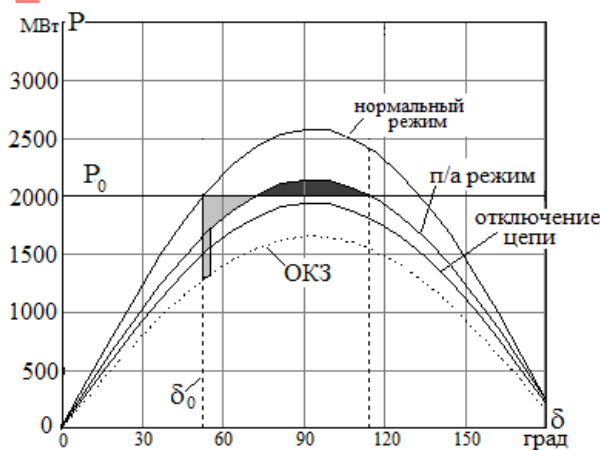


Рисунок 5 – Угловые характеристики при отключении цепи секционированной ВЛ

## Несекционированная двухцепная ЛЭП

На рис.6. приведены схемы несекционированной двухцепной ЛЭП в нормальном и послеаварийном режимах.

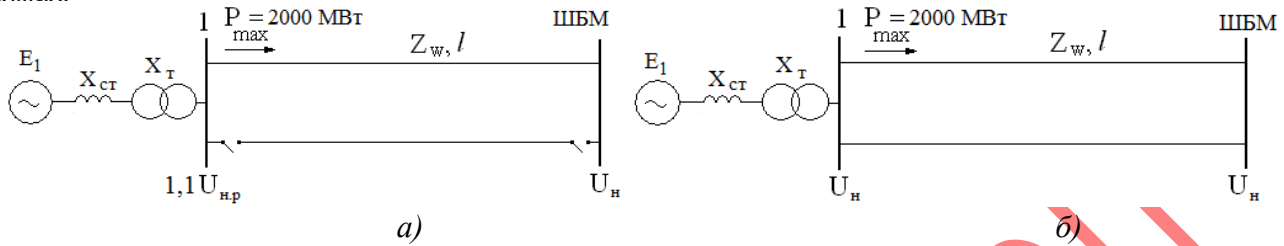


Рисунок 6 – Несекционированная двухцепная ЛЭП: а – нормальный режим; б – послеаварийный режим.

Примем, что максимальная передаваемая мощность по каждой цепи близка к максимальной натуральной мощности (1000 МВт). В нормальном режиме по концам линии поддерживается номинальное напряжение. При этом коэффициент запаса по статической устойчивости удовлетворяет условию  $K_3 \geq 0,2$ .

В послеаварийном режиме после отключения одной цепи согласно критерию N–1 необходимо обеспечить передаваемую мощность, как и в исходном нормальном режиме. Но в этом случае допускается снижение коэффициент запаса по статической устойчивости, так что  $K_{3.na} \geq 0,08$ . Кроме того, в послеаварийном 20-минутном режиме допускается повышение напряжения на подстанциях и линии до  $1,1U_{нр}$ . Как правило, со стороны приёмной системы реализовать повышенный уровень напряжения не удаётся, и поэтому будем принимать, что в послеаварийном режиме напряжение приёмной системы остается неизменным. Что касается отправной станции, то здесь имеется возможность поддержания повышенной э.д.с. в послеаварийном режиме, так чтобы на шинах ВЛ иметь максимально допустимое напряжение  $1,1U_{нр}$ . Тогда пропускная способность ЭП в послеаварийном режиме составит.

$$P_{ЭП.na} = \frac{U_1 U_2}{X_{вз.na} (1 + K_{3.na})}, \quad (4)$$

где  $X_{вз.na}$  – взаимное сопротивление ЛЭП в послеаварийном режиме относительно точек, в которых поддерживается напряжение. Согласно сказанному выше  $U_1 = 1,1U_{нр}$ ,  $X_{вз.na} = Z_w \sin \beta l$ . С учетом этого на рис.7 приведена зависимость пропускной способности в послеаварийном режиме от длины линии. Как видно из этого рисунка, при длинах линии в пределах 450 км критерий N–1 выполняется, а при более длинных линиях требуется секционирование линии.

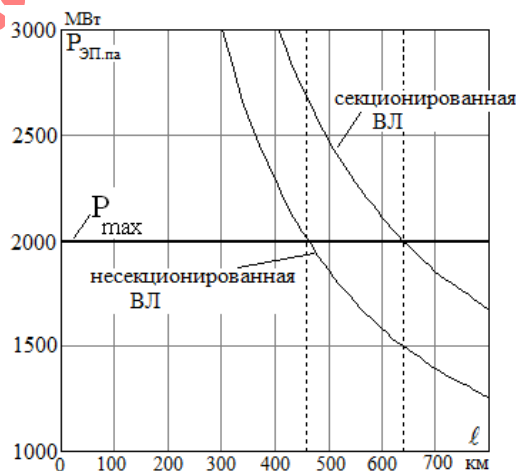


Рисунок 7– Зависимость пропускной способности послеаварийном режиме от длины линии



## Секционированная двухцепная ЭП

На рис.8. приведены схемы секционированной двухцепной ЭП в нормальном и послеаварийном режимах.

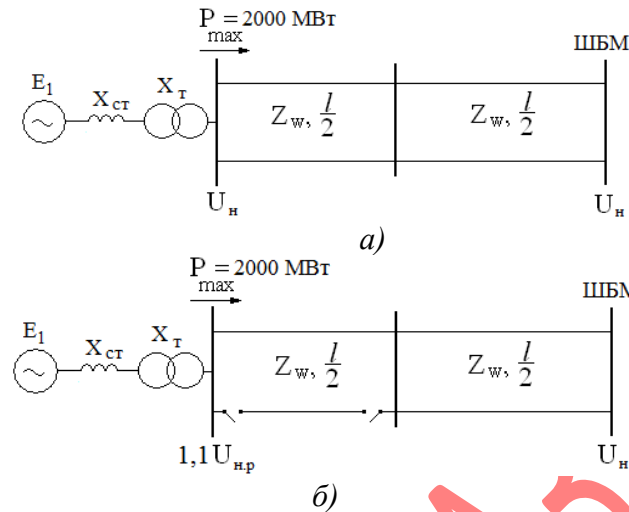


Рисунок 8 – Секционированная двухцепная ЭП: а – нормальный режим; б – послеаварийный режим

Полагая как и ранее, что в послеаварийном режиме на шинах ВЛ поддерживается максимально допустимое напряжение  $1,1U_{нр}$  и имея в виду, что  $X_{вз.на} = 0,75Z_w \sin \beta l$ , пропускная способность Л47ЭП в послеаварийном режиме составит

$$P_{ЭП.на} = \frac{1,1U_{нр}U_n}{0,75Z_w \cdot \sin \beta l (1 + K_{з.на})} \quad (5)$$

### Выводы

1. Как видно, секционирование позволяет удовлетворить критерию N–1 при длине линии в пределах 650 км. Понятно, что если длина линии будет превышать данную величину, то потребуется секционирование линии на три части или использование других путей повышения пропускной способности в послеаварийном режиме, например, установки регулируемых УРМ в промежуточном пункте линии.
2. Критерий N–1 должен выполняться при всех авариях на отдельной цепи за исключением весьма редких случаев одновременной потери двух цепей, а также полного отказа одной из подстанций.
3. В послеаварийном режиме после отключения одной цепи согласно критерию N–1 необходимо обеспечить передаваемую мощность, как и в исходном нормальном режиме. Но в этом случае допускается снижение коэффициент запаса по статической устойчивости, так что  $K_{з.на} \geq 0,08$ .

*Рецензент: Рабизода Н. — к.т.н., доцент, директор инженерно-педагогического колледжа города Душанбе.*

### Литература

1. Беляков Н.Н, Зилес Л.Д, Камнева Н.П Исследование ОАПВ в электропередачах 750 кВ с четырехлучевым реактором // Электрические станции.-1982.-№ 12.-С.43–48.
2. С.Г. Джононаев., М.А. Балаев. Определение требуемой длительности паузы ОАПВ в ВЛ по условию гашения токов дуги подпитки// Политехнический вестник. Серия: инженерные исследования. Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. – 2020.–№1 (49).– С. 45–49
3. Некрасова А.М., Рокотяна С. С Дальние электропередачи 500 кв: сборник статей/. – Москва; Ленинград: Энергия, 1964. – 390 с.
4. Джононаев, С.Г. Ликвидация неустойчивых однофазных КЗ в транспонированных линиях в цикле ОАПВ с использованием АШФ // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета.– 2018.–№3 (72).– С. 157–174.

5. Kimbark, W. Supression of Ground-Fault Arcs on Single-Pole Switched EHV Lines by Shunt Reactors [Text] / W. Kimbark // IEEE Transaction on Power Apparatus and System. – Mar.-Apr., 1964. – Vo1. 83. – P. 285–290.

6. Левинштейн, М. Л. Компенсация токов подпитки дуги при ОАПВ ЛЭП с однократным циклом транспозиции // Изв. АН СССР. Сер. Энергетика и транспорт. – 1988. – № 5. – С. 45–51.

7. Красильникова Т.Г., Джононаев, С. Г. Влияние продолжительности паузы ОАПВ на пропускную способность электропередачи // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Сборник: Международного научного семинара имени Ю.Н. Руденка.– Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 2017. – С. 112–120.

8. Красильникова Т.Г., Джононаев, С. Г. Влияние длительности паузы ОАПВ на пропускную способность электропередачи по условию динамической устойчивости // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета.-2017. -2.(67) - С. 163-176.

9. Красильникова Т.Г., Джононаев, С. Г Сравнительный анализ способов ликвидации неустойчивых однофазных КЗ в нетранспонированных линиях сверх- и ультравысокого напряжения // Электричество. – 2017. – №11. – С. 22–29.

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

TJ	RU	EN
Гулмуродзода Сайёд Гулмурод	Гулмуродзода Сайёд Гулмурод	Gulmurodzoda Saryod Gulmurod
н.и.т	к.т.н	Candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: <a href="mailto:jononaev.87@mail.ru">jononaev.87@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after academic M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Ismoilov Firdavs Olimshoevich
н.и. т	к.т. н	Candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: <a href="mailto:ismoilovFO@vandex.com">ismoilovFO@vandex.com</a>	Tajik Technical University named after academic M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Саидзода Хушдил Саид	Саидзода Хушдил Саид	Saidzoda Khushdil Said
н.и. т	к.т. н	Candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: <a href="mailto:khushdil.sangov@mail.ru">khushdil.sangov@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after academic M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Чамолзода Бехрузи Саъдонхуча	Джамолзода Бехрузи Саъдонхуджа	Jamolzoda Behruzi Sadonkhuja
н.и. т	к.т. н	Candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: <a href="mailto:Jamolzoda_behruz@mail.ru">Jamolzoda_behruz@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after academic M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Ниёзи Сирочиддин Раҷаббоқӣ	Ниёзи Сироджиддин Раҷаббоки	Niyozı Sirojiddin Rajabboqi
н.и.т	к.т. н	Candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: <a href="mailto:niyozi@maorif.tj">niyozi@maorif.tj</a>	Tajik Technical University named after academic M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Саидзода Масрур Мирзохон	Саидзода Масрур Мирзохон	Saidzoda Masrur Mirzokhon
д.и.т., и.в. профессор	доктор технических наук	Doctor of Technical Sciences, Acting Professor
Коллеҷи техникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.Осимӣ	Технический колледж ТТУ имени академика М.Осими e. mail: <a href="mailto:masrur.gulomov.88@mail.ru">masrur.gulomov.88@mail.ru</a>	Technical College TTU named after academician M. Osimi

## ТАҲЛИЛИ САМАРАНОКИИ ИСТИФОДАБАРИИ ЧАРОҶҶОИ СВЕТОДИОДӢ ВА ЧАРОҶҶОИ НАМУДИ ДНАТ ДАР СИСТЕМАИ РӢШНОИДИҶИИ КӢЧАҶО

Б.С. Ҷамолзода, Ф.О. Исмоилов, С.Г. Гулмуродзода, Х.С. Саидзода

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар ин мақола таҳлили самаранокии энергетикӣ ва истифодаи чароғҳои светодиоди ва чароғҳои ДНАТ дар системаи рӯшноидиҳии кӯчаҳо оварда шудааст. Барои таҳлил ду намуди рӯшноӣ, аз қабилӣ манбаҳои муосири рӯшноидиҳии светодиоди ва чароғҳои анъанавии газпартавӣ намуди ДНАТ муқоиса карда шуд. Дар асоси талаботи байналмилалӣ оид ба равшаниӣ роҳи автомобилгард чароғҳои ДНАТ-250 ва чароғи сиводиоди шабеҳи он интихоб карда шуданд. Дар ин мақола аз рӯи нишондиҳандаҳои зерин баҳоидиҳии муқоисавии манбаҳои асосии рӯшноӣ гузаронида шуд: муҳлати хизматрасонӣ, сарфи қувваи электрикӣ, сарбории шабакаи электрикӣ, бехатарии экологӣ, вақти бақордарории рӯшноидиҳанда; ҳарорати речаи қорӣ ҳангоми истифодабарӣ, коэффитсиенти тавонӣ, нарх. Дар асоси муқоиса, мо метавонем хулоса барорем, ки чароғҳои светодиоди баландтарин самаранокии энергетикӣ, эътимоднокӣ, муҳлати хизматрасонии дарозро таъмин мекунад ва амалан ба таъмиру нигоҳдорӣ ниёз надоранд. Аз ин рӯ, тавсия дода мешавад, ки чароғҳои светодиоди барои ноил шудан ба ҳадди самаранокии энергия дар системаи рӯшноидиҳии кӯчаҳо истифода шаванд.

**Калимаҳои калидӣ:** равшанӣ, воситаҳои рӯшноидиҳӣ, манбаҳои рӯшноӣ, тавонӣ, самаранокии рӯшноӣ, қувваи рӯшноӣ, чароғноя, чароғи светодиоди, чароғи намуди ДНАТ.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП И ЛАМП ТИПА ДНАТ В СИСТЕМЕ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Б.С. Джамолзода, Ф.О. Исмоилов, С.Г. Гулмуродзода, Х.С. Саидзода

В данной статье проведена оценка энергоэффективности и использования светодиодных ламп и ламп типа ДНАТ в системе уличного освещения. Для анализа было проведено сравнение двух типов освещения таких как современные светодиодные источники света и традиционные газоразрядные лампы типа ДНАТ. Исходя из международных требований по освещенности автомагистралей были выбраны лампы ДНАТ-250 и их светодиодные аналоги. В данной статье выполнена сравнительная оценка основных источников света по следующим показателям: срок службы источника света; потребление электроэнергии; нагрузка на электросети; коэффициент пульсации; экологическая безопасность светильника; время пуска источника света; температурные режимы работы во время эксплуатации; коэффициент мощности; цветовая температура; потеря светового потока; стоимость. Исходя из проведенного сравнения, можно сделать вывод о том, что светодиодные светильники обеспечивают высочайшую энергоэффективность, надежность, длительный срок службы, и практически не требуют обслуживания. Поэтому рекомендуется использовать светодиодные лампы для достижения максимальной энергоэффективности в системе уличного освещения.

**Ключевые слова:** освещение, осветительные приборы, источники света, мощность, световая эффективность, силы света, светильники, светодиодная лампа, лампы типа ДНАТ.

## ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF USE OF LED LAMPS AND HPS LAMPS IN THE STREET LIGHTING SYSTEM

B.S. Jamolzoda, F.O. Ismoilov, S.G. Gulmurodzoda, Kh.S. Saidzoda

This article evaluates the energy efficiency and use of LED lamps and HPS lamps in a street lighting system. For the analysis, a comparison was made of two types of lighting such as modern LED light sources and traditional gas-discharge lamps such as HPS. Based on international requirements for highway illumination, DNAT-250 lamps and their LED analogues were selected. This article provides a comparative assessment of the main light sources according to the following indicators: service life of the light source; electricity consumption; power grid load; ripple factor; environmental safety of the lamp; light source start time; temperature conditions during operation; Power factor; Colorful temperature; loss of luminous flux; price. Based on the comparison, we can conclude that LED lamps provide the highest energy efficiency, reliability, long service life, and require virtually no maintenance. Therefore, it is recommended to use LED lamps to achieve maximum energy efficiency in a street lighting system.

**Key words:** lighting, lighting devices, light sources, power, luminous efficiency, luminous intensity, lamps, LED lamp, DNAT lamps.

Дар саросари ҷаҳон истеъмоли энергия пайваста бо суръат афзоиш меёбад. Барои мисол, истеъмоли нерӯи барқ аз рӯи шумораи аҳоли ду баробар дар кишвари мо афзудааст ва афзоиши минбаъдаи он дар назар аст. Саволи асосие, ки ба миён меояд, фойданоктар ин аст: зиёд кардани иқтидори истеҳсоли ё кам кардани истеъмоли барқ. Ва ҳама бешубҳа ба хулосае меоянд, ки он аз ҷиҳати иқтисодӣ фойдаовар ин ба вучуд наовардани иқтидорҳои нав (сохтмони зеристгоҳҳои электрикӣ, хатҳои интиқоли энергияи электрикӣ ва ҷӣ дар оянда низ) ва сиёсати ба вучуд овардани тадбирҳои сарфаҷӯии энергияи электрикӣ мебошад. Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи сарфаҷӯӣ ва самаранокии энергия». Сарфаҷӯии энергия - истифодаи оқилона ва кам кардани талафот дар чараёни истеҳсол, таҷдид, интиқол ва истеъмоли энергия [1].

Системаҳои муосири рӯшноидиҳии кӯчаҳо дар шаҳрҳо ва шаҳракҳо яке аз истеъмолкунандаҳои муҳими системаҳои энергетикӣ мебошанд. Аз ин рӯ, тадбирҳои сарфаи энергия дар онҳо самарани назарраси иқтисодиро медиҳанд. Муҳимтарин шартӣ кам кардани сарфи энергия дар воситаҳои рӯшноидиҳӣ ин гузариш ба истифодаи сарфакоронаи манбаҳои муосири рӯшноидиҳӣ мебошад. Барои он ки параметрҳои техникӣ дар

муддати тӯлонӣ (5 - 10 сол) нигоҳ дошта шаванд, ба манбаъҳои рӯшноидиҳие, ки муҳлати истифодабарии зиёд доранд, гузаштан лозим аст.

Дар ин мақола аз рӯи нишондиҳандаҳои зерин баҳодиҳии муқоисавии манбаъҳои асосии рӯшноӣ гузаронида мешавад: сарфи қувваи электрикӣ; сарбории шабакаи электрикӣ; вақти бакордарории рӯшноидиҳанда; ҳарорати речаи корӣ ҳангоми истифодабарӣ; коэффитсиенти тавоноӣ; нарх. Дар мақолаи мазкур ченкуниҳои параметрҳои асосии манбаъҳои рӯшноидиҳӣ дар стени озмоишии универсиалии кафедраи электротехникаи ДТТ ба номи ак. М.С. Осимӣ гузаронида шуд.

Дар айни замон барои равшанӣ намудани баъзе кӯчаҳои шаҳрҳо, шаҳракҳо ва роҳҳои автомобилгард ҷароғҳои анъанавӣ бо ҷароғҳои газпартавӣ фишори баланд истифода бурда мешаванд. Камбудии ин намуди рӯшноидиҳанда аппарати корандозии танзимкунанда, андозаҳои калон, ҳасоснокии баланд ҳангоми тағйирёбии шиддат, корношояӣ дар ҳар гуна бузургии ҷараён ва муддати дарозӣ расидан ба речаи корӣ мебошад [1].

Аммо дар айни замон, ҷароғҳои светодиоди пайдо шудаанд, ки ҷиҳати таснифоти техникаи худ аллакай ба беҳтарин манбаъҳои нури анъанавӣ наздиканд [2].

Ҷароғҳои газпартавӣ ба намудҳои ҷароғҳои симобӣ, маводгалогенӣ ва ҷароғҳои натрий тақсим карда шудаанд [3].

Дар айни замон ҷароғҳои ДНаТ барои равшан кардани баъзе кӯчаҳои шаҳрҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон, шоҳроҳҳои нақлиётӣ он ва дар баъзе иншоотҳои истифода мешаванд.

Ҷароғҳои ДНаТ дар байни ҷароғҳои газпартавӣ самаранокии баландтарини рӯшноидиҳиро вобаста ба хоҳиши хурдтарини сели рӯшноӣ ҳангоми муҳлати хизматрасонӣ доро мебошанд. Аз сабаби хеле баланд будани коэффитсиенти ҷаҳишхурӣ ва тамоюли калони дуршавии спектрӣ ҷароғ дар ҳудуди сурх, ки ранги ашёро нопура менамояд ва аз ин лиҳоз истифода бурдани ҷароғҳои ДНаТ - ро барои рӯшноидиҳӣ дохили биноҳои саноатӣ ва истикоматӣ тавсия кардан мумкин нест [3]. Вобастагии калони нурафканӣ ва шиддати корандозии ҷароғҳои ДНаТ аз таркиб ва фишори гази дохилӣ, аз ҷараёни гузаранда ва ҳарорати гармӣ ба сифати истеҳсол ва шароити кори ҷароғҳои ДНаТ талаботҳои бештар андешида мешаванд. Инчунин ба муҳлати хизматрасонии ҷароғҳои ДНаТ сифати воситаҳои импульсдиҳии корандозии истифодашаванда таъсири калон мерасонанд [4]. Муҳлати хизмати ҷароғҳои ДНаТ одатан ба 50 000 соат мерасанд [5].

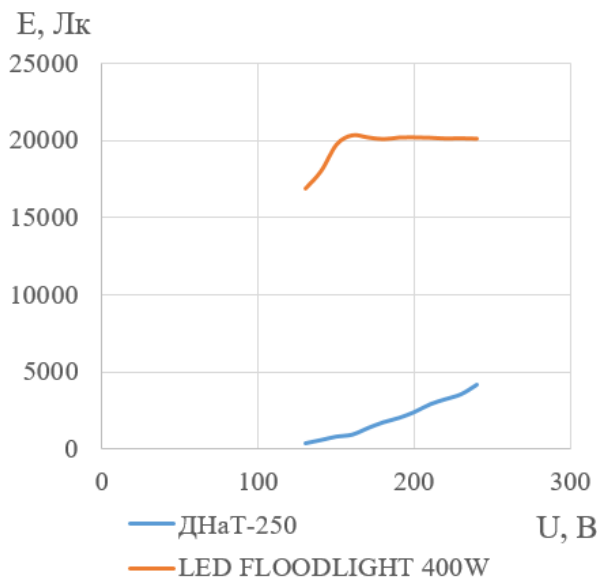
Самаранокии манбаъҳои рӯшноидиҳии светодиоди дар назари аввал ба самаранокии ҷароғҳои газпартавӣ монанд аст. Аввалин чизе, ки одатан байни ин воситаҳои равшанӣ муқоиса карда мешавад, ин дурашонии онҳо мебошад.

Бо вуҷуди ин, манбаъҳои светодиоди системаи дохилии тақсимоти нур (кунҷи нурдиҳии хурд) доранд, дар ҳоле ки ҷароғҳои газпартавӣ ба ҳама самтҳо нур медиҳанд ва дар натиҷа қисми зиёди нурҳо ҳамчун гармӣ пароканда мешаванд. Мушкилот дар тарҳрезии ҷароғҳои анъанавӣ ин нурафканӣ мебошад, ки инъикоскунии он дар давоми соли аввал то 40% кам мешавад, ки ин боиси хоҳиши нурафкани бевосита мегардад. Ғайр аз нури муқаррарии «сафед» ҷароғҳои газпартавӣ шуъҳои ултрабунафш меафкананд, ки дар зери таъсири он шишаи муҳофизатии ҷароғҳои шаффофияти худро зуд гум мекунад. Ҳамин тариқ, тавассути бартараф кардани парокандашавии рӯшноӣ, хароҷоти энергияи электрикиро метавон хеле кам кард. Светодиодҳои пуриктидор сарчашмаҳои беҳтарини рӯшноидиҳии нуқтавӣ буда бо оптикаи дарунсохт муҷаҳаз мебошанд, ки ташкили идеалии шаклҳои диаграммавии муайяншудаи сели рӯшноиро таъмин мекунад. Аппаратҳои корандозӣ танзимкунандае, ки дар ҷароғҳои анъанавӣ истифода мешаванд, инчунин коэффитсиенти кори фиданокӣ онҳоро ба таври назаррас хоҳиш медиҳанд. Аз рӯи [6] имкон медиҳад, бо мақсади сарфаҷуи энергияи электрикӣ сатҳи равшании шабона барои рӯшноидиҳии кӯчаҳо то 30-50% кам карда шавад ва ин махсусан дар ҷароғҳои светодиоди тавассути паст кардани шиддат амалӣ карда мешавад (расми 1). Ҳамаи ин омилҳо бартариҳии зиёди манбаъҳои нури светодиоди аз ҷиҳати истеъмоли энергияи электрикӣ мебошад. Сарфи назар аз муҳлати зиёди истифодаи манбаъҳои нури муосири газпартавӣ, нишондиҳандаҳои эътимоднокӣ дар шароити воқеӣ аксар вақт аз параметрҳои дар мушаххасот зикршуда якҷанд маротиба камтаранд. Масалан, ҳангоми рӯшноидиҳии кӯчаҳо истифода бурдани симҷуби шабакаи тамосии троллейбус, ки дар ҷароғҳои ларзиши ҷароғ зиёд шуда, боиси суст шудани ҷароғҳои дар кронштейн мегардад, ки ин ба корношоямии ҷароғи газпартавӣ оварда мерасонад. Дар ҷароғҳои светодиоди бошад муҳлати хизматрасонӣ ба 50 000 соат баробар буда, ба зарба ва ларзиш тобовар мебошанд.

Мушкилоти дигари ҷароғҳои газпартавӣ ҳассосият ба тағйирёбии шиддат дар шабака мебошад (расми 1). Ҳадди ками хомӯшшавӣ (тақрибан 100 вольт) дар ҷароғҳои светодиоди имкон медиҳад, ки онҳо дар шабакаҳои ноустувор истифода шаванд ва дар ин ҳол сели рӯшноӣ бетағйир боқӣ мемонад (расми 1). Набудани ҷараёни бакордарорӣ дар ҷароғҳои светодиоди кафолат медиҳад, ки дар лаҳзаи фурузоншавӣ ба шабакаҳои электрикӣ сарбории изофӣ ба вуҷуд намеоранд (расми 2,3). Дар айни замон ҷароғҳои ДНаТ, ки холо барои равшании кӯчаҳо васеъ истифода мешаванд, дар ҳарорати паст ғайриқаноатбахш кор мекунанд (расми 4). Ҷароғҳои светодиоди ҳангоми пайвасти шиддат ва новобаста аз ҳарорати муҳити зист фаврӣ ба кор мебароянд.



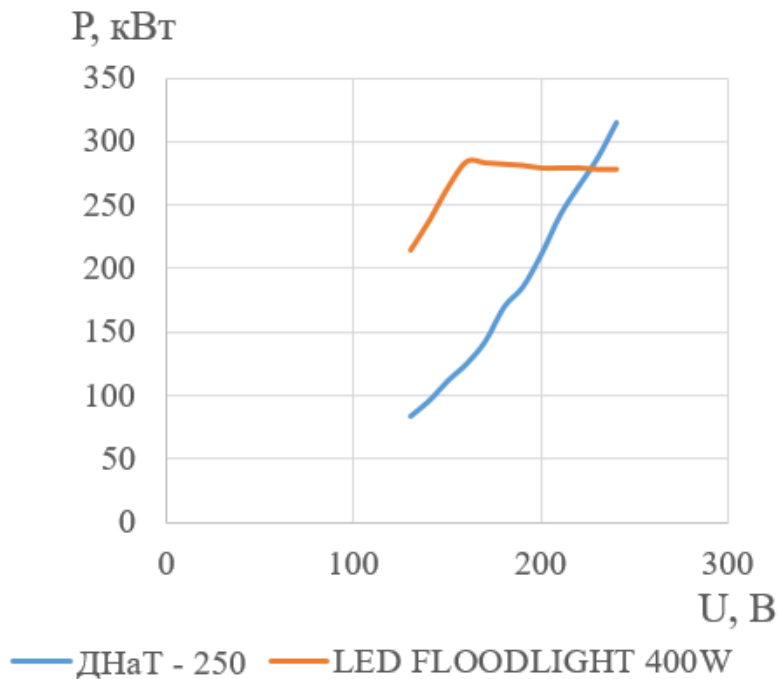
Аз ҷиҳати беҳатари экологӣ ҷароғҳои ДНаТ амалгами натрий-симоб ва ксенон дорад, дар ҳоле ки ҷароғҳои светодиодӣ қомилан беэзарар мебошанд.



Расми 1 - Вобастагии таснифоти равшандиҳии ҷароғҳои ДНаТ ва LED FLOODLIGHT 400W аз шиддати шабака

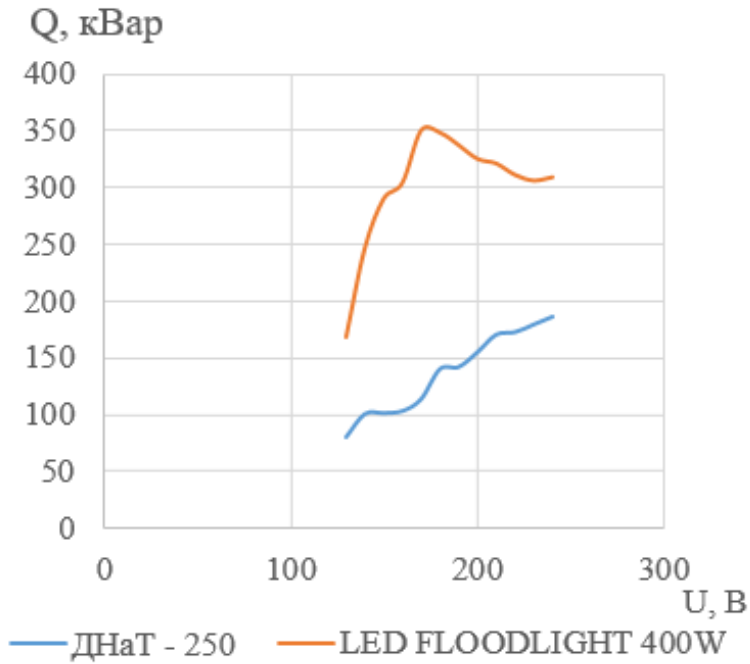
Ҷароғпояҳои светодиодӣ аҷиб ба назар мерасанд, аммо ҷароғҳои светодиодӣ ҳеҷ камбудии техникӣ надоранд. Илова бар ин ҷароғҳои светодиодӣ ҷараёнҳои қорандозиро талаб намеkunанд ва аз ин рӯ буриши қундалангии симӣ хурдтарро талаб мекунанд. Ягона камбудӣ дар он аст, ки дар нарх хеле пештаранд.

Бо дарназардошти ҳама омилҳои марбут ба хароҷоти қори ҷароғҳои ДНаТ, муҳлати хароҷотбарори дар ҷароғҳои светодиодӣ аз 3 сол оғоз мешавад. Яъне дар 3 сол (ё бештар аз он) ҷароғи светодиодӣ хароҷоти худ пардохт мекунанд ва дар ҳама солҳои минбаъда фоида меорад. Дар муқоиса бо дигар технологияҳои рӯшноидиҳӣ рӯшноии сифати баландро таъмин менамоянд. Ҳамин тариқ, ҷароғҳои светодиодӣ баландтарин самаранокии энергетикӣ, эътимоднокӣ, муҳлати хизматрасонии дарозро таъмин мекунанд ва амалан ба таъмиру нигоҳдорӣ ниёз надоранд.

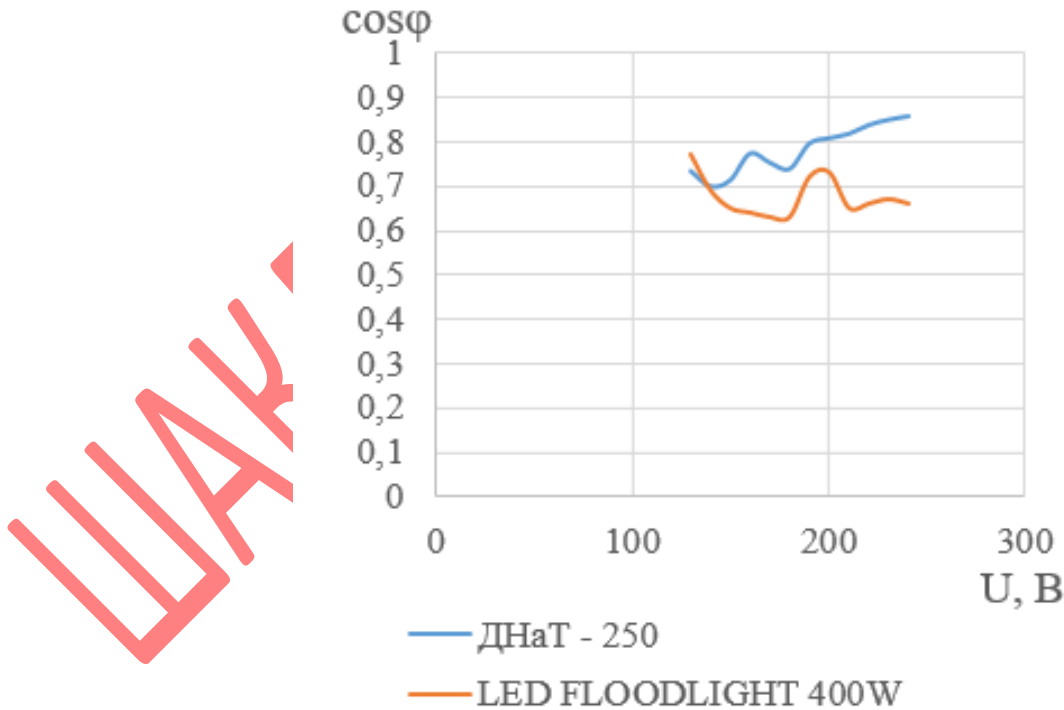


Расми 2 - Вобастагии таснифоти тавоноии фаъоли ҷароғҳои ДНаТ ва LED FLOODLIGHT 400W аз шиддати шабака

Барои чен кардани параметрҳои ҷароғҳо таҷҳизоти махсусро истифода кардам, ки тавсифи муфассали манбаъро муайян менамоянд. Барои чен кардани равшанӣ люксметри навъи DT-1309 ва таҷҳизоти ченкунандаи универсалии Omix P94 - MX истифода намудем, ки параметрҳои I, P, Q, S, cosφ ва f-ро чен мекунад [7].



Расми 3- Вобастагии таснифоти тавоноии реактивӣ ҷароғҳои ДНaT ва LED FLOODLIGHT 400W аз шиддати шабака



Расми 4 - Вобастагии таснифоти коэффициенти тавоноии ҷароғҳои ДНaT ва LED FLOODLIGHT 400W аз шиддати шабака

Чунон ки аз расми 1 ва 2 дида мешавад, барои кори пурсамари ҷароғҳои ДНaT шароити кори «қулай» - устувори баланди шиддати таъминот, ҳарорати муҳити атроф аз -20°C то +30°C таъмин кардан лозим аст. Гузаштан аз шароити кори «қулай» боиси якбора кам шудани мӯҳлати истифодабарии ҷароғ ва кам шудани рӯшноидиҳӣ мегардад.

Аз натиҷаи ченкуниҳо муайян гардид, ки чароғи анъанавии ДНаТ бо тавоноии 250 ватт равшандиҳии 3220 люкс-ро дорад. Чароғи истехсоли Чин LED FLOODLIGHT 400W бошад бо тавоноии 279 Ватт то 20140 люкс равшанӣ медиҳад, яъне тақрибан 6 маротиба бештар аз равшани чароғи ДНаТ мебошад (расми 2).

Бо гузаронидани баҳодиҳи ва муқоисавии манбаҳои асосии рӯшноӣ, ба ҳулосае омад, ки дар айни замон манбаҳои светодиоди аз ҳама ояндадор ҳисобида мешаванд. Манбаҳои светодиоди ҳам хусусиятҳои техникӣ ва ҳам иқтисодии беҳтарро доранд.

*Муқаррир: Султонзода Ш.М. — н.и.т., мудири қабедраи нерӯгоҳҳои электрӣ ДТЭТ ба номи академик М.С. Осимӣ.*

### Адабиёт

1. Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи сарфаҷӯӣ ва самаранокии энергия» (АМОҶТ с.2013, №8-9, мод.651).
2. Достоинства и недостатки различных источников света // РОСЭЛЕКТРОСВЕТ URL: [http://rsvet.org/info/dostoinstva\\_i\\_nedostatki\\_razlichnyh\\_istochnikov\\_sveta](http://rsvet.org/info/dostoinstva_i_nedostatki_razlichnyh_istochnikov_sveta)
3. В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич // Электрическое освещение/ - Минск: Техноперспектива, - 2007. – 255с.
4. Гуторов, М. М. Основы светотехники и источники света: учеб. пос. для ВУЗов [Текст]/ – 2-е изд. – М.: Энергоиздат, 1993. – 384 с.
5. Светодиодные лампы и срок их службы // <https://www.solarhome.ru/equipment/lamp/ledlamps.htm?ysclid=lti8dxbeh7418007943>
6. Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"
7. Мультиметр щитовой Omix P94-MX. Руководство по эксплуатации.

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

TJ	RU	EN
Чамолзода Бехрузи Саъдонхуча	Джамолзода Бехрузи Саъдонхужа	Jamolzoda Behruzi Sadonkhujja
н.и.т	к.т.н	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:Jamolzoda_behruz@mail.ru">Jamolzoda_behruz@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Ismoilov Firdavs Olimshoevich
н.и.т	к.т.н	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:ismoilovFO@yandex.com">ismoilovFO@yandex.com</a>		
TJ	RU	EN
Гулмуродзода Сайёд Гулмурод	Гулмуродзода Сайёд Гулмурод	Gulmurodzoda Saiyod Gulmurod
н.и.т	к.т.н	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:jononaev.87@mail.ru">jononaev.87@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Саидзода Хушдил Саид	Саидзода Хушдил Саид	Saidzoda Khushdil Said
н.и.т	к.т.н	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:khushdil.sangov@mail.ru">khushdil.sangov@mail.ru</a>		

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СИСТЕМ АПК В ЦИФРОВОМ РЕЖИМЕ

**В.Н. КАРПОВ<sup>1</sup>, З.Ш. ЮЛДАШЕВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

<sup>2</sup>ТАУ имени Шириншо Шотемур

В статье изложен новый метод, основанный на измерениях, анализа энергетических процессов в каждом техническом элементе и во всей потребительской энергетической системе (ПЭС). Метод конечных отношений (МКО) позволяет учитывать не только пространственную структуру, создаваемую элементами, но и ввести в анализ и расчеты цифровые показатели, разделяющие полезно используемую энергию и потери, а также оценить влияние этого разделения на прибыльность предприятия. Техническая основа потребительской энергетической системы (ПЭС) в виде стационарных и мобильных технических элементов (ТЭ) создает пространственную дискретность в потоках потребляемой энергии. Сочетание свойств потока энергии (скорость, мощность) и каждого ТЭ (сопротивление движению энергии, величина наружной поверхности, наличие или отсутствие наружного ограждения, эффективность преобразования энергии и др.) создает дискретную (структурную) совокупность энергетических показателей. Общим признаком этого структурного разнообразия является уменьшение из-за потерь передаваемой энергии в каждом ТЭ.

**Ключевые слова:** энергоёмкость, технический элемент, удельный расход энергии, потребительская энергетическая система

### САМАРАНОКИИ ЭНЕРГЕТИКИИ СИСТЕМАҶОИ ИСТЕЪМОЛКУНАНДАҶОИ КАС ДАР РЕҶАИ РАҚАМӢ

**В.Н. КАРПОВ<sup>1</sup>, З.Ш. ЮЛДАШЕВ<sup>2</sup>**

Дар мақола усули нави таҳлили равандҳои энергетикӣ дар ҳар як элементи техникӣ ва дар тамоми системаи энергетикӣ истеъмолкунанда (СЭС) асос ёфтааст. Усули таносуби ниҳоии (УТН) имкон медиҳад, ки на танҳо сохтори фазоии аз ҷониби элементҳо офаридашуда ба назар гирифта шавад, балки инчунин ба таҳлил ва ҳисобҳо нишондиҳандаҳои рақамӣ, ки энергия ва талафоти муфидро ҷудо мекунад ва инчунин баҳо додани таъсири ин ҷудошавӣ ба даромаднокии корхона мебошад. Асоси техникӣ системаи энергетикӣ истеъмолкунанда (СЭС) дар шакли элементҳои техникӣ статсионарӣ ва сайёр (ТЭ) дар ҷараёни энергияи истеъмолшуда дискретии фазоиро ба вуҷуд меорад. Маҷмӯи хосиятҳои ҷараёни энергия (суръат, тавоноӣ) ва ҳар як элементи техникӣ (муковимат ба ҳаракати энергия, андозаи сатҳи берунии, мавҷуд ё набудани девори беруна, самаранокии табдили энергия ва ғайра) дискретиро (структурӣ) маҷмӯи нишондиҳандаҳои энергетикӣ ба вуҷуд меорад. Хусусияти умумии ин гуногунии сохторӣ камшавӣ аз ҳисоби талафоти энергияи интиқолишаванда дар ҳар як элементи техникӣ мебошад.

**Калидвожаҳо:** энергогуночиӣ, унсурҳои техникӣ, масрафи хоси энергия, системаи энергетикӣ истеъмолкунанда

### ENERGY EFFICIENCY OF CONSUMER SYSTEMS IN THE DIGITAL MODE

**V.N. KARPOV, Z. SH. YULDASHEV**

The article outlines a new method, based on measurements, for analyzing energy processes in each technical element and in the entire consumer energy system (CES). The finite ratio method (FRM) allows you to take into account not only the spatial structure created by the elements, but also to introduce into the analysis and calculations digital indicators that separate useful energy and losses, and also to evaluate the impact of this separation on the profitability of the enterprise. The technical basis of the consumer energy system (PES) in the form of stationary and mobile technical elements (TE) creates spatial discreteness in the flows of consumed energy. The combination of the properties of the energy flow (speed, power) and each fuel cell (resistance to energy movement, the size of the outer surface, the presence or absence of an external fence, energy conversion efficiency, etc.) creates a discrete (structural) set of energy indicators. A common feature of this structural diversity is a decrease due to losses of transmitted energy in each fuel cell.

**Key words:** energy intensity, technical element, specific energy consumption, consumer energy system

### Введение

Техническая основа потребительской энергетической системы (ПЭС) в виде стационарных и мобильных технических элементов (ТЭ) создает пространственную дискретность в потоках потребляемой энергии. Сочетание свойств потока энергии (скорость, мощность) и каждого ТЭ (сопротивление движению энергии, величина наружной поверхности, наличие или отсутствие наружного ограждения, эффективность преобразования энергии и др.) создает дискретную (структурную) совокупность энергетических показателей. Общим признаком этого структурного разнообразия является уменьшение из-за потерь передаваемой энергии в каждом ТЭ [1].

Научная школа (НШ) «Эффективное использование энергии» при Санкт-Петербургском государственном аграрном университете занимается вопросами энергосбережения и повышения энергоэффективности в энерготехнологических процессах [2].

НШ ввела, основываясь на современных возможностях измерения энергии (технического интегрирования), новый показатель кратности этого уменьшения – относительная энергоёмкость, определяемая как отношение подводимой к ТЭ энергии (начальной  $Q_n$ ) к отводимой (конечной  $Q_k$ ), то есть:

$$Q_э = \frac{Q_n}{Q_k}. \quad (1)$$



## Материалы и методы

Разложение начальной энергии на сумму конечной  $Q_k$  и потерь  $\Delta Q$  преобразует не только выражение относительной энергоёмкости, но и общее представление о численном содержании этого показателя:

$$\frac{Q_n}{Q_k} Q_3 = \frac{Q_k + \Delta Q}{Q_k} = 1 + \Delta Q / Q_k. \quad (2)$$

При  $\Delta Q \rightarrow 0$   $Q_3 \rightarrow 1$ ; при  $\Delta Q \rightarrow Q_k$   $Q_3 \rightarrow 2$ ; при промежуточном значении  $\Delta Q = \alpha Q_k$  ( $\alpha < 1$ ,  $Q_n = Q_k(1 + \alpha)$ , а  $Q_3 = (1 + \alpha)$ ). Таким образом, исходное выражение для относительной энергоёмкости послужило основой цифрового представления процессов в каждом ТЭ и основой цифрового моделирования совокупного (системного) энергетического процесса в ПЭС [3]. Спецификой этого нового метода, связанного с энергоэффективностью, является отсутствие информации в проходном ТЭ об использовании конечной энергии, исключающее определение энергоэффективности в передающих линиях. Это означает, что в проходном ТЭ определяется показатель эффективности только процесса передачи энергии. Системное представление ПЭС и предложенный математический аппарат дают более существенные результаты анализа в сравнении с методами энергосбережения, используемые в развитых странах [4].

Научной школой в схеме ПЭС особо выделены ТЭ, в которых осуществляются энерготехнологические процессы (ЭТП), то есть, процессы использования энергии для создания показателей, обеспечивающих выполнение технологии производства продукции.

Для энерготехнологических процессов введено обобщающее понятие прямого действия энергии на технологические среды и объекты, обеспечивающего получение заданного технологией производства результата  $R$ . Базовые знания физических свойств и зависимостей в этих процессах, как правило, позволяют рассчитать расход энергии  $Q_d$  (минимальный) на получение результата. Общий вид выражения для интегрального результата такого расчета:

$$Q_d = Q^{уд} * R, \quad (3)$$

где  $Q^{уд}$  – удельный расход энергии (на единицу результата), то есть производная энергии по результату действия. Если действие обеспечивается мощностью, то необходимая мощность определяется выражением:

$$P = P^{уд} * r(t). \quad (4)$$

Этим же выражением определяется действие мощности, компенсирующее потери во внешнюю среду. Прямое определение потерь, сопровождающих действие и зависящих от многих факторов, серьезно затруднено, но их влияние на получение результата в ЭТП неизбежно. Методы НШ позволяют получить цифровое выражение потерь в каждом ЭТП ПЭС и перевести влияние потерь на системный показатель – энергоёмкость продукции. Отметим, что в цифровом выражении потери представлены долей энергии  $Q_d$  (не мощности), то есть отношением  $\Delta Q / Q_d$ . При определении влияния потерь на количество подводимой к ПЭС энергии (определение спроса на энергию) методами НШ эта доля при повторностях может меняться. То есть, ПЭС является единственной структурной подсистемой во всей системе энергообеспечения, позволяющей получить в численном выражении два объективных цифровых показателя – спрос на энергию и эффективность использования энергии [5, 6].

Энергия у производственного потребителя используется для получения вещественных результатов, предусмотренных технологией производства продукции. Такие процессы в линиях передачи энергии находятся в ее конце (это пространственный предел движения энергии в ПЭС). Современный показатель энергоэффективности должен определяться как энергоёмкость валового регионального продукта (ВРП), что делает этот показатель принципиально отличным от энергоёмкости продукции предприятия. Использование в ЭТП физических знаний процесса и цифрового показателя энергоёмкости получаемого в ЭТП результата позволяет дифференцировать энергоёмкость продукции в единицах действующей энергии и системных потерь, то есть определить эффективную относительную единичную энергоёмкость, обеспечивающую доходность предприятия при реализации продукции, и приращение энергоёмкости в виде относительных потерь, снижающих доходность. Для управления энергоэффективностью необходимо различать в ПЭС все ТЭ по энергоёмкости и, следовательно, по прибыльности, для определения направлений совершенствования технологии [7].

Теория управления энергоэффективностью, реализуемая методами НШ, основана на возможности линейного графического моделирования энергетических процессов прямыми линиями, прямоугольными треугольниками (ПТ) и прямоугольниками (ПУ) в декартовых координатах (ДК). Можно показать, что прямоугольному треугольнику, отображающему гипотенузой линейную спадающую функцию мощности  $P(t)$ , присущи соотношения, положенные в основу методов НШ:

$$\frac{P_M}{P_m} = 1 + \frac{\Delta P}{P_m}. \quad (5)$$

В формуле использованы конечные по времени наибольшее  $P_M$  и наименьшее  $P_m$  значения мощности и их разность  $\Delta P$  (потери мощности). Анализ и управление энергоэффективностью сводятся к значению второго слагаемого в правой части. Отметим, что  $\Delta P$  - не потери энергии, поскольку рассматриваемый пример относится к функции мощности, для которой отрицательное приращение зависит от вида функции. Целенаправленно организованный сбор и обработка эксплуатационных данных в ПЭС создаст возможность перевода значения энергоемкости продукции в оперативный показатель, подпадающий под постоянный контроль энергетической службы предприятия и компьютерного интеллекта [8].

Любой вид энергии при контакте с объектом оказывает какое – либо первичное действие, поэтому действие можно отнести к одному из свойств, присущих энергии и проявляющихся в первую очередь. В свою очередь, действие характеризуется каким-либо изменением свойства объекта, которое может быть принято за результат действия. Связь результата действия с величиной энергии достаточно хорошо исследована и физически описана, очевидно, по причине первичности действия. Поскольку движущаяся энергия характеризуется двумя показателями – мощностью и энергией, то и действие должно подразделяться на действие мощности и действие энергии. Такое же подразделение должно существовать и для результатов действия. Рассмотрим математическую связь мощности и энергии. Она укладывается в рамки математических операций дифференцирования и интегрирования функций, то есть мощность является производной энергии по времени  $P = \frac{dQ}{dt}$ , а, соответственно, энергия, определяемая из выражения дифференциала энергии  $dQ = Pdt$ , есть определенный интеграл, то есть

$$Q = \int_t^t p(t)dt. \quad (6)$$

Следует помнить, что дифференцирование не всякого интеграла дает в результате исходную подынтегральную функцию мощности. Ранее отмечено, что дифференциал энергии есть произведение постоянной мощности (производной в точке) на дифференциал независимой переменной - времени. Из высшей математики известно, что дифференциал функции мощности  $P(t)$  может содержать аддитивные величины разного порядка малости, зависящего от характера изменения производной функции в пределах границ отрезка независимой переменной. Следовательно, и результат действия энергии на объект, если порядок малости имеет значение, может быть двояким, что предполагает в общем случае неопределенную зависимость результата действия от времени. Приведенные общие соображения о действии энергии и мощности имеют прямое отношение к энергоэффективности, поэтому необходимо провести более глубокий анализ энергетических процессов в ПЭС [9].

Особенностью ПЭС является ее техническая структура, обусловленная техническими элементами, выбранными по максимальной мощности при проектировании предприятия и упорядоченными в энергетические линии, заканчивающиеся энерготехнологическими процессами (ЭТП), востребованными (через результаты действия) технологией производства продукции. Технические элементы (энергетическое оборудование) являются технической базой ПЭС. Энергетическую систему на основе технической базы создает постоянно движущаяся энергия. Необходимо отметить, что многочисленные ЭТП в проекте предприятия отсутствуют как процессы, но представлены энергетическим оборудованием с указанием только номинальной мощности. Можно уверенно считать, что в начале каждой энергетической линии ПЭС установлен счетчик поступающей в нее энергии [10].

Таким образом, при прохождении энергии по линии в каждом ТЭ происходит определенный энергетический процесс. Проходными ТЭ линии обеспечивается передача энергии, преобразование из одного вида в другой, трансформация показателей и т.п. Причем эти трансферные процессы в каждом ТЭ сопровождаются потерями. Процессы в ЭТП обсуждаются и анализируются только в указанных литературных источниках и других, связанных с ними методически.

Энергетической спецификой ЭТП в линиях является их подчиненность технологии производства продукции в виде заданного значения получаемого результата  $R$ , времени  $t$  его получения, места этого результата в общей технологии (где, как и когда он используется) и др. Главной энергетической особенностью ЭТП является возможность определения расчетом по заданному значению результата действия  $R$  необходимого минимального количества энергии, которое должно рассматриваться как физически востребованное.

При анализе энергетических процессов в каждом ТЭ потребительской системы методами высшей математики следует иметь ввиду, что именно технические элементы, ограничивающие или разделяющие объемы, содержащие среды, испытавшие действие энергии, нарушившее энергетическое равновесие объема с окружающей средой, являются причиной спонтанно возникающих потерь энергии. Математические выражения, определяющие зависимости различных показателей, как правило, потери не учитывают за исключением некоторых специальных случаев. Примером может служить выражение для приращений дифференцируемой функции  $\Delta y = \Delta x + \alpha(\Delta x)\Delta x$ , в котором учтено линейное приращение, обусловленное

производной в точке A и остальное приращение функции  $\alpha(\Delta x)\Delta x$ , которое должно быть отнесено к приращению более высокого порядка малости. Однако предположительно можно сказать, что управления энергоэффективностью в условиях неуправляемого влияния потерь одного метода разделения значений по величине мало. В математике существует теория сходимости, определяющая существование предела [11].

## Результаты

На примере эмпирического эксперимента с электронагревом воды рассмотрим влияние расчета востребованной энергии на анализ энергоэффективности полученного необходимого результата (нового свойства воды) – конечной температуры нагрева. Известна из физики нагрева формула в виде:

$$Q = cm(T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}), \quad (7)$$

где  $c$  – удельная энергоемкость воды,  $m$  – масса нагреваемой воды,  $T$  – температура (строчная буква для отличия от обозначения времени).

При известной массе нагреваемой воды, не меняющейся при нагреве, и при постоянстве « $c$ » перемножим эти величины и обозначим как  $Q^{y\Delta}$ . Тогда формула примет вид:

$$Q = Q^{y\Delta}(T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}). \quad (8)$$

Эта формула имеет для энергоэффективности принципиальное значение. Во-первых, расчет энергии выполнен под требование технологии производства продукции (ею задано значение  $T_{\text{кон}}$ ), во-вторых, в ней не учтены потери энергии, поэтому полученное значение энергии является минимальным для нагреваемой массы воды, в-третьих, появился коэффициент пропорциональности между энергией и приращением температуры. Для получения более общих выводов обозначим разность температур как результат действия  $R$ . Отметим, что введение действия энергии в анализ процессов в ПЭС в конце энергетической линии позволило путем простого расчета получить первичное (для всей системы передачи энергии) численное значение спроса на энергию для конкретного ЭТП, но только в единицах энергии, без связи с мощностью и временем получения результата. Поскольку в расчет  $Q$  не введены потери энергии, то с точки зрения энергоэффективности полученное значение соответствует максимальной эффективности процесса.

Таким образом, ЭТП как формирователь спроса на энергию дает предельное (минимальное) значение энергии, с которым можно сравнивать все другие, возникающие в процессе эксплуатации оборудования. Так как нагреватель представлен техническим агрегатом – имеется трубчатый электронагреватель (ТЭН) с известной постоянной мощностью  $P$  (технической, то есть, определяемой не дифференцированием функции и не измерением), то возможно расчетное определение времени нагрева  $t$  (минимального). Если при эксперименте контролировать получение результата  $R$ , то все отклонения от расчетных показателей в процессе нагрева могут быть объяснены потерями, которые ни расчетным путем, ни прямыми измерениями не могут быть определены. Подчеркнем еще раз, что введение в ПЭС энерготехнологических процессов (ЭТП) позволяет не только технически контролировать измерениями соблюдение требований технологии, но и до минимума сократить неопределенность процесса, затрудняющую управление эффективностью использования энергии. Проведенные эксперименты с электронагревом воды показали, что фактическое время нагрева и количество потребленной энергии больше расчетных значений. Поскольку эксперимент ставился как эмпирический, то предпринимались попытки снять кривую роста  $R(t)$ . По физически объяснимым причинам всю кривую снять не удастся, но конечная часть кривой, содержащая характер нелинейности, оказалась зафиксированной. Это позволило линеаризовать процесс роста результата действия и получить среднее значение скорости роста  $R^*$ , которое при графическом сопоставлении с расчетной средней скоростью ( $R^* = \frac{Q}{t}$ ,  $t = Q/P$ ) образовала дифференциальное неравенство за счет приращения времени нагрева  $\Delta t$ . Общий итог эксперимента в сравнении с расчетными данными заключается в появлении приращения энергии и приращения времени при уменьшении скорости роста результата (рис.). Полученные численные данные позволили рассчитать отрицательное приращение подводимой мощности (то есть мощность потерь) по выражению

$$-P_H = Q^{y\Delta} (R^* - R_{\text{ср}}^*) \text{ или } -\Delta P_H = Q^{y\Delta} \Delta R^*. \quad (9)$$

На диаграмме обозначены:  $Q$  – энергия,  $\Delta T$  – приращение температуры воды,  $t$  – время. Исходные расчетные (без потерь) показатели – квадраты без штриховки. Значения интенсивных показателей показаны в градусах. Приращения потребленной энергии и времени – числами при осях.

С учетом времени продолжительности процесса ( $t + \Delta t$ ) определим также отрицательное приращение мощности действия энергии. Получим аналогичное выражение  $\Delta P_d = Q^{y\Delta} \Delta R^*$ . Получено численное свидетельство равенства приращений мощностей потерь и действия. Более глубокий результат эксперимента характеризуется так называемым динамическим тождеством:

$$Q_H = Q_d + \Delta Q. \quad (10)$$

$$Q_H = P \cdot t + \Delta t. \quad (11)$$

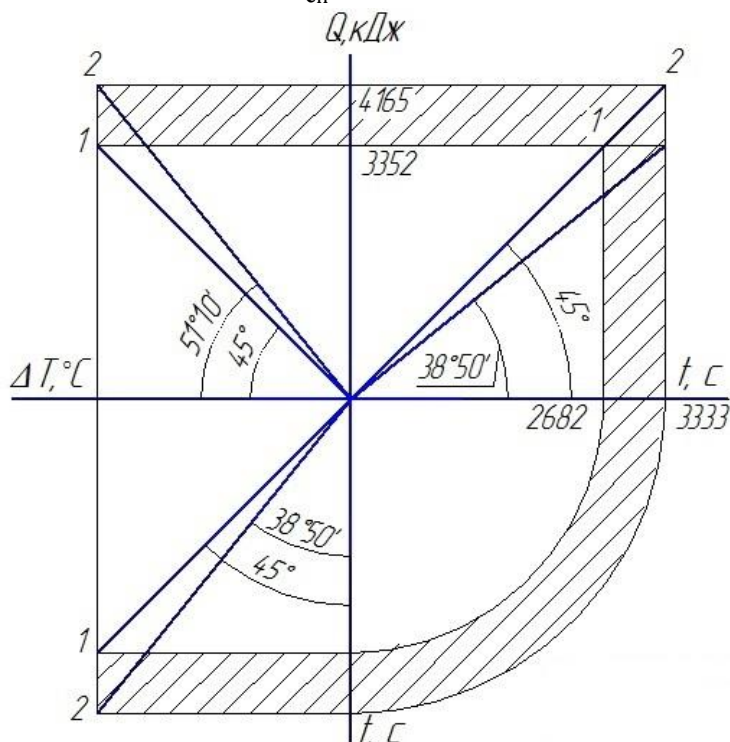


Рис. Диаграмма в четырех квадрантах электроннагрева воды с постоянной мощностью.

Анализ на предельные значения указанных показателей дает следующие результаты: при  $\Delta t \rightarrow 0$   $R_{cp}^* \rightarrow R^*$ , а если  $\Delta t \rightarrow t$ , то  $R_{cp}^* \Rightarrow \frac{1}{2} R^*$  и  $P_{д cp} \Rightarrow \frac{1}{2} P_{д}$ . Измерение подводимой к нагреваемой воде энергии позволило по окончании эксперимента сразу же определить понесенные потери как разность  $Q_{подв} - Q = \Delta Q$ , что оправдало отнесение эксперимента к числу эмпирических, то есть углубляющих знания, в частности, в области эффективности использования энергии.

Подведенные кратко итоги по эксперименту подтверждают целесообразность введения понятия действия энергии так как именно это свойство энергии достаточно хорошо изучено наукой и позволяет получать путем расчета минимальную величину энергоемкости результата. Эта энергоемкость является первичной в ПЭС и объективной по научному содержанию. Из энергоемкостей всех результатов ПЭС складывается, в конце концов, энергоемкость выпускаемой предприятием продукции. Это обстоятельство заставляет рассматривать повышение энергоэффективности как внутреннюю задачу руководства и профессиональную обязанность энергетической службы предприятия. Следует особо отметить другие свойства показателя  $Q^{yA}$  кроме объективности его значения. Прежде всего это свойство индифферентности, то есть, это коэффициент пропорциональности и энергии и мощности численному значению получаемого результата и, соответственно, его производной. Описанным экспериментом установлено, что потери только уменьшают действующую энергию, поэтому время энерготехнологического процесса возрастает обратно пропорционально потерям. Отметим, что введение понятия «действующая энергия» в ПЭС, определяющая расчетный минимум расхода энергии, позволяет также определить некоторые другие важные для энергоэффективности пределы [2].

## Заключение

Разработан и экспериментально проверен метод анализа потребительских систем, имеющих техническую структуру, в показателях энергоэффективности. Очевидным достоинством метода является возможность адресного управления и возможность перевода результатов управления на энергоемкость продукции предприятия и на прибыль. Метод оперирует цифровыми данными в полном объеме системного управления эффективностью, что позволяет применять в системах сбора, обработки и передачи данных цифровой формат, а также может быть использован как инновационное направление при подготовке квалифицированных кадров по энергетике и экономике. Метод универсален, что позволяет использовать его в любом предприятии АПК. Однако, несомненно, продолжение исследований с целью определения



существования и проявления в анализе пределов изменяющихся величин. Без этих результатов невозможно оценить профессиональную грамотность традиционного определения энергоемкости продукции предприятий.

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

### Литература

1. Карпов В.Н., Юлдашев З.Ш. Технологическая востребованность и техническое сопровождение увеличения потребления энергии в АПК. Монография. -СПб.: СПбГАУ, 2021. -168 с. ISBN 978-5-85983-359-7.
2. Карпов В.Н., Юлдашев З.Ш. Нишондиҳандаҳои самаранокии энергетикӣ системаҳои амалкунандаи техникӣ (муҳандисии кишоварзӣ): монография. -Душанбе: Дониш, 2023. -205 сах.
3. Карпов В., Юлдашев З., Карпов Н. Методы повышения эффективности использования энергии. – Saarbrücken, Deutschland: Lambert Academic Publishing, 2013. – 174 с.
4. Стасинопулос П., Смит Майкл Х., Карлсон «Чарли» Харгроувс, Черил Деша. Проектирование систем как единого целого. Интегральный подход к инжинирингу для устойчивого развития. – М.: Эксмо, 2012. – 288 с.
5. Kabanen T.V., Karpov V.N., Yuldashev Z. Sh., Nemsev A.A., Nemsev I.A. Basic theory and method of managing energy efficiency in consumer systems //Agronomy Research 14(5), 1619-1625, 2016. <http://agronomy.emu.ee/category/volume-14/number-5/#abstract-4682>.
6. Kabanen T., Karpov V. Addition to the structural theory of optimizing energy efficiency in consumer system. // Agronomy Research Biosystem Engineering. Special Issue 1, 2011. – P. 77-81. Tallinn University of Technology. Estonia.
7. Александров И.К. Энергетический анализ механизмов и машин. Теоретическое и экспериментальное обоснование принципов исследования и определения энергетических потерь в механизмах и машинах: монография. – Вологда: ВоГТУ, 2011. – 244 с.
8. Ракутько С.А. Прикладная теория энергосбережения в энерготехнологических процессах АПК // Известия РАН. Энергетика. – 009. – №6. – С.168-175.
9. Бровцин В.Н. Исследование и оптимизация динамических объектов сельскохозяйственного назначения средствами вычислительного эксперимента. – СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2004. – 364 с.
10. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Наука, 1977. – 872 с.
11. Бесекерский В.А. Микропроцессорные системы автоматического управления. – Л.: Машиностроение, 1988. – 365 с.

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

TJ	RU	EN
Карпов В.Н.	Карпов В.Н.	Karpov V.N.
д.и.т., роҳбари мактаби илмӣ “Истифодабарии самараноки нерӯ”, профессори кафедраи барктаъминкунии корхонаҳо ва технологияҳои электрикӣ	д.т.н., руководитель научной школы «Эффективное использование энергии», профессор кафедры энергообеспечение предприятий и электротехнологий	
Донишгоҳи давлатии аграрии Санкт-Петербург	Санкт-Петербургский государственный аграрный университет	
TJ	RU	EN
Юлдашев З.Ш.	Юлдашев З.Ш.	Yuldashev Z.SH.
д.и.н., профессор кафедраи электрификации и автоматизации сельского хозяйства	д.т.н., профессор кафедры электрификации и автоматизации сельского хозяйства	
Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Шириншо Шотемур	ТАУ имени Шириншо Шотемур	
e. mail: <a href="mailto:zarifjan_yz@mail.ru">zarifjan_yz@mail.ru</a>		

## РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ПВК MATLAB/SIMULINK И ЕЕ ВЕРИФИКАЦИЯ

М.З. Одинабеков<sup>1</sup>, Ш.Н. Сидиков<sup>1</sup>, М.М. Вохидов<sup>2</sup>

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия<sup>1</sup>

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан<sup>2</sup>

В работе рассматривается регулирование частоты автоматическим регулятором скорости в энергосистемах малой мощности. Модель регулирования частоты в энергосистемах малой мощности реализован в программно-вычислительном комплексе MATLAB/SIMULINK.

**Ключевые слова:** энергосистема малой мощности, автоматический регулятор скорости, верификация, сброс/наброс активной мощности.

### ТАҶИЯ ВА ТАТБИҚИ МОДЕЛИ МАТЕМАТИКИ СИСТЕМАИ ЭНЕРГЕТИКИ ДАР МБҲ MATLAB/SIMULINK ВА ТАСДИҚИ ОН

М.З. Одинабеков, Ш.Н. Сидиков, М.М. Вохидов

Дар ин қор танзими басомад тавассути танзимгари автомати суръат дар системаҳои энергетикӣ тавоноӣ хурд баррасӣ карда мешавад. Моделҳои танзими басомад дар системаҳои энергетикӣ тавоноӣ хурд дар маҷмӯи барномавӣ-ҳисоббарорӣ MATLAB/SIMULINK амалӣ карда шудааст.

**Калидвожаҳо:** системаи энергетикӣ тавоноӣ хурд, танзимгари автомати суръат, санҷиш, партофт/сарбор кардани тавоноӣ фаъл.

### DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE POWER SYSTEM ON MATLAB/SIMULINK SCC AND ITS VERIFICATION

M.Z. Odinabekov, Sh.N. Sidikov, M.M. Vokhidov

The paper considers frequency regulation by an automatic speed governor in low-power power systems. The model of frequency regulation in low-power power systems is realized in the software-computing complex MATLAB/SIMULINK.

**Key words:** Low-power power system, automatic speed governor, verification, reset/surge of active power.

#### Введение

Как правило, момент инерции энергоблоков малой мощности небольшой (1-2 с), поэтому электрохимические процессы в энергосистемах малой мощности (ЭСММ), в т.ч. изменение частоты при набросах/сбросах активной мощности протекают очень быстро, и возникает острая необходимость быстрого ограничения снижения/повышения частоты для предотвращения погашения электростанции и сохранения электроснабжения потребителей.

Рассмотрим влияние регулятора скорости на процесс изменения частоты при динамических набросах/сбросах активной мощности. Для этой цели необходимо моделировать энергосистему.

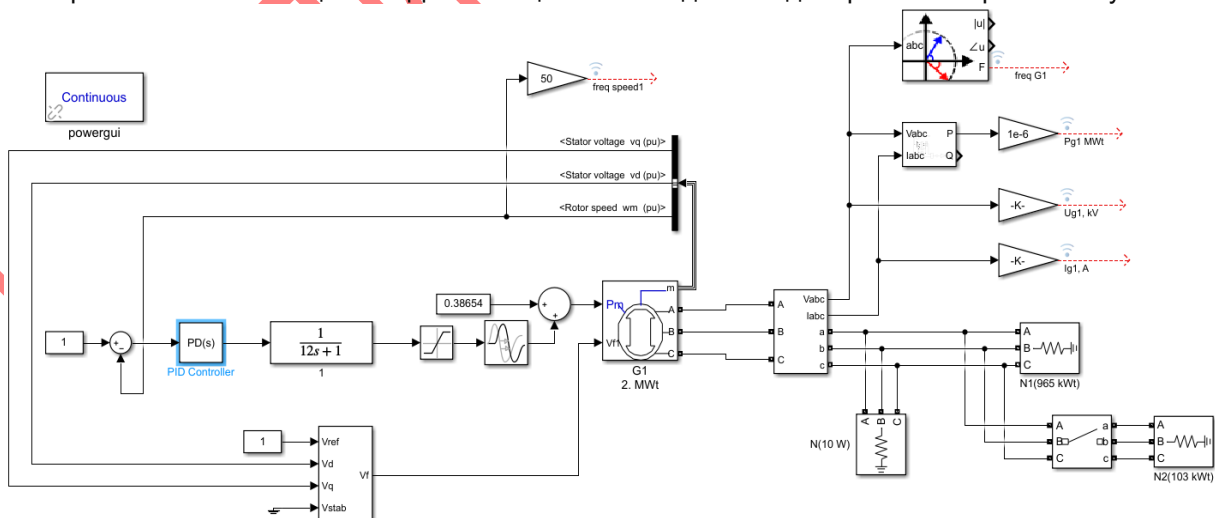


Рисунок 1 – Математическая модель энергоблока с АРС для параллельного режима с ПД регулятором и требуемым статизмом в ПВК Matlab/Simulink

Моделирование выполнено для двух режимов работы ЭСММ. В режиме параллельной работы (Рисунок 1) поддерживается переток мощности, а автоматический регулятор скорости (АРС) обеспечивает требуемое

участие в регулировании частоты. Следовательно, выбран регулятор скорости пропорционально-дифференциального (ПД) типа.

В режиме автономной работы (Рисунок 2) регулируется частота и использован регулятор пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) типа.

Для проверки достоверности созданной модели необходимо произвести верификацию полученных с осциллограммами переходного процесса реального объекта [1,2]. Верификация производится путем подбора коэффициентов регулятора.

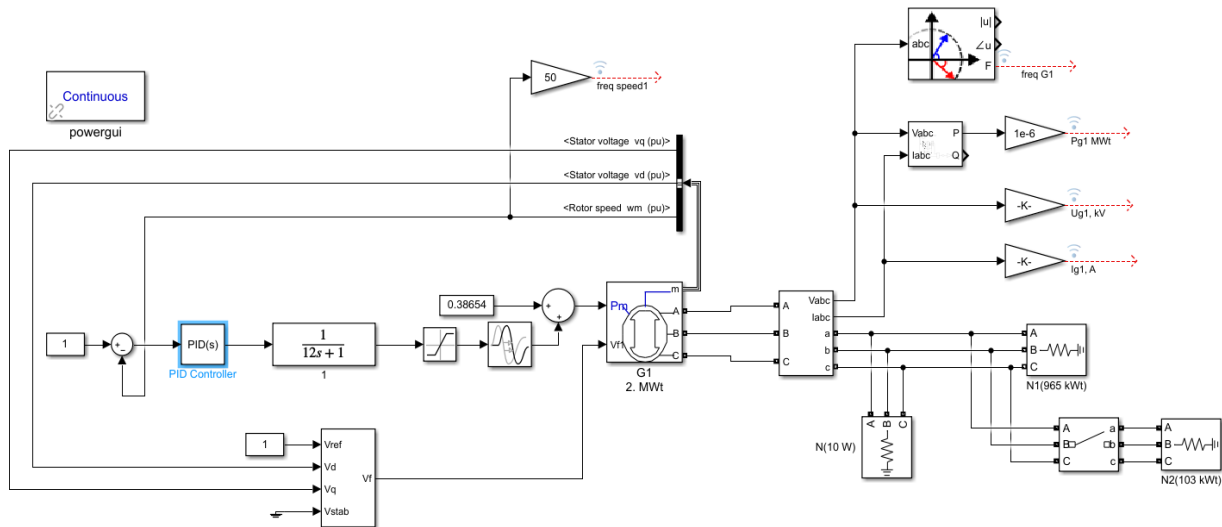


Рисунок 2 – Математическая модель энергоблока с АРС для автономного режима с ПИД регулятором в ПВК Matlab/Simulink

Ниже на рисунках 3 - 4 приведены осциллограммы переходного процесса реального объекта при набросе/сбросе 5% нагрузки. На рисунках 5 – 6 показаны полученные из модели графики переходного процесса при тех же набросах/сбросах нагрузки.

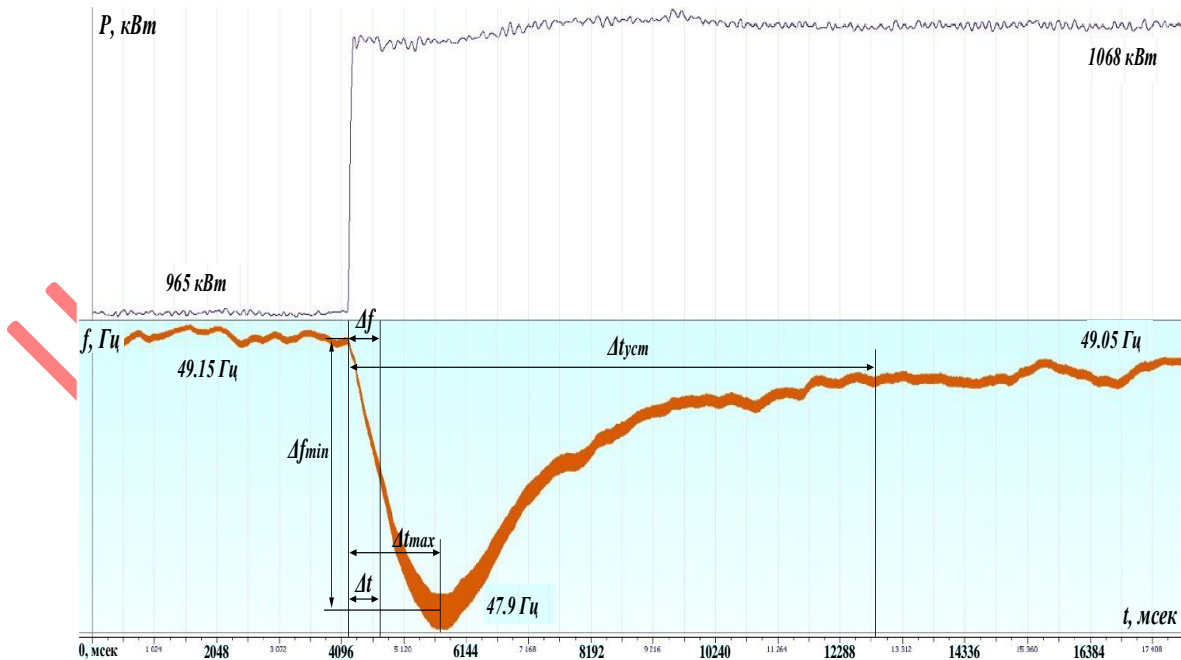


Рисунок 3 – Осциллограмма переходного процесса реального объекта при набросе 103 кВт нагрузки (0,05 о.е.)

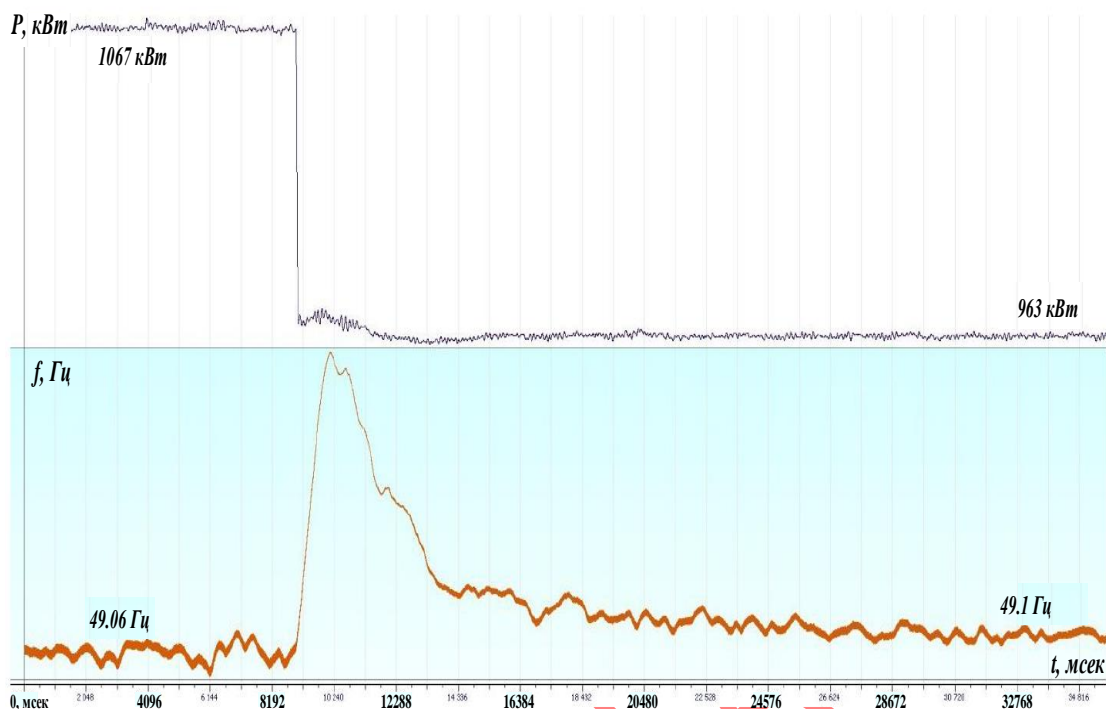


Рисунок 4 – Осциллограмма переходного процесса реального объекта при сбросе 104 кВт нагрузки (0,05 о.е.)

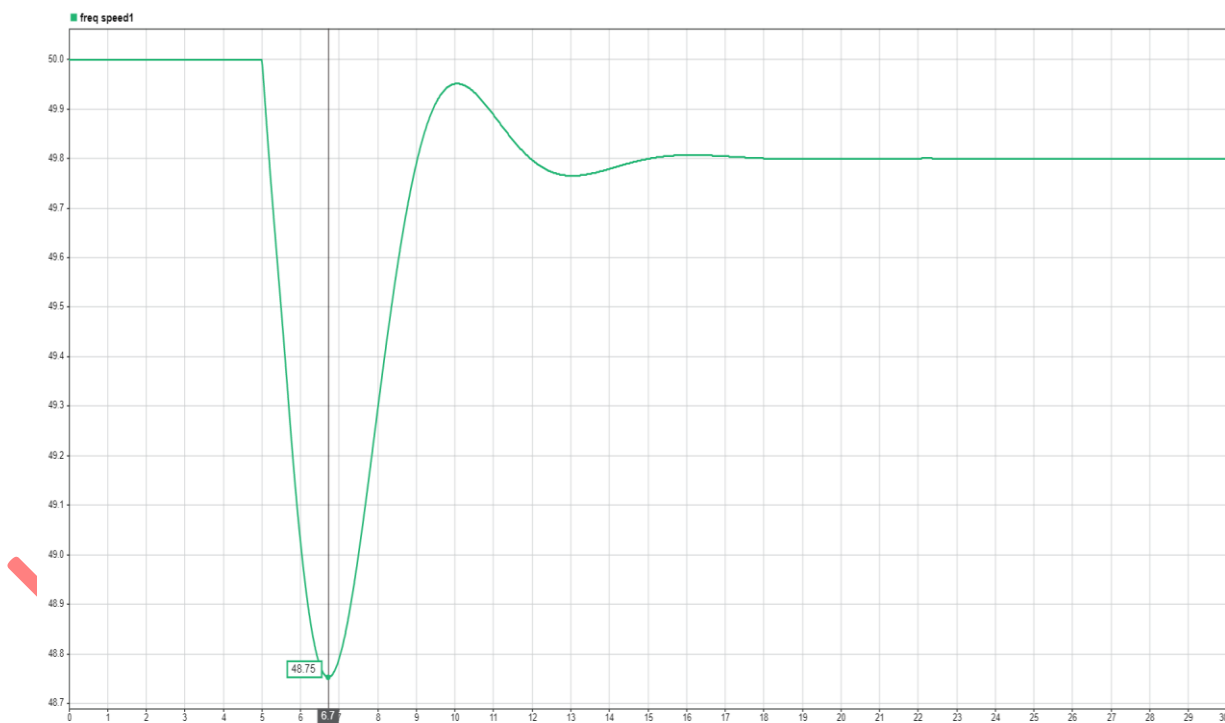


Рисунок 5 – Осциллограмма переходного процесса, полученная по модели Matlab/Simulink, при набросе 103 кВт нагрузки  
Описание процесса при набросе 103 кВт нагрузки (Рисунок 3).

Исходно энергоблок работал с мощностью 963 кВт с частотой ЭСММ 49,15 Гц. В момент времени равной 4,2 с произошел наброс мощности 103 кВт на энергоблок. В результате из-за нарушения баланса активной мощности частота начала снижаться и в течение 1,55 с регулятор скорости смог ограничить дальнейшее снижение частоты и начал восстанавливать частоту до нового установившегося режима с частотой равной 49,05 Гц. Время регулирования составило 8,7 с.



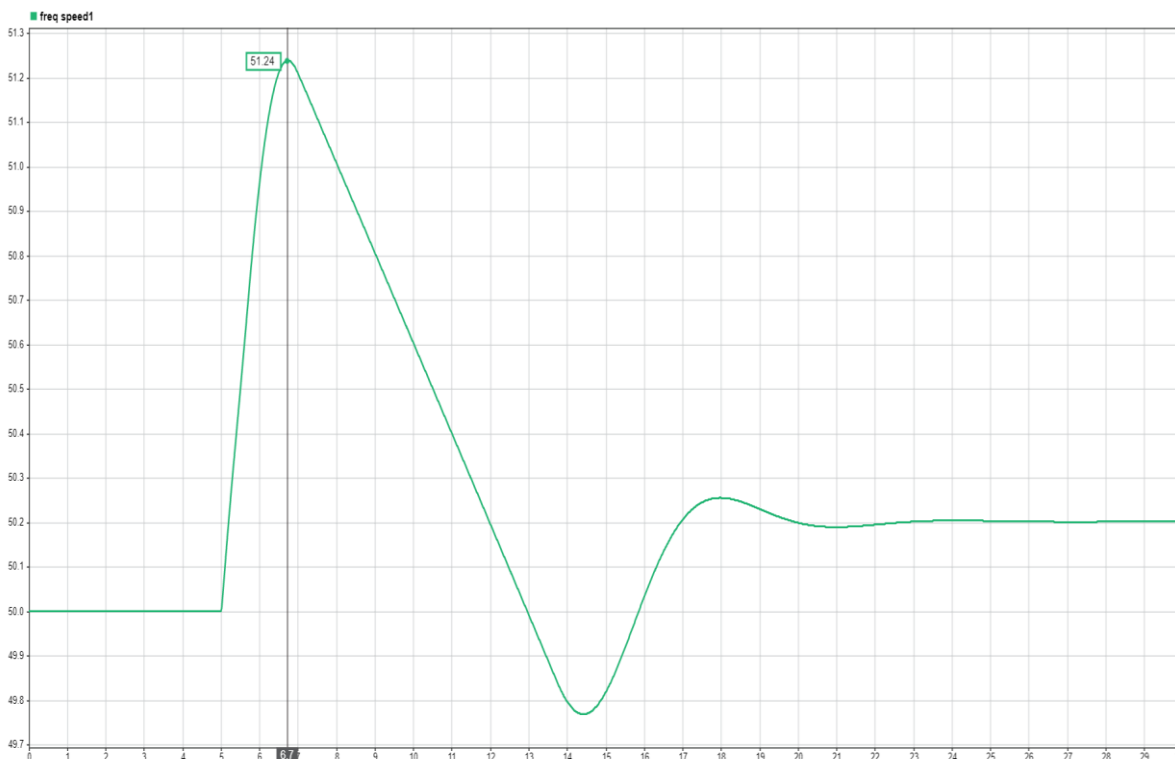


Рисунок 6 – Осциллограмма переходного процесса, полученная по модели Matlab/Simulink, при сбросе 104 кВт нагрузки

В таблице 1 приведены результаты обработки осциллограмм при набросах/сбросах 5% активной мощности.

Таблица 1: Результаты обработки осциллограмм при набросе/сбросе активной мощности

Возмущение	Объект	Модель	Объект	Модель
	Наброс		сброс	
$P$ , кВт	103		104	
$\Delta f$ , Гц	0,62	0,66	0,66	0,60
$\Delta t$ , с	0,52	0,58	0,58	0,60
$\Delta f_{min}$ , Гц	1,25	1,05	1,05	1,24
$\Delta t_{min}$ , Гц	1,55	1,12	1,12	1,70
$\Delta t_{уст}$ , с	8,70	12,55	12,55	17,0
$\frac{\Delta f}{\Delta t}$ , Гц/с	1,19	1,14	1,14	1,00
Характер процесса	апериодическая	колебательная	колебательная	колебательная

Из анализа осциллограмм можно отметить, что при набросе 5 % нагрузки (Таблица 1) характер регулирования модели почти идентичен с реальным. Однако стоит отметить, что время регулирования АРС модели превышает реальное на 3,4 с. Также необходимо подчеркнуть, что скорость изменения частоты модели на 0,19 Гц/с меньше, чем реальной.

Таким образом, модель регулирования частоты является достаточно адекватной оригиналу при набросах/сбросах активной мощности до 5 %.

### Заключение

В режиме автономной работы, а также при переходах из параллельного режима к автономному, необходимо дополнительно обеспечить динамическую устойчивость работы энергоблоков и их АРС. Основным

требованием при этом является необходимость ограничения динамических набросов/сбросов активной мощности при любых возмущениях до уровня менее 5% от номинальной ( $\pm 100$  кВт) мощности энергоблока. При больших значениях возможно нарушение колебательной устойчивости с отключением энергоблоков защитной автоматикой. Регулятор подобран хорошо, но не учтены нелинейности и динамика канала регулирования.

*Рецензент: Джурев Ш.Дж. — к.т.н., ст. преподаватель кафедры электроэнергетики ДФ ННУ "МЭИ".*

### Литература

1. Ивкин Е.С. Системная автоматика для создания локальных интеллектуальных энергосистем и управления их режимами: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Ивкин Ефим Сергеевич. – Новосибирск, 2021. – 166 с.

2. Одинабеков М.З. Исследование особенностей задачи ограничения снижения и повышения частоты в локальных интеллектуальных энергосистемах: маг. дис.: 13.04.02 – Новосибирск, 2023. – 79 с.

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

TJ	RU	EN
Одинабеков Мухаммадчон Завкибекович	Одинабеков Мухаммаджон Завкибекович	Odinabekov Mukhammadzon Zavkibekovich
Аспиранти кафедраи автоматонии шабакаҳои барқӣ	Аспирант кафедри автоматизированных электроэнергетических систем	Postgraduate student of the Department of "Automated Electrical Systems"
Донишгоҳи давлатии техникии Новосибирск, Новосибирск, Россия	Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия e. mail: <a href="mailto:odinabekov97@mail.ru">odinabekov97@mail.ru</a>	Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia
TJ	RU	EN
Сидиков Шохрух Нуридинович	Сидиков Шохрух Нуридинович	Sidikov Shokhrukh Nuridinovich
Аспиранти кафедраи неругоҳҳои барқи	Аспирант кафедри электрических станций	Postgraduate student of the Department of Power Plants
Донишгоҳи давлатии техникии Новосибирск, Новосибирск, Россия	Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия e. mail: <a href="mailto:shohruh_98_98@bk.ru">shohruh_98_98@bk.ru</a>	Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia
TJ	RU	EN
Воҳидов Миробид Мирвоҳидович	Воҳидов Миробид Мирвоҳидович	Vohidov Mirobid Mirvohidovich
н.и.т. и.в. дотсенти кафедраи «Электротаминкуни»	к.т.н., и.о. доцента кафедры «Электроснабжение»	Ph.D., acting Associate Professor, Department of Power Supply
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	ТТУ имени академика М.С. Осими e. mail: <a href="mailto:supergold84@mail.ru">supergold84@mail.ru</a>	TTU named after Academician M.S. Osimi

## СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ИНТЕГРАЦИИ В НЕЁ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Н. Хасанзода, М.И. Сафаров

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Актуальность исследований обусловлена необходимостью оптимизации режимов электропотребления с функцией двустороннего потока энергии, как от энергосистемы, так и от своих источников распределенной генерации. Это позволяет гибко регулировать потоки энергии и выравнять график нагрузки, а также свести к минимуму финансовые затраты на потребляемую электроэнергию. Разработана оптимальная система электропотребления при разных ценовых показателях от всех возможных источников генерации: от энергосистемы, ветроустановок, солнечных электростанций и накопителя энергии. Предложена математическая модель оптимального электропотребления потребителем в виде системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Модель предусматривает некоторый набор правил оптимального балансирования режимов сети с учетом возможности аккумуляции энергии.

**Ключевые слова:** Электропотребление, ветроэлектрическая станция, солнечная электростанция, аккумуляция энергии, оптимизационная модель, приоритетность правил.

### СИСТЕМАИ ОПТИМАЛИИ ИСТИФОДАИ НЕРУИ БАРҚ ҲАНГОМИ БА ОН ВОРИД НАМУДАНИ МАНБАЪҲОИ БАРКАРДАШАВАНДАИ ЭНЕРГИЯ.

Н. Хасанзода, М.И. Сафаров

Ақуалияти тадқиқот аз зарурияти оптималии намудани речаи истифодаи нуруи барқ бо функциаи сели дутарафаи энергияи электрикӣ чун аз энергосистема, ҳамчунон аз манбаҳои истехсоли худӣ. Ин имконияти медиҳад, ки сели энергияро чандир танзим намуда, графикаи борбастро баробар карда, ҳамчунон харҷҳои молиявиро ба энергияи барқӣ истифодашуда ба камтарин расонанд. Системаи оптималии истифодаи нуруи барқ хангоми нишондиҳандаҳои гуногун аз ҳамаи манбаҳои имконпазири истехсоли энергия: аз энергосистема, дастгоҳҳои бодӣ, нуругоҳи барқии офтобӣ ва захирақунандаи энергия. Модели математикӣ истифодаи оптималии нуруи барқӣ истифодабаранда дар намуди системаи муодилаҳои ҳагги алгебраӣ пешниҳод шудааст. Модел як қатор қоидаҳои мувозинути оптималии речаҳои шабакаро бо назардошти имконияти захирақунии энергия пешбини мекунад.

**Калимаҳои калидӣ.** Истифодабарандаи нуруи барқ, нуругоҳи бодии барқӣ, нуругоҳи барқии офтобӣ, захирақунии энергия, модели оптимизатсионӣ, бартарияти қоидаҳо.

### THE SYSTEM OF OPTIMUM ELECTRIC CONSUMPTION WHILE THE INTEGRATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

N. Khasanzoda, M.I. Safarov

The relevance of the research is due to the need to optimize power consumption modes with a two-way energy flow function, both from the power system and from their own sources of distributed generation. This allows flexible regulation of energy flows and load schedule equalization, as well as minimizing the financial cost of consumed energy. An optimal system of power consumption at different price points from all possible generation sources: from the energy systems, wind turbines, solar power plant and energy storage is developed. A mathematical model of optimal power consumption by a consumer in the form of a system of linear algebraic equations (SLAE). The model provides a set of rules for optimal balancing of network modes, taking into account the possibility of energy storage.

**Keywords:** Electricity consumption, wind farm, solar power plant, energy storage, optimization model, rule prioritization.

#### Введение

Возобновляемые источники энергии играют большую роль в энергетике, что улучшает экологическую ситуацию и позволяет потребителям иметь собственные источники энергии.

После того как объединённая электроэнергетическая система Средней Азии разделилась на отдельные энергосистемы, в Республике Таджикистан (РТ) из-за доминирующей доли гидроресурсов в зимний период нарушается энергобаланс в системе по причине нехватки первичного ресурса, приводящей к снижению генерируемой мощности с одновременным повышением спроса на электроэнергию. Наиболее остро проблема нехватки генерируемой мощности наблюдается в локальных электроэнергетических системах удалённых населённых пунктов, где в зимний период русла малых рек замерзают до 80%.

За последние три десятилетия Правительством Республики Таджикистан был принят ряд мер по снижению дефицита, генерирующего мощности в зимний период, об этом свидетельствуют доработка нормативно-правовых документов, принятие ряда постановлений и их реализация. Из содержания этих документов можно сделать вывод о том, что изучению и внедрению ВИЭ уделяется особое внимание для повышения надёжности, эффективности, безопасности и социальной ответственности населения, проживающего в труднодоступных и удалённых населённых пунктах республики.

В качестве перспективного объекта исследования в данной работе выбрана локальная электроэнергетическая система Мургабского района, расположенная в Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО) Таджикистана.

## Постановка задачи

В значительной степени отличие режимов выбранной системы заключается в том, что в зимний период является энергодефицитным, а в летний период - энергоизбыточным. Мургабский район состоит из 20 разбросанных населённых пунктов, расположенных в 50 - 150 км друг от друга, которые не присоединены к системам центрального электроснабжения ГБАО. Расстояние от административного центра области до районного центра составляет 320 км. Возведение для этих целей воздушных ЛЭП 35 – 10/0,4 кВ с учетом постоянно растущих цен на строительные материалы представляется для района и области техническим и экономически нецелесообразным. Принимая во внимание вышеизложенные обстоятельства, правильным вариантом для повышения эффективности систем электроснабжения может стать рассмотрение вопроса комплексного использования местных энергоресурсов на основе ВИЭ.

Отметим, что комплексное использование возобновляемых источников энергии с учетом их стохастического характера приходится возлагать дополнительные требования к балансированию режимов. Дополнительно также необходимо учитывать необходимость применения накопителей электрической энергии, где требуется уточнение его режимов эксплуатации в составе энергокомплекса.

Решение данных проблем является актуальной задачей и связано с оптимизацией процессов преобразования, распределения, регулирования в подобных электроэнергетических системах.

## Энергетический баланс и условия оптимальных режимов энергосистемы

Чтобы выполнить анализ энергетического потенциала исследуемой энергосистемы Мургабского района, следует учесть суточный интервал применимости ВИЭ. Основной разницей между режимами этой системы является недостаток энергии в зимний и ее избыток в летний периоды, в связи с чем было выбрано по одному дню по каждому из периодов. Для того чтобы оптимизировать режимы использования электрической энергии были применены статистические изменения скорости ветра, солнечной радиации, выработка мощности ГЭС, а также суточный график энергопотребления [1].

Район располагает лишь одной малой гидроэлектростанцией (МГЭС) «Таджикистан» (рис.1), мощность которой всего 1,5 МВт, которая была сдана в эксплуатацию в сентябре 2018 года энергетической компанией «Памир Энерджи» при финансовой поддержке Правительства Германии.



Рисунок 1 – МГЭС «Таджикистан» в Мургабском районе

Основным препятствием на пути реализации электроснабжения в данном районе является наличие единственной малосточной реки Ак-Су, которая при сильных заморозках ( $-50^{\circ}\text{C}$ ) практически на 80% замерзает. Район включает двадцать селений, находящихся на расстоянии от 50 до 150 км друг от друга. Данные селения не имеют выхода к системам центрального электроснабжения Горно-Бадахшанской области, поскольку до административного центра области расстояние от этих населенных пунктов составляет 320 км [2, 3]. В связи с тем, что стоимость строительных материалов стремительно растет, проведение воздушных ЛЭП 35 – 10/0,4 кВ экономически и технически не представляет выгоды. С учетом вышеизложенного для данного района использование гидроэнергетических ресурсов не представляется возможным.



Таким образом, для населения Мургабского района одним из приоритетных решений данной проблемы является применение возобновляемых источников энергии (энергия ветра, солнца), потенциалы которых в районе значительны. Наиболее эффективным представляется применение комбинированных, или так называемых совместных энергоустановок, т.е. СЭС и ВЭУ. Это позволяет выравнять пики при избытке и недостатке выработки электроэнергии.

ВЭУ целесообразно применять в зимнее время, когда скорость ветра достигает свой максимум (январь-май 6,5 м/сек), а в летнее время года СЭС, поскольку зимний максимум находится в противофазе со среднегодовым коэффициентом солнечной инсоляции, т.е. совместное их использование наиболее эффективно.

### Ветровые и солнечные ресурсы Мургабского района

Для различных участков рассматриваемой территории скорость ветра может отличаться. Мургабский район в данном случае также не является исключением.

Метеорологические данные о скорости ветра Мургабского района (Рисунок 2) доказывают целесообразность строительства ветровой электростанции (ВЭС) мощностью до 500 кВт

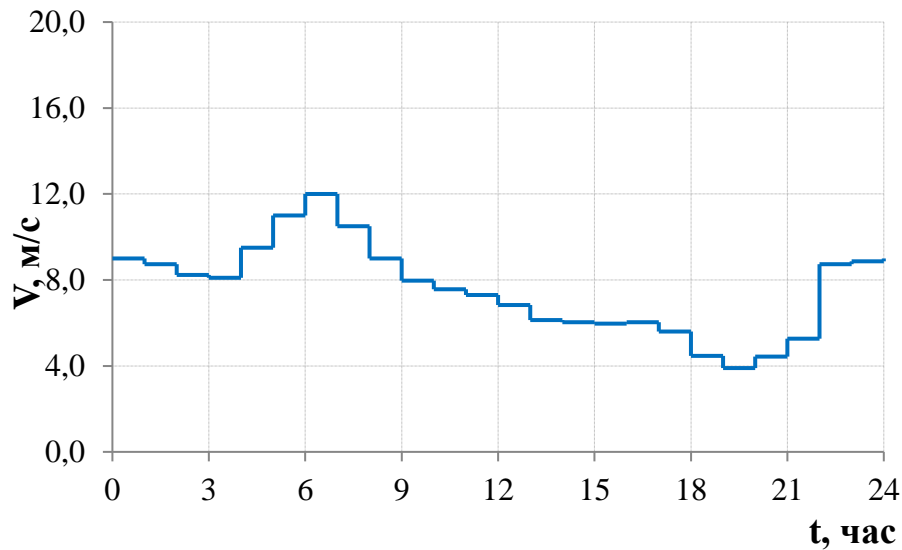


Рисунок 2 – Среднесуточные графики скорости ветра

Мощность ВЭУ имеет непосредственную зависимость от скорости ветра, который изменчив во времени и зависит от климатических показателей. Ее с учетом омываемой площади установки  $A$  ( $m^2$ ) можно рассчитать так

$$P = \frac{1}{2} \rho C_p A V^3, \tag{1}$$

где  $\rho$  – плотность воздушного потока ( $kg/m^3$ ), которая также зависит от температуры и давления воздуха;  $A$  – омываемая лопастями, площадь;  $V$  – скорость ветра;  $C_p$  – коэффициент, описывает КПД ветряной турбины.

Определяют омываемую поверхность лопаток

$$A = \pi R^2, \tag{2}$$

где  $R$  – радиус колеса ветряной электростанции, м.

Уравнение (1) соответствует кубическому закону, которое описывает зависимость мощности энергоустановки от скорости истечения ветра.

Выражение (1) соответствует кубическому закону, которое описывает зависимость мощности энергоустановки от скорости истечения ветра.

Также скорость потока ветра преобразовать в мощность можно, используя характеристики самой установки согласно методике [4-6]. После установления точной скорости ветра ее преобразуют в электрическую мощность согласно характеристикам по мощности установки (рисунок 3).

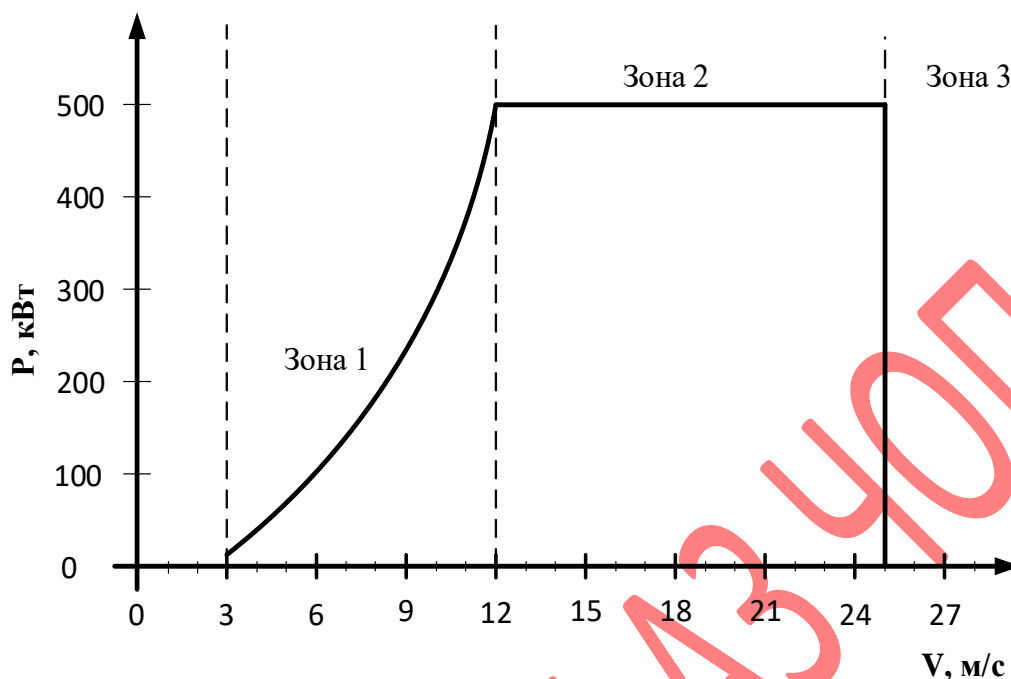


Рисунок 3 – Характеристика мощности ВЭС

Согласно графику, изображенному на рисунке 3, мощность начинает вырабатываться при скорости ветра от 3 м/с. Номинальная мощность соответствует скоростям от 3 м/с до 12 м/с, а при 12 м/с до 25 м/с, мощность поддерживается на номинальном уровне. [7]. При скорости ветра 25 м/с осуществляется автоматическая остановка установки. Преобразование мощности представлено на рисунке 4.

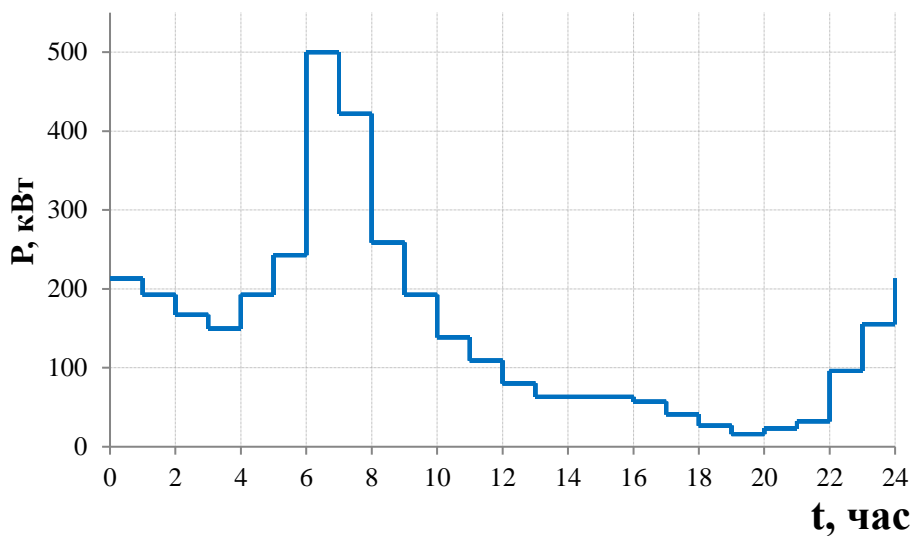


Рисунок 4 – Суточный график выдачи мощности ВЭС

### Солнечная энергетика

Одним из самых распространенных источников возобновляемой энергии является Солнце, в том числе и в Республике Таджикистан. Среди стран Центральной Азии Таджикистан считается одним из лидеров по потенциалу солнечной энергии [8].

Так, согласно оценке экспертов, солнечный потенциал Таджикистана составляет приблизительно 25 миллиардов кВт. ч/г., что соответствует 10-20% от общенациональной потребности в энергии. Суммарное значение солнечной радиации соответствует 701-801 Вт/м<sup>2</sup> или 7500-8001 МДж/м<sup>2</sup> в условиях ясного неба.

На территориях Мургабского района согласно оценкам местных экспертов [8] интенсивность прямой солнечной радиации составляет 10,3 кВт-ч/м<sup>2</sup> в летний период (июнь-июль) и 5,9 кВт ч/м<sup>2</sup> в зимний период (декабрь-январь).

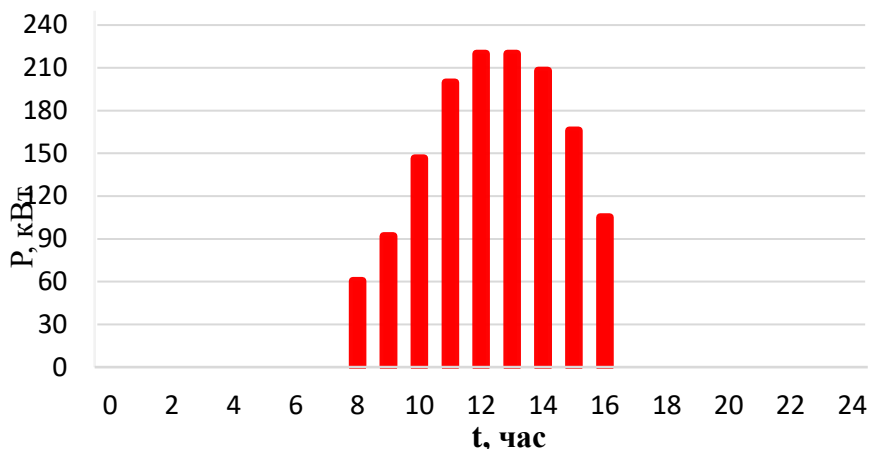


Рисунок 5 – Среднесуточные графики выдачи мощности СЭС

Согласно графику 2 повышенный спрос электроэнергии в утренние часы совпадает с максимальной скоростью ветра, что также предшествует применению ветроустановки в утренние часы. Солнцестояние у нас в республике составляет от 8 до 16 ч [9], а это соответствует продолжительности электрической нагрузки в течение рабочего дня. Общая мощность солнечных станций 220 кВт с КПД 20,65%.

Для зимнего периода выработка мощности ГЭС, суточный график нагрузки, вырабатываемая мощность на ВЭС и СЭС представлены на рисунке 6. Исходная мощность накопителя принята 10 кВт.

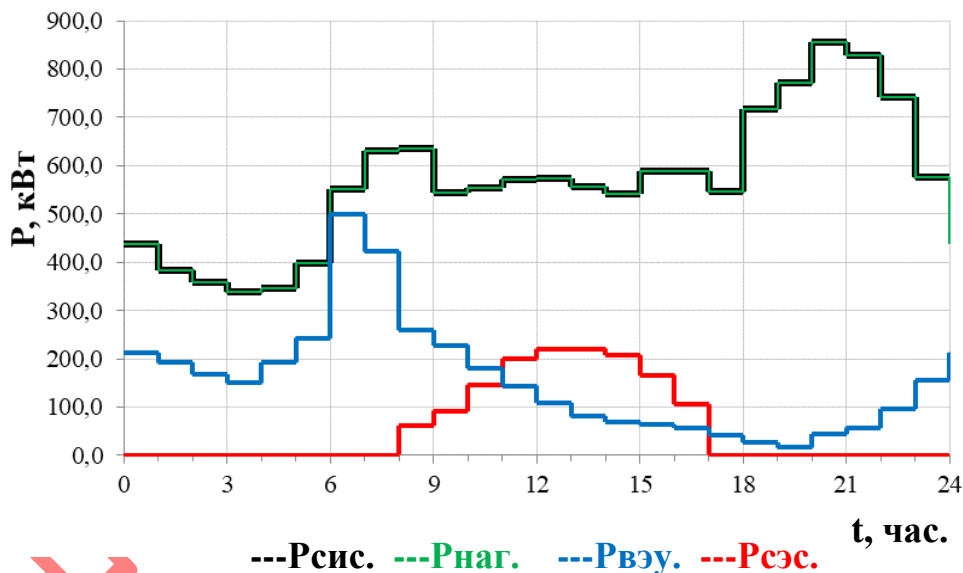


Рисунок 6 – Исходные данные энергетического баланса для типичного зимнего дня

### Математическая модель энергетического баланса потребителя

Баланс мощностей для рассматриваемой системы определяется в виде

$$P_{СИС} + P_{ВЭУ} + P_{СЭС} \pm P_{Акк.} = P_{П} + \sum \Delta P, \tag{4}$$

где  $P_{СИС}$  – мощность, полученная от внешнего источника;  $P_{ВЭУ}$  – максимальная мощность от ветряков;  $P_{СЭС}$  – максимальная мощность от СЭС;  $P_{Акк.}$  – максимальная мощность аккумуляторной батареи;  $P_{П}$  – потребляемая мощность;  $\sum \Delta P$  – общая потеря активной мощности в сети, расходы и СН.

В суточном интервале энергетический баланс можно записать в интегральной форме

$$\int_0^{24} P_{СИС}(t) dt + \int_0^{24} P_{ВЭУ}(t) dt + \int_0^{24} P_{СЭС}(t) dt \pm \int_0^{24} P_{Акк.}(t) dt = \int_0^{24} P_{П}(t) dt + \int_0^{24} \sum \Delta P(t) dt \quad (5)$$

Это дает возможность получать энергию из разных источников: энергетические системы, ветроустановки, солнечные электростанции и аккумуляторы, себестоимость которых отличительна. Эффективность от их применения определяется как соотношение полученной энергии различной стоимости для каждого часа применения. Задача носит оптимизационный характер [10].

Примером могут служить режимы электропотребления Мургаба, для чего примем:  $P_{П_i}$  – потребление электроэнергии потребителями Мургаба;  $P_{СИС}$  – мощность передачи от энергосистемы;  $P_{max}^{ВЭУ_i}$  – максимально возможная генерируемая мощность ветровой электростанции, где  $0 \leq P_{ном}^{ВЭУ} \leq P_{max}^{ВЭУ}$ ,  $P_{max}^{СЭС_i}$  – максимально возможная генерируемая мощность солнечной электростанции, где  $0 \leq P_{ном}^{СЭС} \leq P_{max}^{СЭС}$ ,  $P_{max}^{Акк_i}$  – максимально передаваемая мощность аккумулятора, где  $0 \leq P_{ном}^{Акк.} \leq P_{max}^{Акк.}$ .

В качестве математической модели для выбора источника энергии для нормализации расходов потребителя мы воспользовались системой нелинейных алгебраических уравнений (СНАУ) с возможностью ее преобразования в систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Расход электроэнергии за сутки нормируется произведением данных входного вектора производимой/передаваемой электроэнергии и матрицы цен. Ежечасное усредненное значение мощности использованной электроэнергии совпадает с расчетным значением за этот же час. При энергии система имеет следующий вид

$$\begin{cases} c_{11} \cdot P_{СИС} + c_{12} \cdot P_{ВЭУ} + c_{13} \cdot P_{СЭС} + c_{14} \cdot P_{Акк.} = m_1 \\ c_{21} \cdot P_{СИС} + c_{22} \cdot P_{ВЭУ} + c_{23} \cdot P_{СЭС} + c_{24} \cdot P_{Акк.} = m_2, \\ c_{31} \cdot P_{СИС} + c_{32} \cdot P_{ВЭУ} + c_{33} \cdot P_{СЭС} + c_{34} \cdot P_{Акк.} = m_3 \\ c_{41} \cdot P_{СИС} + c_{42} \cdot P_{ВЭУ} + c_{43} \cdot P_{СЭС} + c_{44} \cdot P_{Акк.} = m_4 \end{cases} \quad (6)$$

где  $m_i$  – стоимость потребленной электроэнергии;  $i=1,2,3,4$  – четыре возможных источника энергии для потребителя.

Применив метод исключения Гаусса, выполняется решение СЛАУ на каждом шаге итерации. Прямым ходом требуется свести к нулю поддиагональные элементы, а обратным ходом требуется решить уравнения с верхней точки треугольной матрицы. Первым ходом определяется последнее по номеру неизвестное значение.

Матрица цен записывается в следующем виде

$$\begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} \\ c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} \end{pmatrix}. \quad (7)$$

В данной матрице диагональные элементы представляют цены на электроэнергию для каждого из отдельных источников, а недиагональные элементы представляют собой среднее значение цен на электроэнергию со всех источников. Нормирование потребления электрической энергии матрицы цен приобретает диагональный вид

$$\begin{pmatrix} c_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_{44} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

где  $C_{11}$  – цена электроэнергии за 1 кВт·час из ЭЭС;  $C_{22}$  – цена электроэнергии за 1 кВт/час от ветровой электростанции;  $C_{33}$  – цена электроэнергии за 1 кВт/час от солнечной электростанции;  $C_{44}$  – цена электроэнергии за 1 кВт/час от аккумулятирования энергии.



Понижение расходов для потребителя осуществляется решением нижеследующего уравнения

$$M = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 C_{ij} \cdot P_j \cdot t \rightarrow \min, \quad (9)$$

где  $C$  – ценовая матрица потенциальных источников генерации электроэнергии;  $P$  – вектор потребляемой мощности, состоит из  $(P_{СИС}, P_{ВЭУ}, P_{СЭС}, P_{Акк})^T$  элементы;  $M$  – общее потребление электроэнергии

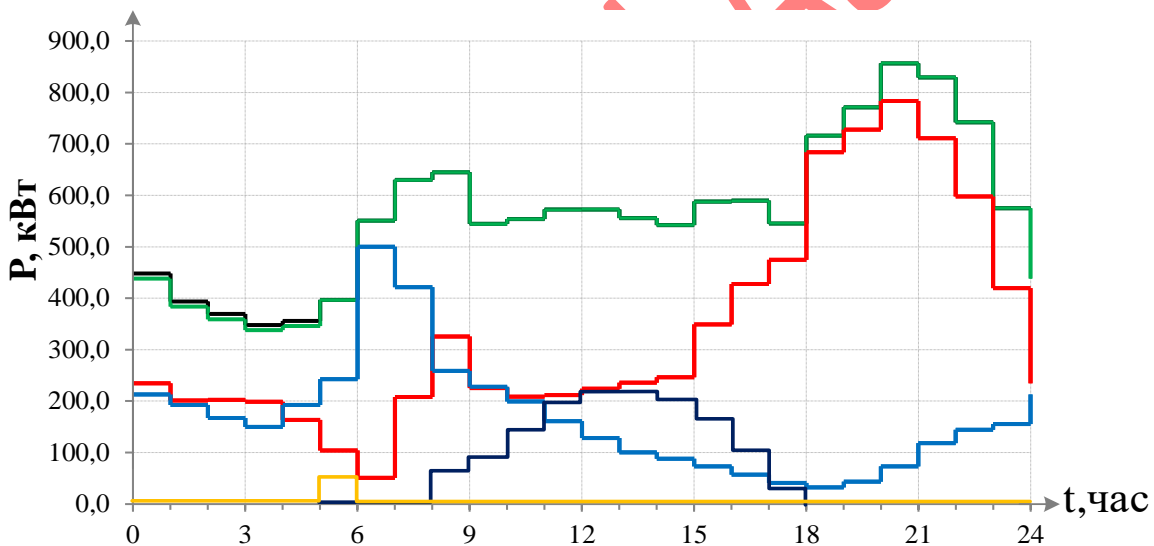
$$M = \sum_{i=1}^4 m_i; \quad t=1 \text{ ч.}$$

При определении значений генерируемой или передаваемой мощности по входному вектору должны выполняться следующие условия:

$$\begin{aligned} 0 \leq P_{ч, \max}^П &\leq P_{СИС}; & 0 \leq P_{СЭС} &\leq P_{\max}^{СЭС} \\ 0 \leq P_{ВЭУ} &\leq P_{\max}^{ВЭУ}; & 0 \leq P_{Акк} &\leq P_{\max}^{Акк} \end{aligned}$$

Используя настоящую математическую модель, для решения данной задачи был представлен алгоритм на соответствующей компьютерной программе на языке Microsoft Access Database.

Контрольные измерения были проведены суточным графиком использования электрической энергии в зимний период. При этом была учтена выработка электроэнергии на ВЭС и СЭС с ее возможным аккумулированием. Процесс аккумулирования электроэнергии производится при ее избытке, а при ее недостатке получают от аккумулятора и энергосистемы.



--- $\Sigma P_{\text{выр.}}$  --- $P_{\text{наг.}}$  --- $P_{\text{сис.}}$  --- $P_{\text{вэу.}}$  --- $P_{\text{сэс.}}$  --- $P_{\text{акк.}}$

Рисунок 7 – График результатов решения задачи оптимизации электропотребления потребителей

$\Sigma P_{\text{выр.}}$  – черная линия,  $P_{\text{наг.}}$  – зеленая линия,  $P_{\text{сис.}}$  – красная линия,

$P_{\text{ВЭУ.}}$  – синяя линия,  $P_{\text{СЭС.}}$  – темно-синяя линия и  $P_{\text{Акк.}}$  – желтая линия

### Заключение

1. Доказано что Таджикистан имеет большой потенциал возобновляемых энергоисточников. Гидроэнергия является достаточно изученной и распространённой и применяется очень давно. На территории республики располагаются огромные запасы гидроэнергетики, что составляют почти половину гидроэнергетических запасов Средней Азии.

2. В данное время в промышленности страны используется потенциал ветровой и солнечной энергии. Несмотря на это, климатические условия республики благоприятно способствуют применению ветровой и солнечной энергии.

3. Разработана математическая модель оптимального электропотребления потребителем, а именно району Мургаба с учетом выработки электроэнергии от ВЭИ, СЭС и аккумуляторов.

4. Разработаны и предложены алгоритмы для оптимизация режимов энергопотребления как от отдельно вырабатывающих источников энергии, так и их совокупности. По компьютерному программированию данных алгоритмов было получено свидетельство о государственной регистрации программ для электронно-вычислительных машин (ЭВМ).

*Рецензент: Джураев Ш.Дж. — к.т.н., ст. преподаватель кафедры электроэнергетики ДФ НМУ “МЭМ”.*

### Литература

1. Сафаров М.И. Моделирование прихода солнечной инсоляции для климатических условий Республики Таджикистан / Б.Н. Шарифов, Ш.М. Сулгонзода, М.И. Сафаров, Р.Х. Диёрзода, Дж.Х. Каримзода // Политехнический вестник. Научно-технический журнал. Серия: Инженерные исследования. – Душанбе, 2022. -№2(58). -С. 38-47.

2. Гидроэлектростанции (ГЭС) являются базовыми генерирующими электроэнергию источниками Таджикистана [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tj.sputniknews.ru/20180804/tajikistan-ges-gidroelektrostaciya-1026367719.html>(дата обращения: 30.04.2021)

3. Сангов Х.С. Современная ветроэнергетика: мировые тенденции и перспективы ее развития // Материалы IX Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи – 2018». Казань. 2018. – С. 160 – 164.

4. Твайделл, Д. Возобновляемые источники энергии / Д. Твайделл, А. Уэйр. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 393 с.

5. Удалов, С.Н. Моделирование ветроэнергетических установок и управление ими на основе нечеткой логики / С.Н. Удалов, В.З. Манусов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 200 с.

6. Khasanzoda, N. Using Wind Resources of Far East in Smart Grid Technology with the Optimum Two-Way Energy Flow / V.Z. Manusov, N. Khasanzoda, B.V. Palagushkin // The 13th International Forum on Strategic Technology (IFOST-2018). – 2018. – P. 713–718.

7. Хасанзода, Н. Исследование оптимальных режимов интеллектуальных сетей с двухсторонним потоком энергии / В.З. Манусов, Н. Хасанзода, Ш.А. Бобоев // Научный вестник НГТУ. – 2018. – №3. – С. 175–190.

8. Петров, Г.Н., Ахмедов Х.М., Кабутов К., Каримов Х.С. Общая оценка ситуации в энергетике в мире и Таджикистане // Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2009. № 2 (135). С. 101-111.

9. Таджикистан: углубленный обзор энергоэффективности / Секретариат Энергетической Хартии, 2013 // Boulevard de la Woluwe, 56 B-1200 Brussels, Belgium.

10. Мадалиев Умар Состояние и перспективы развития альтернативной энергетики в Республики Таджикистан [Электронный ресурс]. – Режим доступа:[https://carnegieendowment.org/files/Presentation\\_%20Madvaliev%20Rus.pdf](https://carnegieendowment.org/files/Presentation_%20Madvaliev%20Rus.pdf) (дата обращения: 11.06.2020).

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

TJ	RU	EN
Ҳасанзода Насрулло	Хасанзода Насрулло	Khasanzoda Nasrullo
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences
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:nasrullo-5445@mail.ru">nasrullo-5445@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Сафаров Манучеҳр Исуфович Муаллими калон	Сафаров Манучеҳр Исуфович Старший преподаватель	Safarov Manuchehr Isufovich Senior teacher
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:manu_1804@mail.ru">manu_1804@mail.ru</a>		

## ОПТИМАЛЬНОЕ ДОЛГОСРОЧНОЕ ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РОГУНСКОЙ ГЭС

Раджабов М.Ш., Султонов Ш.М.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

При долгосрочном управлении режимами ГЭС правила эксплуатации водохранилищ широко используются для принятия решений в эксплуатации водохранилищ, поскольку они могут помочь диспетчерам принять оптимальное решение при ограниченной информации о стоке. Данная работа направлена на определение эффективных правил эксплуатации для долгосрочной эксплуатации ГЭС с водохранилищем. В работе на основе гидрологических временных данных построена кривая обеспеченности реки Вахш, определены маловодные и средневодные годы. Была создана стохастическая гидрологическая модель временных рядов притока водохранилища. Для оптимального долгосрочного управления режимами Рогунской ГЭС с многолетним регулированием построен диспетчерский график. Диспетчерские графики позволяют ориентировочно назначить оптимальный режим сработки и заполнения водохранилища в условиях неопределенности речного стока. Более того, построенный диспетчерский график может эффективно использоваться управляющими водохранилищ при разработке и определении эффективных правил эксплуатации для долгосрочной эксплуатации водохранилищ ГЭС.

*Ключевые слова:* гидроэлектростанции, водохранилище, диспетчерский график, Рогунская ГЭС.

### ИДОРАКУНИИ ОПТИМАЛИИ ДАРОЗМУДДАТИ ДИСПЕТЧЕРИИ РЕЧАҶОИ НБО РОҒУН

Раҷабов М.Ш., Султонов Ш.М.

Дар идоракунии дарозмуддати нерӯгоҳҳои барқи обӣ, қоидаҳои истифодаи обанборҳо барои қабули қарорҳо дар мавриди истифодабарии обанборҳо васеъ истифода мешаванд, зеро онҳо метавонанд ба менечерҳо дар қабули қарори беҳтарин бо иттилооти маҳдуди ҷараёни об кӯмак расонанд. Ин қор ба муайян кардани қоидаҳои самарабахши қори дарозмуддати станцияҳои электрӣ бо обанборҳо нигаронида шудааст. Дар ин қор дар асоси маълумотҳои вақти гидрологӣ ҳаггӣ таъминоти дарёи Вахш сохта шуда, солҳои камоб ва миёна муайян карда шуд. Модели силсилаи стохастикӣ гидрологӣ воридшавии обанбор сохта шуд. Барои назорати оптималии дарозмуддати речаҳои НБО Роғун бо танзими дарозмуддат чадвали интиқол таҳия карда шуд. Графики диспетчерӣ имкон медиҳад, ки режими оптималии қор ва пур кардани обанбор дар шароити номуайяни ҷараёни дарё таҳминан таъин карда шавад. Илова бар ин, аз чадвали ирсолии сохташуда метавонад аз ҷониби роҳбарони обанборҳо дар таҳия ва муайян намудани қоидаҳои самаранокӣ қори обанборҳои дарозмӯҳлати истифодаи обанборҳо самаранок истифода шавад.

*Калидвожаҳо:* НБО, обанборҳо, нақшаҳои диспетчерӣ, НБО Роғун.

### OPTIMAL LONG-TERM DISPATCH CONTROL OF THE MODES OF THE ROGUN HPP

Rajabov M.Sh., Sultonov Sh.M.

In long-term management of hydroelectric power plants, reservoir operating rules are widely used for decision-making in reservoir operation, since they can help managers make the optimal decision with limited flow information. This work is aimed at determining effective operating rules for long-term operation of hydroelectric power plants with reservoirs. In this work, based on hydrological time data, a supply curve for the Vakhsh River was constructed, and low- and medium-water years were determined. A stochastic hydrological time series model of reservoir inflow was created. For optimal long-term control of the modes of the Rogun HPP with long-term regulation, a dispatch schedule was created. Dispatcher schedules make it possible to roughly assign the optimal operating mode and filling of the reservoir under conditions of uncertain river flow. Moreover, the constructed dispatch schedule can be effectively used by reservoir managers in the development and determination of effective operating rules for the long-term operation of hydroelectric power station reservoirs.

*Keywords:* hydroelectric power plants, reservoir, dispatch schedule, Rogun HPP.

### Введение

Задача оптимального управления режимами ГЭС в энергетических системах можно разделить на три подзадачи. Первая – оптимизация долгосрочных режимов ГЭС, вторая оптимизация среднесрочных режимов ГЭС и третья оптимизация краткосрочных режимов ГЭС [1]. Оптимизация долгосрочных режимов включает в себя нахождение оптимальных режимов работы ГЭС для всего цикла регулирования. Определяется режим использования водно-энергетических ресурсов водохранилищ, по которым определяются графики сработки и наполнения водохранилищ. При назначении долгосрочных режимов работы ГЭС определяется оптимальное распределение гидроресурсов за весь период регулирования. Долгосрочная оптимизация, сформированная на основе прогнозов стока, может играть руководящую роль на этапах предварительной эксплуатации водохранилища, но с течением времени статическая схема оптимизации будет значительно отклоняться от реальной ситуации. В этих условиях краткосрочные и среднесрочные планы эксплуатации водохранилища в последней части периода планирования обычно должны быть независимыми от схемы долгосрочного планирования и, таким образом, формулируются отдельно. Сперва, определяются оптимальные режимы ГЭС с водохранилищами в долгосрочном периоде (год, несколько лет) в энергосистеме, после эти данные применяются в планировании оптимальных среднесрочных и краткосрочных режимов ГЭС в энергосистеме [2]. Оптимизация долгосрочных режимов работы водохранилищ ГЭС является сложной задачей, которую можно решить с использованием системного подхода. Модели оптимизации включают в себя распределение ресурсов, разработку стратегий регулирования стока и правил эксплуатации, а также принятие решений о

выпуске в реальном времени в рамках правил эксплуатации. Оптимизация режимов водохранилищ ГЭС на основе метеорологических прогнозов и гидрологических прогнозов имеет высокую степень неопределенности, в основном из-за стохастического характера осадков и притока. Такая неопределенность притока оказывает существенное негативное влияние на долгосрочную работу водохранилища.

## **Теоретическая часть**

Эксплуатация водохранилищ и управление ими являются одной из наиболее сложных проблем комплексного освоения и управления водными ресурсами. Эксплуатация водохранилища ГЭС является сложной и комплексной задачей, из-за неопределенности притока воды на реке. Для решения проблемы неопределенности работы водохранилища можно применить правила эксплуатации в качестве руководства для принятия решений по эксплуатации водохранилища из-за их способности справляться с неопределенностью притока и простоты реализации.

Правила эксплуатации водохранилищ могут быть представлены в виде графиков (диспетчерских), таблиц или функций и определять эксплуатационные решения в течение каждого периода как функцию соответствующей доступной информации (например, текущей или предыдущий уровень воды в водохранилище, текущий или предыдущий приток водохранилища и время года) [3].

Учитывая различные функциональные формы правил эксплуатации и оптимальные решения диспетчеризации детерминированной оптимизации водохранилищ, различные правила эксплуатации водохранилищ ГЭС были получены с использованием линейных или нелинейных методов аппроксимации [4].

Оптимальный режим работы водохранилища ГЭС в долгосрочном периоде можно определить, используя диспетчерские графики, которые содержат линию ограничения наполнения водохранилища в многоводных условиях, линию ограниченных подач при маловодных условиях, а также линию наполнения и сработки водохранилища. Эти линии строятся в начале года после получения прогноза объема стока за год по реке и с учетом объема наполнения водохранилища в начале года. Для этого необходимо иметь график внутригодового распределения стока по реке, график гарантированных подач воды потребителям и данные о составляющих водного баланса [5].

Диспетчерские графики - это одна из форм правил управления водохранилищами или одна из разновидностей управляющих функций. Наиболее распространенная форма диспетчерских графиков — графическая зависимость отдачи гидроузла от резерва воды, аккумулированной в водохранилище. Резерв воды выражается обычно либо в виде объема водохранилища, либо в виде уровня воды в нем. Диспетчерский график представляет собой совокупность: а) правил сохранения резервов воды для обеспечения той или иной гарантированной отдачи; б) правил своевременного опорожнения емкости водохранилища для аккумуляции наволочного стока и в) правил перераспределения во времени воды или энергии, превышающей гарантированную. На характер сочетания этих правил влияет главным образом назначение гидроузла в народном хозяйстве, его регулирующие возможности и функции в управлении системой, а также особенности ее развития. В зависимости от назначения гидроузла, от состава потребителей, которых он обслуживает, вид диспетчерского графика может быть неодинаковым. Количество зон на диспетчерском графике возрастает с увеличением комплексности гидроузла и сложности задач регулирования речного стока водохранилищем [6].

По натурным гидрологическим данным стока реки за несколько лет (30-40 лет) определяются маловодные, средневодные и многоводные годы. По этим данным определяется оптимальный режим наполнения и сработки водохранилищ. Диспетчерский график составляется на основе линий ограничения наполнения и линий ограничения расхода воды из водохранилища [5].

## **Постановка задачи**

### *Моделирование гидрологических временных рядов*

Основной исходной информацией при управлении долгосрочными режимами водохранилищ являются [7]: многолетний гидрологический ряд притока реки; характеристика верхнего бьефа, то есть кривая объема водохранилища от уровня верхнего бьефа; кривая зависимости уровня нижнего бьефа от расхода воды; уровень воды в водохранилище (НПУ, УМО, ФПУ).

Чтобы создать долгосрочную последовательность притока в водохранилище, которая отражает как особенности исторического притока, так и характеристики возможного будущего притока, необходимо построить гидрологическую имитационную модель. Гидрологические элементы, включая приток водохранилища, имеют асимметричное распределение.

Вахш одна из крупнейших рек Таджикистана. Верхняя часть бассейна реки расположена на северной окраине Памира в пределах Памирского и Алайского гидрогеологических массивов, средняя и нижняя части — в Южно-Таджикской депрессии, образующей сложный артезианский бассейн. Около 30% площади бассейна



располагается выше отметки 4000 м и лишь 13% водосборной площади находится в пределах равнинной части. Длина Вахша 524 км, общая площадь бассейна составляет 39100 км<sup>2</sup>, водосборная площадь в створе плотины Рогунской ГЭС - 30390 км<sup>2</sup>. Намечаемый створ Рогунского гидроузла расположен в верхнем течении Вахша, в 338 км от устья и в 34 км ниже слияния Сурхоб и Обихингоу.

Увеличение стока реки Вахш начинается в апреле, наибольшие расходы воды наблюдаются в июле, иногда в конце или начале августа, с середины августа начинается спад, продолжающийся до октября [8,9]. Кроме того, вода для этой мелкомасштабной ирригационной установки берется из притоков реки Вахш, а не берется непосредственно из самой реки. Следовательно, вода, используемая для этой цели, не подтверждается измерением стока реки [8].

Сток реки Вахш до створа Рогунской ГЭС из-за географического расположения практически не используется в целях орошения. В основном для ирригации используются притоки реки Вахш, а не сток самой реки. Следовательно, вода, используемая для этой цели, не подтверждается измерением стока реки. Среднегодовые расходы воды изменяются от 460 м<sup>3</sup>/с до 870 м<sup>3</sup>/с при среднемноголетнем значении 637 м<sup>3</sup>/с. Основной сток воды р. Вахш приходится на период с мая по сентябрь и составляет 76% от годового стока. Максимальные расходы воды на р. Вахш – могут изменяться от 1780 м<sup>3</sup>/с (30.05.1951г.) до 3730 м<sup>3</sup>/с. (10.07.1953 г.) [10].

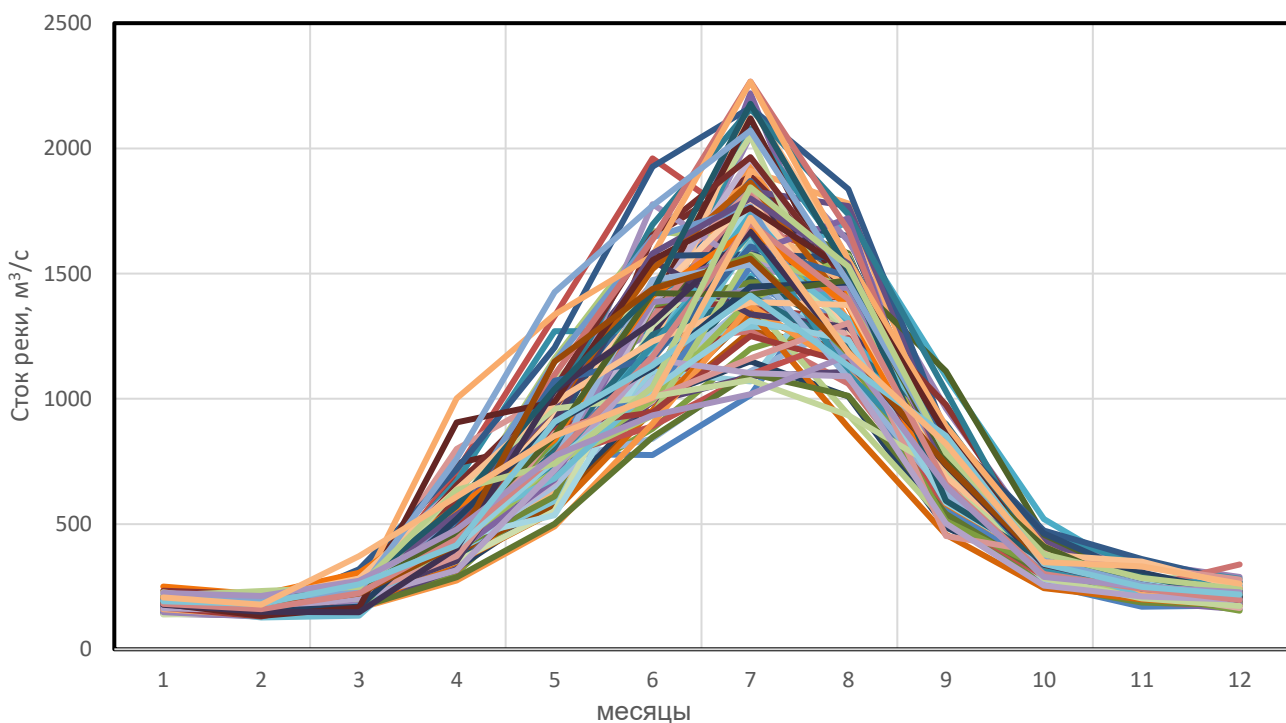


Рисунок 1 – Среднемесячные стоки реки Вахш (1927-2022гг).

Как известно сток воды в реках изменяется по годам и имеет стохастический характер, она может быть представлена в виде кривой обеспеченности стока. При регулировании стока водохранилищем его отдача по воде или мощности гарантируется с определенной обеспеченностью, под которой понимается относительное число случаев, когда отдача больше или равна заданной [1, 11]. Обеспеченность выражается в процентах от общего числа случаев и определяется по данным ряда наблюдений.

По среднемесячным расходам реки Вахш за 1927-2022гг. построена кривая обеспеченности стока реки в заданном створе Рогунской ГЭС по формуле:

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где  $m$  – номер года;  $n$  – количество лет.

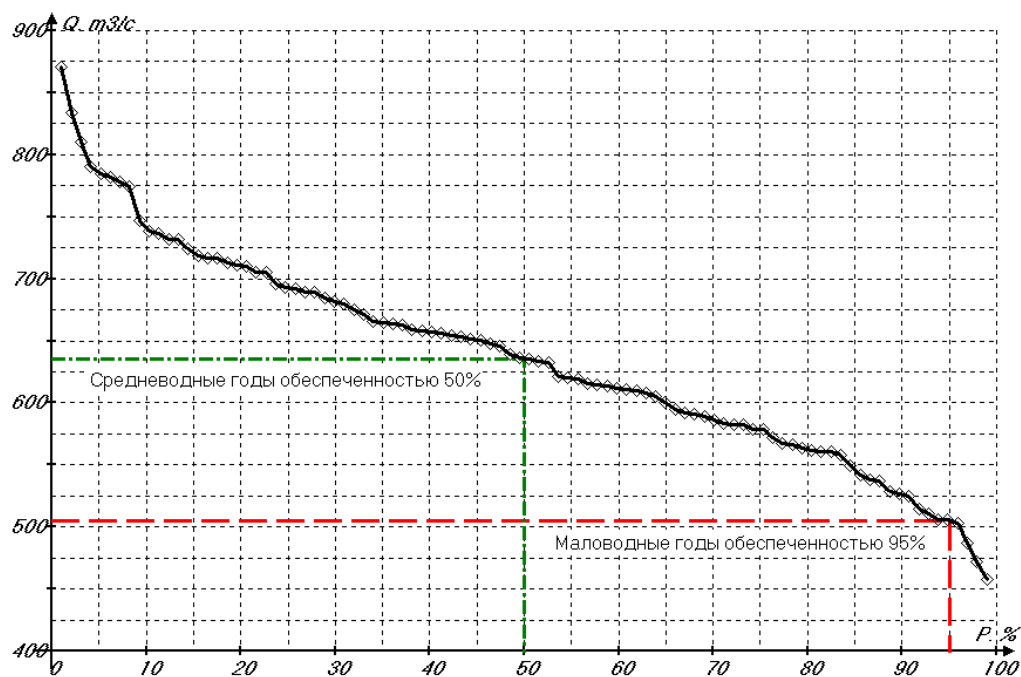


Рисунок 2 – Кривая обеспеченности реки Вахш

Кривая обеспеченности позволяет в рассматриваемом интервале определить маловодные, средневодные и многоводные годы. Маловодным является год с расчетной обеспеченностью  $P=95\%$ , средневодным является год с  $P=50\%$  а многоводным с расчетной обеспеченностью  $3-5\%$ . По кривой обеспеченности видно, что среднегодовой сток в маловодном году составляет примерно  $Q=505\text{ м}^3/\text{с}$ , а в средневодном году равен  $Q=635\text{ м}^3/\text{с}$ . Изменение расходов воды по месяцам в маловодных и средневодных годах приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные маловодные и средневодные годы реки Вахш в 1927-2022гг.

№ п/п	Годы	Месяцы												ср. год $\text{м}^3/\text{с}$
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Расчетные маловодные годы, $P \approx 95\%$														
1	1972	153	136	170	322	706	988	1090	1108	667	312	229	184	505
2	1986	166	164	164	275	491	901	1373	1114	646	327	230	190	504
Расчетные средневодные годы, $P \approx 50\%$														
1	1960	186	188	207	316	708	1260	1800	1490	678	338	256	211	636,5
2	2011	187	151	170	519	901	1122	1447	1464	789	338	307	220	635,2

Эксплуатационная модель оптимизации водохранилищ

Оптимизационная модель эксплуатации водохранилищ ГЭС можно представить в виде целевой модели [10] и ограничения.

Целевая функция

(1) Максимум выработки электроэнергии ГЭС

$$W = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^M P_{ij} \cdot \Delta t_{i,j} \longrightarrow \max \quad (2)$$

где  $W$  – среднегодовая выработка электроэнергии ГЭС,  $T$  и  $M$  – количество лет и периодов времени в году,  $P_{i,j}$  – мощность  $j$  – того периода в  $i$  – ом году, МВт;  $\Delta t_{i,j}$  – длительность  $j$  – го интервала в  $i$  – ом году, ч;

Мощность станции

$$P_{ij} = 9,81 \cdot Q_{ij} \cdot H_{ij} \cdot \eta_{ij} \quad (3)$$

ГДЕ  $H_{i,j}$  – средний за расчетный период напор;  $Q_{ij}$  – расход воды через турбины;  $\eta_{ij}$  – к.п.д. гидроагрегата;  
Уравнения ограничений для каждой ГЭС:

*Баланс воды в водохранилище*

$$V_{j,t+1} = V_{j,t} + (Q_{j,t} - q_{j,t}) \Delta t \quad (4)$$

где  $V_{j,t}$  и  $V_{j,t+1}$  – объем  $j$ -того водохранилища в начале и конце периода  $t$ ;  $Q_{j,t}$  – приток воды;  $q_{j,t}$  – расход воды из водохранилища в период времени  $t$ .

*По гидравлической связи*

$$Q_{j,t} = \sum_k^{\Omega} (Q_{q_{k,t}} + q_{k,t}) \quad (5)$$

где  $\Omega_j$  – представляет собой узел водохранилища выше по течению;  $Q_{q_{k,t}}$  – боковой приток между резервуаром  $k$  и резервуаром  $j$ .

*По уровням водохранилища.*

$$Z_{ВБminij} \leq Z_{ВБij} \leq Z_{ВБmaxij} \quad (6)$$

где  $Z_{ВБj}$  – уровень верхнего бьефа ГЭС (м), определяемый по характеристикам верхнего бьефа ГЭС.

*По мощности*

$$P_{minij} \leq P_{ij} \leq P_{maxij}, \quad (7)$$

где  $P_{ГЭСij}$  – текущая мощность  $j$ -ой ГЭС и её минимальная и максимальная мощности.

*По расходу воды*

$$Q_{minij} \leq Q_{ij} \leq Q_{maxij} \quad (8)$$

где  $Q_{ij}$  – расход воды через турбину  $j$ -ой ГЭС;

Диспетчерские графики строятся на основе анализа работы водохранилища в гидрологических условиях года и его периодов для расчетных обеспеченностей. Диспетчерские графики строятся на основе водно-энергетических расчетов. Диспетчерские графики строятся следующим образом: по оси ординат откладывается уровень воды в водохранилище, по оси абсцисс – время (период цикла регулирования). График имеет несколько зон, каждая из которых соответствует определенному режиму работы водохранилища [12,15].

Правительство Таджикистана активно работает над завершением строительства Рогунской ГЭС, которая расположена перед Нурекской ГЭС на реке Вахш. Рогунская ГЭС с установленной мощностью 3600 МВт станет самой крупной станцией в Таджикистане, со среднегодовой выработкой электроэнергии 13,1 млрд. кВт·ч. Рогунский гидроэнергетический узел является наиболее крупным на р. Вахш, обеспечивающий наиболее эффективную работу всего каскада. С вводом этой станции возможно практически полное освоение водно-энергетического потенциала всей реки Вахш, а также зарегулирование стока реки Амударья. На данный момент введено в эксплуатацию два гидроагрегата Рогунской ГЭС. При наличии Рогунской ГЭС, уровень воды в водохранилище Нурекской ГЭС можно будет поддерживать на постоянном уровне, в то время как водохранилище Рогунской ГЭС будет использовано для регулирования стока, разница уровня воды в нём будет варьироваться до 30 метров. Это позволит установить постоянный сезонный режим стока для Нурекской ГЭС. С вводом Рогунской ГЭС станет возможным экспорт электроэнергии в большом объеме не только в летнем периоде, но и в зимнем [13,14].

Рогунской ГЭС даёт возможность управлять ГЭС Вахшского каскада так, чтобы режим речного стока вниз по течению оставался без изменений. Водоохранилище Рогунской ГЭС осуществляет многолетнее регулирование стока р. Вахша, т.е. увеличивает сток в нижнем бьефе гидроузла в X-III или X-IV за счет сработки водохранилища и уменьшает в V-IX при наполнении водохранилища, также позволяет повысить эффективность функционирования каскада ГЭС на реке Вахш, рационально использовать водные ресурсы бассейна [14].

Диспетчерские графики дают возможность определить оптимальный режим эксплуатации водохранилищ, в том числе режим заполнения и сработки. Задачи, решаемые при диспетчерском управлении, следующие [15,16]: обеспечение безопасности гидротехнических сооружений расположенных верхнем и нижнем бьефах водохранилища; обеспечение нормальной гарантированной выработки электроэнергии; обеспечение пониженной гарантированной выработки, недопущение глубоких перебоев благодаря своевременному переходу водохозяйственных установок на пониженное потребление; максимальное

эффективное использование водных ресурсов и минимальный объем холостых сбросов. Обычно диспетчерские графики имеют четыре основные режимные зоны: а) зона нормальной гарантированной выработки; б) зона повышенной (максимальной) выработки; в) зона пониженной гарантированной отдачи; зона принудительной сработки [15].

На основе гидрологических данных и учитывая вышеизложенного был построен расчетный диспетчерский график для Рогунской ГЭС.

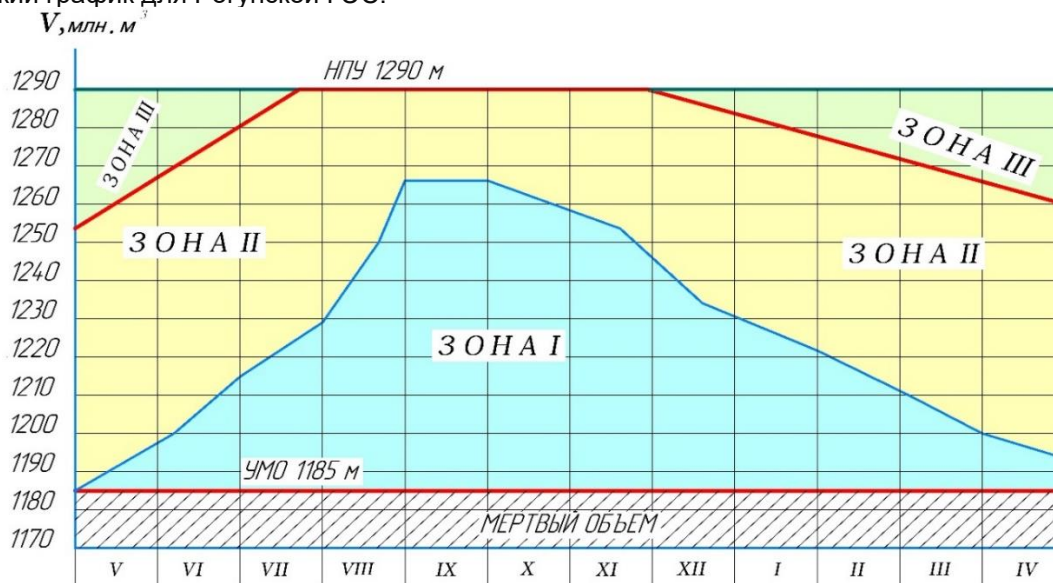


Рисунок 3 – Расчетный диспетчерский график Рогунской ГЭС.

На рисунке 2 показан, расчетный диспетчерский график Рогунской ГЭС. Как известно, при оптимальной эксплуатации уровень воды в водохранилище будет меняться между уровнями НПУ (максимум) и УМО (минимум). Зона I область, где станция будет работать со сниженной гарантированной мощностью. Зона II - станция будет работать с гарантированной мощностью. Зона III – зона максимальной отдачи (выработки). Водоохранилище достигает свой минимальный уровень примерно в конце апреля, начиная с мая приток воды на реке увеличивается и соответственно уровень водохранилища поднимается. В зависимости от водности года водохранилище заполняется до НПУ с июля по августу. Оптимальными считаются режимы, когда сработка и заполнение водохранилища выполняется по зоне II.

### Выводы

Таким образом, в данной работе на основе гидрологических данных построен расчетный диспетчерский график Рогунской ГЭС для оптимизации долгосрочных режимов. Диспетчерские графики позволяют назначить оптимальные режимы сработки и заполнения водохранилища в долгосрочном периоде по критериям максимальной выработки электроэнергии и рационального использования водных ресурсов. Диспетчерские правила эксплуатации широко применяются при эксплуатации ГЭС с водохранилищами годового и многолетнего регулирования из-за простоты их реализации. Диспетчерские графики пересматриваются и уточняются в период эксплуатации водохранилища ГЭС, изменения водохозяйственных условий, экологических требований к режиму использования водно-энергетических ресурсов. Эффективность диспетчерских графиков использования водно-энергетических ресурсов требуют корректировку структуры с учетом прогнозирования сброса к водным ресурсам и геофизических процессов, связанных с вероятным изменением климата.

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

### Литература

1. Оптимальное управление режимами ГЭС в электроэнергетических системах. Монография / Секретарев Ю.А., Султонов Ш.М. // Душанбе: ТГУ имени академика М.С. Осими, 2020. 144 стр..
2. Гидроэнергетика: учебное пособие / Т.А. Филиппова, М.Ш. Мисриханов, Ю.М. Сидоркин, А.Г. Русина. - 2-е изд., перераб. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2012. -620 с.
3. Liu Y., Qin H., Mo L., Wang Y., Chen D., Pang S., Yin X. Hierarchical Flood Operation Rules Optimization Using Multi-Objective Cultured Evolutionary Algorithm Based on Decomposition // Water Resour. Manag. 2019. No. 33. pp. 337-354.

4. Zhou J., Jia B., Chen X., Qin H., He Z., Liu G. Identifying Efficient Operating Rules for Hydropower Reservoirs Using System Dynamics Approach—A Case Study of Three Gorges Reservoir, China // Water. 2019. Vol. 11.
5. Гаппаров Ф. А., Кодиров С. М., Гаффарова М. Ф. Диспетчерский график по рациональному наполнению и сработке водохранилищ // Гидроэнергетика. 2018. Vol. 4 (53). pp. 48-50.
6. Резниковский А.Ш., Рубинштейн М.И. Управление режимами водохранилищ гидроэлектростанций. 1974.
7. М.П. Саинов, В.А. Серов. О водноэнергетических расчетах Рогунской ГЭС // Вестник МГСУ. 2009. No. 4. pp. 206-214.
8. Прогнозирование среднемесячных значений стоков рек с применением необобщающей модели машинного обучения и преобразованием пространства признаков (на примере реки Вахш) / Матренин П.В., Сафаралиев М.Х., Кирьянова Н.Г., Султонов Ш.М. // Проблемы региональной энергетики. 2022. № 3 (55). С. 99-110.
9. Исследования ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС. гидрология, ОАХК «Барки Точик», Отчет №: P.002378 RP 07 Ред. Д, Январь 2013.
10. Анализ режимов работы водохранилищ гидроэлектростанций работающих в каскаде / М.Ш. Раджабов, Х.И. Усмонов, Ш.М. Султонов У.У. Косимов // Политехнический вестник. Серия: Серия Инженерные исследования. №4 (60), 2022. –Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2022. – С.52-58, ISSN 2520-2227
11. Особенности управления гидроэлектростанциями в энергосистеме республики Таджикистан. / Кокин С.Е., Сафаралиев М.Х., Султонов Ш.М. // Известия НТЦ Единой энергетической системы. 2017. № 2 (77). С. 109-118
12. Маркин В.Н., Матвеева Т.И. Управление водохозяйственными системами. РГАУ-МСХА ед. Москва. 2015. 172 pp.
13. Исследования ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС / Фаза II - Том. 3 – Глава 5: Исследования по моделированию эксплуатации водохранилища, ОАХК «Барки Точик», Отчет №: P.002378 RP40 Ред. Д, Август 2014
14. Анализ режимов работы Рогунской ГЭС в электроэнергетической системе Республики Таджикистан / М.Ш. Раджабов, // Политехнический вестник. Серия: Серия Инженерные исследования. №3 (63), 2023. –Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2022. – С.42-48, ISSN 2520-2227
15. Д.А. Алиев, О.Е. Кулешова. Особенности разработки правил использования малых водохранилищ дальнего востока (на примере нерюнгринской водохозяйственной системы) // Природообустройство. 2014. No. 2. pp. 79-85.
16. Specifics of hydropower plant management in isolated power systems / Sulstonov S., Dzhuraev S., Safaraliev M., Kokin S., Dmitriev S., Zicmane I. // Przegląd Elektrotechniczny. 2022. № 4. С. 53-57.

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

TJ	RU	EN
Рачабов Мирзошариф Шарифович Докторант PhD	Раджабов Мирзошариф Шарифович Докторант PhD	Rajabov Mirzosharif Sharifovoch PhD
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail:	Tajik Technical University named after academic M.S.Osimi
TJ	RU	EN
Султонзода (Султонов) Шерхон Муртазо н.и.т., дотсент	Султонзода (Султонов) Шерхон Муртазо к.т.н., доцент	Sultonzoda (Sultonov) Sherkhon Murtazo
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: <a href="mailto:sultonzoda.sh@mail.ru">sultonzoda.sh@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after academic M.S.Osimi



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

УДК 669.45

## ВЛИЯНИЕ ГАЛЛИЯ, ИНДИЯ И ТАЛЛИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНЕВО-БЕРИЛЛИЕВОГО СПЛАВА AlBe1

Р.Д. Исмонов, А.М. Сафаров, С.С. Раджабаев, С.Т. Бадурдинов

В работе представлены результаты изучения влияния галлия, индия и таллия на микроструктуру и механические свойства алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1. Показано, что добавки легирующих компонентов существенно измельчают микроструктуру и повышают твердость и прочность алюминиевого сплава AlBe1.

*Ключевые слова:* алюминиево-бериллиевый сплав AlBe1, галлий, индий, таллий, микроструктура, твердость, прочность.

## ТАЪСИРИ ГАЛИЙ, ИНДИИ ВА ТАЛЛИЙ БА МИКРОСОХТОР ВА ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ ХӮЛАИ АЛЮМИНИЙ-БЕРИЛЛИЙ AlBe1

Р.Д. Исмонов, А.М. Сафаров, С.С. Раҷабалиев, С.Т. Бадурдинов

Дар мақола натиҷаҳои омӯзиши таъсири галлий, индий ва таллий ба микросохтор ва хосиятҳои механикии хӯлаи алюминий-бериллий AlBe1 оварда шудааст. Нишон дода шудааст, ки илова намудани компоненти лигарӣ микросохтори дохилии онро хеле хурд намуда, сахтӣ ва мустаҳкамӣ хӯларо зиёд мекунад.

*Калимаҳои калидӣ:* хӯлаи алюминий-бериллий AlBe1, галлий, индий, таллий, микросохтор, сахтӣ, мустаҳкамӣ.

## INFLUENCE OF GALLIUM, INDIUM AND THALLIUM ON THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINUM-BERYLLIUM ALLOY AlBe1

R.D. Ismonov, A.M. Safarov, S.S. Radjabaliev, S.T. Badurdinov

The paper presents the results of studying the influence of gallium, indium and thallium on the microstructure and mechanical properties of the aluminum-beryllium alloy AlBe1. It has been shown that the addition of an alloying component significantly refines the microstructure and increases the hardness and strength of the AlBe1 aluminum alloy.

**Key words:** aluminum-beryllium alloy AlBe1, gallium, indium, thallium, microstructure, hardness, strength.

### Введение

Технический прогресс в ряде важных отраслей промышленности определяется качеством легких сплавов на основе алюминия. Среди них наибольшее применение находят алюминиево-бериллиевые сплавы, благодаря малому удельному весу, высокой удельной прочности, способности выдерживать большие температуры, высокой коррозионной стойкости, теплопроводности и теплоемкости. В качестве конструкционных материалов они широко применяются в авиации, атомной, ракетной и космической технике, а также в электронике и электротехнике [1-3].

Применение алюминиево-бериллиевых сплавов в космических аппаратах в качестве конструкционного материала может дать значительную экономию в весе по сравнению с алюминиево-магниевыми сплавами и чистым бериллием. Эти сплавы обладают высокой пластичностью, технологичностью, свариваемостью, значительно меньшей чувствительностью к поверхностным дефектам. Стоимость их заметно ниже, чем стоимость чистого бериллия.

В условиях радиационного облучения сплавы с бериллием сохраняют конструктивные характеристики, а величина возникающей в них наведенной радиации не представляет опасности для человека [4-7].

Легирование сплава алюминия марки AlBe1 галлием, индием и таллием оказывает существенное положительное влияние на его коррозионные свойства. Это открывает широкие перспективы для использования подобных материалов в разных областях промышленности (автомобилестроении, кораблестроении, космическом оборудовании, ракетостроении и др.).

В последнее время в качестве легирующих добавок широко стали применять элементы подгруппы галлия. Эти металлы представляют собой практически неиссякаемый источник материалов с уникальными свойствами. Изучение структуры и свойств отдельных элементов подгруппы галлия позволило открыть у них особые свойства, необходимые для работы новейших физических приборов. Учитывая всестороннее преимущество этих уникальных металлов, в представленной работе в качестве легирующих добавок к алюминиевому сплаву использованы такие элементы, как галлий, индий, таллий [8-11].

В общедоступной научной литературе не имеются сведения о микроструктуре и механических свойствах сплава AlBe1, легированного галлием, индием и таллием.

В данной работе представлены результаты исследования микроструктуры, твердости по Бринеллю и расчетной прочности сплава AlBe1, легированного галлием, индием и таллием, в литом состоянии.

## Экспериментальные результаты и их обсуждение

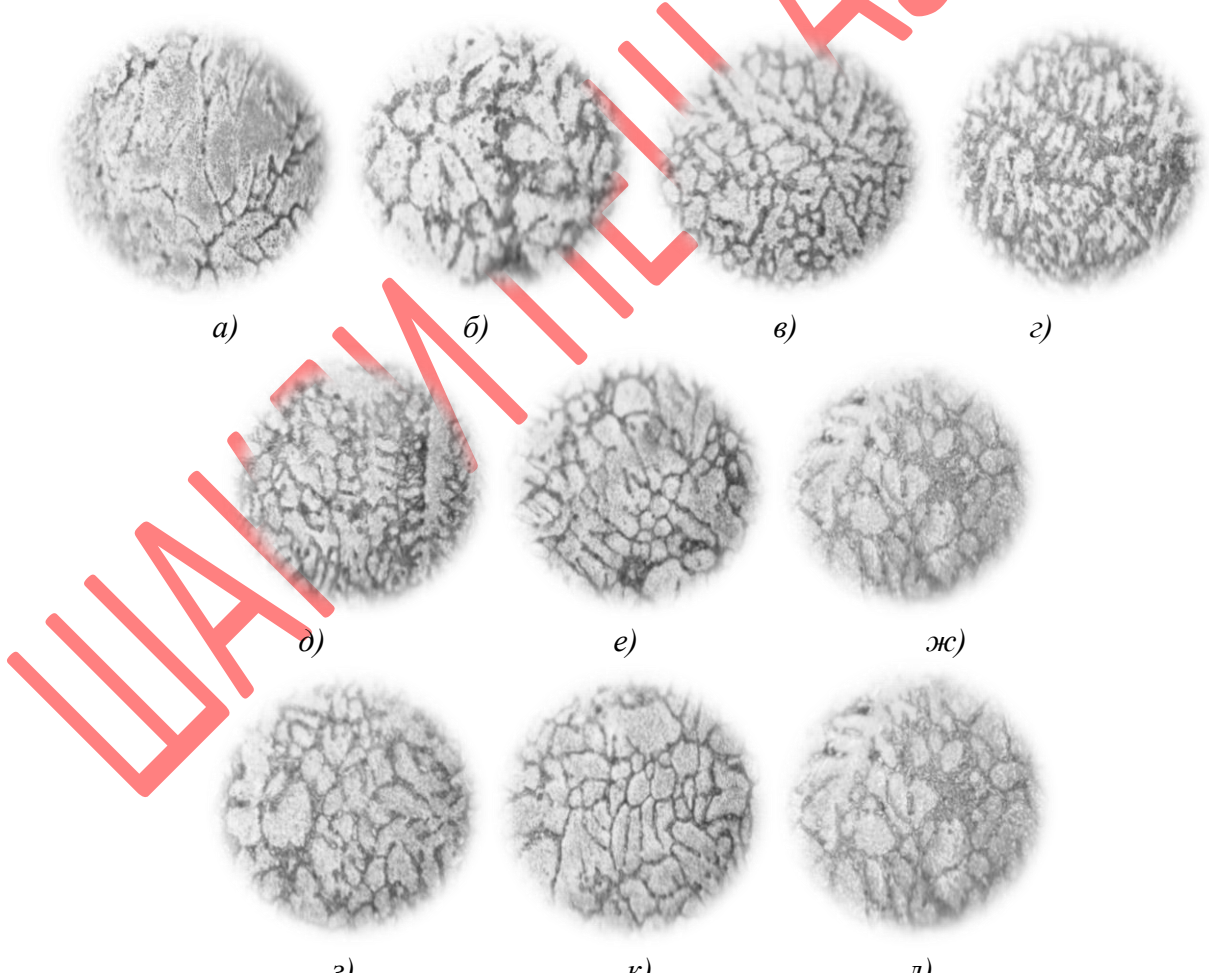
Металлографическое изучение микроструктуры дает возможность определять влияние различных деформационных и термических обработок на свойства готовой алюминиевой продукции, а также анализировать причины ее брака.

Исследования позволяют наблюдать изменения микроструктуры в зависимости от состава и температуры. Удастся точно определить протяженность границы гомогенных и гетерогенных областей, а также наличие интерметаллидных фаз в системе.

Микроструктуру сплава AlBe1 с галлием, индием и таллием исследовали с помощью светового микроскопа марки БИОМЕД-1 (Украина). Для исследования микроструктуры исследуемых образцов из полученного расплава отливались цилиндрические образцы диаметром 10-16 мм и длиной 5-10 мм. Каждый образец предварительно отшлифовывали, обезжировали спиртом и погружали в металлографический 0,5%-ный водный раствор HF. Время травления составляло от 10 до 20 с. После травления микрошлиф промывали в проточной воде и тщательно высушивали прижатием к чистой фильтровальной бумаге [12, 13].

Микроструктура сплава AlBe1, легированного галлием, индием и таллием, представляет собой твердый раствор алюминия с включениями эвтектики ( $\alpha$ +Al+ $\beta$ -Be), количество и размер которой зависит от содержания легирующего элемента в сплаве. Сплавы с относительно малыми добавками галлия, индия и таллия характеризуются довольно крупнозернистой структурой. Дальнейшее повышение содержания легирующего компонента измельчает микроструктуру алюминиевого сплава AlBe1, и она становится однородной и мелкозернистой (рис.)

В данной работе твердость сплавов измерили по Бринеллю согласно стандартной методике на приборе ТШ-2. Испытанию подвергались образцы толщиной 10 мм, диаметром 16 мм [14].



Микроструктуры ( $\times 500$ ) алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1 (а), легированного галлием (б, в, г), индием (д, е, ж) и таллием (з, к, л).

Между твердостью по Бринеллю и пределом прочности металла существует приближенная зависимость

$$\sigma_B = k \cdot HB, \text{ МПа.}$$

Значение  $k$  для алюминиевых сплавов равно 0,25. С учётом этого пересчитаны значения  $\sigma_B$  для сплавов. Результаты расчетов представлены в таблице.

Как видно из таблицы, при легировании алюминиевого сплава AlBe1 галлием, индием и таллием в количествах 0,05 ÷ 0,5 мас. % твердость и расчётная прочность увеличиваются, это связано с изменениями микроструктуры алюминиевого сплава AlBe1.

Твёрдость и расчётная прочность алюминиевого сплава AlBe1, легированного галлием, индием и таллием

Содержание галлия, индия и таллия в сплаве, мас. %	Твёрдость HB, МПа	Расчетная прочность $\sigma_B$ , МПа
AlBe1 (Al+1%Be)	64,82	16,20
(1)+0,05% Ga	74,98	18,74
(1)+0,1% Ga	78,81	19,70
(1)+0,5% Ga	82,95	20,73
AlBe1 (Al+1%Be)	64,82	16,20
(1)+0,05% In	54,48	13,62
(1)+0,1% In	64,99	16,24
(1)+0,5% In	68,09	17,02
AlBe1 (Al+1%Be)	64,82	16,20
(1)+0,05% Tl	59,40	14,85
(1)+0,1% Tl	78,81	19,70
(1)+0,5% Tl	88,42	22,11

## Заключение

В результате проведенных металлографических исследований установлено, что структура изученных сплавов однотипная и состоит из твердого раствора алюминия. Также наблюдаются частицы интерметаллических фаз ( $Al_2Be_3$ ), образовавшихся в процессе кристаллизации сплава (рисунок). Количество и размер частиц второй фазы в конечном итоге влияют на механические свойства исходного сплава. Повышение концентрации легирующего компонента измельчает структуру, и она становится однородной и мелкозернистой. Твердость и прочность алюминиевого сплава AlBe1 с ростом концентрации галлия, индия и таллия увеличиваются.

*Рецензент: Ганиев И.Н. – д.х.н., профессор -чл. корр, академик НАНТД.*

## Литература

1. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. М.: Металлургия. 1973. 639 с.
2. Воронцова Л.А. Алюминий и алюминиевые сплавы в электротехнических изделиях. М.: Энергия, 1971. 224 с.
3. Горбунов Ю.А. Роль и перспективы редкоземельных металлов в развитии физико-механических характеристик и областей применения деформируемых алюминиевых сплавов // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: техника и технологии. 2015. Т. 8. № 5. С. 636–645.
4. Белов Н.А., Гершман Е.И., Гершман И.С., Горячева И.Г., Загорский Д.Л., Котова Е.Г., Маховская Ю.Ю., Мезрин А.М., Миронов А.Е., Муравьева Т.И., Сачек Б.Я., Столярова О.О., Торская Е.В. Алюминиевые сплавы антифрикционного назначения. М.: МИСиС, 2016. 223 с.
5. Коган Б.И., Копустинская К.А., Топунова Г.А. Бериллий. М.: Наука, 1975. 372 с.
6. Сафаров А.М., Ганиев И.Н., Одинаев Х.О. Физикохимия алюминиевых сплавов с бериллием и редкоземельными металлами. Душанбе: Филиал МГУ. 2011. 284 с.
7. Басс Н.В. Бериллий. М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. С. 33–37.
8. Исмонов Р.Д., Одиназода Х.О., Сафаров А.М. Алюминиевый сплав АБ1 с элементами подгруппы галлия. Монография, Душанбе, 2023, 136 с.
9. Исмонов Р.Д., Ганиев И.Н., Одиназода Х.О., Сафаров А.М. О коррозионном потенциале сплава АБ1, легированного индием, в среде электролита NaCl // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. ТГУ. 2017. № 3 (39). С. 17–23.
10. Обидов З.Р., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Амонов И.Т. Коррозионно-электрохимические и физико-химические свойства сплава Al+2,18%Fe, легированного индием // Журнал прикладной химии. 2010. № 2 Т. 83. С. 264–267.

11. Исмонов Р.Д., Ганиев И.Н., Одинаев Х.О., Сафаров А.М., Курбонова М.З. Влияние содержания галлия, индия и таллия на анодное поведение алюминиевого сплава АБ1 (Al+1%Be), в нейтральной среде // Вестник Сибирский государственный индустриальный университет. 2018. №2 (24), -С. 22-26.

12. Давлатзода Ф.С., Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф., Раджабалиев С.С., Караев П.Н. Влияние титана, ванадия и неодима на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АМг2 // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования ТТУ. 2019. №2 (46). С. 67-71.

13. Иброхимов Н.Ф. Влияние скандия, иттрия и церия на микроструктуру и механические свойства алюминиево-магниевого сплава АМг6 // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. ТТУ. 2021. №3 (55). С. 28-31.

14. Механические свойства металлов и сплавов и методы их определения: методические указания. // Сост. Т.Ю. Малеткина. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2015. – 27 с.

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

TJ	RU	EN
Исмонов Рустам Довудович н.и.т., дотсент	Исмонов Рустам Довудович к.т.н., доцент	Ismonov Rustam Dovudovich Ph.D., associate 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:ird-78@mail.ru">ird-78@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Сафаров Ахрор Мирзоевич д.т.н., профессор	Сафаров Ахрор Мирзоевич д.т.н., профессор	Safarov Ahror Mirzoevich Doctor of Technical 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:ahrorsafarov1963@mail.ru">ahrorsafarov1963@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Раҷабалиев Сафомудин Сайдалиевич н.и.т., дотсент	Раджабалиев Сафомудин Сайдалиевич к.т.н., доцент	Radjabaliev Safomudin Saidalievich Ph.D., associate 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:saf0_02@mail.ru">saf0_02@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Бадурдинов Садуло Точидинович н.и.т., и.в. дотсент	Бадурдинов Садуло Тоджидинович к.т.н., и.о. доцента	Badurdinov Sadulo Tojidinovich Ph.D., associate 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:tillo69@ttu.tj">tillo69@ttu.tj</a>		

## ГАРМИҒУНҶОИШ ВА ТАҒЙИРЁБИИ ФУНКСИЯҶОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ХҶЛАИ АЛЮМИНИЙ АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ВОБАСТА АЗ ҶАРОРАТ

Давлатов О., Ганиев И.Н., Раҷабалиев С.С., Бадурдинов С.С.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

Барои омӯхтани гармиғунҷоиш ва функсияҳои термодинамикии ҳулаи алюминий АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 конуни хунуккунии Нютон – Рихманро истифода намудем. Ҳамаи металлҳо, ки ҳарораташон аз ҳарорати муҳити атроф болотар аст, хунук мешаванд ва суръати хунукшавии онҳо аз коэффисенти гармиғузaronӣ ва қобилияти гармиғунҷоишӣ ҳисм вобаста аст. Барои тадқиқи гармиғунҷоиши ҳулаи алюминий АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 намунаҳо дар оташдони тамғаи СШОЛ гирифта шудаанд. Миқдори оҳан, мағний, руҳ ва мис дар таркиби ҳула бо истифода аз микроанализер бо микроскопи электронии Кореяи Чанубӣ, силсилаи AIS-2100 назорат карда шудааст. Намунаҳои тадқиқотӣ дар шакли цилиндр бо баландии 30 мм ва қутри 16 мм пешниҳод карда шуданд. Дар натиҷаи тадқиқот маълум гардид, ки бо баланд шудани ҳарорат гармиғунҷоиши хос, коэффисенти гармиғузaronӣ, тағйирёбии энталпия ва энтропияи ҳулаи алюминий АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 зиёд шуда, кимати энергияи Гиббс кам мешавад.

**Калимаҳои калидӣ:** ҳулаи алюминий АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, гармиғунҷоиш, функсияҳои термодинамикӣ, энталпия, энтропия, энергияи Гиббс

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЁМКОСТИ И ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3

Давлатов О., Ганиев И.Н., Раҷабалиев С.С., Бадурдинов С.С.

Для изучения температурной зависимости теплоёмкости и изменений термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, был использован закон охлаждения Ньютона – Рихмана. Любой предмет, имея температуру выше окружающей среды, охлаждается, и скорость его охлаждения зависит от коэффициента теплоотдачи и величины теплоёмкости тела. Для исследования теплоёмкости алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 были получены образцы в печи сопротивления марки СШОЛ. Количество железа, магния, цинка и меди контролировалось в сплавах с помощью микроанализатора к электронному растровому микроскопу серии AIS-2100 Южно-Корейского производства. Объекты исследования были представлены в форме цилиндра высотой 30 мм и диаметром 16 мм. Установлено что, при повышении температуры увеличиваются удельная теплоёмкость и коэффициент теплоотдачи, изменения энтальпии и энтропии алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, а изменение энергии Гиббса снижается.

**Ключевые слова:** алюминиевый сплав АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, теплоёмкость, термодинамические функция, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса

## TEMPERATURE DEPENDENCE OF HEAT CAPACITY AND CHANGES IN THERMODYNAMIC FUNCTIONS OF ALUMINUM ALLOY AZH2.4M5.3MG1.1C4KP3

Давлатов О., Ганиев И.Н., Раҷабалиев С.С., Бадурдинов С.С.

To study the temperature dependence of the heat capacity and changes in the thermodynamic functions of the aluminum alloy АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, the Newton–Richmann cooling law was used. Any object, having a temperature above the environment, is cooled, and the rate of its cooling depends on the heat transfer coefficient and the heat capacity of the body. To study the heat capacity of the aluminum alloy АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 were obtained in a resistance furnace of the SSSOL brand. The amount of iron, magnesium, zinc and honey in the alloys was controlled using a microanalyzer for an electron scanning microscope made in South Korea, AIS-2100 series. The research objects were presented in the form of a cylinder with a height of 30 mm and a diameter of 16 mm. It has been established that, with increasing temperature, the specific heat capacity and heat transfer coefficient, changes in enthalpy and entropy of the aluminum alloy АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 increase, and the change in Gibbs energy decreases.

**Key words:** aluminum alloy АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, heat capacity, thermodynamic function, enthalpy, entropy, Gibbs energy

### Муқаддима

Дар солҳои охир талабот нисбат ба истеҳсол ва қорӣ намудани масолеҳҳои нави конструксионӣ, ки нисбат ба масолеҳҳои анъанавӣ хосиятҳои баланди механикӣ ва демпфирӣ доранд, рӯ ба афзоиш аст. Аз ин рӯ, таҳия ва тадқиқоти ҳулаҳои нави алюминий бо компонентҳои гуногуни ҷавҳарӣ, ки ба муҳити сахтаъсир тобоваранд ва қобилияти пароканда кардани энергияи ларзишро доранд, хеле муҳим аст. Аз тарафи дигар, оид ба омӯхтани гармиғунҷоиши металлҳои холис, ки дар речаи «гармкунӣ» ба даст оварда мешаванд, қорҳои зиёд ба анҷом расонида шудааст. Тағйирёбии монотони дар речаи «гармкунӣ»-и ҳарорати объект аз сабаби мавҷудияти як қатор омилҳои беруна (гармиғузaronӣ, муҳити атроф, шиддат дар шабақаҳои таъминоти оташдон ва ғайра), душвор аст, зеро ин таҷрибаҳо бисёр омилӣ баҳисоб мераванд. Аз ин нуқтаи назар омӯзиши намунаҳо дар речаи «хунукшавӣ» соддатар ва қобили қабултар ҳисобида мешавад [1-2].

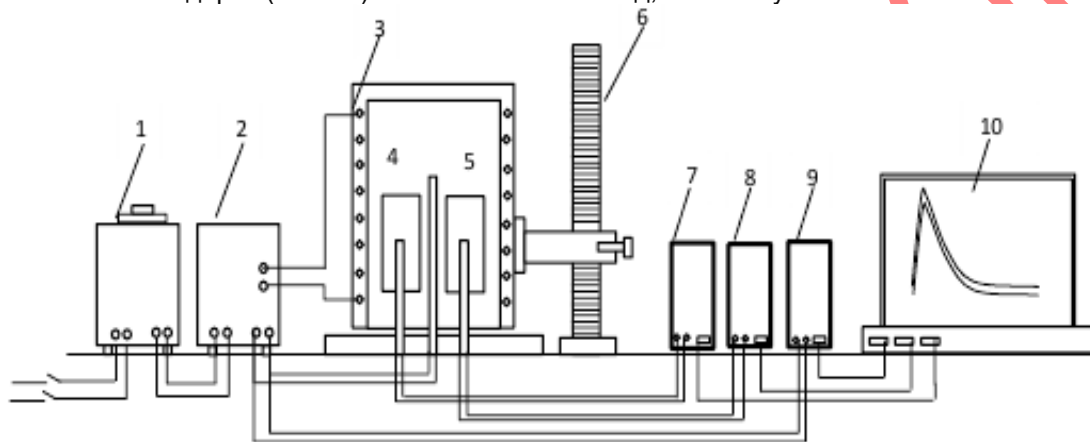
### Натиҷаҳои тадқиқот ва муҳокимаи онҳо

Муайян намудани гармиғунҷоиш одатан дар дастгоҳи ИТС-400, ки барои омӯхтани гармиғунҷоиши хос вобаста аз ҳарорат таъин шудааст, гузаронида мешавад.

Мо тадқиқоти гармиғунҷоишӣ металлҳоро бо усули дар адабиётҳо нашршуда [1-3] ва дар дастгоҳе, ки нақшаи он дар расми 1 нишон дода шудааст, гузаронидаем. Дастгоҳи маскур ба истифодаи калориметри динамикии С бо қабати адиабатӣ ва ҳароратсанҷ асос ёфтааст [1].



Схемаи дастгоҳ барои ченкунии гармиғунҷоиши ҷисмҳои сахт (расми 1) аз қисмҳои зерин иборат аст: оташдони барқӣ (3) ба стенд (6) гузошта шудааст, ки дар баробари он ба боло ва поён ҳаракат карда метавонад (тирча самти ҳаракатро нишон медиҳад). Намунаи озмоишӣ (4) ва эталон (5) (инро ҳам метавонем мавқеашро иваз кунем) як силиндри дарозиаш 30 мм ва қутраш 16 мм бо сурохи пармашуда дар як канори он, ки термопараҳои (4) ва (5) дар сурохиҳои он гузошта шудаанд. Нугҳои термопараҳо ба термометри рақамии «DigiBil Multimeter DI9208L» (7,8 ва 9) пайваस्त карда шудаанд. Оташдони барқӣ (3) ба воситаи автотрансформатори лабораторӣ (ЛАТР) (1) ба қор андохта, бо ёрии термостат (2) ҳарорати зарури муқаррар карда мешавад. Мувофиқи нишондодҳои ҳароратсанҷҳои рақамии «DigiBil Multimeter DI9208L» (7,8 ва 9), қимати ибтидоии ҳарорат сабт карда мешавад. Намунаи озмоишӣ (4) ва эталонро (5) ба оташдонӣ барқӣ (3) ворид намуда онро то ҳарорати зарурӣ гарм мекунем ва ҳароратро мувофиқи нишондодҳои ҳароратсанҷҳои рақамии "DigiBil Multimeter DI9208L" дар компютер назорат мекунем (10). Дар як вақт намунаи озмоишӣ (4) ва эталонро (5) аз печи электрикӣ (3) дегирем ва аз ҳамин лаҳза ҳароратро кайд мекунем. Нишондиҳандаҳои ҳароратсанҷҳои рақамии «DigiBil Multimeter DI9208L» (7, 8 ва 9)-ро дар компютер (10) дар ҳар 10 сония, то даме ки ҳарорати намунаи озмоишӣ ва стандарти (эталон) то 35°C паст нашавад, сабт мекунем.



Расми 1 – Нақшаи дастгоҳ барои муайян намудани гармиғунҷоиши ҷисмҳои сахт дар реҷаи «хунуккунӣ»: 1- автотрансформатор; 2- терморегулятор; 3- Оташдони барқӣ; 4- намунаи озмоишӣ; 5- эталон; 6- дастаки оташдони барқӣ; 7- термометри рақамӣ барои ченкунии рақамӣ; 8- термометри рақамӣ таъиноти умумӣ; 9- термометри рақамӣ барои эталон; 10-компютер.

Ченкунии таҷрибавӣ гармиғунҷоиш дар ҳароратҳои гуногун яке аз усулҳои асосии ченкунии хосиятҳои термодинамикии моддаҳо ба ҳисоб меравад. Ҳангоми ҳисоб намудани тағйирёбии энтропия ва энталпияи моддаҳо дар фосилаи 0-Т интеграл аз гармиғунҷоиш истифода бурда мешавад:

Ченкунии гармиғунҷоиш ба он асос ёфтааст, ки ҷараёни гармие, ки аз қисмати миёнаи ҳисобкунаки гармӣ мегузарад, барои гарм кардани ампула бо намунаи санҷишӣ нигаронида шудааст. Миқдори ҷараёни гармие, ки тавассути ҳисобкунаки гармӣ ворид мешавад, ҳисоб карда мешавад, ки он аз рӯи иқтисори гармигузаронии ҳисобкунаки гармӣ ва фарқи ҳарорат дар ҳисобкунаки гармӣ, ки аз таҷрибаҳои мустақили калибрченкунӣ бо истифода аз намунаи мис муайян карда мешавад, ҳисоб карда мешавад. Диапазони ҳарорат то 550°C – ро дар бар мегирад. Дар ин усул хатогии асбоб то 4% - ро ташкил медиҳад.

Барои муайян намудани гармиғунҷоиши хоси металлҳо қонуни хунуккунии Нютон – Рихманро истифода мекунем. Ҳамаи металлҳо, ки ҳарораташон аз ҳарорати муҳити атроф болотар аст, хунук мешаванд ва суръати хунукшавии онҳо аз коэффисиенти гармигузаронӣ ва қобилияти гармиғунҷоишӣ ҷисм вобаста аст [3-4].

Барои муқоиса қачхатаҳои хунукшавии ду намунаи металли шакли якхела (силиндри) дошта, ки яке аз оҳро эталон мебошад (суръати хунукшавӣ ва гармиғунҷоиши он маълум аст), ва ҳангоми ҳисоб намудани суръати хунуккунии он гармиғунҷоишӣ намунаи озмоиширо ҳисоб намудан мумкин аст.

Ҷисми пешакӣ гармкардашуда (вазнаш  $m$ ), ки миқдори гармии  $\delta Q$ -ро ҳангоми хунуккунӣ (ба  $T$  градус) гум мекунад, бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\delta Q = C_p^0 m dT, \quad (1)$$

дар ин ҷо  $C_p^0$  – гармиғунҷоиши хоси модда.

Бо назардошти он ки талафоти энергия тавассути сатҳи ҷисм рух медиҳад, миқдори гармие, ки  $dQ_s$  ҷисм дар давоми вақт  $d\tau$  тавассути сатҳи худ аз даст медиҳад, ба масоҳати сатҳ  $S$ , вақт  $\tau$ , гуногунии ҳарорати ҷисм ( $T$ ) ва муҳити атроф ( $T_0$ ) вобаста буда, бо формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$\delta Q_s = -\alpha(T - T_0) \cdot S d\tau. \quad (2)$$

Ҳангоми фарқияти ҳарорат 1 К коэффисиенти гармидиҳӣ  $\alpha$  (Вт/(м<sup>2</sup> К)) на ҳамавақт доимист ва аз фарқияти ҳарорат вобаста аст, ки дар натиҷа қонун тахминӣ мешавад. Ҳангоми дида баромадани селайи гармӣ ҳамчун вектор, бояд ба инобат гирифт, ки он ба сатҳи ҳамвории аз он ҳангоми ҳарорати ягонаи фишордиҳанда  $\alpha$ - миқдори гармӣ дар як ченаки вақт бо 1 м<sup>2</sup> додашаванда ба ҳамворӣ амудӣ равона мебошад. Ба селайи гармӣ як қатор омилҳо таъсир мерасонанд: шакли геометрии ҷисм, ҳолати ҳамворӣ ва самти ҷоришавӣ; реҷаи гузариш ва намуди конвексия; намуди гармигузаронанда ва ҳарорати он. Ҳамин тариқ,  $\alpha$ -функсияи раванди гармидиҳӣ ченаки ҷадвалӣ ҳисобида намешавад, балки тариқи таҷрибавӣ ҳисоб карда мешавад.

Ҳангоми ҷудошавии гармӣ дар ҷисм ҳарорати ҳамаи нуқтаҳои он якхела тағйир меёбад, дар ин ҳолат баробарии зерин мувофиқ аст:

$$\delta Q = dQ_S \text{ и } C_p^0 m dT = \alpha(T - T_0) \cdot S d\tau. \quad (3)$$

Баробарии 5-ро дар намуди зерин пешкаш менамоем:

$$C_p^0 m \frac{dT}{d\tau} = \alpha(T - T_0)S. \quad (4)$$

Ҳисоб намоем, ки  $C_p^0$ ,  $\rho$ ,  $\alpha$ ,  $T$  ва  $T_0$  дар фосилаи ҳарорати ночиз бо координатаҳои нуқтаҳои сатҳи намуна алоқаманд набуда, ҳарорати онҳо ба ҳарорати атроф мувофиқат мекунад. Вобастагии 6 барои ду намуна дар намуди зерин оварда шудааст:

$$C_{p1}^0 m_1 S_2 \alpha_2 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1 = C_{p2}^0 m_2 S_1 \alpha_1 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2. \quad (5)$$

Баробарии мазкур барои ду намуна (яке аз инҳо эталон мебошад), ки андозаҳои якхела  $S_1=S_2$  ва ҳолати сатҳӣ доранд, истифода мешаванд. Дар ин маврид коэффисиенти гармидиҳӣ онҳо ба  $\alpha_1 = \alpha_2$  баробар буда бо баробарӣ ба намуди зерин қабул карда шудааст:

$$C_{p1}^0 m_1 \left(\frac{dT}{d\tau}\right) = C_{p2}^0 m_2 \left(\frac{dT}{d\tau}\right). \quad (6)$$

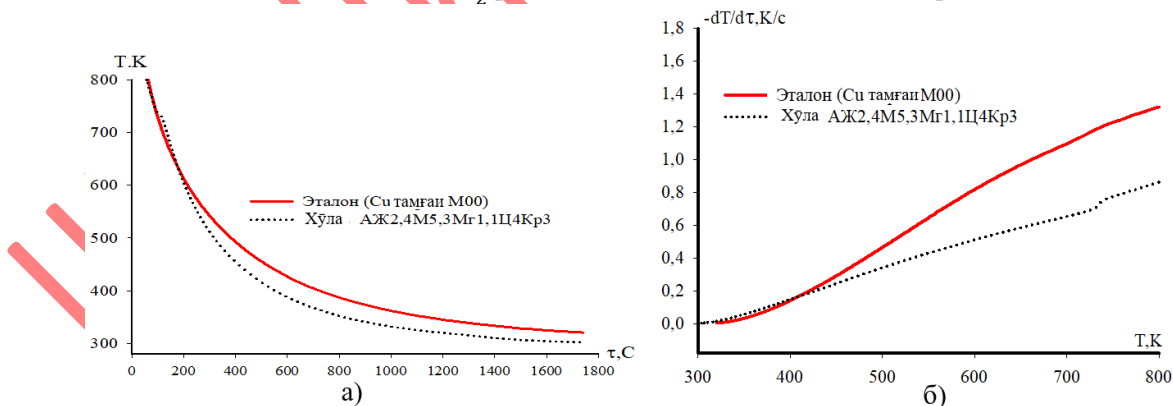
Гармиғунҷоиши хос  $C_p^0$ , суръати хунуккунӣ  $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)$  намунаҳои озмоишӣ ва вазни онҳоро ( $m_1$  ва  $m_2$ ) истифода намуда, гармиғунҷоиши ҷисмҳоро  $C_p^0$  бо ифодаи зерин ҳисоб менамоем:

$$C_{p2}^0 = C_{p1}^0 \frac{m_1}{m_2} \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1 / \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2. \quad (7)$$

Тадқиқи гармиғунҷоиш ва функцияҳои термодинамикии ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 вобаста аз ҳарорат мувофиқи усули дар банди 2.1 тавсифшуда гузаронида шудааст [2, 4-5].

Қаҷхатаҳои вобастагии ҳарорат аз суръати хунуккунӣ ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, ки дар натиҷаи тадқиқот ба даст оварда шудааст дар расми 2 нишон дода шудааст. Вобастагии ҳосилшудаи қаҷхаттаи хунуккунӣ ҳулаҳо бо ифодаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$T = T_0 + \frac{1}{2} [(T_1 - T_0) e^{-\tau/\tau_1} + (T_2 - T_0) e^{-\tau/\tau_2}]. \quad (8)$$



Расми 2 – а) Графики тағйирёбии ҳарорати намуна вобаста аз вақти хунукшавӣ барои ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, б) Суръати хунукшавии ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ва эталон (Си тамған М00) вобаста аз ҳарорат

Муодилаи дифференсиалии (10) ва т-ро истифода намуда, дигар намуди муодиларо барои муайян намудани суръати хунуккунӣ ҳулаҳо ба даст меоварем:

$$\frac{dT}{d\tau} = \frac{1}{2} \left[ -\left(\frac{T_1 - T_0}{\tau_1}\right) e^{-\tau/\tau_1} - \left(\frac{T_2 - T_0}{\tau_2}\right) e^{-\tau/\tau_2} \right]. \quad (9)$$

Бо истифода аз муодилаи (2.11) суръати хунукшавии намунаҳои ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ҳисоб намудаем, ки натиҷаи он дар расми 3 ба намуди графикӣ нишон дода шудааст.

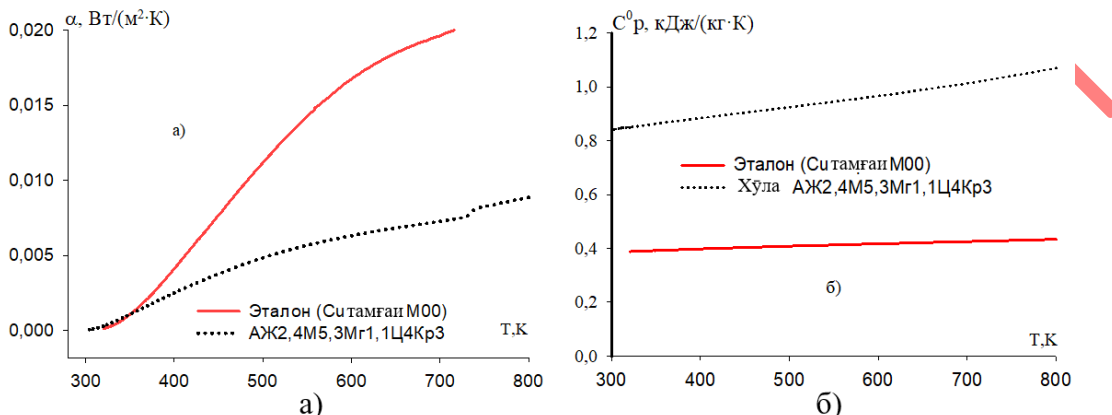
Бо истифода аз натиҷаҳои ҳисобшудаи гармиғунҷоиши ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ва натиҷаҳои озмоиши суръати хунукшавии намунаҳо, коэффитсенти гармигузарони  $\alpha(T)$  ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ва эталон (Cu тамғаи (M00) бо ифодаи зерин муайян карда мешавад.

$$\alpha = \frac{Cm \frac{dT}{dt}}{(T-T_0) \cdot S}, \quad (10)$$

Дар ин ҷо T ва T<sub>0</sub> – ҳарорати намуна ва муҳити атроф, S ва m – масоҳати сатҳ ва вазни намуна.

Вобастагии коэффисенти гармигузарони аз ҳарорат барои ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 дар расми расми 4 оварда шудааст:

$$|\alpha(T)| = -12.5597 + 0.0605T - 7.6352 \cdot 10^{-5}T^2 + 9.4713 \cdot 10^{-8}T^3. \quad (11)$$



Расми 3. а) Коэффитсентӣ гармигузарони, б) гармиғунҷоиши хоси ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ва эталон (Cu марки (M00), вобаста аз ҳарорат

Дар натиҷаи тадқиқот (суръати хунукшавии намуна ба ҳисоб гирифта шудааст) барои муайян намудани гармиғунҷоиш хос (расми 5) вобаста аз ҳарорат барои ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 дар фосилаи ҳарорати 300-800К формулаи зерин ба даст оварда шуд

$$C_p^{AJ2,4M5,3Mg1,1C4Kp3} = 0.6579 + 0.0008241T - 9.0895 \cdot 10^{-7}T^2 + +6.5293 \cdot 10^{-10}T^3. \quad (12)$$

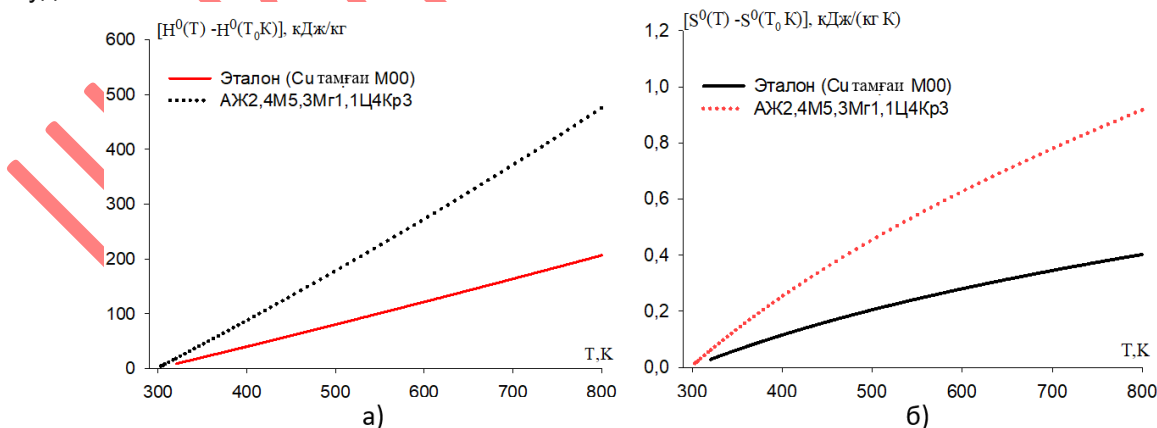
Барои ҳисоб намудани тағйирёбии энергияи Гиббс, энталпия ва энтропия вобата аз ҳарорат, интегралҳо аз гармиғунҷоиши хос қабул шудааст (кДж/(кг·К)):

$$[H^0(T) - H^0(T_0)] = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (13)$$

$$[S^0(T) - S^0(T_0)] = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3) \quad (14)$$

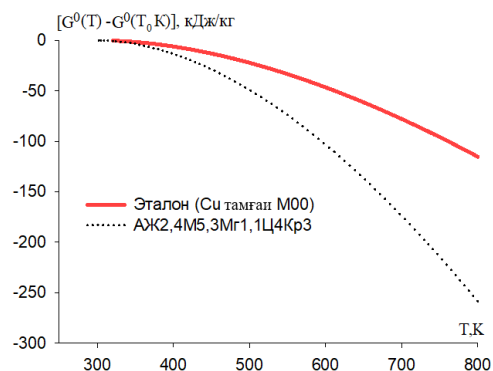
$$[G^0(T) - G^0(T_0)] = [H^0(T) - H^0(T_0)] - T[S^0(T) - S^0(T_0)]. \quad (15)$$

Дар расмҳои 6-7 графикаи тағйирёбии энталпия (кДж/кг) ва энтропия (Дж/(моль·К)) ва энергияи Гиббс (Дж/моль), вобаста аз ҳарорат барои ҳӯлаи алюминий АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ва эталон (Cu марки (M00) нишон дода шудааст.



Расми 4 – а) Графикаи тағйирёбии энталпия (кДж/кг), б) энтропия (Дж/(моль·К)) вобаста аз ҳарорат, барои ҳӯлаи алюминий АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ва эталон (Cu марки (M00)

Дар натиҷа муодилаҳои ҳосилшудаи функцияҳои термодинамикӣ вобаста аз ҳарорат ва хусусиятҳои физикаи гармо барои ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо дақиқии R<sub>корр</sub> = 0.999 – ро тавсиф менамояд [6].



Расми 5– Графики тағйирёбии энергияи Гиббс (Дж/моль) вобаста аз ҳарорат, барои ҳулаи алюминий АЖК2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ва эталон (Си марки (М00))

### Хулоса

Дар натиҷаи тадқиқот маълум гардид, ки бо баланд шудани ҳарорат гармиғунҷоиши хос, коэффитсенти гармигузаронӣ, тағйирёбии энталпия ва энтропияи ҳулаи алюминий АЖК2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 зиёд шуда тағйирёбии энергияи Гиббс кам мешавад.

Муқарриз: Бердиев А.Э. — д.и.т., профессор, мудири кафедраи химия ва биологияи ДСҶИИ.

### Адабиёт

1. Карлов, А.В. Окисление жидких сплавов системы висмут–олово–свинец / А.В. Карлов, Н.В. Белоусова, Е.В. Карлов и др. // –Расплавы, 2002.–№4.– 22-26с.
2. Платунов, Е.С. Теплофизические измерения в монотонном режиме / Е.С. Платунов. –М.: Энергия, 1973. – 144.
3. Иброхимов, Н.Ф. Физикохимия сплава АМг2 с редкоземельными металлами [Текст] / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Х.О. Одинаев. – Душанбе, Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, 2016. – 153 с.
4. Малый патент № ТЈ 510 Республика Таджикистан. Установка для измерения теплоемкости твердых тел / З. Низомов, Б. Гулов, Р. Саидов, З.Р.Обидов, Ф. Мирзоев, З. Авезов, Н.Ф. Иброхимов. Приоритет изобретения от 03.10.2011.
5. Раджабалиев, С.С. Теплофизические свойства алюминия марки А7 и сплава Al + 2,18% Fe / С.С. Раджабалиев, И.Н. Ганиев, Н.Ф. Иброхимов // Международная научно-практическая конференция «Новая наука: от идеи к результату». –Сургут, Российская Федерация, 2016.
6. Раджабалиев, С.С. Теплофизические и термодинамические функции алюминия, железа и сплава Al+2,18% Fe / С.С. Раджабалиев, И.Н.Ганиев, И.Т. Амонов, Н.Ф. Иброхимов // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан», посвященной Дню химика и 80-летию со дня рождения д.т.н., проф., академика Международной инженерной академии А.В. Вахобова. – Душанбе, 2016. –С.88-91.

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

TJ	RU	EN
Давлатов Ориф Шералиевич Муаллими калон	Давлатов Ориф Шералиевич Старший преподаватель	Davlatov Orif Shtralieovich Senior Lecturer
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTUniversity named after academic M.S. Osimi
e. mail: <a href="mailto:davlatov_orif@mail.ru">davlatov_orif@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович д.и.к., профессор	Ганиев Изатулло Наврузович докт. хим. наук, профессор	Ganiev Izatullo Navruzovich Dr. chem. sciences, professor.
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTUniversity named after academic M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Раджабалиев Сафомуддин Сайдалиевич	Раджабалиев Сафомуддин Сайдалиевич	Rajabaliiev Safomuddin Saidalievich
Номзади илмҳои техникӣ, дотсент	Кандидат технических наук, доцент	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTUniversity named after academic M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Бадурдинов Саъдулло Т.	Бадурдинов Саъдулло Т.	Badurdinov Sadullo T.
Номзади илмҳои техникӣ, дотсент	Кандидат технических наук, доцент	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTUniversity named after academic M.S. Osimi

## ПЕШГУИИ ДИАГРАММАҲОИ ҲОЛАТИ ТИЛЛО БО БАЪЗЕ ЭЛЕМЕНТҲОИ ЧАДВАЛИ ДАВРӢ

Мирзоева Б.М.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.Осимӣ

Дар мақолаи мазкур бо ёрии критерияҳои оморӣ ва термодинамикӣ сохти диаграммаҳои ҳолати системаҳои тилло бо баъзе элементҳои чадвали даврӣ пешгӯӣ карда шудааст. Таҳлили адабиёт нишон дод, ки диаграммаҳои ҳолати системаҳои тилло-бор, тилло-фосфор, тилло-вольфрам, тилло-рений, тилло-осмий ва тилло-иридий сохта нашудаанд. Бо ин мақсад критерияҳои оморӣ ва термодинамикӣ барои пешгӯӣ ва баъдан ҳисоб намудани диаграммаҳои ҳолати системаҳои Au-Э (B, P, W, Re, Os, Ir) истифода шуданд.

Мувофиқи критерияҳои қиматҳои оморӣ ва термодинамикӣ ҳамаи системаҳои Au-Э (B, P, W, Re, Os, Ir) дар ҳолати моеъ ба қабатҳо ҷудо шудани компонентҳо имконпазир мебошад.

**Калимаҳои калидӣ:** тилло, бор, фосфор, вольфрам, рений, осмий, иридий, пешгӯиҳои оморӣ, диаграммаи ҳолат, монотектика, эвтектика.

## ПРОГНОЗ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ ЗОЛОТА С НЕКОТОРЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ

Мирзоева Б.М.

В работе с помощью статистических и термодинамических критериев произведён прогноз строения диаграмм состояния систем золота с некоторыми элементами периодической таблицы. Анализ литературы показал, что полные диаграммы состояния систем золото-бор, золото-фосфор, золото-вольфрам, золото-рений, золото-осмий и золото-иридий не построены. В связи с этим использовались статистические и термодинамические критерии для прогноза и последующего расчёта полных диаграмм состояния систем Au-Э (B, P, W, Re, Os, Ir).

Согласно пороговым значениям статистических и термодинамических критериев во всех системах Au-Э (B, P, W, Re, Os, Ir) должна проявляться возможность образования расслоения в жидком состоянии.

**Ключевые слова:** золото, бор, фосфор, вольфрам, рений, осмий, иридий статистический прогноз, диаграммы состояния, монотектика, эвтектика.

## FORECAST OF GOLD STATE DIAGRAMS WITH SOME PERIODIC TABLE ELEMENTS

Mirzoeva B.M.

In this work, using statistical and thermodynamic criteria, a forecast was made for the structure of phase diagrams of gold systems with some elements of the periodic table. An analysis of the literature has shown that complete state diagrams of the gold-boron, gold-phosphorus, gold-tungsten, gold-rhenium, gold-osmium and gold-iridium systems have not been constructed. In this regard, statistical and thermodynamic criteria were used to predict and subsequently calculate complete phase diagrams of Au-E systems (B, P, W, Re, Os, Ir).

According to the threshold values of statistical and thermodynamic criteria, in all Au-E systems (B, P, W, Re, Os, Ir) the possibility of the formation of delamination in the liquid state should manifest itself.

**Key words:** gold, boron, phosphorus, tungsten, rhenium, osmium, iridium statistical forecast, phase diagrams, monotectic, eutectic.

### Муқаддима

Тилло ва ҳулаҳои он дар саноати муосир бештар дар соҳаи химия, энергетика, электроника ва истеҳсоли асбобҳои ҷенкунӣ, телекоммуникатсия, нанотехнология, маснуоти заргарӣ, соҳаи нақлиёт, авиатсия ва соҳаи кайҳонӣ истифода мешавад.

Омӯзиши таъсири мутақобила дар системаҳои бисёркомпонента дар асоси тилло, яъне муайян кардани хусусият ва ҳарорати табдилёбии фазаҳо, тағйирёбии ҳалшавандагӣ бо назардошти ҳарорат ва концентратсияи компонентҳои легиронидашаванда, барои интиҳоби таркиби ҳулаҳо ва ҳосиятҳои онҳо дар шароитҳои гуногуни истифодабарӣ аҳамияти ҷиддӣ доранд.

Мувофиқи маълумоти адабиёт диаграммаҳои ҳолати системаҳои тилло-бор, тилло-фосфор, тилло-вольфрам, тилло-рений, тилло-осмий ва тилло-иридий сохта нашудаанд [1]. Дар робита ба ин, муаллифи мақолаи мазкур барои таҳлили маълумоти мавҷуда, пешгӯӣ ва сохтани диаграммаҳои ҳолати пурраи ин системаҳо ҳадаф гузоштааст. Бо ин мақсад критерияҳои оморӣ [2,3] ва термодинамикӣ [4,5] барои пешгӯӣ ва баъдан ҳисоб кардани диаграммаҳои ҳолати пурраи системаҳои дар боло зикршуда истифода шуданд.

### Усулҳо ва коркарди натиҷаҳо

Барои баҳодиҳии таъсири мутақобилаи компонентҳо дар ҳолати моеъ В.М. Воздвиженский пешниҳод мекунад, ки қимати кашиши сатҳӣ ( $\sigma_i$ ) истифода шавад. Тамоюли ҷудошавӣ дар ҳолати моеъ бо зиёд шудани фарқияти кашиши сатҳии элементҳо меафзояд. Ба сифати яке аз координати меҳвар чунин баробарӣ истифода мешавад:

$$n_{\sigma,u} = (\sigma_1 : \sigma_2) : [U_1(\ln) : U_2(\ln)], \quad (1)$$

дар ин ҷо  $\sigma_i$  – кашиши сатҳӣ;  $U_1(\ln) = \ln U_{\text{нисбӣ}}^{+2}$ ,  $U_2$  – потенциали нисбии ионизатсия, ки қувваи банди электронҳои валентӣ бо ядроро тавсиф мекунад ва бо формулаи зерин муайян карда мешавад:



$$U_{\text{нисбӣ}} = \left( \sum_{i=1}^{i=n} U_i : nr_n \right) (U_n : r_n) \quad (2)$$

дар ин ҷо  $U_i$  – потенциали ионизатсионии компонент;  $n$  – валентнокии маъмулӣ;  $r_n$  – радиуси ионӣ барои дараҷаи ионизатсия;  $n$ ,  $U_n$ ,  $r_n$  бузургҳои мувофиқ барои гидроген мебошанд. Муқаррар карда шуд, ки бо назардошти нобаробарӣ

$$n_T + n_{\sigma,U} < 1.8 \quad (3)$$

маҳлулҳои моеъи бемаҳдуд ба вучуд меоянд ва дар сурати риоя нагардидани нобаробарӣ ба қабаҳо ҷудо шудани компонентҳо ба вучуд меояд, ки дар ин ҷо  $n_T$  омили ҳароратиест, ки фарқи қувваи пайванди байниатомии компонентҳоро баҳо медиҳад:

$$n_T = 1 - T_1 : T_2 \quad (4)$$

дар шароити ( $T_1 < T_2$ ),  $T_1$  – ҳарорати гудозиши компонентҳо.

Мувофиқи кори [3], пайдоиши тағйирёбии перитектикий дар системаҳои оддӣ имконпазир аст, агар:

$$n_s \leq 1.20 \text{ ва } n_T > 0.55 n_v^2. \quad (5)$$

Риоя накардани ақаллан яке аз ин нобаробарӣ боиси афзоиши эвтектика дар қисмати компоненти зудгудоз мегардад.

Монотектикаи таназулшуда низ бояд дар ин системаҳо мувофиқи ақидаи [3] ташаккул ёбад:

$$n_{TЧ} = T_{г.д.} : T_{ЧШ.З.} \leq 1.03 - 1.10. \quad (6)$$

дар ин ҷо  $n_{TЧ}$  – омили ҳарорати буда, мутаносиб будани ҳарорати гудозиш ва ҷўширо нишон медиҳад;  $T_{г.д.}$  – ҳарорати гудозиши компоненти душворгудоз;  $T_{ЧШ.З.}$  – ҳарорати ҷўшиши компоненти зудгудоз мебошад.

Маълум аст, ки сарҳади минтақаҳои мавҷудияти системаҳои гуногун хати қачии парабола буда, бо таносуби ду бузургӣ муайян карда мешаванд: омили ҳароратӣ ( $n_T$ ) ва омили ҳаҷмӣ ( $n_v^2$ ). Ин ба муаллиф имкон медиҳад, ки [2,3] мафҳуми критерияи таъсиркуниро ҷорӣ кунад ва

$$K_T = \frac{n_v^2}{n_T} \quad (7)$$

дар баробари ин омили энтропия ( $n_s$ ) имкон медиҳад, ки ҳангоми таъсири мутақобилаи компонентҳо дар ҳолати саҳт-моеъ пайдо шудани системаҳои ин ё он намуд пешгӯӣ карда шавад.

Ҳамин тариқ, бо истифода аз ҳадди ақалли критерияҳо [3] метавон намуди диаграммаҳои ҳолати системаҳои омӯхтанашудаи, Au-Э (В, Р, W, Re, Os, Ir) -ро, пешгӯӣ намоем.

Дар ҷадвали 1 натиҷаи ҳисоби омили ҳарорати ( $n_T$ ), энтропии ( $n_s$ ), ҳаҷмӣ  $n_v$ , критерияи таъсир ( $K_T$ ) ва омили  $n_{TЧ}$  барои системаҳои Au-Э (В, Р, W, Re, Os, Ir) оварда дода шудааст.

Пешгӯии намуди умумии диаграммаҳои ҳолати тилло бо В, Р, W, Re, Os ва Ir дар ҷадвали 2 нишон дода шуда ва бо маълумоти адабиёт муқоиса карда шудааст. Мувофиқи қиматҳои ақидаҳои омори дар ҳамаи системаҳои Au-Э (В, Р, W, Re, Os, Ir) ташаккулёбии ба қабатҳо ҷудошавии компонентҳоро дар ҳолати моеъгӣ дидан мумкин аст.

Қаблан муқаррар карда шуда буд [4], ки критерияҳои омори имкон наmedиҳад, ки диаграммаҳои ҳолат ба системаҳои монотектикий ва системаҳои, ки компонентҳо ба қабатҳо ҷудо мешаванд, тақсим карда шаванд. Инро бо истифода аз мафҳумҳои термодинамикӣ арзёбӣ кардан имконпазир аст.

Ҷадвали 1 – Натиҷаҳои ҳисоби омили ҳароратӣ ( $n_T$ ), энтропийи ( $n_s$ ), ҳаҷмӣ ( $n_v$ ), критерияи боҳамтаъсиркунӣ  $K_T$  ва  $n_{TЧ}$

№	Система	$n_T$	$n_s$	$n_v$	$K_T$	$n_{TЧ}$
1.	Au-B	0.48	1.00	1.83	2.24	0.73
2.	Au-P	0.95	1.02	2.4	3.78	3.97
3.	Au-W	0.68	1.00	0.27	0.07	1.20
4.	Au-Re	0.66	1.00	0.37	0.15	1.12
5.	Au-Os	0.64	1.02	0.56	0.33	1.06
6.	Au-Ir	0.56	1.01	0.47	0.28	0.86

Эзоҳ:  $n_{TЧ} = T_{г.д.} : T_{ЧШ.З.}$  – таносуби ҳарорати гудозиши компоненти душворгудоз ( $T_{г.д.}$ ) ва ҳарорати ҷўшиши компоненти ( $T_{ЧШ.З.}$ ) зудгудоз

Барои яхела пешгӯӣ намудани диаграммаҳои ҳолати ба қабатҳо ҷудошаванда, мо критерияҳои тартибӣ наздик ( $\sigma_{12}$ ) ва энергияи мубодиларо ( $Q_{12}$ ) истифода бурдем [4,5].

Барои баҳодиҳии  $Q_{12}$ , усуле истифода шуда буд, ки дар асоси истифодаи электроманфиятгӣ ( $E$ ), ҳаҷми моӣ ( $V$ ) ва параметрҳои ҳалшавандагӣ ( $\delta$ ) дар таҳмини Хилдебранд-Мотта:

$$Q_{12} = V(\delta_1 - \delta_2)^2 - 96,4 \cdot z / 2(E_1 - E_2)^2, \text{ кДж/г-атом.} \quad (8)$$

Дараҷаи тартиби наздик аз рӯи баробарии зерин муайян карда мешавад:

$$(1 - \sigma) / (1 + \sigma) = \exp(-\Delta H / RT), \quad (9)$$

дар ин ҷо R – доимии универсалии газӣ ва  $\Delta H = [0,5(H_{11} + H_{22})]$ .

Ҷадвали 2 – Пешгӯии омори хангоми ба қабатҳо ҷудо шудани компонентҳо дар ҳолати моеъ барои системаҳои Au-Э (В, Р, W, Re, Os, Ir)

№	Система	$n_T$	$n_{\sigma,U}$	$n_T + n_{\sigma,U}$	$n_T + n_{\sigma,U} > 1.8$	
					ҳисоб	таҷриба
1.	Au-B	0.48	1.44	1.92	ҚЧ	МВН
2.	Au-P	0.95	0.90	1.85	ҚЧ	ММ
3.	Au-W	0.68	1.65	2.33	ҚЧ	МВН
4.	Au-Re	0.66	2.33	2.99	ҚЧ	МВН
5.	Au-Os	0.64	1.42	2.06	ҚЧ	МВН
6.	Au-Ir	0.56	1.32	1.88	ҚЧ	МВН

Эзоҳ: ҚЧ – ба қабатҳо ҷудошавӣ; ММ – маълумоти муҳолиф; МВН – маълумот вучуд надорад

Муайян карда шуд, ки системаҳои иборат аз ду компонента, ки дорои  $Q_{12} > 0$  ва  $\sigma_{12} \approx 1$  ҳастанд, бо ҷудошавии компонентҳо дар ҳолати моеъ ва ҳосил шудани маҳлулҳои маҳдуд дар ҳолати сахти хос мебошанд, яъне онҳо мувозинати монотектикий нонвариантиро нишон медиҳанд ва дар системаҳое, ки  $Q_{12} > 0$  ва  $\sigma \approx -1$  доранд, аз рӯи критерияҳо, хангоми хунук шудани ғудохта кристаллшавии пайдарпайи ҳар як компонент вобаста ба ҳарорати ғудозиши онҳо ба амал меояд.

Дар асоси гуфтаҳои боло, дар расм диаграммаҳои ҳолати хоси тиллоро бо металлҳои дар боло зикргардида пешниҳод карда мешавад. Натиҷаҳои пешгӯӣ намуди диаграммаҳои ҳолат дар асоси ҳисоби энергияи мубодила ва дараҷаи тартиби наздик дар ҷадвали 3 оварда шудааст.

Ҷадвали 3 – Ҳисоби параметрҳои мутақобила барои пешгӯӣ намуди диаграммаҳои ҳолат барои системаҳои Au-Э (В, Р, W, Re, Os, Ir)

Система	$Q_{12},$ кҶ/г-ат	$\sigma_{12}$	Намуди диаграммаи ҳолат			
			Аз тарафи блоки Au		Аз тарафи блоки элемент	
			ҳисоб	таҷриба	ҳисоб	таҷриба
Au-B	82.60	0,97	М	Э	М	МВН
Au-P	100.5	0,28	М	МВН	М	МВН
Au-W	69.20	0.99	М	МВН	М	МВН
Au-Re	108.0	0.99	М	МВН	М	МВН
Au-Os	82.51	0.99	М	МВН	М	МВН
Au-Ir	64.41	0.99	М	МВН	М	МВН

Эзоҳ: Э – эвтектика; М – монотектика; МВН – маълумот вучуд надорад

Аз ҷадвали 3 дидан мумкин аст, ки ҳамаи системаҳо ба шартҳои  $Q_{12} > 0$  ва  $\sigma_{12} \approx 1$  мувофиқат мекунанд ва ташаккули мувозинати монотектикий бояд мушоҳида карда шавад.

Пешгӯии табдилёбии нонварианти (эвтектикий, перитектикий) дар диаграммаҳои ҳолати монотектикий аз тарафи блоки компоненти зудғудоз дар системаҳои Au-Э (В, Р, W, Re, Os, Ir) мувофиқи критерияҳои омори [3] дар ҷадвали 3 оварда шудааст. Аз ҷадвали 3-4 дидан мумкин аст, ки системаҳои Au-Э (В, Р) ба диаграммаҳои ҳолати намуди монотектикий бо табдилёбии эвтектикий ва системаҳои Au-Э (W, Re, Os, Ir) ба намуди диаграммаи ҳолати монотектикий бо табдилёбии перитектикий тааллуқ доранд.

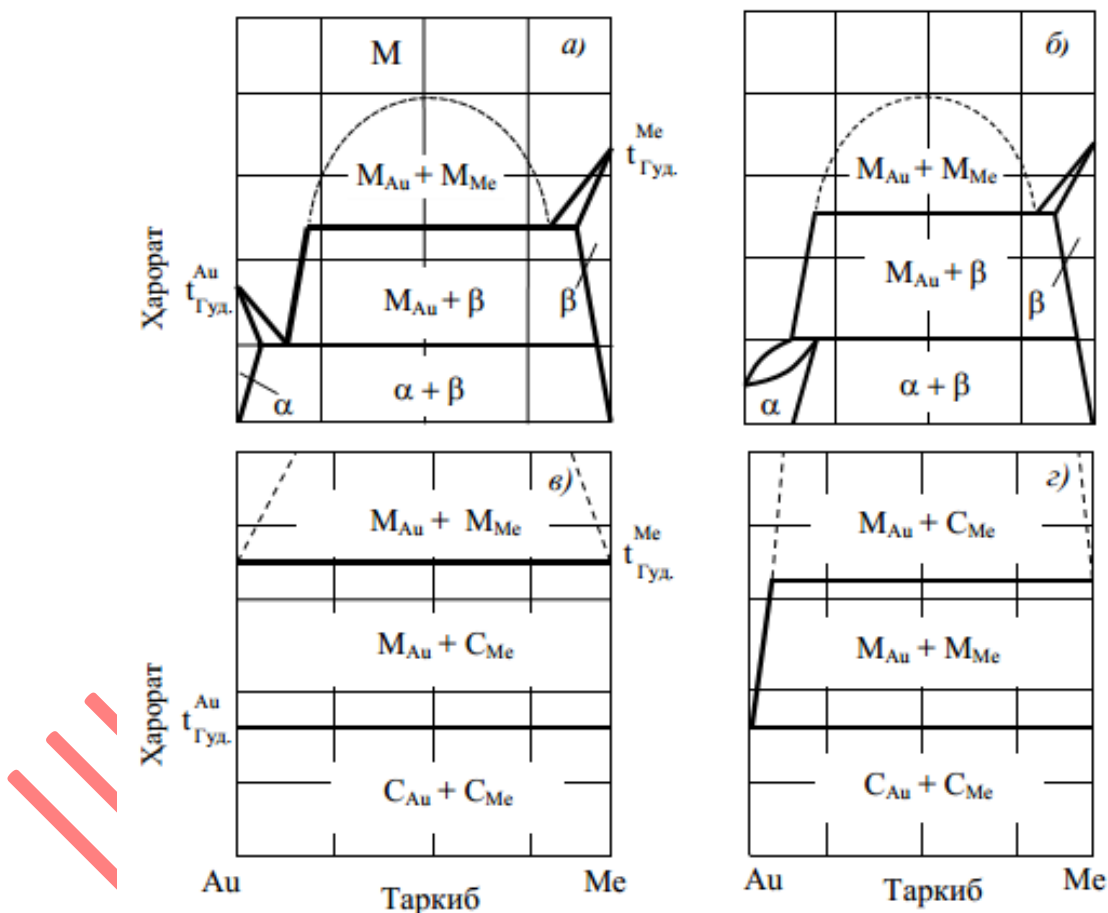
Ҳамин тариқ, дар асоси усулҳои пешгӯии омори ва термодинамикӣ диаграммаҳои ҳолати мукаммали хосро барои системаҳои Au-Э (В, Р, W, Re, Os, Ir) пешниҳод кардан мумкин аст. Намуди умумии диаграммаҳои ҳолати системаҳои Au-Э (В, Р) чунин аст (расм, а) ва диаграммаҳои ҳолати системаҳои Au-Э (W, Re, Os, Ir) бошанд намуди (расм, б) -ро доранд.

Ҷадвали 4 – Пешгуии табдилёбии эвтектикӣ ва перитектикӣ аз тарафи компоненти зудғудоз (Au) дар системаҳои Au-Э (B, P, W, Re, Os, Ir)

№	Система	$n_T$	$0.55n_p^2$	$n_s$	$n_{гч}$	Au	
						$n_{гч} < 1.03; n_s \leq 1.20 - 1.24$ и $n_T > 0.55n_p^2$	
						ҳисоб	таҷриба
1.	Au-B	0.48	1.84	1.00	0.73	Э	МВН
2.	Au-P	0.95	3.19	1.02	3.97	Э	МВН
3.	Au-W	0.68	0.04	1.00	1.20	П	МВН
4.	Au-Re	0.66	0.07	1.00	1.12	П	МВН
5.	Au-Os	0.64	0.17	1.02	1.06	П	МВН
6.	Au-Ir	0.56	0.12	1.01	0.86	П	МВН

Эзоҳ: Э – эвтектика; П – перитектика; МВН – маълумот вуҷуд надорад

Натиҷаҳои бадастомада имкон медиҳанд, ки минбаъд диаграммаҳои ҳолати пурраи системаҳои Au-Э (B, P, W, Re, Os, Ir), метавонанд барои ҳосил кардани намудҳои гуногуни ҳулаҳо муфид бошанд ва дар коркарди равандҳои гуногуни металлургии аз ҷумла истехсолоти рехтагарӣ ва корҳои заргарӣ истифода шаванд.



Расм – Намудҳои диаграммаҳои ҳолати системаҳои ба қабатҳо ҷудошаванда бо иштироки тилло (M – Моеъ; C – сахтӣ;  $t_z$  – ҳарорати гудозиш):  
а, в – мобайнӣ; б, г – навъҳои ҳудудии ба қабатҳо ҷудошаванда.

### Хулоса

Дар асоси усулҳои пешгуии омори ва термодинамикӣ диаграммаҳои ҳолати системаҳои Au-Э (B, P, W, Re, Os, Ir)-ро пешниҳод кардан мумкин аст. Натиҷаҳои бадастомада имкон медиҳанд, ки минбаъд диаграммаҳои ҳолати пурраи системаҳои Au-Э (B, P) эвтектикӣ ва Au-Э (W, Re, Os, Ir) перитектикӣ ҳисоб карда шаванд.

Диаграммаҳои ҳолат асоси равандҳои ҳосилкунии ҳулаҳо буда, метавонанд барои коркарди намудҳои гуногуни ҳулаҳо муфид бошанд ва дар равандҳои металлургӣ ва истеҳсолоти рехтагарӣ васеъ истифода шаванд.

**Миннатдорӣ**

Муаллиф ба д.и.х., профессор Джураев Т.Д. ва н.и.х., дотсент Раҳимов Ф.Қ. барои маслиҳат ва машварат миннатдории худро баён мекунад.

*Муқаррир: Бердиев А.Э. — д.и.т., профессор, мудири кафедраи химия ва биологияи ДСРҶ.*

**Адабиёт**

1. Лякишев Н.П. Диаграммы состояния двойных металлических систем. / Н.П. Лякишев // Под ред. акад. РАН. – М.: Машиностроение, 1996, 1997, 2001, Т. 1-3, – С. 992, 1024, 1320.
2. Воздвиженский В.М. Общие закономерности в строении диаграмм состояния металлических систем / В.М. Воздвиженский // – М.: Наука, – С. 1973, 144.
3. Воздвиженский В.М. Прогноз двойных диаграмм состояния / В.М. Воздвиженский // – М.: Металлургия. – С. 1975, 224.
4. Джураев Т.Д. Степень ближнего порядка – критерий для определения разновидностей расслаивающихся систем / Т.Д. Джураев, А.В. Вахобов // – Докл. АН ТаджССР, 1986, Т. 29, – № 1. – С. 32-35.
5. Джураев Т.Д. Пешгуи мувозинати фазавӣ дар системаҳои магний бо металлҳои гузаранда / Т.Д. Джураев, И.Р. Исмоилов, Э.Р. Газизова, И.Ш. Муслимов // Маҷмуи маводи конференсияи ҷумҳуриявӣ илмию амалии «Проблемаҳои маводшиносӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон». – Душанбе: ИХ АИ МТ. – 2016. – С. 44-47.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - AUTHORS BACKGROUND**

TJ	Ru	EN
Мирзоева Бибисоро Музаффаровна	Мирзоева Бибисоро Музаффаровна	Mirzoeva Bibisoro Muzaffarovna
докторанти PhD кафедраи металлургия	PhD докторант кафедраи металлургия	PhD reasercher
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. 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:mirzoeva.bibisoro@mail.ru">mirzoeva.bibisoro@mail.ru</a>		

## INFLUENCE OF IRON ON THE SPECIFIC HEAT CAPACITY AND HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF ZINC-ALUMINUM ALLOY Zn55Al

J.N. Aliev, Z.F. Narzullov, I.N. Ganiev

Tajik Technical University named after academician M.C. Osimi

The results of a study of the temperature dependence of the specific heat capacity and heat transfer coefficient of the zinc-aluminum alloy Zn55Al with iron are presented. To calculate the heat capacity of the alloys, the known specific heat of a reference copper sample was used using the cooling rates of the samples. It has been established that with increasing temperature and iron content in the original alloy, the heat capacity and heat transfer coefficient increase.

**Key words:** zinc-aluminum alloy Zn55Al, iron, "cooling" mode, heat capacity, heat transfer coefficient.

### ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЕЗА НА УДЕЛЬНУЮ ТЕПЛОЕМКОСТЬ И КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ ЦИНКОВО-АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Zn55Al

Дж.Н. Алиев, З.Ф. Нарзуллоев, И.Н. Ганиев

Приведены результаты исследования температурной зависимости удельной теплоемкости и коэффициента теплоотдачи цинково-алюминиевого сплава Zn55Al с железом. Для расчёта теплоемкости сплавов применено известная удельная теплоёмкость эталонного образца из меди с использованием скоростей охлаждения образцов. Установлено, что с ростом температуры и содержания железа в исходном сплаве теплоемкость и коэффициент теплоотдачи увеличиваются.

**Ключевые слова:** цинково-алюминиевый сплав Zn55Al, железа, режим «охлаждения», теплоемкость, коэффициент теплоотдачи.

### ТАЪСИРИ ОҶАН БА ГАРМИҶУНҶОИШИ НИСБӢ ВА КОЭФФИЦИЕНТИ ГАРМИДИҶИИ ХӮЛАИ РУӢ-АЛЮМИНИИ Zn55Al

Ҷ.Н. Алиев, З.Ф. Нарзуллоев, И.Н. Ганиев

Натиҷаҳои тадқиқоти вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши нисбӣ ва коэффисиенти гармидиҷии хӯлаи руҳӣ-алюминийи Zn55Al бо оҳан оварда шудаанд. Барои ҳисоби гармиғунҷоиши хӯлаҳо гармиғунҷоиши нисбии маъмули намунаи эталонии мисӣ бо истифодаи суръатҳои хунуқшавии намунаҳо истифода бурда шудааст. Муқаррар карда шудааст, ки дар баробари баланд шудани ҳарорат ва таркиби оҳан дар хӯлаи аслии гармиғунҷоиш ва коэффисиенти гармидиҷӣ зиёд мешавад.

**Калидвожаҳо:** хӯлаи руҳӣ-алюминийи Zn55Al, оҳан, реҷаи «хунуқшавӣ», гармиғунҷоиш, коэффисиенти гармидиҷӣ.

#### Introduction

Zinc-aluminum alloys are used as structural materials in instrument making, in the printing and aviation industries, in the automotive industry, and for the manufacture of household items [1].

As a non-structural material, zinc alloys are used: for casting anode-protectors, for the manufacture of solders in the production of bearings and galvanic cells, as a coating for steel sheets.

Zinc alloys are also used for casting parts of washing machines, vacuum cleaners, kitchen equipment, office machines, electric watch housings, printing machines, cash registers, drink mixers, etc. To protect against corrosion, protective coatings (paints, enamels, plastics) are applied to the surface of zinc castings. Electrolytic coatings with copper, nickel and chromium have a good protective effect. Semi-finished products from deformable zinc alloys are quite easily subjected to pressing, rolling and stamping [2].

There is no information in the literature or on the Internet about the effect of iron on the thermophysical properties of the zinc-aluminum alloy Zn55Al.

The purpose of this work is to determine the specific heat capacity and heat transfer coefficient of the zinc-aluminum alloy Zn55Al with iron from the known specific heat capacity of a reference copper sample using sample cooling rates. The choice of the research object was determined by the prospect of using this alloy in various fields of science and technology.

#### Experimental results and their discussion

The study of the specific heat capacity of the zinc-aluminum alloy Zn55Al with iron was carried out using the known specific heat capacity of a reference sample of M00 copper using sample cooling rates [3, 4].

The specific heat capacity was measured using an installation, the diagram and operating principle of which are presented in [5, 6].

For the study, we produced a series of alloys in an electrical resistance shaft furnace SSHOL in the temperature range 600–700°C from Ts1 grade zinc (GOST 3640–94), A7 grade aluminum (GOST 11069–2001) and its alloy with iron. Aluminum alloy with iron (2.18 wt.% Fe) was preliminarily synthesized in a vacuum furnace under inert gas pressure. The iron content in the Zn55Al alloy was, wt. %: 0.05; 0.01; 0.1; 0.5. The charge was weighed on an ARV-200 analytical balance with an accuracy of 0.1·10<sup>-6</sup> kg. The mixing of alloys was carried out taking into account the waste of metals. By heating the electrical resistance furnace SSHOL to 700°C, aluminum and zinc were melted, then



an aluminum alloy with iron was introduced. To conduct the experiment, samples with a diameter of 16 mm and a length of 30 mm were cast from the resulting melt into a graphite mold.

The composition of the resulting alloys was selectively controlled by chemical analysis, as well as by weighing samples before and after alloying. Alloys in which the difference in mass before and after alloying did not exceed 2% (rel.) were subjected to further study.

Figure 1a shows the experimentally obtained dependences of the temperature of the samples on the cooling time for the zinc-aluminum alloy Zn55Al microalloyed with iron, which are described by an equation of the form:

$$T = T_0 + \frac{1}{2} \left[ (T_1 - T_0) e^{-t/\tau_1} + (T_2 - T_0) e^{-t/\tau_2} \right]. \quad (1)$$

When differentiating equation (1) with respect to t for the cooling rate of samples from the Zn55Al alloy microalloyed with iron, we have:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2} \left[ -\frac{(T_1 - T_0)}{\tau_1} e^{-t/\tau_1} - \frac{(T_2 - T_0)}{\tau_2} e^{-t/\tau_2} \right]. \quad (2)$$

To calculate the specific heat capacity of the zinc-aluminum alloy Zn55Al microalloyed with iron, the values of the cooling rates of the alloy samples and the standard and the heat capacity of the standard were used according to the equation:

$$C_{p_2} = C_{p_1} \frac{m_1 \left(\frac{dT}{dt}\right)_1}{m_2 \left(\frac{dT}{dt}\right)_2}. \quad (3)$$

Using equation (3) and the Sigma Plot program, the following coefficients were obtained for polynomials (2), which describe the temperature dependence of the specific heat capacity of the original zinc-aluminum alloy Zn55Al and alloys with iron. Table 1 presents the values of the coefficients in equation (2).

Table 1–Values of coefficients  $\Delta T_1$ ,  $t_1$ ,  $\Delta T_2$ ,  $t_2$  in equation (2) for the alloy Zn55Al (1) with iron and standard (Cu grade M00)

Iron content in alloys, wt. %	$T_1 - T_0$ , K	$t_1$ , s	$T_2 - T_0$ , K	$t_2$ , s	$(T_1 - T_0)/\tau_1$ , K/s	$(T_2 - T_0)/\tau_2$ , K/s	$T_0$ , K
(1)	120,788	63,69	285,78	619,77	1,8964	0,4611	302,99
(1) + 0,01 Fe	117,412	58,82	288,80	595,73	1,9960	0,4848	303,64
(1) + 0,05 Fe	117,41	58,82	288,80	595,73	1,9960	0,4848	303,54
(1) + 0,1 Fe	117,41	58,82	288,80	595,73	1,9960	0,4848	302,94
(1) + 0,5 Fe	117,39	58,82	288,82	595,52	1,9956	0,4850	301,67
Reference	120,77	63,68	285,76	619,73	1,8966	0,4615	302,97

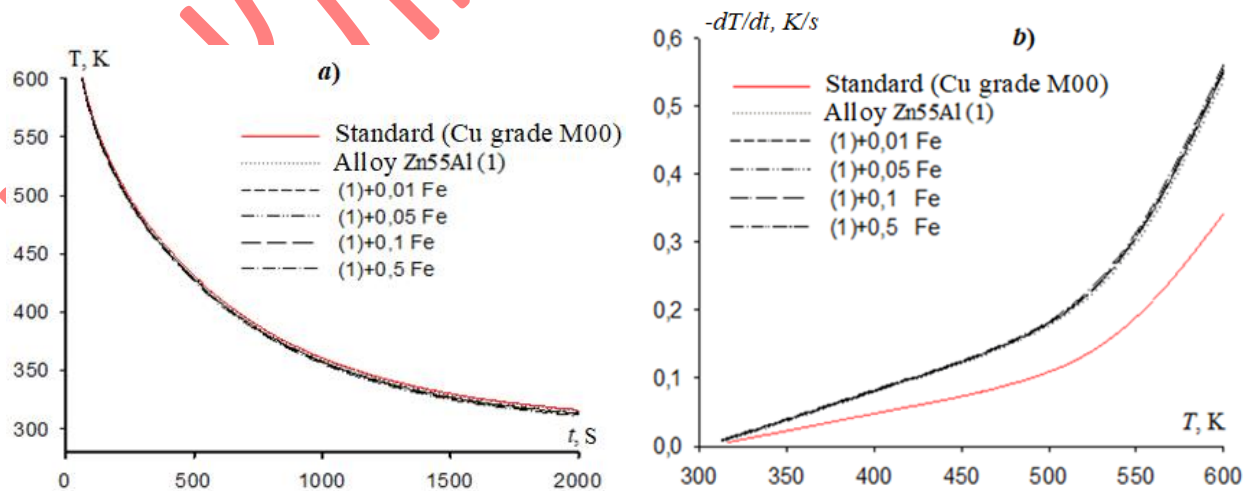


Figure 1 – Sample temperature versus time curves cooling (a) and cooling rate depending on temperature (b) for samples made of Zn55Al alloy with iron.

Figure 2, a shows the temperature dependence of the specific heat capacity of the Zn55Al alloy and the standard. By mathematical processing of measurement results for the temperature dependence of the specific heat capacity of the zinc-aluminum alloy Zn55Al in the temperature range 300-600 K, the following equation was obtained:

$$C_p^0 = a + bT^2 + cT^3 + dT^4. \quad (3)$$

The value of the coefficients, which are presented in table 2.

Table 2–The values of the coefficients  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  in equation (3) for the alloy Zn55Al (1) with iron and standard (Cu grade M00)

Iron content in alloys, wt. %	a, kJ/(kg·K)	b·10 <sup>-4</sup> , kJ/(kg·K <sup>2</sup> )	c·10 <sup>-7</sup> , kJ/(kg·K <sup>3</sup> )	d·10 <sup>-11</sup> , kJ/(kg·K <sup>4</sup> )	Coefficient correlations R2
(1)	0,616	1,28	2,35	-5,22	1,00
(1) + 0,01 Fe	0,627	1,32	2,40	-5,32	1,00
(1) + 0,05 Fe	0,630	1,32	2,41	-5,35	1,00
(1) + 0,1 Fe	0,633	1,33	2,42	-5,37	1,00
(1) + 0,5 Fe	0,636	1,35	2,43	-5,40	1,00
Reference	0,324	2,75	-2,87	1,42	1,00

Figure 2, b shows the temperature dependence of the heat transfer coefficient for the zinc-aluminum alloy Zn55Al, which increases with increasing iron content and temperature.

From Figure 2 it can be seen that with increasing iron content and temperature, the heat capacity of the Zn55Al alloy increases.

Based on the data on the heat capacity of the Zn55Al alloy and the standard, and the obtained experimental values of the cooling rates of the samples, the heat transfer coefficient  $\alpha$  (W/(K·m<sup>2</sup>)) was calculated for the Zn55Al alloy microalloyed with iron according to the formula:

$$\alpha = \frac{Cm \frac{dT}{dt}}{(T - T_0) \cdot S}, \quad (4)$$

where  $T$  and  $T_0$  are the temperature of the sample and the environment,  $S$  and  $m$  are the surface area and mass of the sample, respectively.

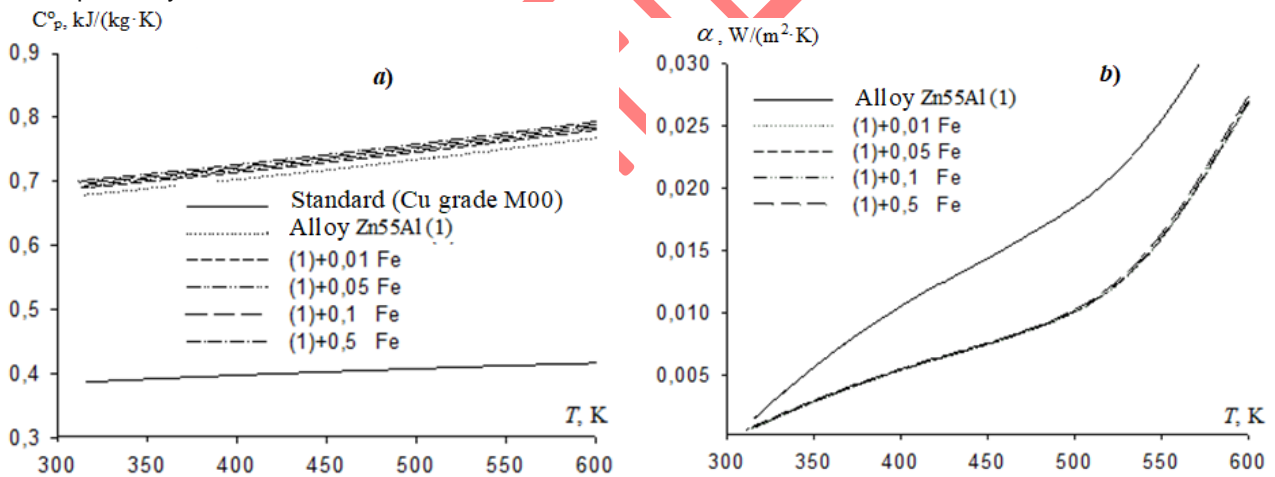


Figure 2–Dependence of specific heat capacity (a) and heat transfer coefficient (b) on temperature for the Zn55Al zinc alloy with iron.

## Conclusions

In the “cooling” mode, the heat capacity of the Zn55Al alloy with iron was established based on the known heat capacity of a reference sample of MOO grade copper. Using the obtained polynomial dependencies, it is shown that the heat capacity of the alloys increases with increasing temperature. The addition of iron in the studied concentration range (0.05 – 0.50 wt.%) slightly increases the heat capacity and heat transfer coefficient of the original Zn55Al alloy.

*Reviewer: Eshov B.B. - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the State Institution “Center for Research of Innovative Technologies” of the National Academy of Sciences of Tajikistan.*

## Literature

1. Kechin V.A., Lyublinsky E.Ya. Zinc alloys. – M.: Metallurgy, 1986. – 247 p.
2. J. Aliev, Z. Obidov, I. Ganiev. Zinc-aluminum protective coatings of a new generation. Physico-chemical properties of zinc-aluminum alloys with alkaline earth metals. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. -2013. 130 pp.

3. I.N. Ganiev, J.N. Aliev, Z.F. Narzullov. The influence of iron on the change in the thermodynamic functions of the zinc alloy Zn5Al // Chemistry. Ecology. Urbanism. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation) – 2021. Volume 1. – pp. 339–343.

4. Ganiev I.N., Otadzhonov S.E., Ibrokhirov N.F., Makhmudov M. Temperature dependence of the heat capacity and changes in the thermodynamic functions of the AK1 alloy doped with strontium // Thermophysics of high temperatures. - 2019. - T.57. - No. 1. - P. 26-31.

5. Ganiev I.N., Safarov A.G., Odinaev F.R., Yakubov U.Sh., Kabutov K. Temperature dependence of the heat capacity and changes in the thermodynamic functions of the AZh 4.5 alloy with tin // Izv. Universities. Non-ferrous metallurgy. - 2019. No. 1. - WITH. 50-28.

6. F.M. Aminov, I.N. Ganiev, J.N. Aliev, A.G. Safarov. The influence of titanium on the specific heat capacity and changes in the thermodynamic functions of the Zn55Al alloy // Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. - 2019. No. 1. - pp. 26-31.

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

TJ	RU	EN
Алиев Чамшед Насридинович н.и.т., дотсент	Алиев Джамшед Насридинович к.т.н., доцент	Aliev Jamshed Nasridinovich Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
e. mail: <a href="mailto:jamshedaliiev0672@gmail.com">jamshedaliiev0672@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Нарзуллоев Зубайдулло Файзуллоевич	Нарзуллоев Зубайдулло Файзуллоевич	Narzulloev Zubaidullo Faizulloevich
н.и.т., муаллими калон	к.т.н., старший преподаватель	Ph.D., senior lecturer
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
e. mail: <a href="mailto:nzubaidullo72@mail.ru">nzubaidullo72@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович д.и.х., профессор	Ганиев Изатулло Наврузович д.х.н., профессор	Ganiev Izatullo Navruzovich Doctor of chemical sciences, professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	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>		

## ВОБАСТАГИИ ҲАРОРАТИИ ИҚТИДОРИ ГАРМӢ ВА ФУНКСИЯҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ХӢЛАИ НОҚИЛИ АЛЮМИНИИ АITi0.1 БО БАРИЙ

Ганиев И.Н., Зокиров Ф.Ш., Файзуллоев Р.Ҷ.

<sup>1</sup>Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ,

<sup>2</sup>Донишкадаи энергетикаи Тоҷикистон

Хусусиятҳои термодинамикӣ ва термофизикаи алюминий ва хӯлаҳои он бисёр мавзӯи тадқиқотҳои таҷрибавӣ ва назариявӣ мебошанд. Маълумоти дастраси таҷрибавӣ ченкунии иқтидори гармӣ, энталпия, энтропия ва энергияи Гиббсро дар фишори муқаррарӣ дар ҳудудҳои ҳарорати 298,15–800 К. Дар ин кор иқтидори гармии хӯлаи алюминийи ноқили АITi0.1 (Al + 0,1 вазн% Ti) бо барий дар «реҷаи хунуқшавӣ» дар асоси иқтидори гармии маълуми намунаи эталон аз алюминийи дараҷааш хеле софи А5N (99,999% Al) муайян карда шудааст. Муодилаҳои барои тавсифи суръати сардшавии намунаҳои аз хӯлаи ноқили алюминийи АITi0.1 бо барий ва эталон ба даст омадаанд. Дар асоси суръати ҳисобшудаи хунуқшавии намунаҳои муодилаҳои вобастагии ҳарорат аз иқтидори гармии хӯлаҳои ва эталон ташкил карда шуданд. Бо интегратсияи иқтидори хоси гармӣ вобастагии ҳарорат аз тағйирёбии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс барои хӯлаи алюминийи АITi0.1 бо барий ҳисоб карда шуд. Қобилияти гармӣ, энталпия ва энтропияи хӯлаи алюминийи АITi0.1 бо зиёд шудани консентратсияи барий кам шуда, бо ҳарорат зиёд мешавад, арзиши энергияи Гиббс муносибати баръакс дорад.

**Вожаҳои калидӣ:** *Хӯлаи алюминийи ноқили АITi0.1, барий, иқтидори гармӣ, энталпия, энтропия, энергияи Гиббс.*

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМОСТИ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОВОДНИКОВОГО СПЛАВА АITi0.1 С БАРИЕМ

Ганиев И.Н., Зокиров Ф.Ш., Файзуллоев Р.Дж.

Термодинамические и теплофизические свойства алюминия и его сплавов являются предметом многочисленных экспериментальных и теоретических исследований. Имеющиеся экспериментальные данные включают измерения теплоемкости, энтальпии, энтропии и энергии Гиббса при нормальном давлении в диапазоне температуры 298,15–800 К. В работе определялась теплоемкость алюминиевого проводникового сплава АITi0.1 (Al + 0.1 мас% Ti) с барием в режиме «охлаждения» по известной теплоемкости эталонного образца из особо чистого алюминия марки А5N (99,999% Al). Получены уравнения, описывающие скорости охлаждения образцов из алюминиевого проводникового сплава АITi0.1 с барием и эталона. По рассчитанным величинам скоростей охлаждения образцов сформированы уравнения температурной зависимости теплоемкостей сплавов и эталона. Интегрированием удельной теплоемкости вычислены температурные зависимости изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для алюминиевого сплава АITi0.1 с барием. Теплоемкость, энтальпия и энтропия алюминиевого сплава АITi0.1 с ростом концентрации бария уменьшаются, а от температуры увеличиваются, значение энергии Гиббса при этом имеет обратную зависимость.

**Ключевые слова:** *алюминиевый проводниковый сплав АITi0.1, барий, теплоёмкость, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса.*

## TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE HEAT CAPACITY AND THERMODYNAMIC FUNCTIONS OF ALUMINUM CONDUCTING ALLOY АITi0.1 WITH BARIUM

Ganiev I.N., Zokirov F.Sh., Faizulloev R.J.

Thermodynamic and thermophysical properties of aluminum and its alloys are the subject of numerous experimental and theoretical studies. Available experimental data include measurements of heat capacity, enthalpy, entropy and Gibbs energy at normal pressure in the temperature range of 298.15–800 K. The work determined the heat capacity of the aluminum conductor alloy АITi0.1 (Al + 0.1 wt.% Ti) with barium in the “mode cooling” based on the known heat capacity of a reference sample made of highly pure aluminum grade А5N (99.999% Al). Equations obtained to describe the cooling rates of samples made of the aluminum conductor alloy АITi0.1 with barium and the standard. Based on the calculated cooling rates of the samples, equations for the temperature dependence of the heat capacities of the alloys and the standard formed. By integrating the specific heat capacity, the temperature dependences of changes in enthalpy, entropy and Gibbs energy for the aluminum alloy АITi0.1 with barium were calculated. The heat capacity, enthalpy and entropy of the aluminum alloy АITi0.1 decrease with increasing barium concentration, and increase with temperature; the value of the Gibbs energy has an inverse relationship.

**Keywords:** *aluminum conductor alloy АITi0.1, barium, heat capacity, enthalpy, entropy, Gibbs energy.*

### Муқаддима

Алюминийи техникӣ бо роҳи электролиз аз маъдани хокӣ (глинозем) ва алюминийи тозагиаш баланд бошад, бо роҳи тозакунии иловагии электролитӣ истеҳсол карда мешавад. Омехтаҳои, ки бо алюминий маҳлули саҳт ташкил медиҳанд (Cu, Ag, Mg, Mn, V, Ti), хосияти гузаронандагии хосро паст карда (5-10% дар ҳолати доштани омехтаҳо ба миқдори 0,5% вазн). Омехтаҳои Ni, Si, Fe, Zn ба хосияти ноқилӣ камтар таъсир мерасонанд [1, 2].

Барои соҳаи электротехникӣ асосан хӯлаи алюминийи тозагии техникӣ (0,5% омехтаҳо), алюминийи тозагиаш баланд А97 (0,03% омехтаҳо) ва алюминийи тозагиаш маҳсус А999 (0,001% омехтаҳо) истифода мебаранд.

Алюминийи ноқилӣ бештар барои ноқилҳои печониданӣ, васлкунӣ, хатҳои барқ ва қабати дарунии ноқилҳои истифода мешавад. Зичии пасти алюминийи бартарии асосии он аст: бо муқовимати яхела доштан сими алюминии нисбат ба сими миси ду маротиба сабуктар аст, гарчанде ки қисмати бурриши он тақрибан 1,6

маротиба калонтар аст. Ноқилҳои алюминийро бе изолятсия истифода бурдан мумкин аст, зеро дар рӯи металл қабати оксидии тунук ва устувори аз  $Al_2O_3$  мавҷуд аст, ки аз зангзанӣ муҳофизат мекунад ва муқовимати назарраси электрикӣ дорад [1, 2].

Аз сабаби он, ки алюминий метали сабук, ба зангзанӣ тобовар ва хосиятҳои ғайримагнитӣ дорад, алюминийи техникӣ барои тайёр кардани қисмҳои радиоаппаратура ва асбобҳо, қисмҳои иловагӣ, дастгоҳҳо ва ғайра истифода мешавад. Камбудии асосии алюминий хосияти пасти механикӣ доштани он мебошад. Сими алюминийе, ки дар ҳолати коркарди ҳароратии гузашта шудааст, истифода мешавад, маҳдудияти сахтӣ ба 80-90 МПа ва маҳдудияти қувваи мустақами он 25-33% дорад.

Барои қисмҳои дастгоҳҳо ва маҳсулоти электрикӣ, ки фишори зиёди механики доранд, хӯлаҳои алюминийи хосияти мустақами баланд дошта, истифода мешаванд. Масалан, барои истеҳсоли куттии радиоаппаратура ва дигар асбобҳо хӯлаи дуралюминий  $Al - Cu-Mg$  ( $Al+4,3\% Cu+1,8\% Mg+1\% Mn$ ) васеъ истифода мешаванд. Пас аз коркарди ҳароратии мустақамкунанда (сахт кардан бо  $500^\circ C$  дар об ва пиршавӣ дар  $175^\circ C$ ) хусусиятҳои механикии он инҳоянд:  $\sigma_b$  то 480 МПа,  $\delta=15\%$ . Барои ноқилҳои хати барқи ҳавой хӯлаи  $Al-Mg-Si$  ( $Al+1\%Mg+1\%Si$ ) истифода мешавад, ки бо баланд шудани чандирӣ, мустақамӣ то 350 МПа бо гузарониши хуби ноқилӣ ( $\rho=0,032$  мкОм·м) хос аст. [1, 2].

Алюминий ва хӯлаҳои он, бо сабаби хосиятҳои хоси физикии механикӣ доштан, ба монанди зичии паст, муқовимати хуб ба зангзанӣ, хосияти ғайримагнитӣ, пластикии технологӣ, дар соҳаҳои нақлиёт, сохтмон ва мошинасозӣ истифодаи васеъ пайдо карданд.

Самти дигари умедбахши татбиқи алюминий соҳаи электротехникӣ мебошад, зеро алюминий мутобиқи стандарти санҷишӣ гузаронандагии барқи (International Annealed Copper Standard (IACS))  $\sim 62\%$  дорад, ки гузарониши барқи миси тозашудаикоркардшударо 100% мегирад. Алюминийи ҳолис, аз ҷумла, ҳамчун маводи ноқилӣ дар тарҳҳои ноқилҳо ва сим васеъ истифода мешавад. Аммо камбудии асосии алюминийи тоза мустақами пасти он мебошад [3-5].

Маълум аст, ки усулҳои баланд бардоштани мустақамӣ, аз ҷумла чавҳаронидан ва усулҳои гуногуни коркарди деформатсионӣ-термикӣ, ба ворид кардани миқдори зиёди иловатҳо дар микросохтори кристаллии металл (ҳудуди донаҳо ( $\Gamma_3$ ), дислокатсияҳо, атомҳои омехта, зарраҳои фазаи дуюмдараҷа) асос меёранд.

Аммо ин ба қоҳиши интиқоли барқ тавассути парокандашавии электронҳои интиқол дар атомҳои омехта дар маҳлули сахт, кластерҳои онҳо ва нуқсонҳои сохтори кристаллӣ оварда мерасонад [3]. Дар натиҷа, бо усулҳои аънанавии коркарди металлҳо дар як замон ҳам мустақами баланд ва гузариши баланди барқиро ба даст овардан мумкин нест.

Аз ин лиҳоз, таҳияи равишҳои илмӣ баланд бардоштани устувори алюминий ҳангоми нигоҳ доштани қобилияти баланди барқ вазифаи таъхирнопазир мебошад, ки ҳалли онҳо талафот ҳангоми интиқоли нерӯи барқро кам мекунад [6-11].

Таъсири элементҳои гуногуни чавҳаронидакунанда ба интиқоли барқ ва мустақами алюминий нишон дод, ки афзоиши баландтарини сахтӣ ҳангоми ворид кардани элементҳои чавҳаронидакунанда кам ҳалшаванда: Fe, Zr, Mn, Cr, Ti, Ca ва Mg қайд карда мешавад. Ин элементҳо аз рӯи диаметри атомӣ аз алюминий фарқ мекунанд. Азбаски гузаронандагии барқ параметри асосии маводи ноқилӣ мебошад, бояд элементҳои чавҳаронидакунанда бо назардошти таъсири онҳо ба тағирёбии ноқилҳои барқ интиҳоб карда шаванд [12-16].

Мақсади гузаронидани қор омӯзиши таъсири иловаи барий ба вобастагии ҳарорат иқтидори хоси гармӣ ва тағирёбии функсияҳои термодинамикии хӯлаи ноқилҳои алюминий  $AlTi_0.1$  ( $Al+0,1$  вазн.% Ti) мебошад.

### **Натиҷаҳои таҷрибаҳо ва муҳокимаи онҳо**

Хӯлаҳо барои таҳқиқот дар печи муқовимати лаборатории навъи СШОЛ дар ҳудуди ҳароратии 800-850  $^\circ C$  аз алюминийи навъи А5 (ГОСТ 110669-01), титани навъи ТГ-90 (ГОСТ 19807-91) дар шакли хӯла бо навъи алюминий ва металл барий ВаМ-1 (ТУ48-4-465-85). Лигатураи алюминий бо 2 вазн.% титан пешакӣ дар печи вакуумии муқовимати навъи СНВ 2.4.2/16 тайёр карда шудааст. Аз хӯлаи дар печи муқовиматӣ гирифташуда ба қолаби графитӣ силиндрии диаметраш 16 мм ва дарозиаш 30 мм рехта шуданд.

Дар лабораторияи марказии Корхонаи алюминии ҚСК ТАЛКО, хӯлаи ноқилҳои алюминийи  $AlTi_0.1$  бо барий барои омӯختани таркиби хӯла ва элементҳои асосии он тадқиқоти химиявӣ гузаронида шуд. Миқдори барий дар хӯла аз 0,01 то 0,5 вазн буд. %. Таркиби хӯлаи гирифташуда инчунин бо роҳи баркашидани намунаҳо пеш аз омехта кардан ва пас аз он назорат карда мешуд. Ҳамчунин хӯлаҳои, ки дар онҳо фарқиати массашон пеш аз хӯла кунӣ ва баъд аз он 2% (нис.) зиёд набуд, омӯхта шуданд.

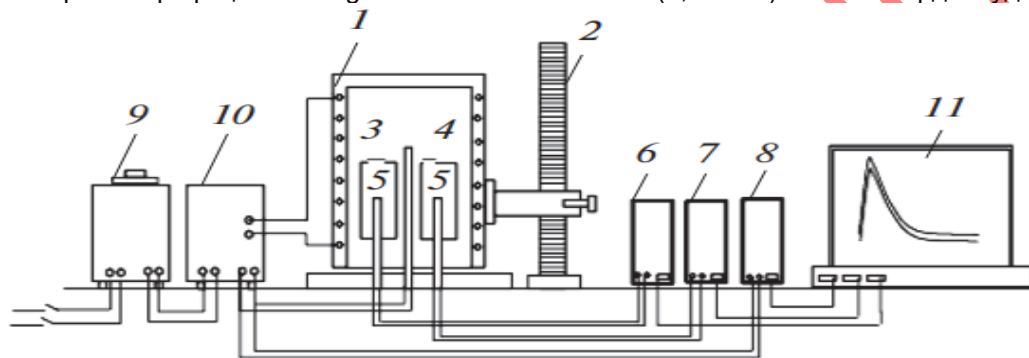
Тавре маълум аст [17-21], иқтидори гармии қисмҳои сахт дар речаи «сардшавӣ» аз рӯи муодила дар поён овардашуда муайян карда мешавад.



$$C_{p_2}^0 = C_{p_1}^0 \frac{m_1}{m_2} \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}, \quad (1)$$

инчо  $m_1 = \rho_1 V_1$  – вазни эталон,  $m_2 = \rho_2 V_2$  – вазни намунаи тадқиқшаванда;  $(dT/d\tau)_1$ ,  $(dT/d\tau)_2$  – суръати хунуккунии намунаҳо аз меъер ва ҳулаҳои таҳқиқшаванда дар ҳарорати додашуда. Барои муайян кардани суръати хунуккунии қачхаттаҳои хунуккунии намунаҳо сохта мешаванд.

Иқтидори гармӣ бо усули дар қорҳои [22-27] тавсифшуда бо истифода аз таҷҳизот чен карда шуд, ки он дар расми 1 нишон дода шудааст. Печи электрикии 1 дар стени 2 васл карда шудааст, ки он ба боло ва поён ҳаракат карда метавонад (тирча самти ҳаракатро нишон медиҳад). Намунаи 3 ва эталони 4 (инчунин метавонанд ҳаракат кунанд) аз цилиндрҳои дарозии 30 мм ва диаметри 16 мм иборат буда, аз як қанори каналҳои пармашуда, ки дар онҳо термopараҳои 5 ҷойгир карда шудаанд, иборат мебошанд. Нӯғҳои термopараҳо ба термометри рақамии «Digital Multimeter DI9208L» (6, 7 ва 8) пайваст карда шудаанд.



Расми 1 – Таҷҳизот барои муайян кардани иқтидори гармӣи ҷисмҳои сахт дар ҳолати "хунукшавӣ".

Қураи барқӣ тавассути автотрансформатори лаборатории (ЛАТР) 9 бар қор дароварда мешавад, ҳарорати зарурӣ бо ёрии танзимкунандаи ҳарорат 10 муқаррар карда мешавад. Аз рӯи нишондиҳандаҳои термометрҳои рақамӣ арзиши ҳарорати ибтидоӣ муқаррар карда мешавад. Намуна ва эталон дар қураи барқӣ то ҳарорати зарурӣ гарм карда мешаванд, ки аз рӯи нишондиҳандаҳои термометрҳои рақамӣ дар компютери 11 идора карда мешавад. Намуна ва эталон дар як вақт аз қураи барқӣ гирифта мешаванд ва аз ҳамон лаҳза сар карда ҳарорати онҳо муқаррар карда мешаванд. Нишондиҳандаҳои термометрҳои рақамӣ ба компютер ҳар 10 сония сабт карда мешаванд, то он даме, ки ҳарорати намуна ва эталон аз ҳарорати хона паст шудан идома меёбад.

Қорқарди натиҷаҳои ченкунӣ ва сохтани қачхатҳо бо истифода аз барномаҳои Ms Excel ва SigmaPlot анҷом дода шуд. Коэффитсиенти коррелятсия  $R_{\text{корр.}} > 0.998$  дурустии интиҳоби функсияи наздикшавиро тасдиқ мекунад. Ҳудуди вақти бақайдгирии ҳарорат ба 10 сония баробар аст. Хатои нисбии ченкунии иқтидори гармӣ дар ҳудудҳои аз  $40\text{ }^\circ\text{C}$  то  $400\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\%$  ва боло аз  $400\text{ }^\circ\text{C} - 1.6 \pm 2.5\%$ -ро ташкил мекунад [28,29].

Қачхаттаҳои хунуккунии пайдошудаи намунаҳо бо муодилаи намуди зерин арзебӣ карда мешаванд:

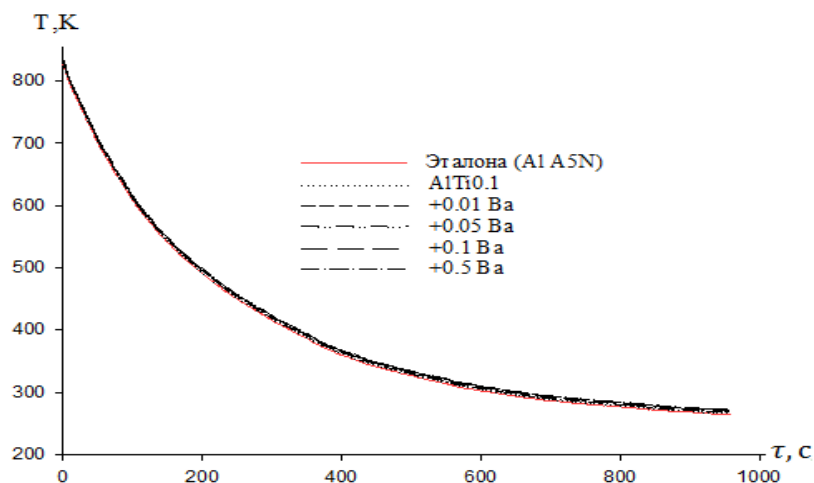
$$T = ae^{-b\tau} + pe^{-k\tau}, \quad (2)$$

инчо  $a, b, p, k$  – доимӣ барои намунаи додашуда,  $\tau$  – вақти хунукшавӣ.

Натиҷаҳои омӯзиши ҳарорати хунукшавии ҳулаҳои омӯхташуда дар расми 2 оварда шудаанд. Дар ҳолати умумӣ, графикҳои ҳарорати ( $T$ ) аз вақти хунукшавӣ ( $\tau$ ) барои намунаҳои ҳулаи алюминийи АITi0 бо барий, пастшавии ҳарорати намуна ва эталонро бо баробарии хунук шудани онҳо нишон медиҳад. Дар қачхаттаҳои хунуккунии таъсири гармидиҳии марбут ба табдили фаза ё гузариш дида нашудааст.

Муодилаи (2)-ро нисбат ба  $\tau$  дифференциал гирифта, муодилаи барои муайян кардани суръати хунукшавии намунаҳоро ҳосил мекунем.

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \quad (3)$$

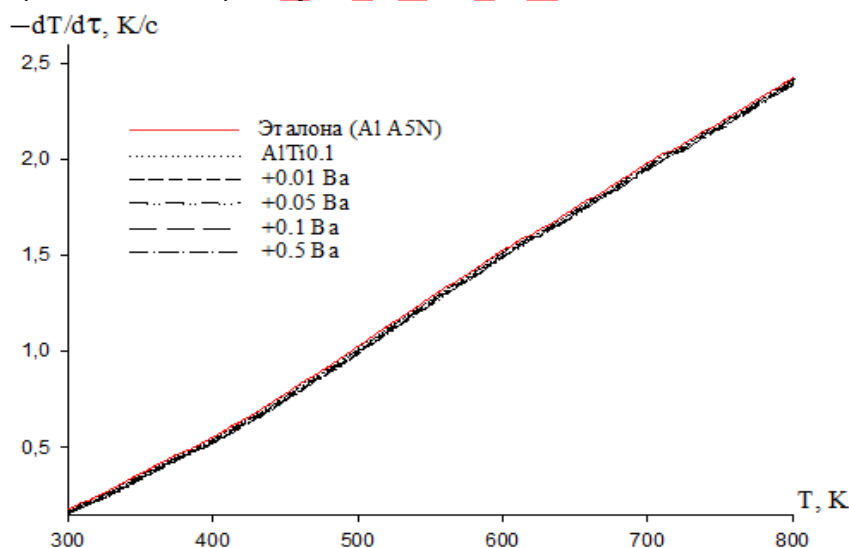


Расми 2 – Качхатиҳои тағйирёбии ҳарорат нисбат ба вақти хунуқшави барои намунаҳои хӯлаи ноқилии алюминий AlTi0.1 (1) бо барий, вазн%: 0.01% (2); 0.05% (3); 0.1% (4); 0.5% (5) ва эталон (Al A5N).

Муодилаи (2)-ро нисбат ба  $\tau$  дифференциал гирифта, муодилаи барои муайян кардани суръати хунуқшавии намунаҳоро ҳосил мекунем.

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \quad (3)$$

Бо истифода аз формулаи (3) суръати хунуқшавии намунаҳо аз хӯлаи алюминий AlTi0.1 бо барий ва эталон ҳисоб карда шуданд. Качхатҳои суръати хунуқшавии намунаҳо дар расми 3 оварда шудаанд. Бо коркарди суръати хунуқшавии намунаҳо арзишҳои коэффитсиентҳои  $a$ ,  $b$ ,  $p$ ,  $k$ ,  $ab$ ,  $pk$  дар муодилаи (3) ба даст оварда шудаанд, ки дар ҷадвали 1 оварда шудаанд.



Расми 3 – Качхатиҳои тағйирёбии суръати хунуқшавӣ аз ҳарорат, барои намунаҳо аз хӯлаи ноқилии алюминийи AlTi0.1 (1) бо барий, вазн %: 0.01% (2); 0.05% (3); 0.1% (4); 0.5% (5) ва эталон (Al A5N).

Бо истифодаи ин суръатҳои хунуқшавии намунаҳо аз рӯи муодилаи (1) иқтидори гармии хоси хӯлаи алюминийи AlTi0.1 бо барий ва эталон ҳисоб карда шуд. Натиҷаҳо пас аз 100 K дар ҷадвали 2 ва расми 4 оварда шудаанд. Иқтидори гармии хӯлаи алюминийи AlTi0.1 бо баланд шудани ҳарорат меафзояд ва аз концентратсияи барий кам мешавад. Арзишҳои гармии бадастомада барои алюминийи махсусан тоза (эталон) бо маълумоти дар дастури [30] овардашуда мувофиқат мекунанд.

Чадвали 1 – Арзиши коэффициентҳои  $a, b, p, k, ab, pk$  дар муодилаи (3) барои хӯлаи алюминийи ноқилии AlTi0.1 бо барий ва эталон (Al A5N)

Миқдори барий дар хӯла, вазн%	$a, K$	$b \cdot 10^{-3}, c^{-1}$	$p, K$	$k \cdot 10^{-4}, c^{-1}$	$a \cdot b, Kc^{-1}$	$pk \cdot 10^{-2}, K \cdot c^{-1}$
0.0	495,45	4,94	321,62	2,24	2,45	7,20
0.01	495,59	4,94	326,38	2,20	2,45	7,17
0.05	495,13	4,94	327,78	2,21	2,45	7,24
0.1	495,30	4,94	325,39	2,22	2,45	7,22
0.5	495,24	4,94	323,45	2,24	2,45	7,23
Эталон	495,26	4,94	319,82	2,26	2,45	7,24

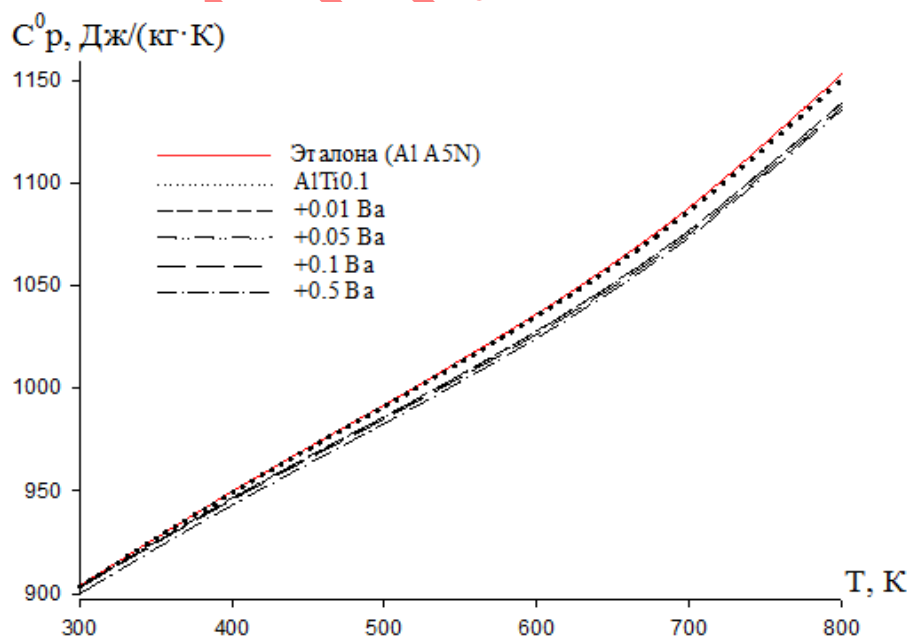
Чадвали 2 – Вобастагии ҳарорати иқтидори гармии хос ( $C_p$ /(кг·К)) барои хӯлаи ноқилии алюминийи AlTi0.1 бо барий ва эталон (Al A5N)

Миқдори барий дар хӯла, вазн%	Т, К					
	300	400	500	600	700	800
0.0	903,33	949,02	991,11	1035,04	1086,25	1150,21
0.01	903,26	946,48	986,24	1027,99	1077,15	1139,16
0.05	902,98	946,20	985,96	1027,71	1076,87	1138,89
0.1	902,63	945,55	985,02	1026,46	1075,32	1137,04
0.5	899,84	943,06	982,83	1024,57	1073,74	1135,75
Эталон	903,70	949,58	991,97	1036,35	1088,21	1153,00

Пас аз гузаронидани регрессияи полиномӣ муодилаи умумии зерин ба даст оварда шуд, ки вобастагии ҳарорати гармии хоси хӯлаи алюминийи AlTi0.1 бо барийро тасвир мекунад

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3. \quad (4)$$

Арзиши коэффициентҳои  $a, b, c, d$  дар муодилаи (4) дар чадвали 3 оварда шудаанд.



Расми 4 – Вобастагии ҳарорати иқтидори гармии хӯлаи алюминийи ноқилии AlTi0.1 бо барий, вазн%: 0.01% (2); 0.05% (3); 0.1% (4); 0.5% (5) ва эталон (Al A5N).

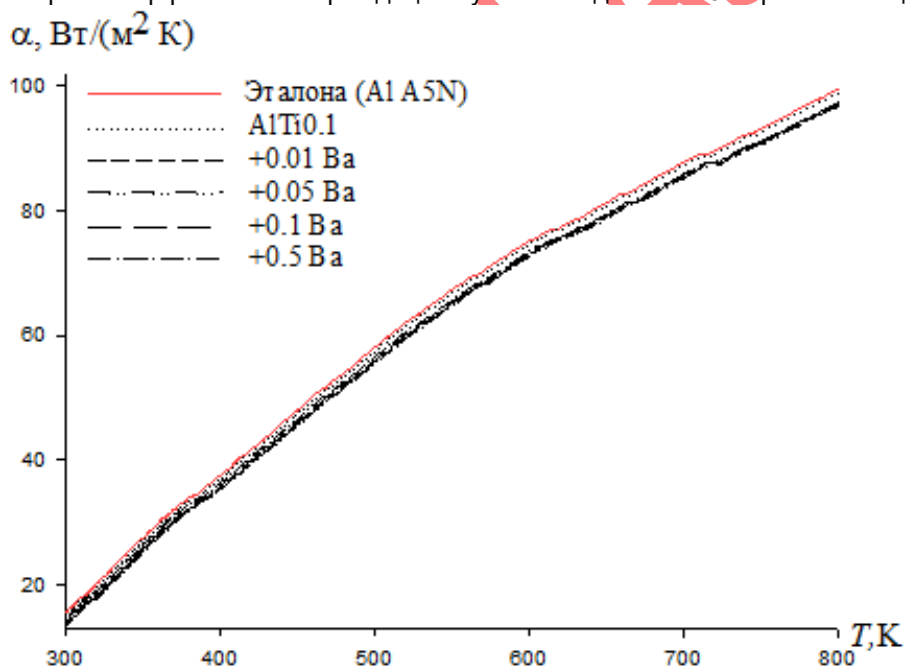
Ҷадвали 3 – Арзиши коэффитсиентҳои  $a, b, c, d$ , дар муодилаи (4) хӯлаи алюминийи ноқилии AlTi0.1 бо барий ва эталон (Al A5N)

Миқдори барий дар хӯла, вазн%	$a$ , Ҷ/(кг·К)	$b$ , Ҷ/(кг·К <sup>2</sup> )	$c \cdot 10^{-4}$ , Ҷ/(кг·К <sup>3</sup> )	$d \cdot 10^{-7}$ , Ҷ/(кг·К <sup>4</sup> )	Коэффитсиенти коррелятсия R <sup>2</sup>
0.0	690.11	1.01	-12,7	9,08	0.9999
0.01	698.49	0,98	-12,6	9,06	0.9998
0.05	698.22	0,98	-12,6	9,06	0.9998
0.1	698.76	0,98	-12,6	9,06	0.9998
0.5	695.08	0,98	-12,6	9,06	0.9998
Эталон	690.35	1.01	-12,7	9,13	1,0

Бо истифода аз арзишҳои гармидиҳии хос ва суръати хунукшавии намунаҳои коэффитсиенти гармидиҳии хӯлаи алюминийи AlTi0.1 бо барий аз рӯи муодилаи зерин ҳисоб карда шуд

$$\alpha_T = \frac{C_p^0 m \frac{dT}{d\tau}}{(T - T_0)S}, \quad (5)$$

инҷо  $T$  и  $T_0$  – ҳарорати намуна ва муҳити атроф;  $S, m$  – масоҳати сатҳ ва вазни намуна. Вобастагии ҳароратии коэффитсиенти гармидиҳии хӯлаи алюминийи ноқилии AlTi0.1 бо барий дар расми 5 оварда шудааст. Мушоҳида мешавад, ки иловаи барий коэффитсиенти гармидиҳии хӯлаи ибтидоии AlTi0.1-ро каме коҳиш медиҳад.



Расми 5 – Вобастагии ҳароратии коэффитсиенти гармидиҳии хӯлаи алюминийи ноқилии AlTi0.1 бо барий, вазн%: 0.01% (2); 0.05% (3); 0.1% (4); 0.5% (5) ва эталон (Al A5N).

Ҳангоми ҳисоб кардани вобастагии ҳарорати тағйирёбии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс аз рӯи (6)-(8) муодилаи (4)-ро истифода бурданд:

$$[H^0(T) - H^0(T_0)] = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4), \quad (6)$$

$$[S^0(T) - S^0(T_0)] = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3), \quad (7)$$

$$[G^0(T) - G^0(T_0)] = [H^0(T) - H^0(T_0)] - T[S^0(T) - S^0(T_0)], \quad (8)$$

где  $T_0 = 298.15$  К.

Натиҷаҳои ҳисоб кардани вобастагии ҳарорати тағйирёбии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс аз рӯи (6)-(8) барои ҳулаи алюминийи AlTi0.1 бо барий дар ҷадвали 4 оварда шудааст.

Ҷадвали 4 – Вобастагии ҳарорати тағйирёбии энталпия энтропия ва энергияи Гиббс барои ҳулаи алюминийи ноқилии AlTi0.1 бо барий ва эталон (Al A5N)

Миқдори барий дар ҳула, вазн%	$[H^0(T) - H^0(T_0^*)]$ , кДж/кг барои ҳулаҳо					
	Т.К					
	300	400	500	600	700	800
0.0	1,6703	94,3405	191,3547	292,6241	398,6054	510,2997
0.01	1,6702	94,2085	190,8509	291,5236	396,6963	507,3826
0.05	1,6697	94,1801	190,7946	291,4393	396,5842	507,2426
0.1	1,6690	94,1296	190,6642	291,1991	396,2041	506,6926
0.5	1,6639	93,8604	190,1609	290,4918	395,3227	505,6672
Эталон	1,6709	94,3869	191,4710	292,8481	398,9913	510,9213
	$[S^0(T) - S^0(T_0)]$ , кДж/(кг · К) барои ҳулаҳо					
0.0	0,0056	0,2719	0,4881	0,6726	0,8359	0,9850
0.01	0,0056	0,2715	0,4869	0,6704	0,8324	0,9801
0.05	0,0056	0,2714	0,4868	0,6702	0,8322	0,9799
0.1	0,0056	0,2713	0,4865	0,6697	0,8315	0,9789
0.5	0,0055	0,2705	0,4852	0,6680	0,8295	0,9768
Эталон	0,0056	0,2719	0,4884	0,6731	0,8367	0,9860
	$[G^0(T) - G^0(T_0^*)]$ , кДж/кг барои ҳулаҳо					
0.0	-0,0052	-14,406	-52,732	-110,988	-186,565	-277,708
0.01	-0,0052	-14,393	-52,644	-110,730	-186,019	-276,745
0.05	-0,0052	-14,388	-52,628	-110,697	-185,964	-276,665
0.1	-0,0052	-14,381	-52,598	-110,625	-185,830	-276,445
0.5	-0,0051	-14,339	-52,450	-110,328	-185,350	-275,761
Эталон	-0,0052	-14,412	-52,759	-111,054	-186,690	-277,922

## Хулоса

Ҳангоми гузаронидани тадқиқоти вобастагии ҳарорати иқтидори гармии ҳулаи алюминийи ноқилии AlTi0.1 бо барий муайян карда шудааст, ки бо баланд шудани ҳарорат, иқтидори гармӣ, коэффитсиенти гармидиҳӣ, энталпия ва энтропияи ҳулаҳо меафзояд ва бо зиёд шудани миқдори барий дар ҳулаи - кам мешавад. Энергияи Гиббс бо афзоиши ҳарорат кам мешавад ва бо концентратсияи барий - зиёд мешавад.

Рецензент:

## Адабиёт

1. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники: учебник, 5-е изд. СПб.: Лань, 2003. 368 с.
2. Петрова Л.Г., Потапов М.А., Чудина О.В. Электротехнические материалы: Учебное пособие. МАДИ (ГТУ). М., 2008. 198 с.
3. Totten, G. E. Handbook of Aluminium / G. E. Totten, D. S. MacKenzie. – New York: Marcel Dekker, 2003. – 1298 с.
4. Murashkin, M. Y. и др. Enhanced mechanical properties and electrical conductivity in ultrafine-grained Al alloy processed via ECAP-PC / M. Yu. Murashkin, I. Sabirov, V. U. Kazykhanov, E. V. Bobruk, A. A. Dubravina, R. Z. Valiev // Journal of Materials Science. – 2013. – Т. 48. – №. 13. – С. 4501–4509.
5. Valiev, R. Z. и др. A nanostructural design to produce high-strength Al alloys with enhanced electrical conductivity / R. Z. Valiev, M. Yu. Murashkin, I. Sabirov // Scripta Materialia. – 2013. – Т. 76. – С. 13–16.



6. McKenzie, P. W. J. и др. ECAP with back pressure for optimum strength and ductility in aluminium alloy 6016. Part 2: Mechanical properties and texture / P. W. J. McKenzie, R. Lapovok // *Acta Materialia*. – 2010. – Т. 58. – №. 9. – С. 3212–3222.
7. Valiev, R. Z. и др. Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation / R. Z. Valiev, R. K. Islamgaliev, I.V. Alexandrov // *Progress in Materials Science*. – 2000. – Т. 45. – №. 2. – С. 103–189.
8. Witkin, D. B. и др. Synthesis and mechanical behavior of nanostructured materials via cryomilling / D. B. Witkin, E. J. Lavernia // *Progress in Materials Science*. – 2006. – Т. 51. – №. 1. – С. 1–60.
9. Zhilyaev, A. P. и др. Using high-pressure torsion for metal processing: Fundamentals and applications / A. P. Zhilyaev, T. G. Langdon // *Progress in Materials Science*. – 2008. – Т. 53. – №. 6. – С. 893–979.
10. Valiev, R. Z. и др. Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement / R. Z. Valiev, T. G. Langdon // *Progress in Materials Science*. – 2006. – Т. 51. – №. 7. – С. 881–981.
11. Bobruk, E. V. и др. Aging behavior and properties of ultrafine-grained aluminum alloys of Al–Mg–Si system / E. V. Bobruk, M. Y. Murashkin, V. U. Kazykhanov, R. Z. Valiev // *Reviews on Advanced Materials Science*. – 2012. – Т. 31. – С. 109–115.
12. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1984. 282 с.
13. Zhang L., Palm M., Stein F., Sauthoff G. Formation of lamellar microstructures Al-rich TiAl alloys between 900 to 1100 °C // *Journal of Intermetallics*. 2001. Vol. 9. P. 229–238.
14. Palm M., Zhang L., Stein F., Sauthoff G. Phase and phase equilibria in the Al-rich part of the Al–Ti system above 900 °C // *Journal of Intermetallics*. 2002. Vol. 10. No. 6. P. 523–540.
15. Nakano T., Negishi A., Hayashi K., Umakoshi Y. Ordering process of Al<sub>5</sub>Ti<sub>3</sub>, h-Al<sub>2</sub>Ti and r-Al<sub>2</sub>Ti with FCC-base long-period superstructures in rapid solidified Al-rich TiAl alloys // *Journal of Acta Materialia*. 1999. Vol. 47. No. 4. P. 1091–1104.
16. Witusiewicz V.T., Bondar A.A., Hecht U. et al. The Al–B–Nb–Ti system. III. Thermodynamic reevaluation of the constituent binary system Al–Ti // *Journal of Alloys and Compounds*. 2008. Vol. 465. No. 1–2. P. 64–77.
17. Киров С.А., Козлов А.В., Салецкий А.М., Харабадзе Д.Э. Измерение теплоемкости и теплоты плавления методом охлаждения / М.:ООП. Физ. фак-т МГУ. 2012. 23 с.
18. Булкин П.С., Попова И.И. Общий физический практикум: молекулярная физика: учеб. пособ. / М.: Изд-во МГУ. 1988. С. 52–60.
19. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: учеб. пособ. / М.: Бином. Лаборатория знаний. 2010. 368 с.
20. Сивухин Д.В. Общий курс физики: в 5 т. Т.2. Термодинамика и молекулярная физика / М.: Физматлит. 2006. 544 с.
21. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Молекулярная физика / СПб.: Лань. 2008. 484 с.
22. Ганиев И.Н., Файзуллоев Р.Дж., Зокиров Ф.Ш., Ганиева Н.И. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций алюминиевого проводникового сплава AlTi<sub>0.1</sub> со стронцием // *Теплофизика высоких температур*. Т. 61. №3. 2023. С. 376–381.
23. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Сангов М.М., Иброхимов Н.Ф. Влияние кальция на температурную зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АК12М2 // *Теплофизика высоких температур*. 2018. Т. 56. № 6. С. 867–872.
24. Ганиев И.Н., Файзуллоев Р.Дж., Зокиров Ф.Ш., А.Г. Сафаров Влияние кальция на удельную теплоемкость и изменений термодинамических функций алюминиевого проводникового сплава AlTi<sub>0.1</sub> // *Известия вузов. Материалы электронной техники*. 2023. Т. 26. № 1. С. 76–84. <https://doi.org/10.17073/1609-3577-2023-1-76-84>
25. Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р., Якубов Ю.С., Кабутов К. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплава Al+4,5 %Fe, легированного оловом // *Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия*. 2019. № (1). С. 50–58.
26. Ganiev I.N., Zokirov F.Sh., Sangov M.M., Ibrokhimov N.F. Effect of Calcium on the Temperature Dependence of the Heat Capacity and Thermodynamic Function Variability of the AK12M2 Alloy // *High Temperature*. 2018. Vol. 56. No. 6. P. 867–872.
27. Ганиев И.Н., Отаджонов С.Э., Иброхимов Н.Ф., Махмудов М. Температурная зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АК1М2, легированного барием // *Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники*. 2018. Т. 21. № 1. С. 35–42.

28. Герашенко Ю.А., Гордов А.Н., Лах Р.И., Ярышев Н.Я. Температурные измерения // Справочник. Киев: Наукова думка. 1984. 495 с.

29. Гортышов Ю.Ф., Дресвянников Ф.Н., Иднатулин Н.С. Теория и техника теплофизического эксперимента // М.: Энергоатомиздат. 1993. 448с.

30. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах / Справ. изд. М.: Metallurgia, 1984. 384 с.

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

TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович Академики АМИТ, доктори илмҳои химӣ, профессори кафедраи “Технологияи истехсолоти химиявӣ”	Ганиев Изатулло Наврузович Академик Национальной академии наук Таджикистана, д.х.н., профессор кафедры «Технология химического производства»	Ganiev Izatullo Navruzovich Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemical Production Technology
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik technical university named after Akademician M S. Osimi
e-mail: <a href="mailto:ganiev48@mail.ru">ganiev48@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Зокиров Фуркатшоҳ Шахриёровиҷ	Зокиров Фуркатшоҳ Шахриёровиҷ	Zokirov Furkatshoh Shahriyorovich
к.т.н., доцент кафедры «Физика»	к.т.н., доцент кафедры «Физика» ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	Candidat of engineering sciences, Associate Professor
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik technical university named after akademician M S. Osimi
e-mail: <a href="mailto:Zokirov090514@mail.ru">Zokirov090514@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Файзуллоев Рустам Чалилович Омузгори калон	Файзуллоев Рустам Джабаровиҷ Старший преподаватель	Faizulloev Rusam Jalilovich Senior lecturer
Донишкадаи энергетикӣ Тоҷикистон	Института энергетикӣ Таджикистана	Institute of energy Tajikistana
e-mail: <a href="mailto:faizulloev_r@mail.ru">faizulloev_r@mail.ru</a>		

## ТАДҚИҚОТИ ТАҶРИБАВИИ РАВАНДИ ХОТИМАКОРИИ АБРАЗИВИИ МАРКАЗГУРЕЗ

**И. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев, Т.А. Хоҷаев**

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар кори мазкур тадқиқоти таҷрибавии раванди хотимақори (доводка) масолеҳ дар дастгоҳи абразивии марказгурез, бо муайян намудани дақиқии шакли сатҳи қори асбоби соишдиҳанда (притир) ва маҳсулнокии коркарди масолеҳ оварда шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** коркарди хотимақорӣ (доводка), қабати зиёдати масолеҳ, асбоби соишдиҳанда (притир), сепаратор, абразив.

### EXPERIMENTAL STUDY OF THE CENTRIFUGAL ABRASIVE PLATING PROCESS

**I. Mirzoaliev, A.I. Mirzoaliev, T.A. Khojaev**

The paper investigates the process of centrifugal-abrasive lapping and determines the accuracy of the shape of the lapping working surface and the productivity of parts processing.

**Key words:** finishing, allowance, lapping, separator, abrasive.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ АБРАЗИВНОЙ ДОВОДКИ

**И. Мирзоалиев, А.И. Мирзоалиев, Т.А. Ходжаев**

В работе исследован процесс центробежно-абразивной доводки и определены точность формы рабочей поверхности притира и производительность обработки деталей.

**Ключевые слова:** доводка, притир, притир, сепаратор, абразив.

Коркарди хотимақорӣ (доводка) тарзи бисёр маъмули усули ниҳоии коркарди тозақорӣ ба ҳисоб меравад. Коркарди хотимақорӣ метавонад дастӣ ё механикӣ иҷро карда шавад. Маҳсулноқӣ ва сифати хотимақорӣ механикӣ ба ҳисоби миёна, тахминан 3-4 маротиба аз меҳнати дастӣ баландтар мебошад. Амалиёти коркарди хотимақорӣ вобаста аз қабати зиёдати масолеҳ барои коркарди хомакӣ (черновой), аз 0,02 то 0,05 мм ба як тараф, барои коркарди тозақорӣ аз 0,005 то 0,003 мм ва барои коркарди қабати тунук аз 0,003 то 0,001 мм-ро ташкил менамояд.

Ноҳамвории миёнаи арифметиқии шахшӯлии сатҳ баъд аз коркарди хомакӣ ба  $Ra=0,32\pm 0,08$  мкм, баъд аз коркарди тозақорӣ  $Ra=0,16\pm 0,04$  мкм ва баъди коркарди тунук  $Ra=0,1\pm 0,04$  мкм-ро баробар мешавад. Ҳангоми коркарди хотимақорӣ ба сифати асбоби буранда – асбоби соишдиҳандаро истифода менамоянд. Асбоби соишдиҳанда бештар аз чӯяни хокистарранг бо сохти ферритӣ, перлитӣ, бо тарқиби перлитуи ферритӣ, биринҷӣ ва мисӣ истеҳсол мешаванд. Дар тадқиқоти мазкур ба сифати масолеҳи асбоби соишдиҳанда, чӯяни хокистарранги тамғаҳои СЧ15 ва СЧ20 бо сахтии НВ100-200 истифода шудааст.

Дар муқоиса ва таҳлил намудани вариантҳои гуногуни нақшаи кинематиқии раванди коркарди хотимақорӣ, мо ба хулосае омадем, ки шартҳои асосии ноил шудан ба дақиқии баланди коркарди чузъҳои қомилан дақиқ, нақшаи кинематиқие, ки дар он чузъҳои цилиндриқии 1 бояд дар қовоқиҳои сепаратори 2 ҷойгир бошанд, истифода шавад. Барои он, ки даврзании чузъи цилиндриқии 1 дар атрофи меҳвари худ ба амал ояд, бояд ба сепаратор ҳаракати баргарданда-пешравандаро ҳамчун бо чузъҳо бо зудии  $\omega_{\text{двх}}$ , ҳамчунин ҳаракати даврзанандаро дар атрофи меҳвари худ бо зудии  $\omega_{\text{сеп}}$ -ро таъмин намоем.

Коркарди хотимақорӣ дар ин ҳолат, ҳангоми беҳаракат будани соишдиҳанда иҷро намудан мумкин аст (рисми 1а). Самти даврзании ҳамчун сепаратор ва соишдиҳанда, ё ин ки ба самти муқобил ҳаракат намудани онҳо дар расми 2а нишон дода шудааст. Ҳангоми даврзании соишдиҳанда ва сепаратор ба як самт, зарур аст, ки шартҳои  $\omega_{\text{пр}} \neq \omega_{\text{сеп}}$ , иҷро шавад.

Ҳангоми ҳамчун коркард намудани чузъҳо, бештар бояд шартҳои зерин иҷро шавад:

$$m_{\text{сеп}} + n m_{\text{дет}} > m_{\text{пр}} \quad (1)$$

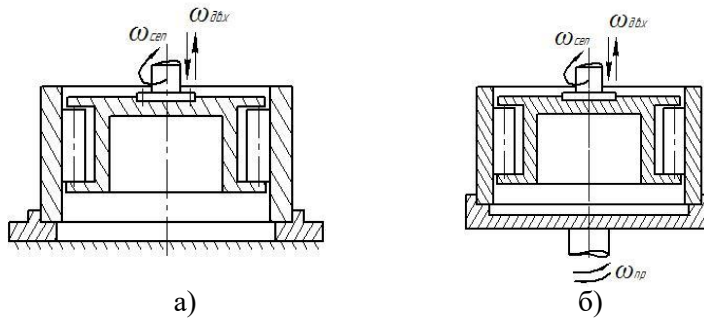
дар инҷо  $m_{\text{сеп}}$  – массаи сепаратор,  $n$  – шумораи чузъҳои ҳамчун коркардшаванда,  $m_{\text{дет}}$  – массаи як чузъ,  $m_{\text{пр}}$  – массаи соишдиҳанда.

Дар ҳоле, ки соишдиҳанда ҳаракати баргарданда-пешравандаро иҷро менамояд ва ҳамчун бо сепаратор давр мезанад, сепаратор бошад бо чузъҳои коркардшаванда танҳо ҳаракати даврзанандаро иҷро менамояд. Дар ин ҳолат суръати даврзанӣ ва лағжиши нуқтаҳои чузъ дар хатти расиш бо соишдиҳанда, ба суммаи геометрии суръати онҳо, дар ҳар як ҳаракати номбаршуда баробар мешавад. Дар ин ҳолат, қувваҳои марказгурез чузъҳои коркардшавандаро ба сатҳи болоии соишдиҳанда бо фишор зер менамояд.

Қувваи ба чузъҳои коркардшаванда фишордиҳандаро бо ёрии формулаи зерин, муайян намудан мумкин аст:

$$F_{\text{дет}} = m_{\text{дет}} \omega_{\text{сеп}}^2 R_{\text{сеп}}, \quad (2)$$

дар инҷо  $m_{дет}$ -массаи як дона чузъ;  $\omega_{сеп}$ -суръати кунҷии даврзании сепаратор;  $R_{сеп}$ - масофа аз маркази даврзании сепаратор, то маркази массаи (тӯдаи) чузъҳо.



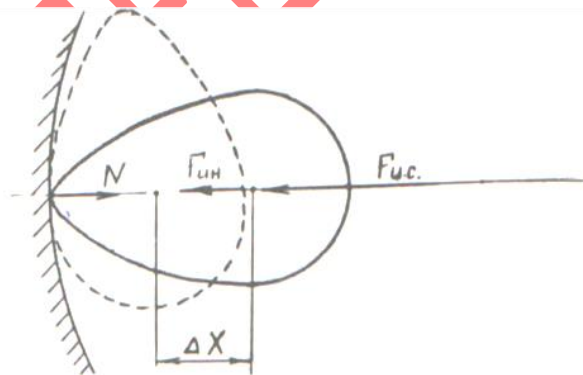
Расми 1 – Нақшаи кинематикии раванди хотимақории абразивии марказгурез: ҳангоми беҳаракат будани асбоби соишдиҳанда ( а) ва дар ҳолати даврзании асбоби соишдиҳанда ( б).

Қувваи фишороваранда, дар ин ҳолат, аз шумораи чузъҳои ҳамчоя қорқардшаванда вобастагӣ надорад. Аммо дар раванди соишдиҳӣ, дар дастгоҳи дудискаи ҳамворсоишдиҳанда ин шарт иҷро намегардад. Аз ҳисоби соиш бо девори соишдиҳанда, чузъҳо гирди меҳвари худ, бо суръати кунҷии  $\omega_{дет}$  давр мезананд. Суръати кунҷии даврзании чузъҳо  $\omega_{дет}$ -ро бо тағйирдиҳии таносуби суръатҳои  $\omega_{сеп}$  ва  $\omega_{пр}$  ба танзим овардан мумкин аст.

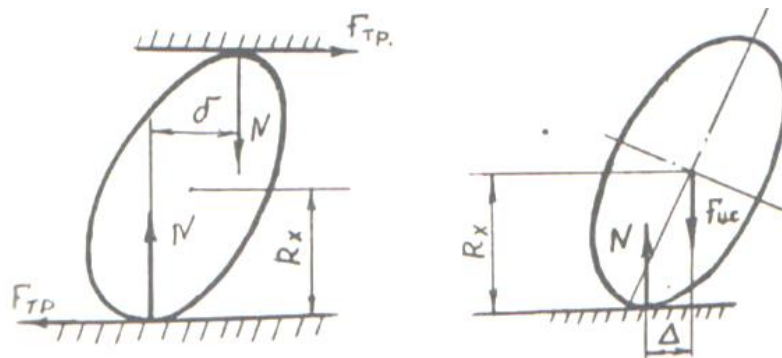
Механизмҳои тасҳеҳи номудааварӣ, ҳангоми соишдиҳии марказгурез ва ҳангоми соишдиҳии бо истифодаи дастгоҳҳои дудискаро бо ҳам муқоиса менамоем. Дар ҳолати соишдиҳии марказгурез, тасҳеҳи номудааварӣ бо он муайян карда мешавад, ки мавҷудияти иштибоҳи шакл, ҳамзамон бо тағйирёбии мавқеи маркази массаи чузъҳои қорқардшаванда ба вучуд меояд, ки дар натиҷа фишори нисбӣ ба хатти таъсири алоқа, тағйир меёбад. Агар иштибоҳи шакли барҷастагиро дошта бошад, фишори васлӣ (алоқавӣ) теъдодан зиёд мегардад, аммо вақте ки иштибоҳи шакли фуруҳамидагиро дошта бошад фишори васлӣ кам мешавад. Дар натиҷаи тағйирёбии фишори васлӣ (алоқавӣ), бузургии тарошидашавии қабати металл низ тағйир меёбад, ки ин ба ислоҳшавии хатоии шакли чузъ оварда мерасонад.

$$N - F_{ин} - F_{ц,с} = 0 \quad (2)$$

дар инҷо  $N$ -қувваи баробар таъсиркунанда, ки аз тарафи соишдиҳанда равона шудааст;  $F_{ин}$  – қувваи инерсия;  $F_{ц,с}$ - қувваи марказгурез.



Расми 2 – Таъсири ҳамҷояи “чузъ- ва асбоби соишдиҳанда” ҳангоми қорқард бо тарзи хотимақории абразивии марказгурез.



Расми 3 – Нақша барои муайян намудани ҳолати алвонҷхӯрӣ ҳангоми қорқард дар дастгоҳи дудиска ( а) ва усули хотимақории абразивии марказгурез ( б).

$F_{ин}$  – қувваи инерсионӣ қуввае, ки дар натиҷаи микроҷойивазкунии масолеҳ ба вучуд меояд. Аз ифодаи (1)  $N=F_{ц.с}+F_{ин}$  ҷойивазкунии марказро бо тири  $\Delta X$  ишора менамоем:

$$F_{ин} = m_{дет} \Delta X \quad (3)$$

$\Delta X$ - шитоби марказии массаи чузъҳо, дар натиҷаи микроҷойивазкунии онҳо ба амал омада.

Мўҳлати як маротиба давр задани чузъҳо:

$$t_{об} = t_{об} = \frac{2\pi}{\omega_{дет}}$$

дар инҷо  $\omega_{дет}$  - зудии даврзании чузъ мебошад.

Дарозмуддати микроҷойивазкунии  $t_{м.пр}$ , ки аз хусусияти носаҳеҳии шакл вобастагӣ дорад.

Ҳангоми байзашакл будани чузъ:

$$t_{м.пр} = \frac{\pi}{2\omega_{дет}}, \quad \text{зеро ки } \Delta X = \frac{2\Delta X}{t_{м.пр}^2}$$

$$F_{ин} = m_{дет} \frac{2\Delta X}{t_{м.пр}^2}, \quad \text{ҳангоми } t = \frac{\pi}{2\omega_{дет}}$$

$$F_{ин} = \frac{m_{дет} 2\Delta X}{\left(\frac{\pi}{2\omega_{дет}}\right)^2} = \frac{8\omega_{дет}^2 m_{дет} \Delta X}{\pi^2}$$

аз инҷо:

$$N = m_{дет} \times \omega^2_{сеп \times R_{пр \pm}} m_{дет} \frac{8\omega_{дет}^2 \Delta X}{\pi^2} = m_{дет} \left( \omega^2_{сеп \times R_{пр}} \pm \frac{8\omega_{дет}^2 \Delta X}{\pi^2} \right) \quad (4)$$

Ҳангоми иштибоҳи сатҳ ба намуди барҷастагӣ баробарии (4) аломати мусбат (+), мегирад;

Ҳангоми иштибоҳи сатҳ ба намуди фуруҳамидагӣ бошад баробарии (4) аломати манфӣ (-), мегирад;

Истифодабарии номудавварӣ ҳангоми коркарди хотимақории чузъҳо бо истифодаи дастгоҳҳои дудиска, бо он ба даст оварда мешавад, ки ҳангоми даврзании чузъҳо дар ковокии сепаратор аз ҳисоби инертнокии соишдиҳандаи болоӣ бо массаи -  $m_2$ , ҳангоми иштибоҳи ибтидоӣ доштани чузъ дар муддати кўтоҳ тағйирёбии фишори васлӣ –  $N$  ва дар навбати худ бузургии қабати тарошидашаванда ба вучуд меояд.

Ҳангоми ҷойгир шудани чузъҳо дар байни соишдиҳандаи болоӣ ва поёнӣ, ки бо суръати кунҷии муайян давр мезананд, аз таносуби суръати соишдиҳандаи болоӣ ва поёнӣ вобастагӣ доранд (рисми 3). Дар ин ҳолат шартҳои лаппиши чузъҳоро чунин навиштан мумкин аст:

$$F_{тр} \times R_x > \delta \times N \quad (5)$$

Чӣ тавре, ки аз баробарии (5), дида мешавад дар баробари дигар омилҳо, ба устувории даврзании чузъҳо иштибоҳи шакли чузъ низ таъсир мерасонад. Чӣ қадаре, ки иштибоҳи шакл зиёд бошад, ҳамон қадар тобхўрии баробари чузъҳоро гирди ҳамдигар таъмин намудан душвор аст. Дар ҳолати соишдиҳии марказгурез, ҳангоми як хел будани қиматҳои иштибоҳи шакл талаботи таъмини чунбишро чунин навиштан мумкин аст:

$$F_{тр} \times R_x > N \times \Delta, \quad \text{где } \Delta = \delta/2 \quad (6)$$

Чӣ тавре, ки аз баробарии (6) дида мешавад таъсири иштибоҳи шакл ба устувории даврзании ҳангоми соишдиҳии марказгурез, назар ба соишдиҳӣ дар дастгоҳи дудиска 2 маротиба камтар аст.

Ҳангоми коркарди абразивии хотимаӣ, ташакулёбии андозаҳои раванди коркард бо шумораи зиёди омилҳо муайян карда мешавад, ба монанди: намуди масолеҳи абразивӣ ва моеъи истифодашаванда, фишори нисбӣ, мустаҳкамии маводи асбоби соишдиҳанда ва чузъ, таносуби суспензия бо таркиби моеъ ва саҳт, дақиқии шакли сатҳи болоии асбоби соишдиҳанда ва чузъҳо, гуногунии андозаи чузъҳои коркардшаванда, пеш аз соишдиҳӣ, таносуби дарозии сатҳҳои намуна ва асбоби соишдиҳанда. Омилҳои таъсиркунанда, метавонанд идорашаванда, ё ин ки идоранашаванда бошанд. Масалан, мустаҳкамии меасолеҳи асбоби соишдиҳанда ва чузъ, таносуби андозаҳои сатҳҳои коркардшаванда ва асбоби соишдиҳанда, ки онҳоро дар давоми коркард тағйир додан иқоннопазир мебошад, дар ин ҳолат, аҳамияти махсус ба омилҳои идоракунанда дода мешавад, зеро тавассути ин омилҳо имконияти назорат намудани раванди коркард ба амал меояд. Маҳз аз ҳисоби тағйирёбии чунин омилҳо андозаҳои равандро ба коркард муносиб намудан мумкин аст.

Ҳангоми коркарди хотимақории марказгурез, чунин омилҳо дида мешаванд: қувваи фишороварӣ ба чузъ ва сатҳи кории асбоби соишдиҳанда; шакл ва дончаҳои абразив; давомнокии коркард; суръат ва амплитудаи ҳаракатҳои баргарданда-пешраванда.

Бо мақсади муайян намудани дараҷаи таъсири ҳар яке аз ин омилҳо, ба раванди коркард ва дар ин ҳолат муайян намудани омилҳои муҳими ба раванд таъсиркунанда, як қатор таҷрибаҳои санҷишӣ гузаронида шуданд, ки ҳангоми иҷрои онҳо, бидуни омилҳои санҷидашаванда дигар омилҳо бе тағйир - доимӣ гузошта шуданд.



Дар расми 4 графика вобастагии бузургии тарошидашавии чузъ ва камшавии номуддавари он, дар муқоиса ба номуддавари ибтидоӣ, ҳангоми яхела будани омилҳои таҷрибавӣ оварда шудааст 2.

Бузургии сатҳи тарошидашуда 1 бо роҳи ченкунии андозаи диаметри чузъ то коркард ва пас аз коркард муайян карда мешавад. Камшавии номуддавари чузъ, нисбат ба номуддавари ибтидоӣ 2 бо роҳи муайян намудан, боҳо додан ба номуддавари то коркард ва пас аз коркард гузаронида мешавад.

Номуддавари ибтидоӣ:

$$\delta = 100 \left( 1 - \frac{\delta_{\text{обр}}}{\delta_{\text{и}}} \right) \quad (7)$$

дар инҷо  $\delta_{\text{обр}}$  – номуддавари пас аз коркард.

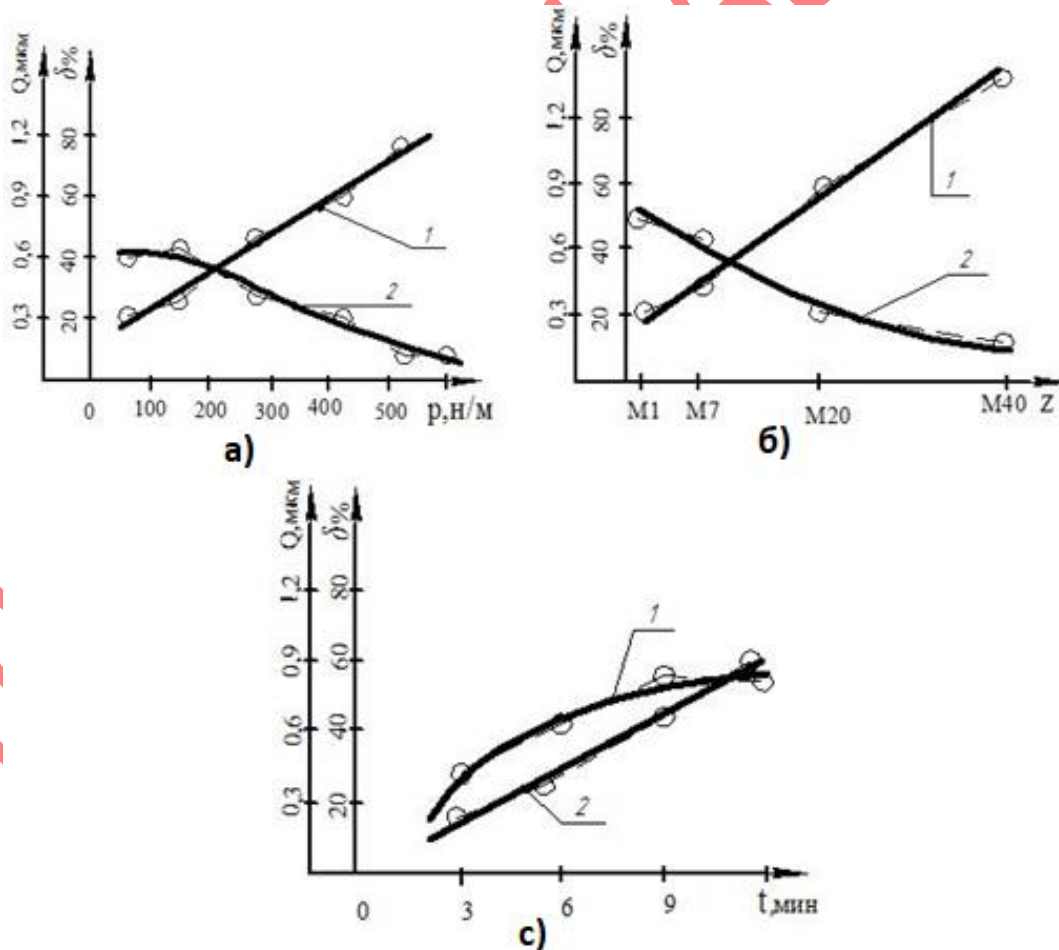
Таҳқиқҳои таҷрибавӣ ҷустуҷуй, дар қиматҳои доимӣ ва тағйир наёфтани омилҳои зерин гузаронида шудааст:

- давомнокии коркард –  $t_{\text{обр}}$  – дар дақиқа;
- суръати ченкуни дар ҳаракати пешравандаи мутараққӣ - 0,05м/сон.,
- маҳлули абразивӣ - электрокорунди сафед М7;
- қувваи фишоровари чузъҳо, ба сатҳи болоии асбоби соашдиҳанда -  $P=300$  н/м.
- қиматҳои омилҳои тағйирёбанда.

Таҳлили маълумоти таҷрибавӣ нишон медиҳад, ки ба раванди коркард, таъсири қатъӣ ва муҳимро, омилҳои зерин расонида метавонанд:

Р-қувваи фишоровари чузъҳо ба сатҳи соашдиҳанда (расми 4а), андозаи дончаҳои масолеҳи абразивӣ (расми 4б), давомнокии коркард (расми 4с).

Таъсири амплитудаи лаппиш ба маҳсулнокии раванд ва дақиқии коркард хеле хурд аст, ки ин имконият медиҳад, дар оянда ҳангоми омӯзиши раванд, таъсири омилро ба эътибор нагирем.



Расми 4 – Графики вобастагии бузургиҳои  $P$ ,  $Z$ ,  $T$ .

а) Графики вобастагии бузургии соиш, аз фишоровари исканҷаи чузъ ба сатҳи болоии, б) Графики вобастагии бузургии тарошидашаванда (соиш) вобаста аз андозаи дончаи масолеҳи абразивӣ соашдиҳанда; с) Графики вобастагии бузургии тарошидашаванда аз муддати тӯлони коркард.

## Хулоса

Ҳангоми дар дастгоҳи абразивии марказгурез барои таъмини сифати маҳсулоти коркардшаванда иҷро намудани коркарди натиҷавии сатҳи болои масолеҳҳо, хеле муфид аст, зеро коркарди хотимаӣ, ки асосан масолеҳҳои барои протсезионӣ мебошанд, яъне дақиқиашон ниҳоят баланд ҳам аз ҷиҳати маҳсулноӣ ва иқтисодӣ ғоидавар мебошанд. Чунки, чунин намуди коркард бо истифодаи усули дастӣ, вақти зиёдеро талаб менамояд, вале бо истифодаи чунин дастгоҳ дар муддати кӯтоҳ, бо сифати баланд иҷро намудан мумкин аст, ҳамзамон дастгоҳи дудискаи соишдиҳандаро истифода намудан мумкин аст, ки тозагии сатҳи болоии масолеҳро то ду маротиба суфтатар менамояд.

*Муқарриз: Иброҳимов Х.И. –д.и.т., профессор, декани факултети “Технология ва дизайн”-и Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон*

## Адабиёт

1. Беляев, З.С. Механическое притирание поверхностей. / З.С. Беляев // «Вестник машиностроения» №8, 1952.- 18с.
2. Дудко, П.Д. Исследование процесса доводки стальных цилиндрических деталей свободным абразивом с осциллирующим движением притира. Автореферат канд. техн. наук. 05.03.01./ П.Д. Дудко.– Харьков, 1969. – 20 с.
3. Лурье, Г.Б. Основы технологии абразивной доводочно-притирочной обработки. / Г.Б. Лурье В.В. Масловский - М., "Высшая школа", 1973.
4. Шегал, М.Я. Доводка измерительных инструментов. / М.Я.Шегал - М:Машгиз,1947.

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

TJ	RU	EN
Мирзоалиев Исроил н.и.т., дотсент	Мирзоалиев Исроил н.и.т., доцент	Mirzoaliev Isroil Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба ном академик М.С.Осимӣ	Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба ном академик М.С.Осимӣ	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:tmmsij@mail.ru">tmmsij@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Мирзоалиев Азим Исроилович н.и.т., дотсент	Мирзоалиев Азим Исроилович н.и.т., доцент	Mirzoaliev Azim Isroilovich Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба ном академик М.С.Осимӣ	Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба ном академик М.С.Осимӣ	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:azimjon86_86@mail.ru">azimjon86_86@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Хочаев Тоҷиддин Авғонович н.и.т., дотсент	Ходжаев Тоджиддин Авғонович н.и.т., доцент	Khojaev Tojiddin Avgonovich Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба ном академик М.С.Осимӣ	Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба ном академик М.С.Осимӣ	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:tojiddin67@mail.ru">tojiddin67@mail.ru</a>		

# ТЕХНОЛОГИЯИ КИМИЁВӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY

УДК: 622.7/669.2.8.21.4

## ОМУЗИШИ ТАРКИБИ МИНЕРАЛОГӢ, ХИМИЯВӢ ВА РАВАНДИ СИАНИДКУНИИ ТИЛЛО АЗ МАЪДАНИ МАВЗЕИ ЧУЛБОӢ

**А.И. Шамсиддинов, Ш.Р. Самихов**

Институти кимиёи ба номи В.И. Никитин АМИ Тоҷикистон

Дар мақолаи зерин натиҷаи таҳқиқоти таркиби минералогӣ ва химиявии маъдани кони Канҷочи мавзеи Чулбой оварда шудааст. Нишон дода шуда аст, ки аз рӯи таркиби минералогӣ компоненти фоиданоки маъдани минтақа ба навъи тиллою сулфидӣ бо минерализатсияи тилло-аргелитӣ дохил мешавад. Инчунин натиҷаи таҳқиқоти сианидкунии маъдани тиллодори мавзеи Чулбой нишон дода шудааст.

*Ключевые слова:* кон, маъдан, галенит, сурма, тилло, нуқра, шиқоронӣ, сианид, ҷудошавӣ, кинетика.

## ИЗУЧЕНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО, ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВОВ И ПРОЦЕССА ЦИАНИРОВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ РУДЫ УЧАСТКА ЧУЛЬБОИ

**А.И. Шамсиддинов, Ш.Р. Самихов**

В данной статье приведены результаты исследования минералогического и химического составов руды месторождения Кончоч участка Чульбой. Показано, что по минеральному составу и ведущим полезным компонентом руды относится к золотосульфидному формационному типу, с золото-аргилитовой минерализацией. А также представлены результаты исследований по цианированию золотосодержащих руд участка Чульбой.

*Ключевые слова:* месторождение, руда, галенит, сурьма, золото, серебро, выщелачивание, цианид, извлечение, кинетика.

## STUDYING THE MINERALOGICAL, CHEMICAL COMPOSITION AND PROCESS OF CYANIDATION OF GOLD FROM THE ORES CHULBOI SITE

**А.И. Шамсиддинов, Ш.Р. Самихов**

This article presents the results of a study of the mineralogical and chemical composition of ore from the Konchoch deposit, Chulboi area. It is shown that, in terms of the mineral composition and the leading useful component of the ore, the site belongs to the gold-sulfide formation type, with gold-argillite mineralization. The results of research on cyanidation of gold ores at the Gulboi site are also presented.

*Key words:* deposit, ores, galena, antimony, gold, silver, leaching, cyanide, extraction, kinetics.

### Муқаддима

Минтақаи тадқиқоти Чулбой кони Канҷоч дар ҳудуди қаторкӯҳҳои Зарафшон-Ҳисор, дар нишебиҳои шимолии қисми марказии қаторкӯҳи Ҳисор ҷойгир шудааст. Аз ҷиҳати маъмури ба ноҳияи Айнии вилояти Суғди Ҷумҳурии Тоҷикистон дохил мешавад.

Минтақаҳои тавсифшуда дар баландкӯҳ ҷойгиранд. Релефи ин ноҳия асли хос буда, тез бурида шудааст. Баландии мутлақ аз 2200 м то 4500 м буда, нисби ҳавзаҳои обҷамъшаванда аз поёни водиҳо ба 1500 м мерасад. Иқлими минтақа яқбора континенталӣ буда, зимистонҳои сарди тӯлонӣ ва тобистонҳои гарми хушк доранд. Минтақа бо тағирёбии яқбораи ҳарорати солона ва шабонарӯзӣ хос аст.

Сохтори мавзеи Чулбой асосан ба минтақаи тарқишии Зарафшон, ки зери эрозия фаро гирифта шудааст, инчунин ба минтақаи шикасти тектоникӣ таалуқ дорад. Аз нуқтаи назари металлогенетикӣ блоки маъданӣ аз маъданҳои мураккаб ва чинсҳои гуногуни кӯҳӣ иборат аст.

Майдони мавзеи Чулбой бо сохти мураккаби геологӣ фарқ мекунад, ки он дар сарҳади минтақаҳои структураи информатсионӣ Зарафшон-Ҳисор ва Чанубӣ-Ҳисор, ки аз ҷиҳати хусусияти инкишофи тектоникӣ, намуди магматизм аз ҳам фарқ мекунад [1].

Шакли сохторию тектоникӣ ва дараҷаи гуногуни эрозияи иншоотҳои мушаххаси маъдандор намуди ғайриоддӣ металлогенӣ ин қаламравро шарҳ медиҳад, ки дар дохили он объектҳои маъдани дорои таркибҳои гуногун мунтазам ба маъданҳои алоҳида ва конҳои маъданӣ гурӯҳбандӣ карда мешаванд, ки бо зеризаминии васеъ назорат карда мешаванд.

Дар ҷаҳони муосир яке аз усулҳои коркарди маъданҳои тиллодор ин раванди сианонӣ мебошад. Моҳияти сианиди натрий дар муносибат бо тилло ва нуқра, инчунин пайдарҳамии равандҳо, ҳалшавӣ ва таҳшиншавии металлҳои асил, ки технологияи сианонии маъданҳои тиллодорро хеле самаранок мегардонад [2-5].

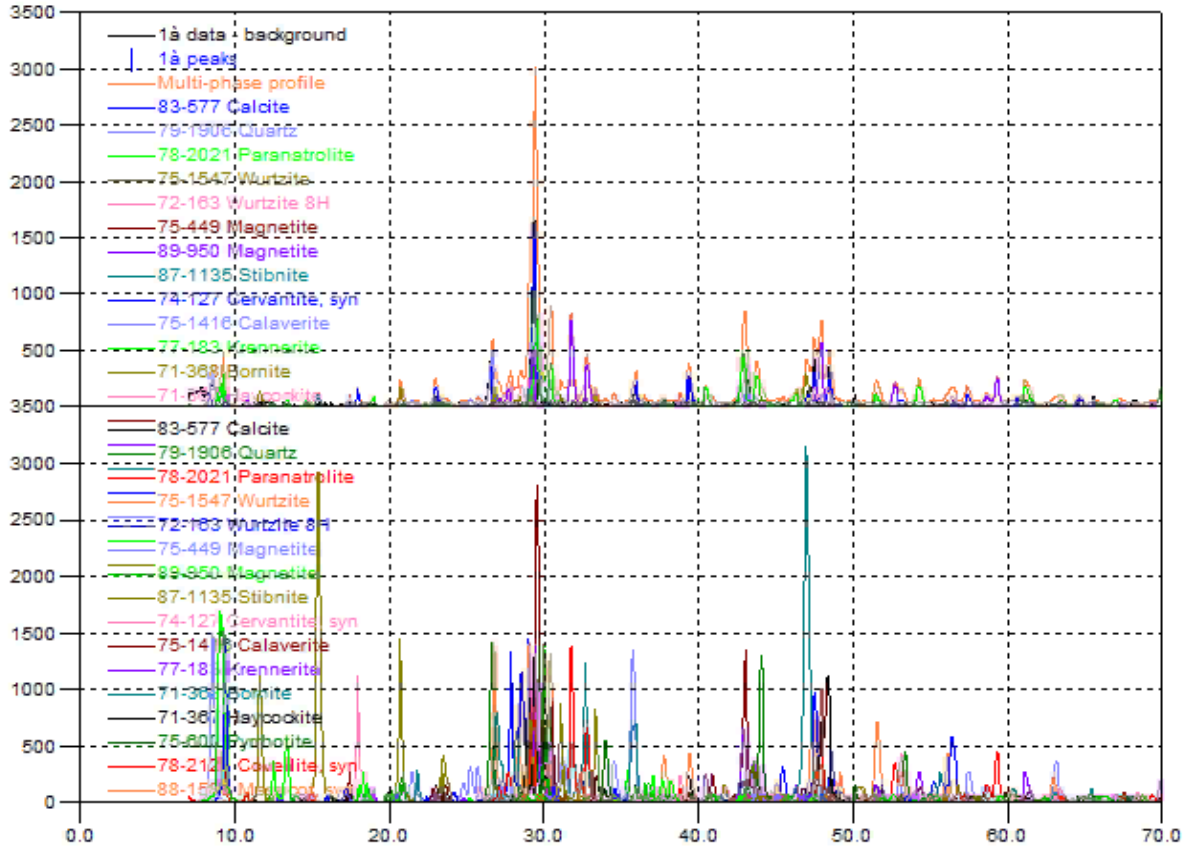
Пурра ҷудошавии тилло ва нуқра ҳангоми сианидкунӣ аз як қатор омилҳо вобаста буда, асосан аз ҳосиятҳои пайваستшавии металлҳои қимматбаҳо бо минералҳои маъданӣ мебошад.

Дар маъдан мавҷуд будани тиллои тунукдохилшуда яке аз сабабҳои асосии душвор коркард шудани технологияи маъданҳои тиллодор мешавад. Дар ин мавриди табиӣ, минералҳо барандаи тиллои тунукдохила шуда, соҳиби ҳосияти саҳти механикӣ мебошад, ки маҳлули сианидӣ аз он комилан камтаъсир мешавад [6-8].

## Қисми таҷрибавӣ

Омӯзиши визуалӣ ва микроскопии намунаҳои суфтакардашуда ва чилодорӣ ин минтақа маълумоти нокифояи таркиби моддаро нишон медиҳад, яъне минералҳои ғайримаъданӣ хурдзарраи гуногун мебошанд. Ҳамин тавр, дар таркиби маъдани минтақа бо тилло минералҳои гуногун минерализатсия шудаанд, ки дар қадвали 1 нишон дода шудааст.

Дар расми 1 натиҷаи таҳлили рентгенофазавии (ТРФ) маъдани ибтидоии мавзеи Чулбой нишон дода шудааст.



Расми 1. Натиҷаи таҳлили рентгенофазавии (ТРФ) маъдани мавзеи Чулбой

Қадвали 1 - Таркиби минералогии маъдани мавзеи Чулбой

Минерал	Навъи маъдан
Арсенопирит - FeAsS	Сулфидҳои хурдҷӯй, сулфосолҳо
Пирит - FeS <sub>2</sub>	
Антимонит - Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	
Киновар - HgS	
Галенит - PbS	
Сфалерит - ZnS	
Сулфоантимонити сурб	
Флюорит - CaF <sub>2</sub>	Фторидҳо
Гематит - Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Магнетит - Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Оксидҳо
Франклинит - (Zn, Mn) Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	
Иосит - FeO	
Лимонит - (гегит, гидрогегит)	
Касситерит - SnO <sub>2</sub>	
Квартс - SiO <sub>2</sub>	
Диккит - Al <sub>4</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ](OH) <sub>8</sub>	
Чинсбавучудоваранда:	Силикатҳо
Квартс	

Анҷоми Ҷадвали 1

Шипати даштӣ	Дар таркиби чинсҳои омехта минералҳои зерин воমেҳуранд
Серитсит	
Хлорит	
Каолинит	
Калцит	
Барит	
Рутил	
Турмалин	
Илменит	
Гранат	
Анагаз	
Сиркон	

Дар ҷадвали 2 маълумотҳои таҳлили рентгенофазавии намунаи маъдани таҳқиқшаванда оварда шудааст, ки аз рӯи он кадом минерал ба кадом пики рентгенограмма мувофиқат мекунад.

Ҷадвали 2 Натиҷаи таҳқиқоти минерологии рентгенографӣ

2-Theta	D-масофа	Шиддатнокӣ	Васеӣ	Саҳеҳӣ	Матчи (Matches)
8.556	10.3255	74	0.186	100%	R
9.294	9.5074	70	0.201	99.8%	CS
10.675	8.2807	43	0.158	97.3%	K
11.690	7.5640	36	0.175	98.7%	T
13.199	6.7023	33	0.191	99.1%	C
15.412	5.7446	26	0.139	97.8%	HR
17.436	5.0819	30	0.174	99.1%	JMR
18.264	4.8533	38	0.164	99.8%	GM
19.842	4.4707	22	0.174	97.0%	CHLS
21.407	4.1473	26	0.172	99.2%	EJMR
23.031	3.8584	88	0.195	100%	ACKL
24.740	3.5957	18	0.181	91.5%	IR
26.644	3.3428	390	0.190	100%	B
28.430	3.1368	24	0.272	97.6%	DHKQS
29.422	3.0332	1152	0.185	100%	AKQ
30.024	2.9738	44	0.208	100%	GHNS
32.568	2.7471	27	0.155	99.8%	CKPQS
35.972	2.4946	193	0.185	100%	ACKLMPT
39.463	2.2815	293	0.186	100%	ABCDIKPQS
40.309	2.2356	30	0.166	99.9%	BHLS
42.488	2.1258	35	0.200	100%	BCEJKM
43.207	2.0921	219	0.183	100%	ACMOQRS
45.808	1.9792	46	0.175	100%	BCM QS
47.075	1.9288	58	0.166	99.9%	ACG HKL
48.024	1.8929	70	0.180	100%	CLMOS
50.178	1.8166	83	0.193	100%	BCQS
51.545	1.7716	15	0.178	92.5%	CDHKLQR
53.063	1.7244	17	0.173	94.0%	CHLPRT
54.083	1.6943	23	0.180	99.5%	CHJKRS
56.037	1.6397	21	0.179	97.9%	CEHIOPQR
57.464	1.6024	96	0.226	100%	AFIKRS
58.120	1.5858	33	0.163	100%	AHIS
60.757	1.5232	55	0.222	100%	AH IKOT
61.506	1.5064	26	0.169	97.4%	AHJKRT
63.118	1.4717	21	0.177	97.8%	AFHILPR
65.695	1.4201	91	0.193	100%	ABDEGHNRT
68.256	1.3729	30	0.246	98.1%	BIJPQS

Минералҳои асосии маъдан ин: пирит, марказит, сфалерит, галенит, ковеллит, гупсум, антимонит, паранатролит, магнетит, гематит, стибнит, сервантит, салаверит (телуриди тилло), борнит, арсенопирит, антимонит, киновар, сфалерит, ва ғайраҳо мебошанд.



Тавре, ки аз рентгенограмма (расми 1) ва чадвали 1 дида мешавад, қуллаи намунаи маъдани ибтидоӣ (графики болоӣ) бо қуллаи рентгенограммаи намунаи эталонӣ (графики поёни) мувофиқат карда аз мавҷуд будани минералҳои сфалерит, стибнит, сервантит ва салаверит (телуридҳои тилло) шаҳодат медиҳад.

Таркиби кимиёвии маъдани мавзеи Чулбой дар чадвали 3 оварда шудааст.

Чадвали 3 Таркиби кимиёии маъдани мавзеи Чулбой, %

Компонентҳо	Маъдани якумин
SiO <sub>2</sub>	58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13
Na <sub>2</sub> O	2,4
K <sub>2</sub> O	2,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,96
FeO	2,5
CaO	1,5
MgO	2,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,2
Cu	0,03
Au	3,4 г/т
Ag	1,5 г/т

Чӣ хеле, ки аз чадвал дида мешавад миқдори тилло дар таркиби маъдани ибтидоӣ 3,4 г/т-ро ташкил медиҳад.

Дар шароити озмоишгоҳӣ омӯзиши ишқоронидани маъдани тиллодори мавзеи Чулбой бо усули сианонӣ гузаронида шуд [9, 10].

Сараввал маъданро дар майдакунаки лунҷии озмоишгоҳӣ то андозаи - 3 мм пора карда шуд. Сипас маъдани порашударо то андозаи -1 мм боз такроран дар майдакунаки навардӣ пора-пора карда шуд.

Маъдани майдашудаи тиллодорро 250 гр гирифта ба осиеби саққой бо 250 мл об ворид карда шуд. Таносуб дар осиеб чунин ташкил дода шуда буд; маъдан (сахт): маҳлул (об): саққо С:М:С = 1:1:8. осиебро дар болои наварди даврзананда гузошта, заррурияти вақти мувофиқи майдашавиро омӯхта шуд, ки дар чадвали 4 нишон дода шуаст.

Чадвали 4 Вобастагии майдашавии маъдан аз вақт

Вақт, дақиқа	+ 0,074 мм (г)	- 0,074 мм (г)	Майдашавӣ (-), %
5 <sup>1</sup>	684,9	313,8	31,42
7 <sup>1</sup>	421,3	576,5	57,78
9 <sup>1</sup>	288,5	709,9	71,10
11 <sup>1</sup>	213,9	784,3	78,57
13 <sup>1</sup>	138,3	860,3	86,15
15 <sup>1</sup>	240,2	867,7	87,90
17 <sup>1</sup>	123,7	881,6	89,45

Вақти мувофиқ барои майда-майдашавии маъдан 11 дақиқаро ташкил дод, яъне маъдан 79 % синфи - 0,074 мм майда-майда шудааст. Баъд аз майдашавӣ маъданро аз осиеб гирифта дар гармкунак дар ҳарорати 110 °С хушк карда аз об ҷудо карда бо шароити мувофиқ яъне дар ҳар 11 дақиқа майда-майда карда барои сианонӣ омода карда шуд.

### Сианидкунии маъдани тиллодор

Ишқоронӣ бо сианид дар зарфи 4 литра, ки дар асбоби лаборатории омехтакунак гузошта бо суръати даврзании 70 маротиба / дақиқа (расми 6) гузаронида шуд. Чӣ хеле, ки аз расм дида мешавад дастгоҳ барои омӯзиши раванди сианонӣ мебошад. Барои оксидкунии тилло оксиген, ки бо воситаи сӯроҳии даҳанаи зарф ворид мегардад. Миқдори гузаштани тилло ва нуқра ба маҳлул дар натиҷаи таҳлили маҳлули намуна, ки аз зарф дар фосилаи вақти муайяншуда гирифта мешавад муайян карда шуд. Баъди ба охир расидани раванди сианонӣ дар давоми 30 соат намунаро полоида мешавад. Аз маҳлули полуда тақрибан 50 миллилитр намуна барои таҳлили аналитикӣ ва шламашро то ҳарорати 110 °С дар давоми 2 соат хушк карда мешавад.

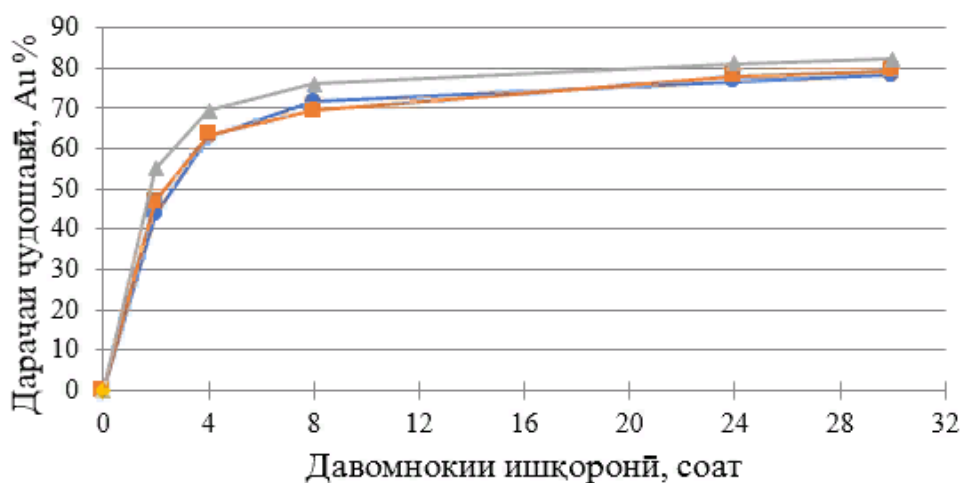
Ҳангоми омӯзиши ҳалшавии тилло бо усули сианонӣ барои таҳлили масолеҳи ибтидоӣ ва маҳсулот усули атомӣ – абсорбсионӣ истифода карда шуд.

Барои гузаронидани таҳқиқот 1000 г маъдан, 1500 мл об ва 0,45 гр сианидй натрий гирифта шуд. Барои таъмин намудани муҳити ишқорӣ дар ҷараёни сианонӣ оҳак ба миқдорӣ 1,5 г илова карда шуд.

Дар ҷадвали 5 ва расми 2 натиҷаҳои ва қачхатаи кинетикии ҷудошавии тилло аз маъдани минтақаи Чулбой нишон дода шудааст.

Ҷадвали 5-Натиҷаи сианонии тилло ва нукраи аз маъдани мавзеи Чулбой

№ таҷриба	Мик. Au дар маъдани ибтидоӣ, г/т	Мик. Ag дар маъдани ибтидоӣ, г/т	Концентратсияи Au, мг/л	Концентратсияи Ag, мг/л	Дараҷаи ҷудошавии Au, %	Дараҷаи ҷудошавии Ag, %	Ҳароҷоти NaCN, кг/т	Ҳароҷоти CaO, кг/т
1	1,9	0,9	1,041	0,250	82,2	41,6	0,520	2,0
2	2,5	1,4	1,305	0,453	78,3	48,5	0,740	2,5
3	3,4	1,8	1,801	0,602	79,4	50,2	0,920	2,5



Расми 2. Қачхатаи кинетикии сианидкунӣ тилло аз маъдани мавзеи Чулбой

Чӣ тавре, ки аз расми 2 дида мешавад, дар 8 соати ишқоронӣ 70 % тилло ҳал шуда ба маҳлул баромадааст. Дар марҳилаи минбаъдаи вақт, суръати ҳалшавии тилло давом карда дар 30 соат то 82 % тилло ба маҳлул ҷудо шудааст.

### Хулоса

Дар натиҷаи омӯзиши таркиби минералогӣ ва химиявии маъдани кони Канчочии мавзеи Чулбой муайян карда шудааст, ки минералҳои асосии он сфалерит, стибнит, сервантит ва салаверит (теллуридҳои тилло), ковеллит, кварц мебошанд. Натиҷаҳои таҳлили химиявии таркиби моддии маъданро таҳлили рентгенофазавай (ТРФ) тасдиқ менамояд. Бо усули сианидкунӣ маъданро ишқоронида шудааст. Натиҷаҳои ба даст омада нишон дод, ки маъдани тиллодори мавзеи Чулбой бо усули сианидкунӣ самаранок мебошад.

Муқаррир: Ҷӯрабеқов У.М. — н.и.х., дотсенти қабедраи химияи ғайриорганикӣ факултети химияи ДМҶИ.

### Адабиёт

1. Горшков, Е.Н. Отчет по поисковым и геолого-геохимическим работам за 1972-1974 гг в Канчочском рудном районе / Е.Н. Горшков, Н.В. Ликорчук // Фонды ТГУ, 1974.
2. Бочаров, В.А. Технология переработки золотосодержащего сырья / В.А. Бочаров В.А. Игнаткина, Д.В. Абрютин. –М: Изд. Дом МИСиС, 2011. –328 с.
3. Самихов, Ш.Р. Изучение кинетики процесса цианирования золотосодержащих руд Таджикистана / Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко // Известия академии наук РТ. – Душанбе, 2012. – №1 (146). – С. 85–87.

4. Масленицкий, И.Н. Металлургия благородных металлов / И.Н. Масленицкий, Л.В. Чугаев. – М: Metallurgia, 1987. –432 с.

5. Стрижко, Л.С. Металлургия золота и серебра / Л.С. Стрижко. – М: МИСиС, 2001. –336с.

6. Солехова, Г.Н. Технологические основы переработки золото-, медьсодержащих руд Тарорского месторождения / Г.Н. Солехова, Ш.Р. Самихов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2023. – № 1. – С. 289-302.

7. Солехова, Г.Н. Разработка технологии переработки сульфидно-мышьяковой золотосодержащей руды месторождения Тарор / Г.Н. Солехова, Ш.Р. Самихов // Материалы XXVIII Международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья», проводимой в рамках XXI Уральской горнопромышленной декады. УГГУ, Екатеринбург. - 2023. - С. 367-371.

8. Самихов, Ш.Р. Изучение кинетики процесса цианирования золотосодержащих руд Таджикистана / Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко // Известия академии наук РТ. – Душанбе, 2012. – №1 (146). – С. 85 – 87.

9. Самихов, Ш.Р. Кинетика разложения сульфидно – мышьяковых концентратов месторождения Чоре / Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко // Вестник Таджикского технического университета. – 2009. – № 8. – С. 21 – 24.

10. Самихов, Ш.Р. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд Таджикистана / Ш.Р. Самихов // Монография, Отпечатано в типографии ТНУ, 2021. – 204 с.

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

TJ	RU	EN
Шамсиддинов Асхобиддин Исомиддинович	Шамсиддинов Асхобиддин Исомиддинович	Shamsiddinov Askhobiddin Isomiddinovich
докторанти PhD-и Институти кимиёи ба номи В.И.Никитин АМИТ	докторант PhD Институти химии им. В. И. Никитина НАНТ	PhD student at the Institute of Chemistry named after. V. I. Nikitina NANT
Институти химии 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:ashobiddinshamsiddinov@gmail.com">ashobiddinshamsiddinov@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Самихов Шонаврӯз Рахимович д.и.т., дотсент, сарходими илмии Институти кимиёи ба номи В.И.Никитин АМИТ	Самихов Шонаврӯз Рахимович д.т.н., доцент, главный научный сотрудник Институти химии им. В.И. Никитина НАНТ.	Samikhov Shonavruz Rakhimovich Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher at the Institute of chemistry named after V.I. Nikitin NAS Tajikistan
Институти химии 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:samikhov72@mail.ru">samikhov72@mail.ru</a>		

## КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ СЕРЕБРА (I) С N, N'-ДИЭТИЛТИОМОЧЕВИНОЙ В ВОДНО-ДИМЕТИЛФОРМАМИДНЫХ И ВОДНО-ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДНЫХ РАСТВОРАХ

Кудратуллоев Ё.К.

Таджикский национальный университет

Потенциометрическим методом изучен процесс комплексообразования серебра (I) с N, N'-диэтилтиомочевинной в водно-диметилформамидных и водно-диметилсульфоксидных растворах при 298 К. Установлено, что серебро (I) с этим органическим лигандом образует три устойчивые комплексные формы. Рассчитаны значения общих констант устойчивости образующихся комплексов. Установлено, влияние растворителя на процесс комплексообразования.

**Ключевые слова:** серебро (I), N, N'-ДЭТМ, комплексообразование, рН-метрическое титрование, константа ионизация, общие константы устойчивости.

## КОМПЛЕКСҲОСИЛКУНИИ НУҚРАИ (I) БО N, N'-ДИЭТИЛТИОМОЧЕВИН ДАР МАҲЛУЛҲОИ ОБИЮ ДИМЕТИЛФОРМАМИДӢ ВА ОБИЮ ДИМЕТИЛСУЛФОКСИДӢ

Кудратуллоев Ё.Қ.

Бо усули потенциометри раванди комплексахосилкунии нуқраи (I) бо N,N'-диэтилтиомочевина дар маҳлулҳои обию диметилформамидӣ ва обию диметилсульфоксидӣ дар ҳарорати 298 К омӯхта шуд. Муқаррар карда шуд, ки нуқраи (I) бо ин лиганди органикӣ се шакли устувори комплекси ҳосил мекунад. Қиматҳои собитҳои умумии устувори комплекси ҳосилшуда ҳисоб карда шуданд. Таъсири ҳалкунанда ба раванди комплексахосилшавӣ муайян карда шуд.

**Калимаҳои калидӣ:** нуқраи (I) N, N'-ДЭТМ, комплексахосилкунии, титронидани рН-метрии, собитҳои ионизатсияи кислотагӣ, собитҳои умумии устуворӣ

## COMPLEXATION OF SILVER(I) WITH N, N'-DIETHYLTHIOUREA IN AQUEOUS-DIMETHYLFORMAMIDE AND AQUEOUS-DIMETHYLSULPHOXIDE SOLUTIONS

Kudratulloev Y.K.

The process of complex formation of silver (I) with N, N'-diethylthiourea in aqueous dimethylformamide and aqueous dimethylsulfoxide solutions at 298 K was studied using the potentiometric method. It was established that silver (I) forms three stable complex forms with this organic ligand. The values of the general stability constants of the resulting complexes were calculated. The influence of the solvent on the complexation process has been established.

**Key words:** silver (I), N, N'-DETМ, complexation, pH-metric titration, ionization constants, general stability constants

### Введение

Изучение процесса комплексообразования в водно-органических растворителях важно для обнаружения условий и среды протекания реакции комплексообразования d-переходных металлов с органическими и неорганическими лигандами. Анализ отечественных и зарубежных литературных источников показал, что имеются определенные сведения о комплексообразовании серебра с азот- и серосодержащими органическими лигандами. При этом показано, что в большинстве случаев при исследовании процесса комплексообразования не учитываются кислотно-основные свойства органических лигандов. Однако, многочисленные исследования показывают, что очень важно знать нахождение формы органического лиганда в растворе. В этой связи, очень важным является определение констант ионизации органического лиганда и проведение процесса комплексообразования в разных областях значений pH. В работе [1] методом pH-метрического титрования, изучены кислотно-основные свойства тиокарбогидразида в водном и водно-спиртовом растворе. Установлено, что константа ионизации (pK) тиокарбогидразида, которая также является производной тиомочевинной в водном растворе равна  $4,15 \pm 0,012$ , а в водно-спиртовых растворах, содержащих 25, 50 и 75 об. % этанол(метанол) равна  $3,96 \pm 0,09(3,65 \pm 0,011)$ ;  $3,68 \pm 0,013(3,55 \pm 0,020)$  и  $3,48 \pm 0,017(3,45 \pm 0,09)$  соответственно.

В [2] приведены сведения о равновесии комплексообразования таллия с метилизотиомочевинной и аллилтиомочевинной. Согласно этой работе, процесс комплексообразования исследован с применением метода полярографии, в водно-органических (водно-метанольных и водно-этанольных) растворах. Выявлено, что устойчивость комплексов с метилизотиомочевинной и аллилтиомочевинной в воде ближе к комплексам, содержащие в качестве органического лиганда тиомочевинны. При этом сделан ряд в изменение устойчивости комплексов:

тиомочевина < метилизотиомочевина < аллилтиомочевина

В литературе приводятся сведения о комплексообразовании тиомочевины, никотинамида и глицина с переходными металлами в водных, неводных и смешанных растворителях. Комплексообразование серебра с тиомочевинной и его производными показало, что изменение концентрации диметилформамида (ДМФА) в растворе на стабильность образующихся комплексов влияет по-разному. При этом в пределах изученных концентраций ДМФА в смеси не наблюдается резкого изменения устойчивости комплексов. Тогда как, этими же авторами, в другой работе показано, что прочность однокоординированных комплексов серебра с 1-фенил-4,5-диоксиимидазолидинтионом-2 увеличивается, а трехкоординированных уменьшается с ростом концентрации органического растворителя в системе. Исследовано влияние состава смешанных растворителей на равновесный потенциал серебряного электрода в отсутствие лиганда. При этом показано, что в изученном интервале состава вода-диметилсульфоксид (ДМСО), потенциал серебряного электрода несколько смещается в отрицательную область, по мере роста концентрации неводного компонента. Этот экспериментальный факт авторы объясняют тем, что диметилсульфоксидные сольваты серебра прочнее гидратов[3-5].

В работе [6] нами был изучен процесс образования комплексов Ag (I) с тиопирином в водно-органических растворителях, содержащих 25,0; 50,0 и 75,0 об. % ДМФА (ДМСО). Показано, что в этих условиях, комплексообразование серебра (I) с тиопирином протекает с образованием комплексной частицы  $[AgL_3]^+$ , где L-тиопирин. Значения общих констант устойчивости ( $\lg\beta$ ), соответственно, равны:  $20,80 \pm 0,36$  ( $21,38 \pm 0,27$ );  $20,52 \pm 0,17$  ( $20,45 \pm 0,57$ ) и  $20,31 \pm 0,14$  ( $20,04 \pm 0,14$ ). Анализ литературы показал, что отсутствуют сведения о комплексообразовании серебра (I) с N,N'-диэтилтиомочевинной (N,N'-ДЭТМ) в водно-органических растворителях.

### Экспериментальная часть

Объектами в процессе исследования комплексообразования были соль серебра ( $AgNO_3$ ) марки «ч.д.а» и органический лиганд N, N'-диэтилтиомочевины (N, N'-ДЭТМ), синтезированный в соответствии с методикой [7]. В процессе расчета применяли результаты титрования растворами  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/л N,N'-диэтилтиомочевина(L) 0,1 N раствором HCl. pH измеряли с помощью прибора pH 150МП ( $\pm 0,01$ ). Константа ионизации органического лиганда в водно-органических растворах (вода-ДМФА и вода-ДМСО) определяли при температуре  $25^\circ C$  ( $\pm 0,1$ ).

При расчете констант ионизации лиганда применяли усредненные значения величины pH из результатов трех опыта. По уравнению, приведенному в [8] рассчитывали константу ионизации:

$$pK_a = pH + \lg[L] - \lg[L^-].$$

Концентрации (начальные) исходных веществ были:  $C_{AgNO_3} = 1 \cdot 10^{-5}$  моль/л;  $C_{N,N'-дэтм} = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л. В процессе потенциометрического титрования применяли ячейку с переносом. Индикаторным электродом служила пластинка из металлического серебра, а в качестве электрода сравнения использован хлорсеребряный. С применением 0,1 моль/л раствора  $NaClO_4$  создана ионная сила. Электродный потенциал при потенциометрическом титровании измеряли с помощью прибора pH 150МП (с погрешностью  $\pm 0,1$  мВ). На индикаторном электроде равновесное значение потенциала устанавливалось в течение 7-10 минут. Температура в ячейке поддерживалась постоянной с помощью водяного термостата ( $\pm 0,1^\circ C$ ). В каждой точке титрования равновесную концентрацию ионов  $Ag^+$  и органического лиганда определяли по уравнениям, представленным в [9].

### Обсуждение результатов

Результаты pH-метрического титрования N,N'-ДЭТМ(L) и определение констант ионизации в водно-органических растворах представлены в таблице 1 ( $T=298$  K,  $C_L=0,01$  моль/л).

Таблица 1 – Результаты pH-метрического титрования N, N'-диэтилтиомочевины (N, N'-ДЭТМ) и определение констант ионизации (pK) N,N'-ДЭТМ(L) в растворе, содержащем 25 об. % ДМФА при 298 K,  $C_L=0,01$  моль/л

Титрант 0,1N раствор HCl, мл	pH	$C_L \cdot 10^{-2}$ моль/л	pK	Титрант 0,1N раствор HCl, мл	pH	$C_L \cdot 10^{-2}$ моль/л	pK
0,00	5,77 <sub>(нач.)</sub>	1,0 <sub>(нач.)</sub>	0,00				
0,1	4,68	0,9960	3,2820	1,1	2,91	0,9579	2,5534
0,2	4,11	0,9921	3,0130	1,2	2,87	0,9542	2,5512
0,3	3,57	0,9881	2,6491	1,3	2,83	0,9506	2,5460



Окончание таблицы 1

0,4	3,34	0,9843	2,5441	1,4	2,79	0,9470	2,5381	
0,5	3,33	0,9804	2,6310	1,5	2,76	0,9434	2,5381	
0,6	3,26	0,9766	2,6402	1,6	2,73	0,9398	2,5361	
0,7	3,13	0,9728	2,5771	1,7	2,70	0,9363	2,5325	
0,8	3,06	0,9690	2,5651	1,8	2,68	0,9328	2,5373	
0,9	2,97	0,9653	2,5263	1,9	2,66	0,9294	2,5408	
1,0	2,93	0,9615	2,5320	2,0	2,63	0,9259	2,5330	
							рК <sub>ср.</sub> =	
							2,62±0,11	

По полученным экспериментальным данным, рассчитаны значения констант ионизации в водно-органических растворах.

В таблице 2 представлены значения рК<sub>a</sub> N,N'-диэтилтиомочевины в водно-органических (ДМФА, ДМСО) растворах.

Таблица 2 – Значения рК N, N'-диэтилтиомочевины в водно-органических растворах

ДМФА(ДМСО), объ. %	25	50	75
рК	2,62±0,11 (2,39±0,01)	3,44±0,26 (2,85±0,14)	3,27±0,38 (3,19±0,27)

Проведенные исследования показали, что при переходе от растворов, содержащих вода-ДМФА к воде-ДМСО значение константы ионизации подвергается изменению. Данные значения претерпевают изменения также, при увеличении содержания неводного растворителя. Установлено, что величина констант ионизации N, N'-ДЭТМ при переходе от водно-диметилформамидных к водно-диметилсульфоксидных растворах уменьшается, что вероятно связано с более полярностью растворителя. Для определения диапазона нахождения разных форм N, N'-диэтилтиомочевины(L) в широком интервале рН экспериментально найденные значения рК были использованы для построения диаграмм долевого распределения. В качестве примера на рисунке представлена диаграмма распределения N, N'-ДЭТМ в водно-диметилформамидном растворе, содержащем 25 об. % растворителя.

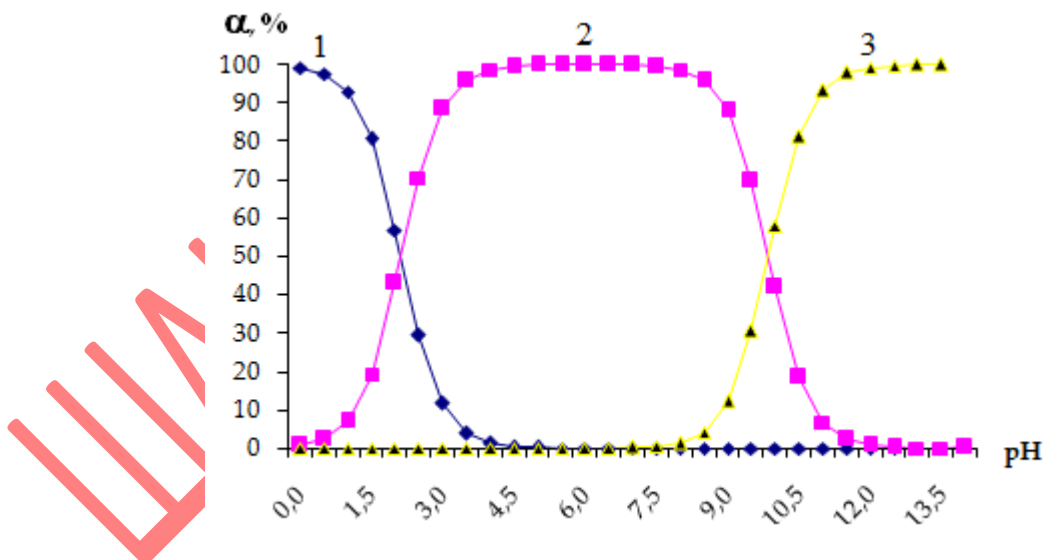


Рисунок – Диаграмма распределения N,N'-ДЭТМ(L) в зависимости от рН при 298 К: 1-L<sup>+</sup>; 2-L; 3-L<sup>-</sup>

Из диаграммы распределения выявлено, что максимальная доля доминирования N,N'-ДЭТМ молекулярной формы L приходится на рН 4,0-8,0. При рН<2,5 в растворе начинает накапливаться протонированная форма N,N'-диэтилтиомочевины.

Полученные результаты по кислотно-основным свойствам N,N'-диэтилтиомочевина были использованы для исследования комплексообразования серебра (I) с N,N'-диэтилтиомочевинной в водно-органических растворах.

В таблице 3 в качестве примера представлены экспериментальные данные потенциометрического титрования для системы Ag/Ag<sup>+</sup>//AgCl-N,N'-диэтилтиомочевина(L).

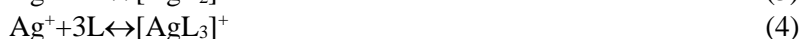
Таблица 3 – Экспериментальные данные потенциометрического титрования в системе Ag/Ag<sup>+</sup>//AgCl-N,N'-диэтилтиомочевина, в растворе содержащем 25 об. % ДМФА и ДМСО при 298 К; C<sub>Ag<sup>+</sup></sub>=1·10<sup>-5</sup> моль/л; C<sub>L</sub>=1·10<sup>-3</sup> моль/л; J(NaClO<sub>4</sub>)=0,1 моль/л

ДМФА				ДМСО			
[L]·10 <sup>4</sup> , моль/л	ΔE, В	[L]·10 <sup>4</sup> , моль/л	ΔE, В	[L]·10 <sup>4</sup> , моль/л	ΔE, В	[L]·10 <sup>4</sup> , моль/л	ΔE, В
0,03492640	0,0013	1,63958814	0,1305	0,00515177	0,0110	1,44121585	0,1300
0,06440401	0,0042	1,82880846	0,1414	0,03134850	0,0170	1,61168180	0,1380
0,08937574	0,009	2,03493740	0,1492	0,05859039	0,0240	1,77554403	0,1440
0,14765180	0,0175	2,23094194	0,1567	0,12625511	0,0320	1,93312267	0,1520
0,21317202	0,0241	2,44022928	0,1677	0,19641681	0,0390	2,10952926	0,1600
0,27686576	0,0338	2,63856550	0,1746	0,26907022	0,0430	2,27840698	0,1660
0,38502574	0,0372	2,84708995	0,1799	0,37622470	0,0500	2,44021241	0,1720
0,49023922	0,0418	3,04412853	0,185	0,47699291	0,0740	2,61702796	0,1790
0,62853572	0,0466	3,26670794	0,1898	0,58139429	0,0880	2,78576971	0,1840
0,75743267	0,0679	3,47548848	0,1923	0,71928019	0,0940	2,94697558	0,1870
0,92121584	0,0803	3,71893655	0,1953	0,85303084	0,1040	3,11992414	0,1960
1,07965660	0,0984	3,98812110	0,1989	0,98342614	0,1090	3,28460214	0,2000
1,26419513	0,1095	4,26138577	0,2017	1,14120516	0,1190	3,44158157	0,2040
1,44144745	0,1208	4,51089009	0,2025	1,29379453	0,1240	3,60761423	0,2080

Для расчёта констант образования комплексов, использовали программу KEV[10].

Экспериментальные данные по потенциометрическому титрованию при исследовании процесса комплексообразования серебра с N,N'-ДЭТМ (L) в водно-органических растворах (изменение электродного потенциала системы, исходные концентрации реагентов, угол наклона, величина констант ионизации органического лиганда) были обработаны с применением вышепречисленной программы KEV. Ниже приводятся реакции на основание, которых была создана матрица.

Реакции протонирования органического лиганда и образования комплексов при взаимодействии базисных частиц (Ag<sup>+</sup> и L):



После введение экспериментальных данных и предположительные реакций образования программа KEV дает удовлетворительные результаты только для образования моно-, би- и трилигандного комплексного соединения (реакции 2, 3 и 4). В таблице 4, приведены значения общих констант устойчивости комплексов серебра(I) с N,N'-ДЭТМ, рассчитанные по компьютерной онлайн программе KEV.

Таблица 4 – Значения общих констант устойчивости комплексов серебра (I) с N, N'-ДЭТМ(L) при различных содержаниях ДМСО(ДМФА) в растворе. T= 298 K

Содержание ДМСО (ДМФА), обь. %	lgβ[AgL] <sup>+</sup>	lgβ[AgL <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	lgβ[AgL <sub>3</sub> ] <sup>+</sup>
25	5,65±0,07(4,81±0,08)	9,54±0,29(8,72±0,18)	13,84±0,06(12,33±0,12)
50	5,79±0,15(5,48±0,23)	10,35±0,06(10,01±0,09)	13,90±0,14(13,66±0,06)
75	7,01±0,15(6,99±0,20)	10,89±0,14(10,84±0,17)	14,16±0,71(14,19±0,60)

Как видно из таблицы 4 устойчивость моно-, би- и трилигандных комплексных частиц серебра, в целом, с увеличением содержания ДМСО (ДМФА) возрастают. Такая закономерность наблюдалась, при изучении комплексообразования серебра (I) с тиопирином в водно-органических растворителях [6]. Увеличение устойчивости комплексов серебра (I) с N,N'-диэтилтиомочевинной в водно-диметилформамидных и водно-диметилсульфоксидных растворах, вероятно, с одной стороны связано с пересольватацией ионов Ag<sup>+</sup>, а с

другой - дестабилизацией молекулярной формы N,N'-ДЭТМ, что вносит основной вклад в столь существенное уменьшение устойчивости комплекса.

*Рецензент: Идрисов Ш.Ч. — к.х.н., профессор кафедры химии ТПУ имени Ш. Шотемур.*

## Выводы

РН-метрическим методом исследованы кислотно-основные свойства N, N'-диэтилтиомочевины и констант ионизации данного органического соединения в водно-органических растворах переменного состава. Потенциометрически изучен процесс комплексообразования Ag(I) N, N'-диэтилтиомочевинной. Экспериментально показано, что серебро (I) с N, N'-диэтилтиомочевинной в водно-органических растворах, содержащих 25; 50 и 75 об. % ДМСО (ДМФА) образует три комплексных форм. Рассчитаны общие константы устойчивости образующихся комплексов. Выявлены закономерности влияния природы и содержание растворителя на состав и константы устойчивости, образующихся комплексов.

## Литература

1. Сангов М.М. Комплексообразование серебра (I), меди (I) с тиокарбогидразидом и N-ацетилтиомочевинном в водных и водно-спиртовых растворителях: автореф. дисс. канд. хим. наук/Сангов М.А.- Душанбе, 2022.-25 с.
2. Asooka Tadatomo, IR Spectra complexes with thiourea /Asooka Tadatomo and other. I. // J. of the chemical society. – 1970.-Y.73. V.2, –p.2619-2621.
3. Тудорягу К.И. Термодинамика комплексообразования серебра с тиомочевинной и роданид-ионом в водно-диметилсульфоксидных растворах/ К.И. Тудорягу, П.К. Мигаль, Л.Ф. Конишеску// Журнал.неорганической химии. - 1990. -Том35. -Вып.1. -С.129-132.
4. Комплексообразования никотинамида с ионами Ag<sup>+</sup> в водно-органических растворителях/ М.А. Зевакин, К.В. Граждан, В.А. Шарнин[и др.]// Журнал. неорганической химии. - 2006. -№3. -Том51. -С. 543-547.
5. Гессе Женни Федрианандовна. Комплексообразование серебра (I) с глицинат-ионом в водно-органических растворителях: автореф. дисс. на соиск. канд. хим. Наук/ Гессе Женни Федрианандовна. -Иваново, 2010. -16 с.
6. Кудратуллоев Ё.К. Комплексообразование серебра (I) с тиопирином в водно-органических растворителях/ Ё.К. Кудратуллоев, К.С. Мабаткадамзода // Вестник ТНУ - 2018. – Серия естественных наук. №4. -С. 231-237.
7. Дегтярь В.Г., Заливина А.А., Рыбальченко Н.М. Изобретения к авторскому свидетельству. Способ получения N,N'-диэтилтиомочевины.- Москва, 1966. Бюллетень № 19.
8. Альберт А. Константы ионизации кислот и оснований/А. Альберт, Е. Сергент.-М., Л.: Химия, 1964.-380 с.
9. Аминджанов А.А. Комплексообразование серебра (I) 1-формил- и 1-ацетил-3-тиосемикарбазидом при 273-328К/ А.А. Аминджанов, К.С. Мабаткадамова, С.М. Сафармамадов, А.С. Содатдинова// Извест. высш. учеб. Завед. Химия и химич. техн.- Иваново.-2014.- Т.57.- №7.- С.62-65.
10. Meshkov A.N., Gamov G.A.KEV: a free software for calculating the equilibrium composition and determining the equilibrium constants using UV-Vis and potentiometric data. Talanta. 2019. V. 198. P. 200.

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

TJ	RU	EN
Кудратуллоев Ёқуб Кудратуллоевич унвонҷу	Кудратуллоев Ёқуб Кудратуллоевич соискатель	Qudratulloev Yaqub Qudratulloevich degree applicant
Донишгоҳи милли Тоҷикистон	Таджикский национальный университет	Tajik National University
E-mail: <a href="mailto:kudratulloev92@mail.ru">kudratulloev92@mail.ru</a>		

## ИЗОТЕРМАИ ФАЗАҲОСИЛШАВИ ДАР СИСТЕМАИ $\text{Na}^+$ , $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$ – $\text{H}_2\text{O}$ БАРОИ 298 К

Н.В. Олимҷонова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев

Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ

Бо усули транслятсия изотермаи фазаҳосилшавии  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ – $\text{H}_2\text{O}$  дар ҳарорати 298 К омӯхта шудааст. Муайян карда шудааст, ки барои системаи дахлдор дар ҳарорати додшуда мавҷудияти 3 - нуктаҳои нонвариантӣ, 7 - хатҳои моновариантӣ ва 5 - майдонҳои дивариантӣ хос мебошанд. Диаграммаи сарбастии комплекси фазагии системаи омӯхташаванда дар ҳарорати 298 К сохта шудааст.

*Калимаҳои калидӣ:* фазаҳосилшавӣ, система, компонент, диаграмма, сульфатҳо, гидрокарбонатҳо.

## ИЗОТЕРМА ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ $\text{Na}^+$ , $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$ – $\text{H}_2\text{O}$ ПРИ 298 К

Н.В. Олимҷонова, М.Т. Жумаев, Л. Солиев

Методом трансляции исследована изотерма фазообразования системы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ – $\text{H}_2\text{O}$  при температуре 298 К. Определено, что для данной системы характерны 3 нонвариантных точки, 7 моновариантных кривых и 5 дивариантных полей. Построена замкнутая диаграмма фазового комплекса исследуемой системы при температуре 298 К.

*Ключевые слова:* фазообразование, система, компонент, диаграмма, сульфаты, гидрокарбонаты.

## ISOTHERM OF PHASE FORMATION IN THE SYSTEM $\text{Na}^+$ , $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$ – $\text{H}_2\text{O}$ AT 298 K

N.V. Olimjonova, M.T. Jumaev, L. Soliev

The isotherm was investigated using translation method phase formation of the  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ – $\text{H}_2\text{O}$  system at a temperature of 298 K. Based on this study, it was determined that this system is characterized by 3 - invariant points, 7 - monovariant curves and 5 - divariant fields. A closed diagram of the phase complex of this system under study at a temperature of 298 K is also constructed.

*Keywords:* phase formation, system, diagram, component, sulfates, bicarbonates.

### Муқаддима

Партовҳо – ин натиҷаи ногузири ҳар як истеҳсолот ва хатари ҷиддӣ ба муҳити зист буда, ҳар сол дар ҳаҷон зиёда аз якчанд миллиардҳо тонна партов истихроҷ мегарданд. Айни замон партови як истеҳсолот барои дигараш ашёи хом ба шумор рафта, коркарди такрорӣ он на танҳо барои муҳит фоидаовар аст, балки манбаи иловагии даромад низ ба шумор меравад.

Мисоли чунин саноатҳои истеҳсоли дар Ҷумҳурии Тоҷикистон заводи “Алюминий” - и шаҳри Турсунзода шуда метавонад, ки партовҳои он ҳамасола майдонҳои кориро бекор намуда, муҳити атрофро вайрон менамояд. Аммо партовҳои он дорои ашёҳои хоми минералӣ ба монанди карбонатҳо, сульфатҳо, гидрокарбонатҳои натрий, калтсий ва алюминий, гилхок ва ғайраҳо буда, қобили коркарди такрорӣ, инчунин манбаи даромад низ ҳастанд.

**Мақсади кор.** Бо ин мақсад, омӯзиши системаҳои бисёркомпонента, ки партовҳои саноати алюминий ба шумор мераванд ва пешгуи мувозинатҳои фазагии имконпазир барои системаҳои обӣ – намакии химиявӣ роҳи ҳалли ҳифзи муҳити зистро осон намуда, аз ҷиҳати иқтисодӣ ва экологӣ низ муфид мебошад.

Мисоли чунин системаҳо системаи чоркомпонентаи муовизаи  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ – $\text{H}_2\text{O}$  шуда метавонад. Ин система яке аз қисмҳои таркибии системаи панҷкомпонентаи  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}/\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ – $\text{H}_2\text{O}$  ба шумор меравад. Зимнан, он асоси назариявии бисёр равандҳои техникӣ буда, барои коркарди партовҳои заводи алюминий низ истифода бурда мешаванд. Дар баробари ин, қонуниятҳои мувозинатҳои фазагии дар он ҷой дошта, ҳам аҳамияти илмӣ ва ҳам назариявӣ дорад.

Таҳлили адабиёт [1] нишон медиҳад, ки системаи чоркомпонентаи мавриди таҳқиқ қарор гирифта, дар ҳарорати 298 К то ҳол омӯхта нашудааст. Бинобар ин, фазаҳосилшавӣ дар он аз аввалин шуда, аз ҷониби мо бо ёрии методи транслятсия [2-4], ки дар асоси принципи мутобиқат [5], яъне ҷойгиркунии сохтори шаклҳои геометрии умумии системаи болозикр дар як диаграмма бунёд ёфтааст, таҳқиқ шудааст.

### Истифодаи усули транслятсия

Усули транслятсия имконият медиҳад, ки мувозинатҳои фазагии системаҳои компонентнокиашон зиёд дар асоси мувозинатҳои фазагии зерсистемаҳои таркибии он пешгӯӣ [2] карда шаванд.

Ин усул дар асоси қонуниятҳои топологии шаклҳои геометрии системаҳои химиявӣ ва қоидаи фазаҳои Гиббс [6] ба амал омадааст. Мувофиқи усули транслятсия, бо зиёдшавии компонентнокии система аз  $n$  то  $n+1$  шаклҳои геометрии системаи  $n$  – компонента андозаи худро ба як воҳид зиёд намуда, ба самти  $n + 1$  компонентагӣ интиқол меёбанд ва шаклҳои геометрии ин сатҳи компонентнокиро ҳосил мекунанд.

Системаи чоркомпонентаи  $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$ , ки то ҳол омӯхта нашудааст [1] ба системаи мубодила таллуқ дошта, аз чунин зерсистемаҳо таркиб ёфтааст:  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{NaHCO}_3 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{NaHCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CaSO}_4 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{H}_2\text{O}$ . Дар сатҳи секомпонентагӣ ба системаи чоркомпонентаи боло зикршуда чунин фазаҳои саҳти мувозинатӣ хос мебошанд (ҷадв.1).

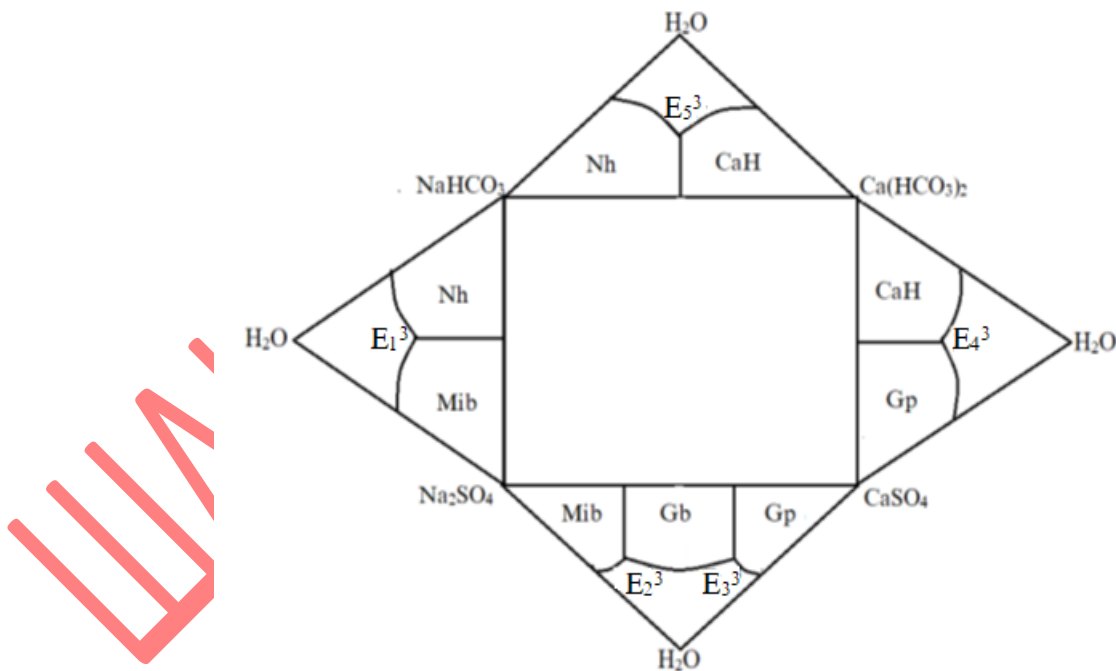
Ҷадвали 1 – Фазаҳои саҳти мувозинатӣ ва нуқтаҳои нонвариантии зерсистемаҳои системаи  $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$  дар 298 К

Нуқтаи нонварианти	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Нуқтаи нонварианти	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ
Системаи $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{NaHCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$		Системаи $\text{CaSO}_4 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{H}_2\text{O}$	
$E_1^3$	Mib + Nh	$E_4^3$	Gp + CaH
Системаи $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$		Системаи $\text{NaHCO}_3 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{H}_2\text{O}$	
$E_2^3$	Mib + Gb	$E_5^3$	Nh + CaH
$E_3^3$	Gp + Gb		

Дар ҷадвал ва минбаъд E нуқтаи нонварианти буда, дараҷааш компонентнокии система ва индекси поёниаш рақами тартибии нуқтаи нонварианти ба шумор меравад. Барои ифодаи фазаҳои саҳти мувозинатии системаи тадқиқшаванда чунин аломатҳои шартӣ қабул шудаанд: Nh - нахколит  $\text{NaHCO}_3$ ; Mib – мирабилит  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ; Gp – гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; CaH – гидрокарбонати калтсий  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ; Gb - глауберит  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$ .

Аз ҷадвали 1 ба назар мерасад, ки зерсистемаҳои системаи тадқиқшаванда дар ҳарорати 298 К 5 – то фазаҳои саҳти мувозинатӣ дошта, онҳо барои ҳосилшавии нуқтаҳои нонвариантии сатҳи n+1 асос мебошанд.

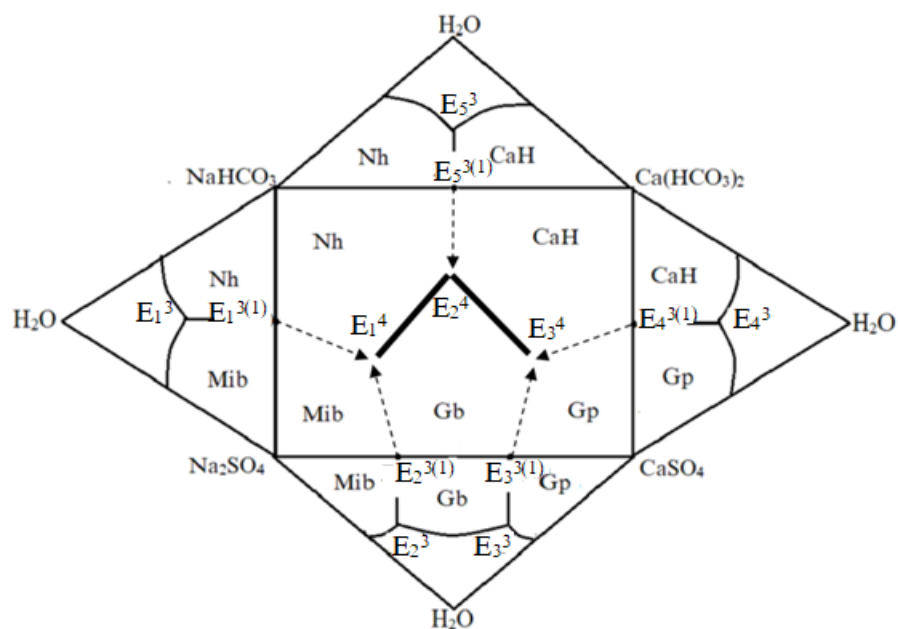
Дар расми 1 сатҳи секомпонентаи диаграммаи фазаҳосилшавии системаи  $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$  дар изотермаи 298 К бо намуди пирамидаи “кушода” сохта шуда, оварда шудааст.



Расми 1 – Сатҳи секомпонентаи изотермаи диаграммаи фазаҳосилшавӣ дар системаи  $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$  барои 298 К

Дар расми 2 диаграммаи сарбастии комплекси фазагии системаи мубодилаи  $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+} // \text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$  дар ҳарорати 298 К дар сатҳи се-чоркомпонентагӣ, ки аввалин маротиба бо ёрии методи транслятсия сохта шудааст, ҷой дорад.





Расми 2 – Диаграммаи сарбастии фазаҳои системаи  $Na^+, Ca^{2+} // SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O$  дар ҳарорати 298 K

### Натиҷаи тадқиқот

Дар диаграммаи болозикр ҳамаи шаклҳои геометрии имконпазир инъикос ёфтаанд. 3 нуқтаҳои нонварианти, 5 майдонҳои диварианти ва 7 хатҳои моноварианти исботи гуфтаҳои боло буда, дар ин сатҳи компонентноки нуқтаҳои нонвариантии системаи мазкур таркиби фазаҳои сахти мувозинатии зеринро доранд:

$$E_1^4 = Nh + Mib + Gb;$$

$$E_2^4 = Nh + Gb + CaH;$$

$$E_3^4 = Gp + Gb + CaH.$$

Таркиби фазаи таҳшинии хатҳои моноварианти, ки дар натиҷаи транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи секомпонентагӣ ҳосил шудаанд, бо таркиби фазаи таҳшинии нуқтаҳои нонвариантии транслятсияшуда мувофиқат мекунанд. Таркиби фазаҳои сахти мувозинатии хатҳои моноварианти, ки дар байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагӣ мегузаранд, чунинанд:

$$E_1^4 \text{ ————— } E_2^4 = Nh + Gb; \quad E_2^4 \text{ ————— } E_3^4 = CaH + Gb.$$

Контური майдонҳои дивариантии кристаллизатсияи фазаҳои сахти индивидуалӣ дар ҷадвали 2 оварда шудаанд.

Ҷадвали 2 – Фазаҳои сахти мувозинатӣ ва контური майдонҳои дивариантии системаи  $Na^+, Ca^{2+} // SO_4^{2-}, HCO_3^- - H_2O$  дар ҳарорати 298 K

№	Майдони фазаҳои сахти мувозинатӣ	Контური майдонҳо дар диаграмма (расми 2)
1	Nh	$NaHCO_3 \text{ — } E_5^{3(1)}$ $E_1^{3(1)} \text{ — } E_1^4 \text{ — } E_2^4$ $E_3^{3(1)} \text{ — } E_3^4$
2	Gp	$CaSO_4 \text{ — } E_4^{3(1)}$ $E_1^{3(1)} \text{ — } Na_2SO_4$ $E_1^4 \text{ — } E_2^{3(1)}$ $E_3^4 \text{ — } E_2^4 \text{ — } E_5^{3(1)}$ $E_4^{3(1)} \text{ — } Ca(HCO_3)_2$
3	Mib	
4	CaH	

5	Gb	Анҷоми ҷадвали 2 
---	----	----------------------

### Хулоса

Ҳамин тариқ, дар асоси диаграммаҳои бо ёрии усули трансляция сохташуда муайян карда шуд, ки барои системаи чоркомпонентаи муовизаи  $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$  дар ҳарорати 298 К чунин элементҳои геометрии хосанд: 3 – нуқтаҳои нонварианти, 7 – ҳаҷми монварианти ва 5 – майдонҳои диварианти. Инчунин, диаграммаи сохташуда ифода менамояд, ки майдони фазаи кристаллизатсионии Gb – (глауберит) бо ҳамаи дигар майдонҳо ҳамсарҳад буда, аз камқалшавандагии фазаи номбурда шаҳодат дода, имконият медиҳад, ки дар шароити додашуда онро ҷудо намоем.

*Муқаррир: Ҷураев П.Ҷ. – д.и.х., профессори қабедраи металлургияи ДДПУ ба номи академик М.С. Осимӣ.*

### Адабиёт

1. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водносолевых систем, т. II, Кн. 1-2. – СПб.:Химиздат, 2004, 1247с.
2. Жумаев М.Т., Солиев Л. Стрoение фазового комплекса и растворимости водно – солевой система из сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов натрия и кальция. – Душанбе: «ТГПУ им. С. Айни», 2023. – 213 с.
3. Солиев Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции (Кн.3). – Душанбе: Эр – Граф, 2019, 232 с.
4. Солиев Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции (Кн. 2). – Душанбе: Шучоён, 2011, 147 с.
5. Горощенко Я.Г. Физико-химической анализ гомогенных и гетерогенных систем. –Киев: «Наукова думка», 1978.
6. Аносов В.Я., Озерова М.И., Фиалков Ю.Я. Основы физико-химического анализа. –М.: «Наука», 1976, 504с.
7. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водносолевых систем, т. I., Кн. 1-2. – СПб.:Химиздат, 2003, 1151 с.
8. Солиев Л. – Журнал неорганической химии АН СССР, 1988, т.33, №5, с. 1305-1310.

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

TJ	RU	EN
Олимҷонова Нилуфар Ваҳобҷонова	Олимджонова Нилуфар Ваҳобҷонова	Olimjonova Nilufar Vahobjonovna
Докторант аз рӯи ихтисоси PhD-и кафедраи химияи умумӣ ва ғайриорганики	докторант (PhD) кафедраи обҷей и неорганической химии	Ph.D. of the Department of General and Inorganic Chemistry
ДДОТ ба номи С.Айни	ТГПУ имени С.Айни	TSPU named after S.Ayni
E-mail: <a href="mailto:nilufarolimjonova180@gmail.com">nilufarolimjonova180@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Жумаев Маъруф Тағоймуротович	Жумаев Маъруф Тағоймуротович	Jumaev Maruf Tagoimurotovich
Номзади илмҳои химия, дотсенти кафедраи химияи умумӣ ва ғайриорганики	Кандидат химических наук, доцент кафедраи обҷей и неорганической химии	Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry
ДДОТ ба номи С.Айни	ТГПУ имени С.Айни	TSPU named after S.Ayni
E-mail: <a href="mailto:jumaev_m@bk.ru">jumaev_m@bk.ru</a>		

## ПРОЦЕСС МОДЕЛИРОВАНИЯ АЗОТНОКИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАРОР

Г.Н. Солехова, Ш.Р. Самихов, Н. Шерматов

Таджикский национальный университет

В данной работе изучено выщелачивание меди и золота из флотоконцентрата месторождения Тарор. Изучены основные кинетические закономерности азотнокислотного разложения флотационного концентрата месторождения Тарор. Найдены оптимальные условия вскрытия золото-, медьсодержащих концентратов азотной кислотой: концентрация азотной кислоты – 400 г/дм<sup>3</sup>; продолжительность процесса – 120 мин; соотношение Т:Ж = 1:5. На основании опытных данных предложена математическая модель определения степени извлечения данного компонента при азотнокислотном выщелачивании золото-, медьсодержащих флотоконцентратов месторождения Тарор.

**Ключевые слова:** степень извлечения; азотнокислотная технология; флотация; продолжительность процесса; выщелачивание меди; эмпирическая формула; метод наименьших квадратов.

## РАВАНДИ МОДЕЛРОИӢ БО КИСЛОТАИ НИТРАТ ИШҚОРОНИИ КОНЦЕНТРАТИ МИСДОРИ КОНИ ТАРОР

Г.Н. Солехова, Ш.Р. Самихов, Н. Шерматов

Дар кори зерин ишқорони мис ва тилло аз флотоконцентрати кони Тарор омӯхта шудааст. Асосҳои кинетикии қонунияти таҷзия бо кислотаи нитрат флотоконцентрати кони Тарор омӯхта шудааст. Шароити оптималии кушодани концентрати тилло-, мисдор бо кислотаи нитрат муайян карда шудааст: концентратсияи кислотаи нитрат – 400 г/дм<sup>3</sup>; давомнокии раванд – 120 дақиқа; таносуби С:М = 1:5. Дар асоси маълумотҳои таҷрибавӣ модели математикии муайян кардани дараҷаи ҷудошавии компонентҳо ҳангоми бо кислотаи нитрат ишқорони флотоконцентрати тилло-, мисдори кони Тарор пешниҳод карда шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** дараҷаи ҷудошавӣ; технология бо кислотаи нитрат; флотатсия; давомнокии раванд; ишқорони мис; формулаи эмпирикӣ; усули хурдтарини квадратӣ.

## PROCESS THE MODELING OF NITRIC ACID LEACHING OF COPPER-CONTAINING CONCENTRATES OF THE TAROR DEPOSIT

G.N. Solehova, Sh.R. Samikhov, N. Shermatov

In this work, the leaching of honey and gold from the flotation concentrate of the Taror deposit was studied. The main kinetic patterns of nitric acid decomposition of flotation concentrate from the Taror deposit have been studied. The optimal conditions for opening gold- and copper-containing concentrates with nitric acid were found: nitric acid concentration – 400 g/dm<sup>3</sup>; process duration – 120 minutes; S:I ratio = 1:5. Based on experimental data, a mathematical model has been proposed for determining the degree of extraction of this component during nitric acid leaching of gold- and copper-containing flotation concentrates from the Taror deposit.

**Key words:** recovery rate; nitric acid technology; flotation; duration of the process; honey leaching; empirical formula; least square method.

### Введение

Вскрытие золотосодержащих сульфидных концентратов, содержащих мышьяк, за рубежом осуществляется, в основном, окислительным обжигом. Однако это связано с выделением в окружающую среду значительных количеств сернистого газа и мышьяксодержащих пылей, что недопустимо с экологической точки зрения.

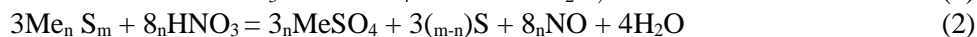
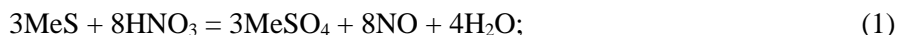
В связи с вышеизложенным разработка гидрометаллургической технологии переработки таких концентратов представляет определенный интерес.

Одним из перспективных методов вскрытия упорных золото - сульфидных концентратов является гидросульфатизация в растворе азотной кислоты [1-3].

В промышленных масштабах азотнокислотный способ разложения сульфидов применяется на одном из заводов для разложения молибденитовых концентратов.

Азотнокислотный способ позволяет переводить мышьяк, серу и железо в раствор в виде мышьяковистой и серной кислот, а железо в виде нитрата и сульфата железа.

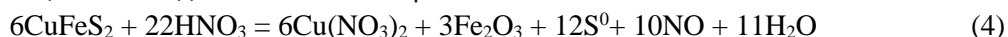
Согласно современным представлениям сульфиды окисляются азотной кислотой до сульфатов по реакциям:



При избытке азотной кислоты, образующейся по реакции (1), сера окисляется до серной кислоты по реакции:

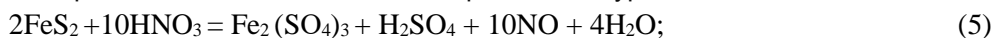


Согласно уравнению реакции взаимодействия халькопирита с азотной кислотой:

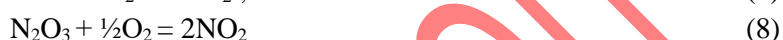


возможно торможение выщелачивания оболочкой нерастворимых продуктов  $\text{S}^0$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , покрывающих поверхность исходных сульфидов и образующихся при дефиците кислоты.

Окисление пирита и арсенопирита азотной кислотой можно представить уравнениями:



Оксиды азота, выделяющиеся в процессе взаимодействия азотной кислоты с концентратом, взаимодействуют с кислородом до высших валентностей:



При последующем поглощении их водой образуются азотная и азотистая кислота по уравнению:



Термодинамическими расчетами показана возможность протекания реакций между этими минералами и азотной кислотой при атмосферном давлении в интервале температур 333-368 К. Установлено, что повышение температуры способствует протеканию реакции [4,5].

### Экспериментальная часть

Химические анализы Тарорского флотационного концентрата приведены в таблице 1. Как показывают анализы, Тарорский флотационный концентрат является сульфидным золото-, медно-, мышьяковыми продуктами с содержанием меди до 14,5 %.

Таблица 1 – Химический и пробирный анализы концентрата

Компоненты	Содержание, в %	Компоненты	Содержание, в %
Cu	14,55	TiO <sub>2</sub>	0,19
Fe	17,43	MnO	0,08
As	7,22	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14
S	17,11	CO <sub>2</sub>	16,28
CaO	12,14	Щелочные металлы	0,74
MgO	5,57	Золото, г/т	20,2
SiO <sub>2</sub>	6,10	Серебро, г/т	78,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,87	-	-

Исследования проводились при постоянном перемешивании.

Степень извлечения компонентов из флотоконцентратов во всех опытах устанавливали на основании химического анализа исходного материала и кековыщелачиванием.

В настоящей работе изучено влияние различных факторов в широких интервалах изменения параметров на вскрываемость концентрата месторождения Тарор. Химический состав флотационного золото-медномышьякового концентрата месторождения Тарор, % (мас.): 52,4 г/т Au; 86,7 г/т Ag; 13,6 Cu. В исследованиях использовалась 60 %-ная азотная кислота.

Зависимость степени извлечения меди исследовали при продолжительности процесса до 120 минут, температуре 80 °С, соотношении Т:Ж=1:5 и концентрации азотной кислоты 400 г/дм<sup>3</sup> (таблица 2).

Максимальное выщелачивание меди наблюдалось при продолжительности процесса 120 минут, температуре 80 °С, соотношении Т:Ж=1:5 и концентрации азотной кислоты 400 г/дм<sup>3</sup>.

В таблице 2 представлены результаты исследований при различных расходах азотной кислоты, из которой видно, что при концентрации азотной кислоты 400 г/дм<sup>3</sup> наблюдается удовлетворительное вскрытие флотоконцентрата.

Таблица 2 – Результаты изучения выщелачивания меди и золота из концентратов месторождения Гарор

№ п/п	Продолжительность, мин.	Соотношение Т:Ж	Температура, °С	Концентрация HNO <sub>3</sub> , г/дм <sup>3</sup>	Концентрация в растворе, мг/дм <sup>3</sup>		Степень извлечения в раствор, %	
					Cu	Au	Cu	Au
1	120	1:5	25	400	10771,2	0,026	39,6	0,2
2	-	-	30	-	13763,2	0,010	50,6	0,1
3	-	-	40	-	16945,6	0,031	62,3	0,3
4	-	-	60	-	23228,8	0,062	85,4	0,6
5	-	-	80	-	26030,4	0,089	95,7	0,8
6	30	1:5	80	400	14796,8	0,000	54,4	0,0
7	60	-	-	-	19393,6	0,010	71,3	0,1
8	100	-	-	-	24371,2	0,026	89,6	0,2
9	120	-	-	-	25948,8	0,042	95,4	0,4
10	160	-	-	-	26057,6	0,062	95,8	0,6
11	120	1:5	80	100	9846,4	0,010	36,2	0,1
12	-	-	-	200	16836,8	0,000	61,9	0,0
13	-	-	-	300	21868,8	0,061	80,4	0,6
14	-	-	-	350	25187,2	0,083	92,6	0,8
15	-	-	-	400	25948,8	0,104	95,4	1,0
16	120	1:3	80	400	13545,6	0,026	49,8	0,2
17	-	1:4	-	-	20563,2	0,032	75,6	0,3
18	-	1:5	-	-	25840,0	0,073	95,0	0,7
19	-	1:6	-	-	25459,2	0,031	93,6	0,3

Кек, полученный после обучения, подвергали цианированию. Извлечение золота после азотнокислого выщелачивания по цианированию составило 82,3-97,6 %.

В условиях Республики Таджикистан применение азотнокислотной технологии переработки золотомышьяковых концентратов может дать значительный экономический эффект и может быть полезным для разработки других мышьяксодержащих руд страны.

На основе разработанной технологии и полученных данных была сделана попытка представить математическую модель процесса азотнокислотного выщелачивания золото-, медьсодержащего концентрата месторождения Гарор.

Одним из методов нахождения неизвестных параметров в эмпирических зависимостях является метод средних. В этом методе необходимо выполнение следующего условия: опытные данные хотя бы для одной переменной должны располагаться в возрастающем или убывающем порядке. При подстановке координаты точек в уравнение, полученные уравнения разбиваются на две группы, отдельно суммируя их, имеем два уравнения. Совместно решая полученные уравнения, находим искомые параметры [6].

Опытные данные (приведённые в таблице 2) подставляем в уравнения.

$$y = \rightarrow x + b \quad (10)$$

где: x – концентрация раствора, мг/дм<sup>3</sup>, y – степень извлечения в растворе %.

I - группа

$$\begin{aligned} 9846.4 &\rightarrow + b = 36.2 \\ 10771.2 &\rightarrow + b = 39.6 \\ 13545.6 &\rightarrow + b = 49.8 \\ + 13763.2 &\rightarrow + b = 50.6 \\ 14796.8 &\rightarrow + b = 54.4 \\ 16836.8 &\rightarrow + b = 61.9 \\ 16945.6 &\rightarrow + b = 62.3 \\ 19393.6 &\rightarrow + b = 71.3 \\ 20563.2 &\rightarrow + b = 75.6 \end{aligned}$$

II – группа

$$\begin{aligned} 21868.4 &\rightarrow + b = 80.4 \\ 23228.8 &\rightarrow + b = 85.4 \\ 24371.2 &\rightarrow + b = 89.6 \\ 25187.2 &\rightarrow + b = 92.6 \\ + 25459.2 &\rightarrow + b = 93.6 \\ 25840.0 &\rightarrow + b = 95.0 \\ 25948.8 &\rightarrow + b = 95.4 \\ 25948.8 &\rightarrow + b = 95.4 \\ 26030.4 &\rightarrow + b = 95.7 \\ 26057.6 &\rightarrow + b = 95.8 \end{aligned}$$

$$136462.4 \rightarrow + 9 b = 501.7$$

$$249940.8 \rightarrow + 10 \downarrow = 918.9$$



Составим систему из полученных уравнений:

$$\begin{cases} 136462.4 \rightarrow + 9 \downarrow = 501.7 & / \cdot 10 \\ 249940.8 \rightarrow + 10 \downarrow = 918.9 & / \cdot 9 \end{cases}$$

Решая их, находим параметры а и в:

$$\begin{cases} -136462.4 \rightarrow + 90 \downarrow = 501.7 \\ 2249467.2 \rightarrow + 90 \downarrow = 8270.1 \end{cases}$$


---


$$-884843 \rightarrow = -3253.1$$

$$a \approx 0.0037$$

Подставляем значение  $\rightarrow$  в первое уравнение системы:

$$136462.4 \cdot 0,0037 + 90 \downarrow = 5017$$

или

$$5049,1088 + 90 \downarrow = 5017$$

или

$$90 \downarrow = -32,1088$$

Отсюда имеем

$$\downarrow = -0,3568$$

Таким образом, подставляя значения  $\rightarrow$  и  $\downarrow$  в уравнения (11), получим эмпирическую формулу вида:

$$y = 0,0037x - 0,3568 \quad (11)$$

Для нахождения процентного отклонения воспользуемся выражением

$$\frac{(y_{\text{выч.}} - y_{\text{опыт.}}) \cdot 100\%}{y_{\text{опыт.}}} \quad (12)$$

Из полученной формулы (11) по заданным значениям ( $x_i$ ) находим ( $y_{\text{выч.}}$ ) и по равенству (12) определим процентные отклонения, приведенные в следующей таблице.

Таблица 3. Результаты процентного отклонения

$x_i$	9846.4	10771.2	13545.6	13763.2	14796.8	16836.8	-
$y_{\text{выч}}$	36.0749	39.4966	49.7619	50.567	54.3914	61.9394	-
% откл.	-4.5	-4.1	-0.08	-0.06	-0.02	+0.06	-
$x_i$	16945.6	19393.6	20563.2	21868.8	23228.8	24371.2	-
$y_{\text{выч}}$	62.3419	71.3995	75.727	80.5577	85.9466	89.8166	-
% откл.	+0.07	+0.14	+0.17	+0.2	+0.64	+0.21	-
$x_i$	25187.2	25459.2	25840.0	25948.8	23228.8	26030.4	26057.6
$y_{\text{выч}}$	92.8358	93.8422	95.2512	95.6538	95.6538	95.9557	96.0563
% откл.	+0.25	+0.26	+0.26	+0.27	+0.27	+0.27	-0.27

Итак, среднее квадратическое отклонение от истинных значений равно

$$\sigma = \frac{1}{19} [-4.5 + /-4.1 + /-0.08 + /-0.06 + /-0.02 + 0.06 + 0.07 + 0.14 + 0.17 + 0.2 + 0.64 + 0.24 + 0.25 + 0.26 + 0.26 + 0.27 + 0.27 + 0.27 + /-0.27] = \frac{1}{19} \cdot 12.13 \approx 0.64.$$

Отсюда, можно сделать вывод о том, что выводная эмпирическая формула очень хорошо описывает данные опытов.

Рассмотрим множественную регрессию вида:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n, \quad (13)$$

где:  $y$  – зависимая переменная,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – независимые переменные,  $a_0, a_1, \dots, a_n$  – коэффициенты уравнения.

Уравнения (13) используются для восстановления зависимости  $y$  от факторов  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Для вычисления коэффициентов  $a_0, a_1, \dots, a_n$  используется метод наименьших квадратов [1], т.е. задача минимизации функции многих переменных.

$$f(a_0, a_1, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n - y_i) \rightarrow \min$$

Находя производные функции  $f$  по  $a_i (i = \overline{0, n})$ , находим:

$$\begin{cases} \frac{\partial f}{\partial a_0} = 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n - y) = 0, \\ \frac{\partial f}{\partial a_1} = 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n - y) x_1 = 0, \\ \frac{\partial f}{\partial a_n} = 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n - y) x_n = 0, \end{cases} \quad (14)$$

Производя математические вычисления, получим следующую:

$$\text{систему: } \begin{cases} a_0 N + a_1 \sum_{i=1}^n x_1 + a_2 \sum_{i=1}^n x_2 + \dots + a_n \sum_{i=1}^n x_n = \sum y, \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_1 + a_1 \sum_{i=1}^n x_1^2 + a_2 \sum_{i=1}^n x_1 x_2 + \dots + a_n \sum_{i=1}^n x_1 x_n = \sum_{i=1}^n x_1 y \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_2 + a_1 \sum_{i=1}^n x_1 x_2 + a_2 \sum_{i=1}^n x_2^2 + \dots + a_n \sum_{i=1}^n x_2 x_n = \sum_{i=1}^n x_2 y \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_n + a_1 \sum_{i=1}^n x_1 x_n + a_2 \sum_{i=1}^n x_2 x_n + \dots + a_n \sum_{i=1}^n x_n^2 = \sum_{i=1}^n x_n y \end{cases}$$

Таким образом, имеем систему  $(n + 1)$  уравнений с  $(n + 1)$  неизвестными  $(a_0, a_1, \dots, a_n)$

Решая систему (14), например методами Гаусса или Кромера, находим искомые коэффициенты  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ .

Используя полученные нами результаты выщелачивания меди из концентрата месторождения Тарор (таблицы 6), установим зависимости степени извлечения в растворе ( $y, \%$ ) от времени продолжительности ( $x_1, \text{мин}$ ), температуры ( $x_2, \text{градус цельсия}$ ) и концентрации в растворе ( $x_3, \text{мг/дм}^3$ ). Согласно приведённой методике для составления уравнений системы (15) выполним вспомогательные расчёты:

Таблица 4. Результаты вспомогательного расчёта

№	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y$	$x_1 \cdot y$	$x_2 \cdot y$	$x_3 \cdot y$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$	$x_1 \cdot x_2$	$x_1 \cdot x_3$	$x_2 \cdot x_3$
1	120	25	400	39.6	4752	990	15840	14400	625	160000	3000	48000	10000
2	120	30	400	50.6	6072	1518	20240	14400	900	160000	3600	48000	12000
3	120	40	400	62.3	7476	2492	24920	14400	1600	160000	4800	48000	16000
4	120	60	400	85.4	10248	5124	34160	14400	3600	160000	7200	48000	24000
5	120	80	400	95.7	11484	7656	38280	14400	6400	160000	9600	48000	32000
6	30	80	400	54.4	1632	4352	21760	900	6400	160000	2400	12000	32000
7	60	80	400	71.3	4278	5704	28520	3600	6400	160000	4800	24000	32000
8	100	80	400	89.6	8960	7168	35840	10000	6400	160000	8000	40000	32000
9	120	80	400	95.4	11448	7632	38160	14400	6400	160000	9600	48000	32000
10	160	80	400	95.8	15328	7664	38320	25600	6400	160000	12800	64000	32000
11	120	80	100	36.2	4344	2896	3620	14400	6400	10000	9600	12000	8000
12	120	80	200	61.9	7428	4952	12380	14400	6400	40000	12800	24000	16000
13	120	80	300	80.4	9648	6432	24120	14400	6400	90000	9600	36000	24000
14	120	80	350	92.6	11112	7408	32410	14400	6400	122500	9600	42000	28000
15	120	80	400	95.4	11448	7632	38160	14400	6400	160000	9600	48000	32000
16	120	80	400	49.8	5976	3984	19920	14400	6400	160000	9600	48000	32000
17	120	80	400	75.6	9072	6048	30240	14400	6400	160000	9600	48000	32000
18	120	80	400	95.0	11400	7600	38000	14400	6400	160000	9600	48000	32000
19	120	80	400	93.6	11232	7488	37440	14400	6400	160000	9600	48000	32000
$\Sigma$	2150	1355	6950	1420.6	163338	104740	532330	256100	102715	2662500	152200	780000	490000

Используя результаты таблицы, составим систему уравнений вида:

$$\begin{cases} 19a_0 + 2150a_1 + 1355a_2 + 6950a_3 = 1420,6, \\ 2150a_0 + 256100a_1 + 152200a_2 + 782000a_3 = 163338, \\ 1355a_0 + 152000a_1 + 102725a_2 + 490000a_3 = 104740, \\ 6950a_0 + 782000a_1 + 490000a_2 + 2662500a_3 = 532330 \end{cases} \quad (15)$$

Решая систему метода Крамера (по стандартной программе), находим коэффициенты.

$$a_0 = -723403; a_1 = 0.32247; a_2 = 0,76465; a_3 = 0,15333.$$

Таким образом, уравнение связи выражается следующим образом:

$$y = -723403 + 0,32247x_1 + 0,76465x_2 + 0,15333x_3$$

### Заключение

Нами изучены основные кинетические закономерности азотнокислотного разложения флотационного концентрата месторождения Тарор. Найдены оптимальные условия вскрытия золото-, медьсодержащих концентратов азотной кислотой: концентрация азотной кислоты – 400 г/дм<sup>3</sup>; продолжительность процесса – 120 мин; соотношение Т:Ж = 1:5; температура процесса – 80 °С. Разработана математическая модель процесса азотнокислотного выщелачивания золото-, медьсодержащих концентратов, которая позволит прогнозировать и контролировать технологические параметры процесса.

*Рецензент: Рузиев Д.Ж.Р. — д.т.н., профессор кафедры прикладной химии ТНУ.*

### Литература

1. Солехова, Г.Н. Технологические основы переработки золото-, медьсодержащих руд Тарорского месторождения / Г.Н. Солехова, Ш.П. Самихов // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. – 2023. - № 1. – С. 289-302.
2. Zinchenko, Z.A. Researches of processing technology of flotation tailing of Sb-Hg goldcontaining ore of Jijicrut deposit / Z.A. Zinchenko, I.A. Tuymun, M.S. Ismailova, Sh.R. Samikhov // Proceedings of the XI National conference. – Bulgaria. – Varna, June 19-23. 2011. – Pp.72-79.
3. Самихов, Ш.П. Научные основы технологии переработки упорных и бедных золотосодержащих руд Таджикистана: дис. ... д-ра тех. наук: 05.17.01 / Ш.П. Самихов. – Душанбе, 2018. – 315 с.
4. Успенский, Я.В. Перспективы применения гидросульфатизации азотной кислотой для вскрытия сульфидных концентратов / Я.В. Успенский, Е.Л. Попов, А.К. Кунбазаров и [др.] // М: ВИЭМС – 1976. – С. 17.
5. Самихов, Ш.П. Исследования по выщелачиванию сульфидов из флотационного концентрата растворами азотной кислоты / Ш.П. Самихов, Х.А. Махмудов, О.М. Бобомуродов // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов». – Иркутск, ИНИТУ, 2017. – С. 83-86.
6. Амонуллоев, А., Шерматов Н. Омори математикӣ (Математическая статистика). – Душанбе: Сино, 2014.

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

TJ	RU	EN
Солехова Гулру Нуралиевна ассистенти кафедраи технологияи истеҳсоли химиявӣ	Солехова Гулру Нуралиевна ассистент кафедры технологии химического производства,	Solehova Gulru Nuralievna assistant of the Department of Technology of Chemical Production,
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	Таджикский национальный Университет	Tajik national University
E-mail: <a href="mailto:gulru-83@mail.ru">gulru-83@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Самихов Шонавруз Рахимович д.и.т., профессори кафедраи технологияи истеҳсоли химиявӣ	Самихов Шонавруз Рахимович д.т.н., профессор кафедры технологии химического производства	Samikhov Shonavruz Rakhimovich Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of technology of chemical industry
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	Таджикский национальный Университет	Tajik national University
TJ	RU	EN
Шерматов Нурмахмад д.и.т., профессори кафедраи математикаи ҳисоббарорӣ ва механика.	Шерматов Нурмахмад д.т.н., профессор кафедры вычислительной математики и механики.	Shermatov Nurmahmad Doctor of Technical Sciences, Professor of the, Department of Computational Mathematics and Mechanics.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	Таджикский национальный Университет	Tajik national University

## ТАҲЛИЛИ СИФАТӢ ВА МИҚДОРИИ КИСЛОТАҶОИ ТАРКИБИ НАМУНАҶОИ ТАҲҚИҚШАВАНДАИ РАВҒАНИ ЗАҒИР

Ҷурахонзода Р.Ҷ., Назаров Ф.Х., Маҳмудзода Т.М.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

Барои муайян намудани кислотаҳои таркиби равғани зағир тухми зағире, ки пас аз марҳилаи пурра пухтарасиаш чамъовари карда шуда барои муайян намудани кислотаҳои ҷарбии равғани зағир равғани таҳлилшаванда пеш аз таҳлили хроматографӣ дар осеби лабораторӣ майда карда шуд, пас бо ҳалқунандаҳои органикӣ экстраксияи гарм карда шуд. Барои аз таркиби равғани зағир ҷудо намудани хлороформ экстракти ҳосилкардашуда дар дастгоҳи ротори бухоркунанда буғронӣ карда, равғани зағире ҷудокардашуда дар қиф бо истифода аз маҳлули обии 0,2N KOH экстраксияи хунок карда шуд, ки дар натиҷа кислотаҳои озод ва фенолҳои таркиби равған ба намакҳои худ табиқ ёфта дар об ҳалшаванда гардиданд. Пас аз иҷрои ин амал ба омехтаи реаксионӣ хлороформ илова гардида, он дар қифи ҷудокунак экстраксия мегардад, ки дар натиҷа экстракт ба қисми хлороформӣ ва обӣ ҷудо мешавад. Глисеридҳои таркиби равғани зағир, ки дар қисми органикӣ экстракт боқи мемонанд аз хлороформи истифодашуда тавасути буғронӣ ҷудо намуда, хушконида шуд. Сипас ин глисеридҳоро ба эфирҳои метилии худ табиқ дода ба таҳлили хроматографӣ омода намудем. Идентификасияи кислотаҳои калонмолекулаи ҷарбии таркиби намунаҳои таҳлилшавандаи равғани зағир дар асоси маълумотҳои пойгоҳи спектралӣ NIST 05 амали карда шуданд.

**Калидвожаҳо:** кислотаҳои равғанӣ, равғани зағир, тухми зағир, экстраксияи гарм, ҳалқунандаҳои органикӣ, хлороформ, глисеридҳо, таҳлили хроматографӣ.

## КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ КИСЛОТНОГО СОСТАВА ИССЛЕДУЕМЫХ ОБРАЗЦОВ ЗАГИРНОГО МАСЛА

Джурахонзода Р.Дж., Назаров Ф.Х., Махмудзода Т.М.

Для определения жирных кислот загирного масла семена загира, собранные после стадии полного созревания, для определения жирных кислот загирного масла перед хроматографическим анализом анализируемое масло измельчили в лабораторной мельнице, затем провели горячую экстракцию органическими растворителями. Для отделения хлороформенного экстракта от загирного масла экстрагированный хлороформ упаривали в ротационном испарителе, а отделенное загирное масло охладили в воронке водным раствором 0,2 N KOH, в результате чего свободные кислоты и фенолы в масле превратились в их соли и стали растворимы в воде. После совершения этого действия к реакционной смеси добавили хлороформ и экстрагировали, используя делительную воронку экстракт разделили на хлороформную часть и водную. Глицериды загирного масла, оставшиеся в органической части экстракта, отделили от использованного хлороформа выпариванием и высушили. Затем мы превратили эти глицериды в их метиловые эфиры и подготовили к хроматографическому анализу. Идентификацию высокомолекулярных жирных кислот в анализируемых образцах загирного масла проводили на основании данных спектральной базы данных NIST 05.

**Ключевые слова:** жирные кислоты, загирное масло, семена загира, горячая экстракция, органические растворители, хлороформ, глицериды, хроматографический анализ.

## QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE ACIDS COMPOSITION OF THE STUDIED SAMPLES OF BOIL OIL

Jurakhonzoda R.J., Nazarov F.Kh., Mahmudzoda T.M.

To determine the fatty acids of zagir oil, zagir seeds collected after the full ripening stage, to determine the fatty acids of zagir oil, before chromatographic analysis, the analyzed oil was ground in a laboratory mill, then hot extraction was carried out with organic solvents. To separate the chloroform extract from the zagir oil, the extracted chloroform was evaporated in a rotary evaporator, and the separated zagir oil was cooled in a funnel with an aqueous solution of 0.2 N KOH, as a result of which the free acids and phenols in the oil were converted into their salts and became soluble in water. After this action was completed, chloroform was added to the reaction mixture and extracted using a separatory funnel, the extract was divided into the chloroform part and the aqueous part. The glycerides of the zagir oil remaining in the organic part of the extract were separated from the used chloroform by evaporation and dried. We then converted these glycerides into their methyl esters and prepared them for chromatographic analysis. Identification of high molecular weight fatty acids in the analyzed samples of sour oil was carried out based on data from the NIST 05 spectral database.

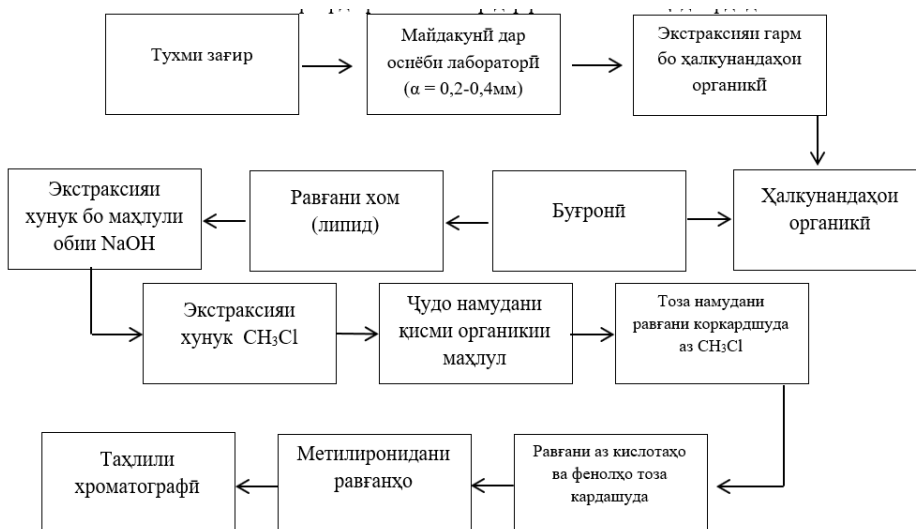
**Key words:** fatty acids, zagir oil, zagir seeds, hot extraction, organic solvents, chloroform, glycerides, chromatographic analysis.

Кислотаҳои калонмолекулаи органикӣ аҳамияти калони саноатиро доро мебошанд. Дар асоси кислотаҳои калонмолекулаи органикӣ истеҳсол гардидани собунҳо, мавод ва маҳсулоти атриётӣ, истеҳсоли дорувориҳо, ҳосил намудани эфирҳои мураккаб, сӯзишвориҳои алтернативӣ аз мубрамияти мавзуи пажӯиш ва таҳқиқи ин пайвастагиҳо дар таркиби растаниҳо гувоҳи медиҳад.

Барои муайян намудани кислотаҳои ҷарбии таркиби равғани зағир тухми зағире, ки пас аз марҳилаи пурра пухтарасиаш аз минтақаи Фаҳрободи ноҳияи Хуросони вилояти Хатлони Ҷумҳурии Тоҷикистон чамъовари гардидааст интихоб карда шуд.

Барои муайян намудани кислотаҳои ҷарбии равғани зағир равғани таҳлилшаванда пеш аз таҳлили хроматографӣ коркарди махсус карда шуд.

Техника ва технологияи коркарди равғани зағир дар расми 1 пешниҳод гардидааст.



Расми 1 - Техника ва технологияи омода намудани равғани зағир бо таҳлили хроматографӣ.

Чи тавре, ки аз таҳлили технологияи коркардгардида, ки дар расми 1 пешниҳод гардидааст бармеояд тухми интихобнамуда пас аз хушконида дар осеби лаборатори хока карда мешавад. Зағири хокакардашуда ба ҳалтаҷаҳои махсус гузаронида, дар дастгоҳи Сокслет бо хлороформи ба тозаги буғронишуда экстракция карда мешавад.

Барои аз таркиби равғани зағир ҷудо намудани хлороформ экстракти ҳосилкардашуда дар дастгоҳи ротори бухоркунанда буғронӣ карда мешавад. Пас аз иҷрои ин амал равғани зағири ҷудокардашуда дар қиф бо истифода аз маҳлули обии 0,2н КОН экстракцияи хунук карда мешавад, ки дар натиҷа кислотаҳои озод ва фенолҳои таркиби равған ба намакҳои худ табиқ ёфта дар об ҳалшаванда мегарданд.

Пас аз иҷрои ин амал ба омехтаи реаксионӣ хлороформ илова гардида, он дар қифи ҷудокунак экстракция мегардад, ки дар натиҷа экстракт ба қисми хлороформӣ ва обӣ ҷудо мешавад.

Экстракцияи такрорӣ омехтаи реаксионӣ ба он мӯсоидат менамояд, ки липидҳои нейтралӣ марбут ба равғани зағир ба қисми хлороформӣ экстракт ҳосилкардашуда гузашта, намакҳои калигии кислотаҳои калонмолекулаи ҷарбӣ ва фенолиятҳо дар қисми оби боқӣ мемонанд.

Глицеридҳои таркиби равғани зағир, ки дар қисми органикӣ экстракт боқӣ мемонанд аз хлороформи истифодашуда тавасути буғронӣ ҷудо намуда, хушконида шуд. Сипас ин глицеридҳоро ба эфирҳои метилии худ табиқ дода ба таҳлили хроматографӣ омода намудем. Таҳлили миқдории кислотаҳои ҷарбӣ таркиби равғани зағир бо усули хроматографияи газӣ амали карда шуд. Таҳлили хроматографӣ дар дастгоҳи Shimadzu QP 2010 Plus истиҳсоли давлати ИМА, ки бо калонкаи AT5MS (30 м × 0,32 мм × 0,25 мкм) муҷаҳазонида шудааст, гузаронида шуд. Таҳқиқоти мазкур дар пойгоҳи Маркази тадқиқотии байнисоҳавии Донишгоҳи илмҳои табиатшиносии ба номи "Шоҳ Майкли I" шаҳри Тимишоараи давлати Руминия дар ҳамкори бо олимони соҳа гузаронида шуд.

Намунаҳои таҳлилшавандаи равғани зағир бо истифода аз маҳлули 2М ҳидроксиди калиӣ дар метанол таёркардашуда гидролиз карда шуданд.

Дар иҷрои ин амал аз ҳар қадом намунаи таҳлилшавандаи равғани зағир ба миқдори 0,01 мл гирифта онро дар 0,4 мл маҳлули 2М ҳидроксиди калиӣ дар метанол таёркардашуда ҳал намуда сипас ба омехтаи реаксионӣ 4 мл гексан илова карда муддати 5 дақиқа тавасути истифодаи омехтакунаки магнити омезиш додем. Баъд аз 10 дақиқаи иҷрои ин амал ба омехтаи таёркардашуда 0,5 г гидросулфати калиӣ илова карда намуда муддати 15 дақиқа сентрофуга намудем. Сентрофугакунони бо суръати 3000 гардиш (ҷархзанӣ) дар як дақиқа амали карда шуд. Пас аз иҷрои ин амал аз намунаҳои таҳлилшаванда ба миқдори 1мл гирифта таҳлили хроматографӣ намудем.

Дар ин ҷо қайд намудан ба маврид аст, ки дар таҳлили хроматографияи газӣ намунаҳои таҳқиқшавандаи равғани зағир ба ҳайси фазаи ҳаракаткунандаи хроматографӣ газӣ гелий интихоб гардидааст. Суръати ҳаракати гелий дар калонкаи хроматографияи газӣ 1,81 мл дақиқаро бо таносуби тақсимшавӣ 1:50 ташкил дод.

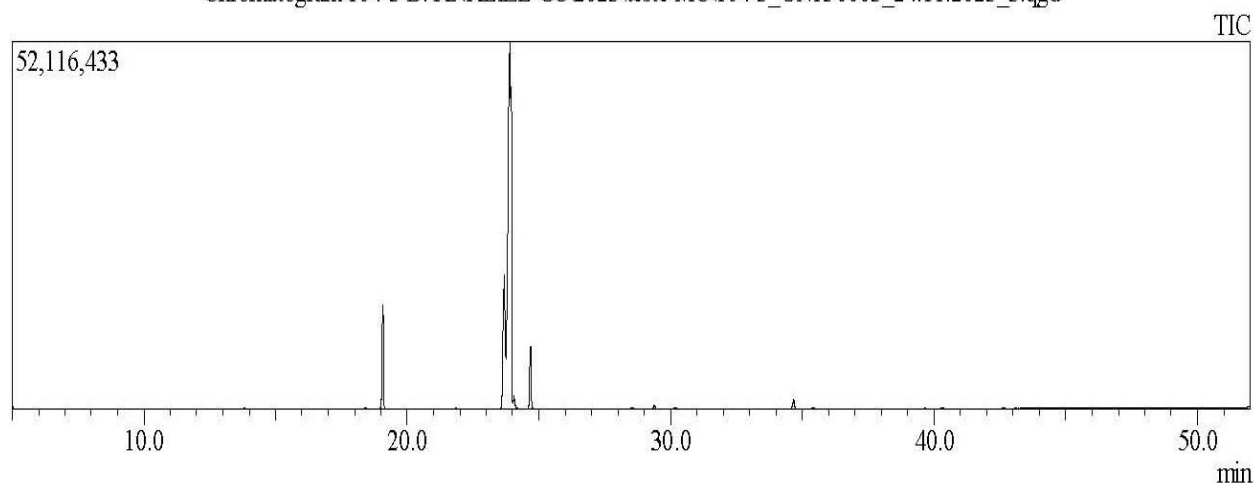
Ҳарорати калонкаи хроматографиро муддати 2 дақиқа дар ҳарорати 100 ° С нигоҳ дошта шуд ва пас аз он градиент аз 8 ° С / дақиқа то 180 ° С, 3 ° С / дақиқа то 280 ва 10 ° С / дақиқа то 300 ° С зиёд карда шуд.

Ҳангоми таҳлили хроматографӣ ҳарорати индексонӣ дар холигии найчаи хроматографӣ ба 250 ° С ва ҳарорат дар манбаи ионҳо ва ҳарорати интерфейси GC-MS ба 210 ° С ва 255 ° С буд.



Идентификатсияи кислотаҳои калонмолекулаи чарбии таркиби намунаҳои таҳлилшавандаи рағғани зағир дар асоси маълумотҳои пойгоҳи спектралӣи NIST 05 амали карда шуданд. Барои дақиқ муайян намудани ғализати кислотаҳои идентификатсия кардашуда дар таркиби намунаҳои таҳқиқшавандаи рағғани зағир ҳама таҳлилҳо се маротиба гузаронида шуд. Натиҷаҳои таҳлил дар расмҳои 2-4 пешниҳод гардидаанд.

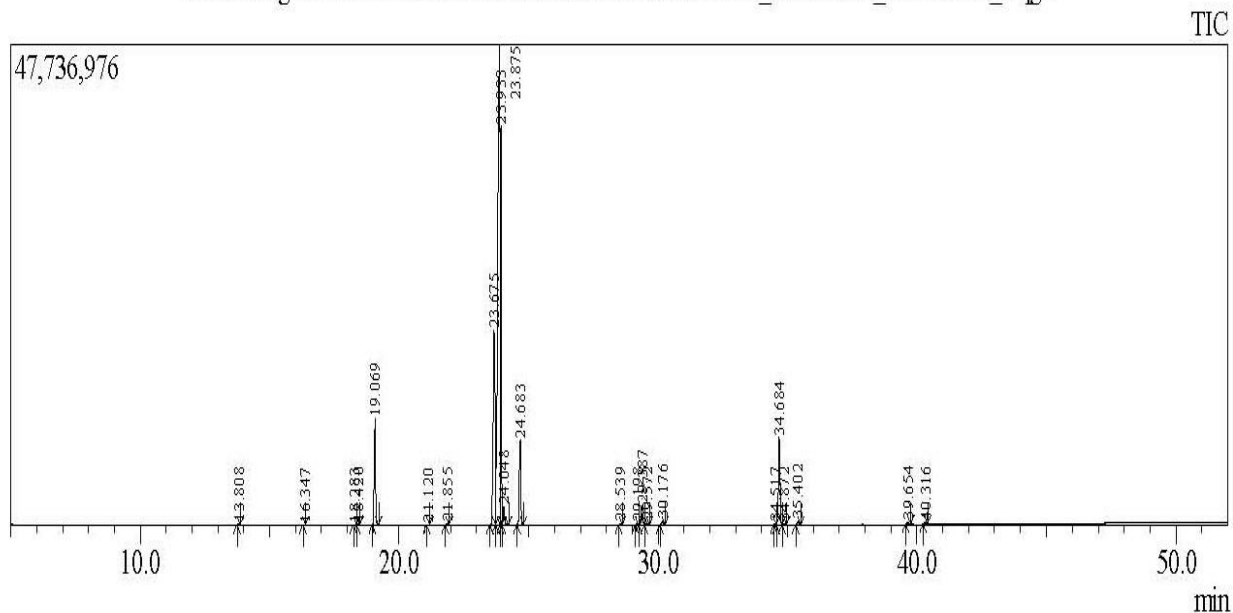
Chromatogram 164-3 D:\ANALIZE GC\2023\teste MC\164-3\_UNK-0003\_24.11.2023\_3.qgd



#### Quantitative Result Table

ID#	Name	R.Time	m/z	Area	Height	Conc.
1	Methyl tetradecanoate	13.805	TIC	655011	205191	0.093
2	Pentadecanoic acid, methyl ester	16.343	TIC	126754	34479	0.018
3	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	18.293	TIC	133552	31040	0.019
4	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	18.418	TIC	770156	194499	0.110
5	Hexadecanoic acid, methyl ester	19.071	TIC	56914872	14745206	8.100
6	Cyclopropaneoctanoic acid, 2-hexyl-, methyl e	21.114	TIC	175719	44159	0.025
7	Heptadecanoic acid, methyl ester	21.852	TIC	309085	79054	0.044
8	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	23.683	TIC	114154587	18971284	16.246
9	9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z,Z)	23.897	TIC	380592829	51972489	54.164
10	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	23.947	TIC	97002841	45614297	13.805
11	12-Octadecenoic acid, methyl ester	24.054	TIC	6585469	1851485	0.937
12	Octadecanoic acid, methyl ester	24.679	TIC	35765292	8766098	5.090
13	11,13-Eicosadienoic acid, methyl ester	-	TIC	---	---	.D.(W/B)
14	11-Eicosenoic acid, methyl ester	29.377	TIC	1788736	477007	0.255
15	Cyclopropaneoctanoic acid, 2-hexyl-, methyl e	-	TIC	---	---	.D.(W/B)
16	Eicosanoic acid, methyl ester	30.174	TIC	945022	239791	0.134
17	13-Docosenoic acid, methyl ester, (Z)-	34.671	TIC	5232420	1244685	0.745
18	Docosanoic acid, methyl ester	35.404	TIC	933144	226437	0.133
19	15-Tetracosenoic acid, methyl ester, (Z)-	39.656	TIC	87289	25244	0.012
20	Tetracosanoic acid, methyl ester	40.308	TIC	488328	121319	0.069

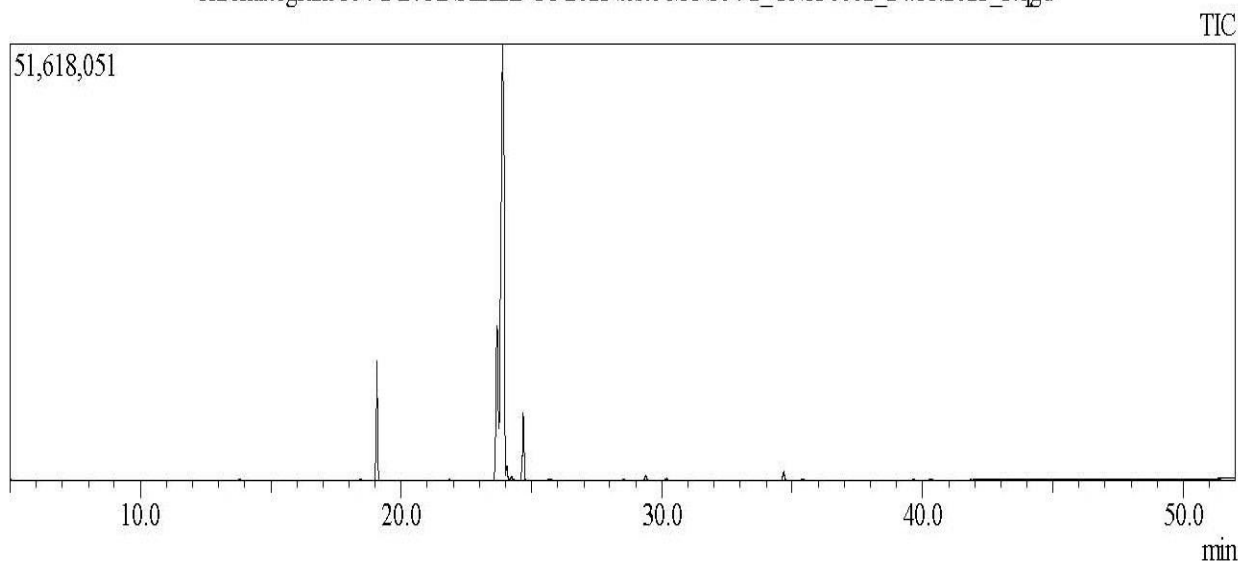
Расми 2 – Хроматограмаи кислотаҳои калонмолекулаи чарбии таркиби намунаи рағғани зағир, ки бо усули ҷабии дар ҳолати истифодаи пояи он чудо карда шудааст.



## Quantitative Result Table

ID#	Name	R.Time	m/z	Area	Height	Conc.
1	Methyl tetradecanoate	13.808	TIC	256758	77273	0.040
2	Pentadecanoic acid, methyl ester	16.347	TIC	120846	30958	0.019
3	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	18.297	TIC	124147	28612	0.019
4	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	18.420	TIC	535360	126886	0.084
5	Hexadecanoic acid, methyl ester	19.069	TIC	38403681	10469082	5.995
6	Cyclopropanecoctanoic acid, 2-hexyl-, methyl e	21.120	TIC	148880	36539	0.023
7	Heptadecanoic acid, methyl ester	21.855	TIC	253016	61401	0.039
8	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	23.675	TIC	107296994	19224460	16.751
9	9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z,	23.875	TIC	309208914	47607951	48.272
10	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	23.933	TIC	95744334	39504496	14.947
11	12-Octadecenoic acid, methyl ester	24.048	TIC	5691301	1641480	0.889
12	Octadecanoic acid, methyl ester	24.683	TIC	34094393	8283320	5.323
13	11,13-Eicosadienoic acid, methyl ester	29.198	TIC	277069	78893	0.043
14	11-Eicosenoic acid, methyl ester	29.387	TIC	8069915	1872714	1.260
15	Cyclopropanecoctanoic acid, 2-hexyl-, methyl e	29.572	TIC	513821	127475	0.080
16	Eicosanoic acid, methyl ester	30.176	TIC	1100510	289478	0.172
17	13-Docosenoic acid, methyl ester, (Z)-	34.684	TIC	36548617	8594480	5.706
18	Docosanoic acid, methyl ester	35.402	TIC	1020454	270681	0.159
19	15-Tetracosenoic acid, methyl ester, (Z)-	39.654	TIC	683614	198969	0.107
20	Tetracosanoic acid, methyl ester	40.316	TIC	457775	120860	0.071

Расми 3 – Хроматограмаи кислотаҳои калонмолекулаи чарбии таркиби намунаи рағғани зағир, ки бо усули ҷабиши дар ҳолати истифодаи пояи он ҷудо карда шудааст



## Quantitative Result Table

ID#	Name	R.Time	m/z	Area	Height	Conc.
1	Methyl tetradecanoate	13.808	TIC	537424	169611	0.083
2	Pentadecanoic acid, methyl ester	16.350	TIC	110722	29644	0.017
3	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	18.295	TIC	105666	24690	0.016
4	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	18.423	TIC	646957	155847	0.100
5	Hexadecanoic acid, methyl ester	19.076	TIC	51987540	14063580	8.051
6	Cyclopropaneoctanoic acid, 2-hexyl-, methyl e	21.122	TIC	145940	38484	0.023
7	Heptadecanoic acid, methyl ester	21.855	TIC	288095	69355	0.045
8	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	23.684	TIC	103701921	18160106	16.060
9	9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z,)	23.892	TIC	340586157	51529658	52.745
10	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	23.940	TIC	99932491	43019047	15.476
11	12-Octadecenoic acid, methyl ester	24.055	TIC	6491922	1678613	1.005
12	Octadecanoic acid, methyl ester	24.680	TIC	32178772	7849064	4.983
13	11,13-Eicosadienoic acid, methyl ester	29.193	TIC	107797	31355	0.017
14	11-Eicosenoic acid, methyl ester	29.379	TIC	2924575	631060	0.453
15	Cyclopropaneoctanoic acid, 2-hexyl-, methyl e	-	TIC	--	--	D.(W/B)
16	Eicosanoic acid, methyl ester	30.176	TIC	997042	250819	0.154
17	13-Docosenoic acid, methyl ester, (Z)-	34.673	TIC	3721734	947112	0.576
18	Docosanoic acid, methyl ester	35.401	TIC	761838	193016	0.118
19	15-Tetracosenoic acid, methyl ester, (Z)-	39.657	TIC	94938	27400	0.015
20	Tetracosanoic acid, methyl ester	40.310	TIC	396206	96549	0.061

Расми 4 - Хроматограми кислотаҳои калонмолекулаи чарбии таркиби намунаи рағани зағир, ки бо усули чабиши дар ҳолати истифодаи пояи он чудо карда шудааст

Дар ин ҷо қайд намудан ба маврид аст, ки дар таҳлили хроматографии гази натиҷагирӣ аз рӯи масоҳати умумии қуллаҳои хроматографии пайдогардида (консентратсияи умумии кислотаҳои ҷудокардашуда) дар муқоиса ба масоҳати ҳар як қуллаи хроматографӣ (ғализати ҳар кадом кислотаи чарбии идентификатсияшуда) кислотаҳои бо истифодаи формулаи зерин муайян карда шуд:

$$x = \left( S_i \sum_{i=1}^n S_i \right) \cdot 100$$

Дар формула:  $X$  – миқдори кислотаи пайвасти таркиби глицеридҳо, %;  $\sum_{i=1}^n S_i$  – суммаи масоҳати кулаҳои хроматографии пайдогардида, мм<sup>2</sup>;  $S_i$  – масоҳати як кула (ғализати ҳар кадом кислотаи чарбии идентификатсияшуда), мм<sup>2</sup>

Аз натиҷаҳои таҳлили хроматографии рағғани зағир, ки дар расмҳои 2-4 пешниҳод шудааст бармеояд, ки аз таркиби ин рағғани таҳқиқшаванда 20 номгӯи кислотаҳои калонмолекулаи чарбӣ идентификатсия карда шудааст. Маълум гардид, ки асоси глицеридҳои таркиби рағғани зағирро кислотаҳои носери линолат, олеинат ва линолеат ташкил медиҳад.

*Муқаррир: Ҷураев Ш.Ҷ. – д.и.х., профессори қабедраи металлургияи ДЭТД ба номи академик М.С. Осимӣ.*

### Адабиёт

1. Иброгимов Д.Э. Масличность генотипов семян хлопчатника сортов Фаргона-3, Мехргон и L-53 / Д.Э. Иброгимов, Г. Камолов, А.Х. Зумратов, И.Э. Иброгимов // Материалы II- Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке», посвященная 50-летию ТТУ им. акад. М.С. Осими. – Душанбе: ТТУ им. акад. М.С. Осими, 2006. – С.135-138.
2. Иброгимов Д.Э. Определения свободных кислот в состав экстрактах растений и липиды / Д.Э. Иброгимов А.Х. Зумратов, Ф.А. Иброгимов // Материалы научно-теоретической конференции молодые ученые, посвященной 1150-летию Абуабдулло Рудаки. – Душанбе: Дониш, 2008. – С.85-89.
3. Иброгимов Д.Э. Хроматографическая характеристика флаваноидов семян Bunium persicum [Текст] / Д.Э. Иброгимов, Ш.Х. Усмонова // Вестник Авиценны. – Душанбе: ТГМУ им. Абуали ибни Сино, 2010, т.2, №3. – С.123-126.
4. Кейтс М. Техника липодологии. – М.: Мир, 1975. – 264 с.
5. Копейковский В.М., Костенко В.К. Влияние режимов тепловой сушки семян подсолнечника на качество масла // Известия вузов. Пищевая технология. КИПП. 1962. - № 4. - С. 72-76. Копейковский В.М., Гарбузова Г.И., Рязанцева М.И. Влияние температуры на качественную сохранность высушенных семян // МЖП. –Пищепромиздат, 1963, № 1.
6. Копейковский В.М., Костенко В.К. Изменение кислотного числа масла семян подсолнечника высокомасличных сортов в процессе сушки // МЖП. –Пищепромиздат, 1962, № 3. – С. 12-17.
7. Кретович В.Л. Щальца К.Ф. Биохимия растений. –М.: «Высшая школа», 1980.– 445 с.
8. Кретович В.Л. Методы современной биохимии. –М.:Наука, 1975.–176с.
9. Лисицын, А.Н. Развитие теоретических основ процесса окисления растительных масел и разработка рекомендаций по повышению их стабильности к окислению : автореф. дис. на ... д-ра техн. наук / А.Н. Лисицын. – Краснодар, 2006. – 36 с.
10. Ловачев Л.Н., Хомутов Ю.С., Колесник Ю.С. К вопросу определения степени окислительных превращений в пищевых жирах.
11. Морозова Т.Б. Изучение изменений состава и свойств подсолнечных масел в ходе их получения и длительного хранения. –ЛП, 1978. Дис. . канд. техн. наук.– 151 с.

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

TJ	RU	EN
Ҷурахонзода Рауф Ҷурахон к.т.н.	Джурахонзода Рауф Джурахон н.и.т.	Jurakhonzoda Rauf Jurakhon Candidate of technical sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими	Таджикский технический университет имени акажемика М.С. Осими	Tajik technical University by name of academic M.S. Osimy
E-mail: <a href="mailto:raufjurakhon@gmail.com">raufjurakhon@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Назаров Фирдавс Хоркашевич унвонҷӯ	Назаров Фирдавс Хоркашевич соискатель	Nazarov Firdavs Khorkashevich degree applicant
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими	Таджикский технический университет имени акажемика М.С. Осими	Tajik technical University by name of academic M.S. Osimy
E-mail: <a href="mailto:n.firdavs1987@gmail.com">n.firdavs1987@gmail.com</a>		
TJ	RU	EN
Маҳмудзода Таҳмина Муминҷон к.т.н.	Маҳмудзода Таҳмина Муминджон н.и.т.	Mahmudzoda Tahmina Muminjon Candidate of technical sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими	Таджикский технический университет имени акажемика М.С. Осими	Tajik technical University by name of academic M.S. Osimy
E-mail: <a href="mailto:Poshokulzoda91@mail.ru">Poshokulzoda91@mail.ru</a>		

УДК 621.892.28

## **УСУЛИ ТАҲҚИҚИ МУТОБИҚАТИ АВТОМОБИЛҲО БАРОИ ИСТИФОДАБАРӢ ДАР ШАРОИТҲОИ ЭКСТРЕМАЛӢ**

**Давлатшоев Р.А., Мажитов Б.Ж.**

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С.Осимӣ

Дар мақола усули мушаххаси баҳодихии микдории сатҳи мутобиқати ВНА барои истифодабарӣ дар шароити экстремалӣ дар мисоли шароити душвори кӯҳи пешниҳод карда шудааст.

Ба сифати меъёрҳои (омилҳои) муносибгардонӣ ва баҳодихии мутобиқати воситаҳои нақлиёт ба шароити қорӣ нишондиҳандаҳои ҷудоғонаи ҳосиятҳои истифодабарии он қабул гардидаанд, ки воҳидҳои ченкунӣ ва ҳосиятҳои физикавии гуногун доранд. Дар робита ба ин, механизми мувофиқгардонии коркард гардидааст, ки имконияти ба назар гирифтани ин хусусиятҳо дошта, ҳалли масъалаи бисёромилӣ мазкурро дастрас менамояд.

Татбиқи усули пешниҳодшуда дар мисоли баҳодихии дараҷаи мутобиқати системаи боздории автомобилҳо ба шароити истифодабарии кӯҳсор ва суръати хунукшавии батареяҳои аккумуляторӣ дар шароити иқлими хушқу гарм нишон дода шудааст.

Қонуниятҳои муқарраршуда барои бо роҳҳои истехсолию технологӣ ва истифодабарӣ баланд бардоштан ва муайян намудани дараҷаи мутобиқати автомобилҳо ба шароити муайяни истифодабарӣ мусоидат менамоянд.

**Калимаҳои калидӣ:** мутобиқат, автомобил, нақлиёт, истифодабарӣ, кӯҳсор

## **МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Давлатшоев Р.А., Мажитов Б.Ж.**

В статье представлен метод количественной оценки уровня приспособленности конкретного АТС для использования в экстремальных условиях на примере сложных горных условий.

В качестве критериев оптимизации и оценки приспособленности автотранспортных средств к условиям эксплуатации выступают показатели эксплуатационных свойств, которые имеют различную размерность и физическую природу. В связи с этим, разработана методика оптимизации, дающая возможность учесть эту специфику и решить поставленную многокритериальную задачу.

В работе создана методика количественной оценки уровня приспособленности по выбранным характеристикам (признакам). Разработанная методика проиллюстрирована на примере оценки приспособленности АТС к горным условиям эксплуатации по тормозной динамике и по темпу охлаждения аккумуляторных батарей.

Установленные закономерности позволяют улучшить степень приспособленности автомобилей к экстремальным условиям эксплуатации за счет принятия конструкторско-технологических и эксплуатационных мероприятий, а также определить степень пригодности транспортных средств к определенным условиям эксплуатации.

**Ключевые слова:** приспособленность, автомобиль, транспорт, эксплуатация, высокогорье.

## **VEHICLE COMPATIBILITY INVESTIGATION METHOD FOR USE IN EXTREME CONDITIONS**

**Davlatshoev R.A., Majidov B.J.**

The article presents a method for quantitatively assessing the level of adaptability of a particular vehicle for use in extreme conditions using the example of difficult mountain conditions.

The criteria for optimizing and assessing the suitability of vehicles to operating conditions are indicators of operational properties, which have different dimensions and physical nature. In this regard, an optimization technique has been developed that makes it possible to take into account this specificity and solve the posed multicriteria problem.

The work created a method for quantitative assessment of the level of adaptability based on selected characteristics (signs). The developed methodology is illustrated by the example of assessing the adaptability of a vehicle to mountain operating conditions based on braking dynamics and the rate of cooling of batteries.

The established patterns make it possible to improve the degree of adaptability of vehicles to extreme operating conditions through the adoption of design, technological and operational measures, as well as to determine the degree of suitability of vehicles for certain operating conditions.

**Key words:** compatibility, car, transport, operation, highlands.

### **Муқаддима**

Аз рӯи таснифоти ҷуғрофӣ ҷумҳурии Тоҷикистон ҳамчун мамлақати кӯҳсор ба ҳисоб меравад, ки ҳудуди он аз сатҳи баҳр дар баландҳои аз 300 то 7495 м ҷойгир шудааст. Дар баробари ин зиёда аз 93% масоҳати ҷумҳурӣ дар системаи қаторкӯҳҳои Тиён-Шон ва Помир воқеъ гардида, қариб нисфи масоҳати он дар баландҳои зиёда аз 3000 м аз сатҳи баҳр ҷойгир мебошад.

Дар чунин шароити тавсифгардида танҳо нақлиёти автомобилӣ метавонад талаботро дар самти интиқоли бору мусофирон пурсамар амалӣ намояд. Тараққӣ ва вусъат додан, инчунин самаранок истифода намудани дигар намудҳои нақлиёт дар чунин шароити душвор ва ҳатто дар аксар ҳолатҳо имконнопазир мебошад. Ин омилҳо боис гардидаанд, ки дар солҳои охир теъдоди нақлиёти автомобилӣ дар қаламрави ҷумҳурӣ бошиддат зиёд шуда истодааст (расми 1 ва ҷадвали 1).

Чун аз ҷадвали 1 дида мешавад, парки автомобилӣ дар минтақаҳои гуногуни ҷумҳурӣ нобаробар тақсим шуда, модел ва тамғҳои гуногунро дар бар гирифтааст. Маълумоти омӯришӣ нишон медиҳад, ки дар солҳои охир таркиби парки автомобилии ҷумҳуриро бештар автомобилҳои истехсоли хориҷӣ ташкил



медиханд. Аз тарафи дигар, дар солҳои охир парки автомобилии кишвар нисбатан симои нав гирифтааст. Дар ин баробар таносуби шумораи воситаҳои нақлиёти шахсони ҳуқуқӣ нисбат ба воситаи нақлиёти шахсони воқеӣ хеле кам шудааст, ки инро пеш аз ҳама ба беҳтаршавии вазъи иқтисодии аҳоли рабт намудан мумкин аст, вале аз тарафи дигар ин метавонад сабаби пайдо гардидани шахсони тасодуфӣ ва дорои таҷрибаи ками ронандагӣ дар роҳҳои ҷумҳурӣ гардад. Аз шумораи умумии воситаҳои нақлиёти автомобилии дар аввали соли 2023 дар миқёси ҷумҳурӣ бақайдгирифташуда (601136 адад) 93 %-и он (557621 адад) ба шахсони воқеӣ мансубанд. Истифодабарии воситаҳои нақлиёти автомобилӣ (ВНА) дар Ҷумҳурии Тоҷикистон дар шароити вазнини кӯҳӣ ва баландкӯҳ, ки ҳамчун иқлими хушк гарм қабул гардидааст, низ амалӣ карда мешавад [1].



Расми 1 – Динамикаи зиёдшавии шумораи ВНА дар Ҷумҳурии Тоҷикистон дар солҳои 2013 - 2022

Ҷадвали 1 – Тақсимои ВНА дар қаламрави ҷумҳурӣ дар соли 2023

№	Номгӯии вилоят, шаҳрҳо	Ҳамагӣ ВНА	Шумораи аҳоли, ҳазор нафар, 2022с	Масоҳат, ҳазор км <sup>2</sup>	авто/км <sup>2</sup>	Шумораи авт. ба ҳар 1000 нафар
1	Душанбе	135891	1201,8	0,203	669	113
2	Суғд	206479	2823,9	25,2	8	73
3	Хатлон	118106	3530	24,7	5	33
4	ВМКБ	14130	228,9	62,9	0	62
	НТҶ	112335	2101	28,4	4	53
	Дар ҷумҳурӣ	601136	10332,7	141,40	3,20	4

Дар қаламрави Ҷумҳурии Тоҷикистон роҳҳои автомобилгард дар баландҳои аз 300 м (ноҳияи Айвақи вилояти Хатлон) то 4655 м (ағбаи Оқбайтал) аз сатҳи баҳр ҷойгир шудаанд. Ҳамаи вилоятҳои

чумхурӣ бо марказ ва ноҳияҳои тобеи он байни ҳам тавассути ағбаҳо пайваст шудаанд. Ағбаҳои баландтарин дар роҳҳои автомобилгарди ҚТ дар ҷадвали 2 оварда шудаанд.

Ҷадвали 2– Ағбаҳои баландтарин дар роҳҳои автомобилгарди ҚТ

Ағба	Қаторкӯҳ	Баландии мутлақ аз сатҳи баҳр, м
Окбайтал	Музкӯл	4655
Кизиларт	Олой	4280
Койтезак	Аличури чанубӣ	4271
Анзоб	Ҳисор	3272
Шахристон	Туркистон	3378
Хобуробод	Дарвоз	3270

Роҳҳои кӯҳии чумхурӣ хусусиятҳои хосро доро буда, онҳо аз баландии тӯлонӣ (то 10...12%), серпантинҳои зиёд (то 10 адад дар 1 км роҳ), гардишҳои зиёд (то 15...18 гардиш дар 1 км роҳ), гардишҳои радиусашон хурд (8...10 м) иборатанд, ки дар минтақаҳои зиёди онҳо маҳдудиятҳои доираи назар ва дидашавандагӣ (50...100 м) амал менамоянд. Омилҳои зикршуда ба эътимоҷияти ВНА таъсири манфӣ мерасонанд, ташкили ҳаракати ВНА -ро душвор мегардонанд, суръат ва бехатарии ҳаракатро суст мекунад, арзиши қорҳои нақлиётро баланд менамоянд ва сабаби зиёд гардидани шумораи ҳодисаҳои роҳу нақлиёт мегарданд.

### Маводҳо ва усулҳои тадқиқот

Дар чумхурӣ асосан ВНА истеҳсоли давлатҳои хориҷии таъиноти умум истифода бурда мешаванд, ки барои истифодабарӣ дар минтақаҳои [2] шароити вазнини табиӣ иқлимӣ ба қадри кофӣ мутобиқ нестанд. Ин боиси зуд паст гардидани ҳолати қоршоямӣ, зиёд гардидани шумораи радиатҳо ва болоравии вақти бекористӣ, кам шудани муҳлати меъёрии истифодабарӣ, зиёд шудани сарфи сӯзишворӣ ва дар умум ба паст гардидани эътимоҷият ва самаранокии кори нақлиёт мегардад. Барои бартароф намудани ин ҳолат ва баланд бардоштани самаранокии истифодабарии воситаҳои нақлиёт дар шароити зикргардида лозим аст, ки методологияи баҳодиҳӣ ва муайянсозии дараҷаи мутобиқат барои истифодабарӣ дар шароити кӯҳсор коркард карда шавад.

Дараҷаи мутобиқати воситаҳои нақлиёти автомобилӣ ҳангоми истифодабарӣ дар шароити экстремалӣ, бевосита аз рӯи тағйирёбии нишондиҳандаҳои зерини хосиятҳои истифодабарии он [3] дар шароити кӯҳии Тоҷикистон, ки бо иқлими хушқу гарм асос ёфтааст, баҳо дода мешавад:  $n_1$  - эътимоҷнокӣ;  $n_2$  - масрафи сӯзишворӣ;  $n_3$  - бехатарии истифодабарии ВНА;  $n_4$  - самаранокии системаи боздорӣ;  $n_5$  - бехатарии экологӣ ва ғайра.

Воситаи нақлиёти автомобилӣ ба шароити истифодабарии мушаххас нисбатан зиёдтар мутобиқ ҳисобида мешавад, агар аз рӯи омилҳои (критерияҳои) баҳодиҳии дар боло номбаргардида нишондиҳандаҳои беҳтаринро дошта бошад. Дар амал ВНА метавонад аз рӯи як омил нишондиҳандаи беҳтаринро нишон диҳад, аммо дар як вақт аз рӯи омилҳои дигар нишондиҳандаҳои он хуб набоянд. Дар ин ҳолат мушкилоти баҳодиҳии мутобиқати воситаи нақлиёт тавассути як модели бисеромила ба миён меояд, ки дар он ба сифати омилҳои нишондиҳандаҳои хосиятҳои истифодабарии воситаи нақлиёт ҳамчун меъёрҳои мувофиқгардонӣ амал мекунад. Азбаски нишондиҳандаҳои дар боло дарҷгардида воҳидҳои ченкунӣ ва хосиятҳои физикавии гуногун доранд, ба мо механизми мувофиқгардонӣ, ки имконияти ҳалли чунин масъалаи душвори бисеромилиро медиҳад, лозим аст.

### Натиҷаҳои тадқиқот

Ҳалли масъала дар мақолаи мазкур ба таври зерин амалӣ карда мегардад: барои баҳодиҳии ҳар як нишондиҳандаи интихобшуда зарифҳои баҳодиҳӣ (шартӣ) муайян карда мешаванд, ки хусусиятҳои онро инъикос мекунад. Гуруҳбандии ВНА аз рӯи қимати зарифҳои амалӣ карда мешавад. Аз рӯи ҳамаи омилҳои ВНА -е, беҳтарин ҳисобида мешавад, ки аз рӯи рутба (ранг) ҷойҳои аввалро ишғол мекунад. Натиҷаҳои ҳисоби қимати зарифҳои баҳодиҳӣ ва баъди барои онҳо муайян намудани ҷойҳои шартии афзалият, ба ҷадвал дохил карда мешаванд. Бояд қайд намуд, ки ҳангоми ҳисобкунӣ ҳамаи нишондиҳандаҳои сифатҳои муқоисашаванда баробарарзиш ҳисоб карда мешаванд. Ҳамаи рақамҳои тартибии ҷойҳои шартии дараҷаи мутобиқшавии ВНА аз рӯи ҳар кадоме аз ин нишондиҳандаҳо ҳам карда мешаванд:

$$m = \sum_{i=1}^n m_i \quad (1)$$

Ҳамон воситаи нақлиёт нисбатан зиёдтар мутобиқ ҳисобида мешавад, ки агар барои он қимати  $m$  хурдтарин бошад.

Усули пешниҳодшуда дар мисоли баҳодиҳии дараҷаи мутобиқати ВНА ба шароити истифодабарии кӯҳсор аз рӯи динамикаи боздорӣ ва суръати хушқунии батареяҳои аккумуляторӣ нишон дода шудааст.

Дар шароити душвори роҳ эътимоҷияти аз қор баромадани системаҳои боздорӣ кори хеле зиёд буда, масъалаи нигоҳ доштани самаранокии кори системаҳои боздорӣ эҳтиётӣ аҳамияти махсус пайдо мекунад.

Эътимодият ва самаранокии системаҳои боздорӣ, аз ҷумла системаҳои боздории эҳтиётӣ, бештар аз усулҳои дар конструкцияи онҳо пешбинишудаи баланд бардоштани эътимодияти схемавӣ ва резервирии онҳо вобаста аст. Дар [4] усули ҳисобӣ-экспериментии баҳодиҳии самаранокии системаҳои боздории эҳтиётӣ таҳия шудааст. Дар асоси он барои интиҳоби схемаи беҳтарин дар шароити кӯҳсор, схемаҳои мавҷудаи системаҳои боздорӣ таҳлил гардида, дараҷаи кам шудани самаранокии онҳо бо қиматҳои иҷозавии стандартҳои давлатӣ - ГОСТ Р 51709-2001 муқоиса карда мешаванд. Нисбатан бештар схемаҳои ҷудокунӣ бо тирҳо (Daimler - Бенс, ВАЗ-2101 - 2107, ГАЗ-24, РАФ, КамАЗ, ГАЗ, ЗИЛ), схемаи яқҷоякунии диагоналии тормозҳо (SAAB-96, Аудӣ ва Фолксваген, ВАЗ-2108 - 2110, ЗАЗ-1102) ва варианти такмилёфтаи дуконтура (Volvo, ЗИЛ-5301) паҳн гардидаанд.

Барои қиматҳои гуногуни нишебиҳои роҳ, ки ба минтақаҳои кӯҳӣ хосанд, ҳисобҳо оварда шуда, вобастагии самаранокии контурҳо аз нишебии роҳ ( $\alpha$ ) тасвир карда шудаанд. Натиҷаҳои таҳқиқот дар ҷадвали 3 ва расми 2 нишон дода шудаанд. Таҳлили натиҷаҳои ба даст овардашуда (расми 2) нишон медиҳад, ки аз схемаҳои муқоисашуда барои истифодабарӣ дар шароити кӯҳӣ варианти такмилёфтаи (модернизатсияшуда) системаи боздории дуконтура (ЗИЛ-5301) беҳтарин буда, ҳангоми боздорӣ самаранокии баландро таъмин менамояд.

Ҷадвали 3 - Баҳодиҳии самаранокии системаи боздории эҳтиётӣ

Схемаи системаҳои боздорӣ	Сустшавӣ, м/с <sup>2</sup>	
	Дар шароити кӯҳӣ	Дар роҳи ҳамвор
Схемаи таксимот ба тирҳо (автобус ПА3-3205)	$j_1 \equiv \frac{\varphi g \left( \frac{b}{L} \cos \alpha + \frac{h}{L} \sin \alpha \right) - g \sin \alpha}{1 - \frac{h}{L} \varphi}$	$j_1 \equiv \varphi g \frac{\frac{b}{L}}{1 - \frac{h}{L} \varphi}$
	$j_2 \equiv \frac{\varphi g \left( \frac{a}{L} \cos \alpha - \frac{h}{L} \sin \alpha \right) - g \sin \alpha}{1 + \frac{h}{L} \varphi}$	$j_2 \equiv \varphi g \frac{\frac{a}{L}}{1 + \frac{h}{L} \varphi}$
Схемаи диагональ (автомобили сабуқрав ВАЗ-2108)	$j_1 = \varphi g \frac{\left[ \left( 1 - \frac{a}{L} \right) \cos \alpha + \frac{h}{L} \sin \alpha \right] (1+k) - 2 \sin \alpha}{2 - \frac{h}{L} \varphi (1+k)}$	$j_1 = \varphi g \frac{\left( 1 - \frac{a}{L} \right) (1+k)}{2 - \frac{h}{L} \varphi (1+k)}$
Варианти такмилёфтаи системаи боздории дуконтура (ЗИЛ-5301)	$j_1 \equiv \frac{\varphi g \left( \frac{a}{L} \cos \alpha (1+k) + \frac{h}{L} \sin \alpha (1+k) \right)}{2k \left[ 1 + \frac{h}{L} \varphi \frac{(1+k)}{2k} \right]}$	$j_1 \equiv \frac{\varphi g \frac{a}{L} (1+k)}{2k \left[ 1 + \frac{h}{L} \varphi \frac{(1+k)}{2k} \right]}$

Эзоҳ:  $\varphi$  - зарби ҷарҳи автомобил бо роҳ;  $a, b, h$  - координатаҳои маркази вазнини автомобил, м;  $L$  - базаи автомобил, м;  $g$  - шитоби афтиши озод, м/с<sup>2</sup>.

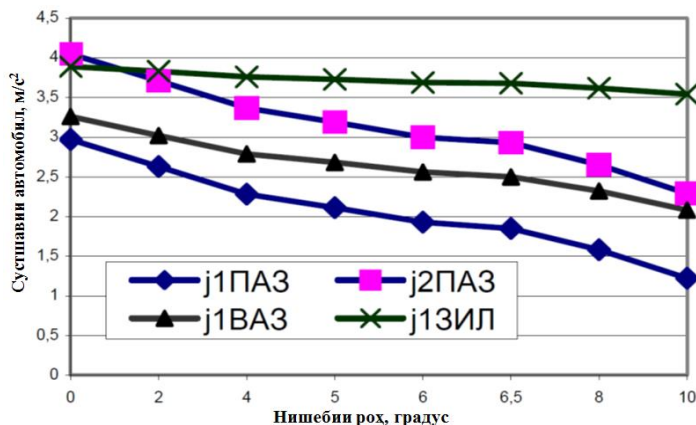
Истифодабарии батареяҳои аккумуляторӣ дар иқлими хушк ва гарм душвориҳои зиёд ба миён меорад. Дар ҳарорати муҳити атроф 40...45°C ва бештар аз он ҳарорати электролит дар аккумуляторҳо ба 70...80°C мерасад. Барои аз нав пур намудани батарея (пас аз ҳоли кардан) тақрибан 25...35 соат вақт лозим аст. Гармшавии босуръати батареяҳо ба кам шудани мӯҳлати хизматрасонии онҳо оварда мерасонад (ҳангоми истифодабарӣ дар иқлими мӯътадил гармшавии босуръати батареяҳо 40-50% камтар аст). Аз ин гуфтаҳо бармеояд, ки хусусияти асосии раванди хунуккунии батареяҳо ва яке аз хусусиятҳои мутобиқшавии онҳо ба шароити истифодабарӣ ин суръати хунукшавӣ мебошад.

Мутобиқ будани ВНА ба шароити истифодабарӣ аз рӯи суръати хунукшавии аккумуляторҳо ба воситаи параметри асосии қимати  $m_{\infty}$ - суръати баландтарини хунукшавӣ баҳо дода мешавад. Параметри мазкур ба зароби ҳароратгузаронӣ -  $a$  (теоремаи дуҷуми Кондратев) мутаносиби роста буда, ифодаи он чунин аст:  $m_{\infty} = a/K$ , ки дар он  $K$ -зароби шакли ҷисм (аз шакли геометрӣ ва андозаи батареяи аккумуляторӣ вобаста аст) мебошад.

Шакли геометрии параллелопипедро аз рӯи намуд ҳамчун батареяи аккумуляторӣ интиҳоб намуда, чунин ифода ҳосил мекунем:  $K = 1 / (\pi/l)^2 + (\pi/m)^2 + (\pi/n)^2$ , ки дар ин ҷо, бузургҳои  $l, m, n$  - андозаҳои геометрии батареяи аккумуляториро мебошанд.

Суръати хунукшавии батареяҳои аккумуляторӣ, ки дар шароити реалии истифодабарӣ амалӣ карда мешавад, аз қимати асосии худ ба андозаи  $D$  (ислоҳ барои мутобиқат) фарқ мекунад ва ифодааш

чунин мебошад:  $m_{\infty} - m = D$ . Қимати  $D$  –ро бо қимати асосии  $m_{\infty}$  ва зароби мутаносибии  $\Pi$  ифода намуда, муодилаи зеринро ҳосил мекунем:  $\Pi = (m_{\infty} - m)/m_{\infty} = 1 - (m/m_{\infty})$ .



Расми 2- Баҳодихии самаранокии системаҳои боздории иловагӣ дар шароити кӯҳсор

Суръати хунукшавии батареяҳои аккумуляторӣ, ки дар шароити реалии истифодабарӣ амалӣ карда мешавад, аз қимати асосии худ ба андозаи  $D$  (ислоҳ барои мутобиқат) фарқ мекунанд ва ифодааш чунин мебошад:  $m_{\infty} - m = D$ . Қимати  $D$  –ро бо қимати асосии  $m_{\infty}$  ва зароби мутаносибии  $\Pi$  ифода намуда, муодилаи зеринро ҳосил мекунем:  $\Pi = (m_{\infty} - m)/m_{\infty} = 1 - (m/m_{\infty})$ .

Зароби мутаносибии  $\Pi$  зароби мутобиқшавии ВНА ба иқлими хушк ва гарм аз рӯи суръати хунукшавии батареяҳои аккумуляторӣ номида мешавад. Ин баҳодихии миқдории мутобиқати автомобилҳо аз рӯи суръати хунуккунии батареяҳои аккумуляторӣ мебошад ва қиматҳои аз 0 то 1 –ро дар бар мегирад.

Мутобиқшавии пурраи автомобил ба иқлими хушк гарм аз рӯи суръати хунукшавии аккумуляторҳо ҳангоми  $\Pi = 0$ , яъне ҳангоми хунук шудани батарея ба қимати максималии  $m \rightarrow m_{\infty}$  амалӣ мешавад. Номутобиқии пурраи автомобил аз рӯи суръати хунукшавии батареяҳои аккумуляторӣ барои қимати  $\Pi = 1$  –ро ҳангоми хунук нашудани аккумулятор  $m \rightarrow 0$  мушоҳида мешавад.

### Хулоса

Қонуниятҳои бадастомада имконият медиҳанд, ки дараҷаи мутобиқати ВНА -и истифодашаванда ба шароити экстремалии истифодабарӣ баҳо дода шавад, андешидани тадбирҳои конструкторӣ, технологӣ ва истифодабарӣ барои баланд бардоштани дараҷаи мутобиқати автомобилҳои нав мусоидат намоянд.

*Муқаррир: Ҳуров Ё.З. — н.и.т., мудири қабедраи барқикунӣ ва автоматикунии Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Шириншоҳ Шохтемур.*

### Адабиёт

1. Турсунов А.А. Проблемы технической эксплуатации автомобилей в горных условиях / Проблемы качества и эксплуатации АТС: Сб.- Пенза: ПГАСА, 2002.- С. 31-39.
2. Турсунов А.А. Оценка суровости горных условий эксплуатации автомобилей / Проблемы эксплуатации транспортных средств в суровых условиях: Сб.- Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. –С.126-130.
3. Турсунов А.А. Оценка уровня адаптации автомобилей к условиям эксплуатации /Автотранспортный комплекс. Проблемы и перспективы развития: Сб.- Москва: МАДИ(ГТУ), 2000. – С.138-140.
4. Турсунов А.А. Оценка эффективности запасных тормозных систем в горных условиях эксплуатации /Актуальные проблемы управления качеством производства и эксплуатации автотранспортных средств: Сб.- Владимир, 2002.- С. 114-118.
5. Исаченко В.П. и др. Теплопередача. М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.

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

TJ	RU	EN
Давлатшоев Рашид Асанхонович	Давлатшоев Рашид Асанхонович	Davlatshoew Rashid Asankhonovich
к.т.н.	н.и.т.	Ph.D.
ТТУ имени акад. М.С. Осимӣ	ДТТ ба номи академик М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:d_rashid71@mail.ru">d_rashid71@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Мажитов Бахриддин Жамилович	Мажитов Бахриддин Жамилович	Majitov Bakhriddin Jamilovich
ТТУ имени акад. М.С. Осимӣ	ДТТ ба номи академик М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:mjbahriddin@mail.ru">mjbahriddin@mail.ru</a>		

УДК: 629.1.02

## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ПОВЫШЕНИЯ ПРОБЕГА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНЫ

Умирзоков А.М., Джобиров Ф.И., Бердиев А.Л.

Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими

Статья посвящена оценке экономического эффекта от внедрения рекомендаций по повышению пробега пневматической шины, формируемого за счет более полной реализации ее ресурса в условиях горных карьеров при строительстве гидротехнических сооружений (ГТС). Научная новизна исследования заключается в подробном анализе и комплексной оценке расчетного экономического эффекта, связанного с рядом значимых факторов, проявляющихся в горных карьерных условиях эксплуатации автомобиля. Были выявлены факторы, значимо влияющие на формирование пробега шины и разработаны соответствующие рекомендации по повышению их долговечности в суровых горных условиях при выполнении перевозок горной массы по карьерным дорогам на значительных высотах над уровнем моря (н.у.м.).

Целью исследования является оценка и изыскание путей повышения экономического эффекта от повышения пробега пневматических шин за счет внедрения разработанных рекомендаций, в результате которых предполагаются повышение надежности и снижение расхода топлива-смазочных материалов, а также высвобождение части наличных производственных фондов, уменьшение эксплуатационных расходов, сокращение простоев автомобилей и увеличение производительности труда.

Статья может быть интересна специалистам в области эксплуатации автомобильного транспорта, занимающимся на практике оценкой экономического эффекта эксплуатации шин грузовых автомобилей в конкретных дорожно-климатических и прочих условиях, а также магистрантам, докторантам PhD, аспирантам и инженерам – исследователям в области эффективного осуществления транспортных процессов.

**Ключевые слова:** автомобиль, пневматическая шина, экономический эффект, ресурс, горные условия, карьер, перерасход топлива

## САМАРАИ ИҚТИСОДӢ АЗ БАЛАНД БАРДОШТАНИ РОҲӢ ТАЙКАРДАИ ШИНАИ ПНЕВМАТИКӢ

Умирзоқов А.М., Ҷобиров Ф.И., Бердиев А.Л.

Мақолаи мазкур ба баҳодиҳии самараи иқтисодӣ аз ҷорӣ намудани тавсияҳо оид ба баланд бардоштани роҳи тайкардаи шинаҳои пневматикӣ, ки аз ҳисоби ҳар чӣ пурратар истифода шудани ресурси он дар шароитҳои карьерҳои куҳӣ ҳангоми сохтани иншоотҳои гидротехникӣ баҳшида шудааст. Навоварии илми тадқиқот аз таҳлили мукамал ва баҳодиҳии комплексии самараи иқтисодӣ, ки бо як қатор омилҳои аҳамиятнокӣ дар шароити карьерҳои куҳии истифодабарии автомобилҳо падиоянда вобаста мебошанд, иборат аст. Омилҳои муайян карда шудаанд, ки ба таҷакулиҳои гашти шинаҳо таъсири онҳо аҳамиятнок мебошанд ва оид ба баланд бардоштани дарозмуддати кори онҳо дар шароитҳои шадиди куҳӣ ҳангоми кашонидани маъданҳои куҳӣ тавассути роҳҳои карьерӣ дар баландӣ назаррас аз сатҳи баҳр тавсияҳои дахлдор пешниҳод шудаанд.

Мақсади тадқиқот аз баҳодиҳӣ ва муайян намудани роҳҳои баланд бардоштани самаранокии иқтисодии шинаҳои пневматикӣ аз ҳисоби ҷорӣ намудани тавсияҳои пешкашшуда иборат мебошад, ки дар натиҷа баланд шудани эътимоднокӣ ва паст шудани сарфи маводҳои сузишворӣ ва рағанҳои молидани, инчунин озод шудани фондҳои нақди истеҳсолӣ, коста гардидани бозисти автомобилҳо ва баланд рафтани маҳсулнокии қор мушоҳида мегардад.

Мақола метавонад барои мутахассисони соҳаи истифодабарии нақлиёти автомобилӣ, ки ба арзёбии амалии самараи иқтисодии истифодабарии шинаҳои автомобилҳои боркаш дар шароити мушаххаси роҳи иқлим ва дигар шароитҳо тавсия дода мешавад, инчунин барои донишҷӯён, докторантони PhD, аспирантҳо ва муҳандис-тадқиқотчиён дар соҳаи самаранок амалӣ гардонидани раванди нақлиёт маводи лозимӣ ба ҳисоб меравад.

**Калмаҳои калидӣ:** автомобил, шинаи пневматикӣ, самараи иқтисодӣ, захираи гашт, шароити қӯҳсор, карьер, сарфи сузишворӣ

## ECONOMIC EFFECT FROM INCREASING MILEAGE OF PNEUMATIC TIRE

A.M. Umirzokov, F.I. Jobirov, A.L. Berdiev

The article is devoted to assessing the economic effect of implementing recommendations for increasing the mileage of a pneumatic tire, formed through a more complete implementation of its resource in the conditions of mountain quarries during the construction of hydraulic structures (HTS). The scientific novelty of the study lies in the detailed analysis and comprehensive assessment of the estimated economic effect associated with a number of significant factors manifested in mountain quarry conditions of vehicle operation. Factors that significantly influence the formation of tire mileage were identified and appropriate recommendations were developed to increase their durability in harsh mountain conditions when transporting rock mass along quarry roads at significant altitudes above sea level.

The purpose of the study is to evaluate and find ways to increase the economic effect of increasing the mileage of pneumatic tires through the implementation of developed recommendations, which will result in increased reliability and reduced consumption of fuel and lubricants, as well as freeing up part of the cash production assets, reducing operating costs, and reducing vehicle downtime and increase in labor productivity.

The article may be of interest to specialists in the field of road transport operation, who are involved in practical assessment of the economic effect of operating truck tires in specific road, climatic and other conditions, as well as undergraduates, PhD students, graduate students and engineering researchers in the field of effective implementation of transport processes.

**Key words:** car, pneumatic tire, economic effect, resource, mountain conditions, quarry, excessive fuel consumption

### Введение

В Республике Таджикистан развитие горных работ в основном связано с открытой добычей полезных ископаемых, строительством гидротехнических сооружений (ГТС), автомобильных дорог и железнодорожных путей, а также возведением дамб. Преобладающая часть этих работ выполняются в



горных и высокогорных условиях на высотах от 1000 и более метров н.у.м. с применением горного оборудования большой единичной мощности и большегрузного автомобильного транспорта.

Размещение запасов полезных ископаемых по территории республики предопределяет развитие горнодобывающих отраслей, в первую очередь в горных и высокогорных регионах и эксплуатацию оборудования и автомобильного транспорта в суровых климатических и дорожных условиях. Не менее благоприятным считаются географо-экономические условия гор и высокогорья, которые характеризуются труднодоступностью, удаленностью от железнодорожных путей и крупных источников энергоснабжения. Эти регионы слабо освоены (отсутствует развитая инфраструктура, транспортные коммуникации и т. д.).

В суровых горных условиях экономическая эффективность эксплуатации пневматической шины автомобиля значительно отличается и, в общем, снижается при увеличении эксплуатационных затрат в 2– 4 раза по сравнению с аналогичными расходами в равнинных регионах страны. Анализ эксплуатации большегрузных карьерных автосамосвалов в условиях строительства Рогунской ГЭС показал, что простой автомобиля-самосвала по техническим причинам, связанным с пневматической шиной, составляют до 8-10 % календарного времени и более чем в три раза превышают нормативные.

Эксплуатация пневматических шин с низким уровнем технических характеристик, а также ресурса связана с использованием дополнительных производственных фондов, с увеличением расхода материалов и энергетических затрат. При этом увеличивается ремонтный фонд изделий, повышаются расходы на их эксплуатацию и ремонт и т. д.

Эксплуатация ненадежных и недолговечных шин с относительно низким ресурсом приводит к повышению эксплуатационных издержек, обусловленных привлечением дополнительных технических средств обслуживания и выполнением работ по устранению неисправностей и отказов.

Для оценки экономической эффективности использования пневматических шин необходимо применять комплексный метод, который учитывал бы влияние большого количества факторов и все многообразие их сочетаний на реализацию их ресурса.

### Материалы и методы исследования

На основе анализа результатов многолетних исследований по нормированию пробега шин грузовых автомобилей, проведенных сотрудниками кафедры и технологического парка при ТТУ им. акад. М.С. Осими совместно с инженерно – техническими работниками основного строительства «ООО Рогунский ГЭС», разработаны рекомендации по оценке и повышению их долговечности:

1. Снижение степени варьирования полной массы автомобиля–самосвала, занятого перевозкой горной породы. По результатам исследований установлено, что около 70% автомобилей самосвалов в условиях горных карьеров при строительстве Рогунской ГЭС эксплуатируются с полной массой, превышающей ее номинальное значение. При этом масса перевозимого груза автомобилем – самосвалом БелАЗ – 7540В варьирует в пределах от 23 до 35т, номинальная грузоподъемность которого составляет 30т. Массы перевозимых грузов автомобилями–самосвалами за смену распределяются по нормальному закону со следующими параметрами: средним значением полной массы автомобиля-самосвала  $m_{cp} = 52,8т$ ; средним квадратичным отклонением  $\sigma = 2 т$ ; коэффициентом вариации  $v = 16,7\%$ . Следует отметить, что при незначительном снижении линейного расхода топлива в случае недогруза, значительно увеличивается при перегрузе и доходить до 20%. При этом с повышением полной массы автомобиля интенсивность отказов шин грузовых автомобилей составляет 16- 24% в горных карьерных условиях при строительстве Рогунской ГЭС.

2. Повышение значения обобщенного динамического коэффициента, применяемого для оценки эффективности карьерной автомобильной дороги и учитывающего совместное (комплексное) влияние большого количества факторов и многообразия их сочетаний, которые обуславливают сложность дорожных условий в горных карьерах при строительстве ГТС.

Обобщенный динамический коэффициент  $k_D$  определяется по формуле

$$k_D = 1 - k_d, \quad (1)$$

где  $k_d$  – динамический коэффициент качества дороги.

Для конкретного маршрута движения автомобиля динамический коэффициент качества дороги определяется из отношения [1]

$$k_d = \Pi_{di} / \Pi_{дн}, \quad (2)$$

где  $\Pi_{di}$  – обобщенный показатель качества  $i$ -го маршрута дороги;  $\Pi_{дн}$  – нормативное значение обобщенного показателя качества дороги;

Обобщенный показатель качества  $i$ -го маршрута дороги  $\Pi_{di}$  определяется по формуле

$$\Pi_{di} = K\Pi_{di} \cdot K_{обi} \cdot K_{эi}, \quad (3)$$

где  $K\Pi_{di}$ ,  $K_{обi}$  и  $K_{эi}$  – соответственно, комплексный показатель транспортно-эксплуатационного качества дороги, показатель инженерного оборудования и обустройства и показатель уровня эксплуатационного содержания. Перечисленные показатели являются критериями оценки качества  $i$ -го маршрута дороги.

Нормативные значения обобщенного показателя качества дороги принимают равными, соответствующими значениям комплексного показателя [2] из выражения

$$P_{oi} = K\Pi_{oi} \cdot K_{обн} \cdot K_{эн}, \quad (4)$$

где  $K\Pi_{oi}$ ,  $K_{обн}$  и  $K_{эн}$  – соответственно, значения комплексного показателя транспортно-эксплуатационного качества дороги  $V$  – ой категории для горных условий, нормативное значение показателя инженерного оборудования и обустройства и нормативное значение показателя уровня эксплуатационного содержания дороги. Обычно принимаются  $K_{обн} = K_{эн} = 1$ .

Для оценки влияния отдельных параметров и характеристик дорог на комплексный показатель их качества  $K\Pi_{oi}$  определяют частные коэффициенты обеспеченности расчётной скорости на каждом характерном участке.

Комплексный показатель транспортно-эксплуатационного качества дороги  $K\Pi_{oi}$  определяется по выражению [2]

$$K\Pi_{oi} = \sum_{i=1}^n K_{psi}^{umoz} \cdot l_i / L, \quad (5)$$

где  $K_{psi}^{umoz}$  – коэффициент обеспеченности расчётной скорости;  $l_i$  – длина участка дороги, где определялось значение коэффициента обеспеченности расчётной скорости, км;  $L$  – длина маршрута, км.

3. Постоянный контроль технического состояния пневматической шины. Избегать чрезмерного повышения температуры поверхности шины и отклонения давления воздуха в шине от установленной нормы. Чрезмерное повышение температуры шины обусловлены высокими значениями скорости движения и температуры окружающего воздуха. Температура шины заметно увеличивается при движении автомобиля с перегрузом на дорогах с низким значением обобщенного динамического коэффициента и с частыми маневрами. Кроме этого, на рост температуры пневматической шины в горных карьерных условиях влияют буксование колеса автомобиля и сложная геометрия дороги в плане и профиле. В отдельных случаях, температура шины грузового автомобиля достигает  $80^{\circ}\text{C}$  и более. Это приводит к увеличению износа протекторной резины до 200%. Названные условия наряду с повышением износа шины способствуют к снижению производительности грузоперевозок на 10-15% и надежности автомобиля (коэффициента готовности автомобиля) на 8-10%, а также повышению линейного расхода топлива до 40% [3].

Экономический эффект от снижения влияния различных факторов образуется за счет внедрения предложенных рекомендаций, в результате которого уменьшаются потери ресурса шин, повышаются надежность автомобиля и производительность грузоперевозок, а также снижается линейный расхода топлива.

На практике определить фактический экономический эффект от внедрения предложенных рекомендаций можно только после длительного их использования в конкретных эксплуатационных условиях. В рамках не всякой исследовательской работы это представляется возможным. Следовательно, для определения расчетного эффекта принимаем условно, что при внедрении разработанных рекомендаций существенно повышается экономический эффект от эксплуатации пневматических шин в горных карьерных условиях.

Экономический эффект от внедрения разработанных рекомендаций можно определить из выражения

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_u + \mathcal{E}_m, \quad (6)$$

где  $\mathcal{E}_u$  – эффект от снижения потерь ресурса шин;  $\mathcal{E}_m$  – эффект от снижения расхода топлива;  $\mathcal{E}_n$  – эффект от повышения надежности автомобиля;  $\mathcal{E}_p$  – эффект от повышения производительности грузоперевозок.

Эффект от снижения потерь ресурса шин определяется из разности

$$\mathcal{E}_u = N_d - N_n, \quad (7)$$

где  $N_d$  и  $N_n$  – расход шин грузовых автомобилей, эксплуатируемых в условиях горных карьеров, до и после внедрения разработанных рекомендаций, шт.

Расход шин до внедрения разработанных рекомендаций за расчетный период определяется отношением

$$N_d = L_{обц} / L_{фд}, \quad (8)$$

где  $L_{обц}$  – общий пробег всех шин за расчетный период, тыс. км;  $L_{фд}$  – средний фактический пробег шины до внедрения рекомендаций, тыс. км.

Общий пробег всех шин за расчетный период определяется из выражения

$$L_{обц} = L_p n_k A_c, \quad (9)$$

где  $L_p$  – средний пробег одного автомобиля за расчетный период, тыс. км;  $n_k$  – количество ходовых колес на одном автомобиле;  $A_c$  – среднесписочное число автомобилей.

С учетом формулы (8) формулу для определения расхода шин до внедрения разработанных рекомендаций за расчетный период можно переписать в виде

$$N_{\partial} = L_p n_k A_c / L_{\phi\partial}. \quad (10)$$

Средний фактический пробег шин до внедрения рекомендаций  $L_{\phi\partial}$  увеличивается на величину  $\Delta L$  после их внедрения  $L_{\phi\partial}$ , т.е.

$$L_{\phi n} = L_{\phi\partial} + \Delta L. \quad (11)$$

Или 
$$\Delta L = L_{\phi n} - L_{\phi\partial}. \quad (12)$$

С учетом выражений (10 и 11) формулу расхода шин после внедрения рекомендаций за расчетный период можно выразить в виде

$$N_n = L_p n_k A_c / L_{\phi n} = L_p n_k A_c / (L_{\phi\partial} + \Delta L). \quad (13)$$

Подставляя значения  $N_{\partial}$  и  $N_n$  из выражений (9 и 12) в формулу (6), получим

$$\mathcal{E}_{\text{ш}} = \frac{L_p n_k A_c}{L_{\phi\partial}} - \frac{L_p n_k A_c}{L_{\phi\partial} + \Delta L} = L_p n_k A_c \left( \frac{1}{L_{\phi\partial}} - \frac{1}{L_{\phi\partial} + \Delta L} \right). \quad (14)$$

Экономический эффект от снижения расхода топлива определяется из разности

$$\mathcal{E}_m = Q_{\partial} - Q_n, \quad (15)$$

где  $Q_{\partial}$  и  $Q_n$  – средние значения линейного расхода топлива автомобилем до и после внедрения рекомендаций за расчетный период, л.

Средние значения линейного расхода топлива автомобилем до и после внедрения рекомендаций за расчетный период определяются из выражений

$$Q_{\partial} = L_p \cdot A_c \cdot q_{\partial} / 100 \text{ и } Q_n = L_p \cdot A_c \cdot q_n / 100, \quad (16)$$

где  $q_{\partial}$  и  $q_n$  – соответственно, норма линейного расхода топлива автомобилем до и после внедрения рекомендаций за расчетный период, л/100км.

### Результаты исследования

По результатам исследования эффективности шин грузовых автомобилей в горных условиях предлагается эмпирическая зависимость эффекта  $\mathcal{E}$ , связанного со снижением потери ресурса шин и перерасходом топлива, от пробега шины  $L_{\text{ш}}$

$$\mathcal{E} = k \mathcal{E}_{\text{ш}}^n, \quad (17)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности, учитывающий горные карьерные условия, который в условиях строительства Рогунской ГЭС варьирует в пределах 0,18 ... 0,22;  $n$  – показатель степени.

Результаты расчетов экономического эффекта шин различных типоразмеров на основе предлагаемой зависимости представлены на рис.1. Расчеты произведены на основе экспериментально-теоретических исследований процессов реализации ресурса шин и расхода топлива грузовых автомобилей в горных карьерных условиях эксплуатации на примере строительства Рогунской ГЭС. Как видно из представленного графика предполагаемый эффект от внедрения разработанных мероприятий возрастает по степенной зависимости с показателем степени 1,1 ... 1,3 в зависимости условий эксплуатации и характеристик шин.

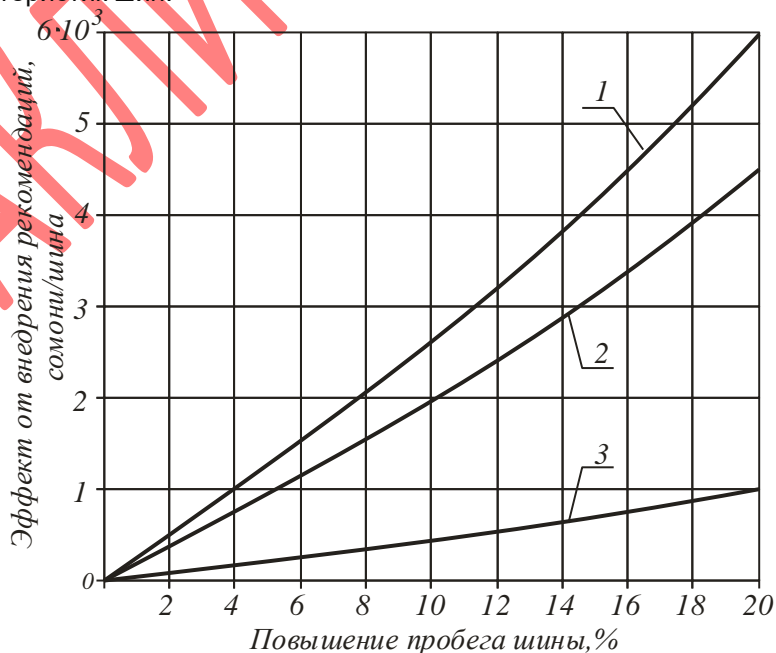


Рисунок 1 – Зависимость эффекта от внедрения рекомендаций по повышению пробега шины в горных условиях строительства Рогунской ГЭС для шин типоразмера: 1 – 18.00–25 (Белишина); 2 – 18.00–25 (производство КНР); 3 – 12.00–20 (производство КНР)

**Выводы**

1. Разработаны рекомендации по повышению эффективности использования шин грузовых автомобилей в условиях горных карьеров, связанных потерей ресурса шин и перерасходом топлива.
2. Обоснованы наиболее значимые факторы, влияющие на формирование эффекта от снижения затрат, связанных потерей ресурса шин и перерасходом топлива.
3. Установлено, что резервы повышения эффективности шин грузовых автомобилей в горных условиях эксплуатации может достичь 20 ... 30% с учетом полноты внедрения разработанных рекомендаций.

*Рецензент: Ахунов Ш.И. — д.т.н., профессор кафедры машины и оборудования технологических процессов в агроинженерии ТГАУ имени Ш. Шоҳтемур.*

**Литература**

1. Умирзоков, А.М. Особенности механизма изнашивания автомобильных шин в условиях горных карьеров/А.М. Умирзоков, И.П. Трояновская, А.Л. Бердиев, С.С. Сайдуллозода // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2022. – № 3(138). – С. 114-123.
2. Воронков, А.Г. Оценка транспортно – эксплуатационного состояния автомобильной дороги: метод. указания/А.Г. Воронков, К.А. Андрианов – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2008.– 24 с.
3. Умирзоков, А.М. Моделирование расхода топлива большегрузными автомобилями в горных условиях эксплуатации/ А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, С.С. Сайдуллозода, Ш.К. Самиев//Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2020.–№2 (129). – С. 140–149.
4. Корецкая, Н.А. Экономическая оценка эффективности повышения надежности и долговечности большегрузных карьерных автосамосвалов/Н.А. Корецкая//Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2018. – № 5. – С. 152-154.
5. Ефанов, А.Н. Оценка эффективности функционирования транспортной системы/А.Н. Ефанов, Н.К. Румянцев//Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012., №1. – С. 154 – 157.
6. Эффективность использования автомобильного транспорта в суровых условиях [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://infopedia.su/15x13ca2.html> (дата обращения: 03.01.2021).
7. Турсунов, А.А. Управление работоспособностью автомобилей в горных условиях эксплуатации/А.А. Турсунов.–Душанбе: Ирфон, 2003 г. -356 с.

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

TJ	RU	EN
Умирзоков Ахмад Маллабоевич Н.и.т., дотсенти кафедраи «Истифодабарии нақлиёти автомобилӣ»	Умирзоков Ахмад Маллабоевич К.т.н., доцент кафедраи «Эксплуатация автомобильного транспорта»	Umirzokov Ahmad Mallaboevich Candidate of Technical Sciences, Senior teacher of the Department "Operation of Road Transport"
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:ahmad.umirzokov@mail.ru">ahmad.umirzokov@mail.ru</a> , тел. (+992) 908877007, (+992) 911016096		
TJ	RU	EN
Чобиров Фируз Иззатуллоевич Н.и.т., омузгори калони кафедраи «Истифодабарии нақлиёти автомобилӣ»	Джобиров Фируз Иззатуллоевич К.т.н., старший преподаватель кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»	Jobirov Firuz Izatulloevich Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of the Department "Operation of Road Transport"
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:jobirov.firuz@mail.ru">jobirov.firuz@mail.ru</a> , тел. (+992) 93 526 2625		
TJ	RU	EN
Бердиев Алишер Лукмонович Омузгори калони кафедраи «Истифодабарии нақлиёти автомобилӣ»	Бердиев Алишер Лукмонович Старший преподаватель кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»	Berdiev Alisher Lukmonovich Senior lecturer of the Department "Operation of Road Transport"
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:alik8405@inbox.ru">alik8405@inbox.ru</a> , тел. (+992) 90 600 6676		



УДК 656.13.08

## ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ И ОСЕВЫХ НАГРУЗОК НА АВТОДОРОГАХ ТАДЖИКИСТАНА

С.Б. Мирзозода, Ф.С. Мирзоев

В данной статье приведены результаты исследования дорожного движения (анализ подсчета интенсивности движения, анализ среднесуточных колебаний интенсивности движения и анализ транспортных средств по типам), результаты исследования осевых нагрузок и результаты анализа движения транспортных средств между пунктами отправления и назначения (анализ перевозимых грузовыми автомобилями грузов, анализ движения транспорта по протяженности и анализ вместимости по типам транспорта).

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, исследование, анализ, мониторинг, интенсивность движения, опрос транспорта, осевые нагрузки, грузоподъемность, техническое состояние, содержание дорог, типы транспорта, грузопоток.

### ТАДҶИҚОТ ВА ТАҲЛИЛИ ШИДДАТНОКИИ ҲАРАКАТ ВА ВАЗНИ МЕҲВАР ДАР РОҶҶОИ АВТОМОБИЛГАРДИ ТОҶИКИСТОН

С.Б. Мирзозода, Ф.С. Мирзоев.

Мақолаи мазкур натиҷаи омӯзиши шиддатнокии нақлиёт дар роҷҷо (таҳлилии ҳисобкунии шиддатнокии нақлиёт, таҳлилии миёнаи ҳаррӯзаи ҳаракати воситаҳои ва таҳлилии нақлиёт бо гурӯҳҳо), натиҷаи тадқиқоти сарбории меҳвар ва натиҷаи таҳлилии ҳаракати воситаҳои нақлиёт байни нуқтаҳои ибтидоӣ ва таъинот (таҳлилии борҳое, ки бо нақлиётӣ боркаш кашонда мешаванд, таҳлилии ҳаракат аз рӯи масофа ва таҳлилии иқтидор бо намудҳои нақлиёт).

**Калимаҳои калидӣ:** роҳи автомобилгард, тадқиқот, таҳлил, мониторинг, шиддатнокии ҳаракат, тадқиқоти нақлиёт, бори меҳвар, иқтидори борбардорӣ, ҳолати техникӣ, нигоҳдорӣ роҳ, намудҳои нақлиёт, гардиши бор.

### RESEARCH AND ANALYSIS OF TRAFFIC INTENSITY AND AXLE LOADS ON HIGHWAYS OF TAJIKISTAN

S.B. Mirzozoda, F.S. Mirzoev.

This article presents the results of the Traffic Study (analysis of traffic counts, analysis of hourly fluctuations in traffic intensity and analysis of vehicles by type), the results of the Study of axle loads and the results of the Analysis of vehicle movement between origin and destination (analysis of goods transported by trucks, analysis traffic by length and analysis of capacity by type of transport).

**Keywords:** highway, research, analysis, monitoring, traffic intensity, transport survey, axle loads, carrying capacity, technical condition, road maintenance, types of transport, cargo flow.

#### 1. Общий обзор исследований

К современным транспортным коммуникациям предъявляются различные и вместе с тем всегда достаточно высокие требования. Дороги должны быть удобными для водителей и пассажиров, надежными при эксплуатации в течение круглого года, безопасными для всех пользователей, экологически безвредными для окружающей их природы и жителей на прилегающих территориях. Автомобильный транспорт неразрывно связан с автомобильными дорогами, их техническими параметрами и эксплуатационными качествами, которые оцениваются в процессе диагностики. [2].

Ежегодное увеличение парка транспортных средств в Таджикистане составляет от 3-5% при одновременном увеличении их грузоподъемности. Превышение осевой нагрузки становится выше допустимой, что характерно для современных грузовых автомобилей, и приводит к ухудшению состояния автомобильных дорог.

Результаты исследований интенсивности и характера дорожного движения транспорта, проведение опроса между пунктами отправления и назначения, а также измерение осевых нагрузок на заранее определенных участках автомобильных дорог служат основой для проектирования, строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог, а также для оценки экономических выгод, которые могут быть получены путем улучшения этих участков автомобильных дорог или разработки нового рабочего проекта для реконструкции или строительства.

Следовательно, техническое состояние главной дорожной сети Таджикистана зависит от качества проводимых исследований и достоверности собранной информации по интенсивности, опросу и осевым нагрузкам.

Организации по содержанию автомобильных дорог Министерства транспорта довольно часто выполняют подсчеты интенсивности движения транспортных средств за сутки. Однако данные, полученные этими наблюдениями, считаются незаконченными, не анализируются и не соответствуют требованиям, предъявляемым к подобного рода исследованиям [2, 11].

Для изучения характеристик и улучшения содержания разных категорий дорог, необходимо проведение дополнительных исследований, которые должны соответствовать международным требованиям и стандартам.

В соответствии с рекомендациями специалистов Министерства транспорта для проведения исследований было выбрано 50 участков автомобильных дорог для подсчета интенсивности движения по главной сети дорог в Таджикистане, покрывающей около 90% всех международных дорог. Для этого были проведены нижеследующие исследования по подсчету интенсивности движения, опросу движения транспорта и измерению осевых нагрузок [1, 11]:

1. В течение 12-24 часов подсчет интенсивности на 50 участках автомобильных дорог;
2. Опрос движения транспорта между пунктами Отправления и Назначения (О-Н) на 30 участках в течение 12-24 часов;



3. Измерения осевых нагрузок на 44 участках автомобильных дорог по 8 часов.

Подсчет интенсивности движения проводился на 50 участках, опрос движения транспорта между пунктами Отправления и Назначения проводился на 30 участках, измерения осевых нагрузок проводились на 44 участках.

Участки, на которых проводились исследования, были отобраны в соответствии с данными Министерства транспорта для сравнения и рассмотрения дорожных пунктов въезда и выезда по дорожному коридору.

Далее рассмотрим каждый вид исследований по отдельности.

## 2. Исследование интенсивности дорожного движения

Интенсивность движения выражена в количестве транспортных средств с разбивкой по типам. Учитывая, что типы транспортных средств различны по своему объему, они приведены к общей транспортной единице - легковому автомобилю [1,10].

Выбранные для проведения исследований участки дорог приведены в Таблице 1.

Таблица 1 - Участки международных и республиканских автомобильных дорог, выбранные для проведения исследований

№	Индексы дорог	Наименование дорог (участков)	Количество мест исследования				Кол-во часов
			(км)				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	МД01	Душанбе-Худжанд	62	167	335		24
2	МД02	Душанбе-гр.Узбекистана	10	41			24
3	МД03	Лабиджар-Калайхумб	52				12
4	МД04	Душанбе-Куляб-Хорог-Мургаб-гр. Китая	42	116	203		24
			168	371	456	552	12
			611	916	965		12
5	МД05	Мургаб-гр.Кыргызстана	148				12
6	МД06	Хорог-Ишкашим-Тузкул	105	280			12
7	МД07	Вахдат-Рашт-гр.Кыргызстана	50	184			24
			90	264	340		12
8	МД08	Гулистон-Фархор-н.Пяндж	31				12
9	МД09	Душанбе-Хатлон-н.Пяндж	32	150			12
			76				24
10	МД11	Уялы-Шаартуз-гр.Узбекстана	58				24
			105				12
11	МД12	Айни-Пенджикент-гр.Узбек.	52	108			12
12	МД13	Канибадам-Хаваст-гр.Узбек.	4	40			12
13	МД14	Худжанд-Чанак-гр.Узбек.	361				12
14	МД16	Исфара-Ворух-гр.Кыргыстана	18				12
15	РД004	Пугус-Такоб-Сафедорак	7				12
16	РД022	Вахдат-Ромит	25				24
17	РД026	Дангара-Балджувон-Ховалинг	27	78			12
18	РД033	Куляб-Муминобад	1				12
19	РД041	Хорог-Рошткала-Тукузбулок	12				12
20	РД043	Рудаки-Яван-Хаджимастон	56				12
21	РД045	Рудаки-Эсанбой-Шаартуз	4				12
22	РД048	Душанбе-Айни-Гиссар	9				12
23	РД049	к.Россия-Гулистон	3				12
24	РД054	Бохтар-Дангара	9				12
25	РД059	Узун-Джиликуль-Б.Палангон	19				12
26	РД070	Гафуров-Кизил-Пунган	33				12
27	РД071	Канибадам-Ким-Исфара	20				12

### Анализ среднего суточного количества автомобилей

Подсчеты транспортных средств для определения результата Среднего Суточного Количества Автомобилей (ССКА) проводились на 50 участках, в двух направлениях, продолжительностью от 12 до 24 часов в день. В соответствии с полученными на разных участках сети дорог результатами интенсивность классифицирована по трём уровням:

1. Низкая интенсивность движения - до 500 авт./сутки;
2. Средняя интенсивность движения - от 500 до 2000 авт./сутки;
3. Высокая интенсивность движения - более 2000 авт./сутки.

Результаты исследований, проведенных на 36 участках Международных дорог (МД) показали, что 10 участков - с низкой интенсивностью движения, 14 - со средней, а 12 относятся к высокому уровню. Как и предполагалось, автомобильные дороги, расположенные близко к центрам крупных городов, таким как Душанбе, Худжанд, Бохтар и другим, имеют наиболее высокую интенсивность движения транспортных средств [1,6,11]. Результаты проведенных исследований по интенсивности движения показаны в Таблице 2.

Таблица 2 - Результаты проведенных исследований по интенсивности движения

Наименование	Пункт учета (км)									
	Среднее суточное количество приведенных автомобилей (Nпр)									
<b>Пункт учета (км)</b>	<b>62</b>	<b>167</b>	<b>335</b>	<b>10</b>	<b>41</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>116</b>	<b>168</b>	<b>203</b>
Инт. движения (Nпр.)	1764	1583	6679	7774	3671	126	2513	3278	1427	3642
<b>Пункт учета (км)</b>	<b>371</b>	<b>456</b>	<b>552</b>	<b>611</b>	<b>916</b>	<b>1065</b>	<b>148</b>	<b>105</b>	<b>280</b>	<b>50</b>
Инт. движения (Nпр.)	572	170	796	824	76	50	26	44	67	2651
<b>Пункт учета (км)</b>	<b>90</b>	<b>184</b>	<b>264</b>	<b>340</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>76</b>	<b>134</b>	<b>181</b>	<b>60</b>
Инт. движения (Nпр.)	1377	661	35	23	1370	4390	5151	619	2555	495
<b>Пункт учета (км)</b>	<b>52</b>	<b>108</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>361</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>78</b>
Инт. движения (Nпр.)	710	637	2890	2035	651	1035	149	1418	262	406
<b>Пункт учета (км)</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>56</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>19</b>	<b>33</b>	<b>20</b>
Инт. движения (Nпр.)	1225	18	1169	713	6506	63	1497	706	406	2302

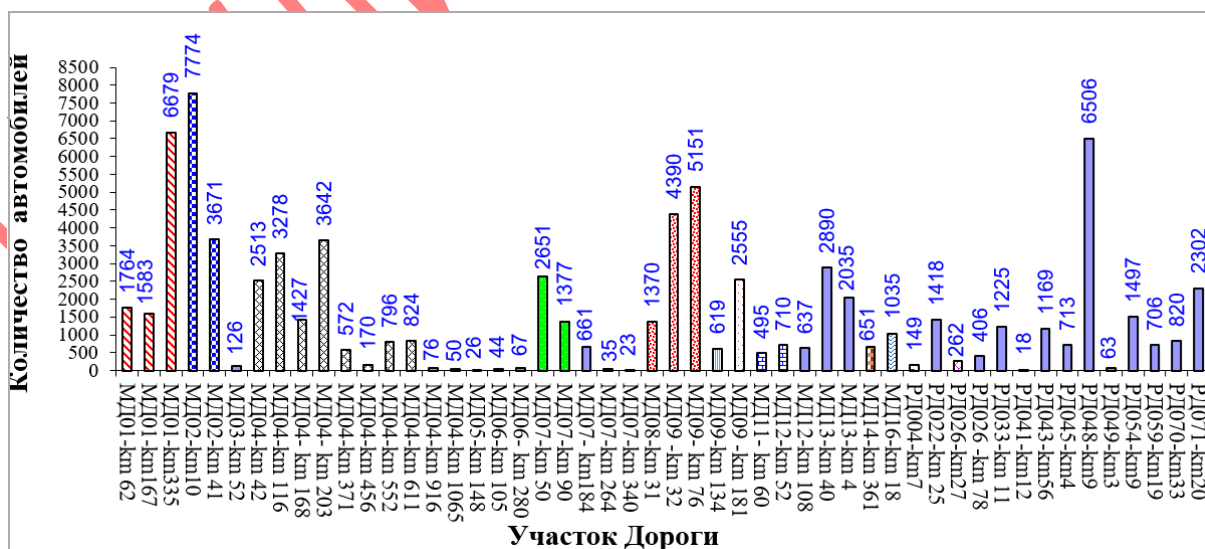


Рисунок 1 – Среднее суточное количество автомобилей по основным дорогам Таджикистана

### Анализ часовых колебаний интенсивности движения

Часовые колебания интенсивности движения на участках дорог с высокой и средней интенсивностью наблюдаются круглосуточно, в то время как на участках с низкой интенсивностью они

незначительные. Интенсивность движения в утренние часы также очень низкая. Часовая интенсивность движения начинает повышаться до 6% к 07-00 часам. Затем до 18-00 часов она остается в рамках между 4% и 6%. После чего понижается до 2% и ещё ниже. Показатель интенсивности движения больше, чем две трети наблюдается в промежуток времени с 08-00 до 20-00 часов и меньше, чем одна треть в промежуток времени с 20-00 до 08-00 часов.

Результат подсчета средней суточной интенсивности движения транспортных средств по основным участкам дорожной сети Таджикистана показан на Рис.1.

### Анализ транспортных средств по типам

Результаты исследований транспортных средств с разбивкой по типам выражены в процентном отношении и приведены в Таблице 3.

Таблица 3 - Анализ транспортных средств по типам

№ п/п	Типы транспортных средств	% к общему объему
1	Легковые автомобили (мотоциклы, мопеды, легковые автомобили, джипы и фургоны)	70,04
2	Микроавтобусы	10,02
3	Автобусы	1,76
4	Автомобили с легким грузом – до 2,5 тонн	2,57
5	Автомобили с легким грузом – до 4 тонн	2,42
6	Автомобили с легким грузом – до 8 тонн	3,25
7	Двухосные грузовые машины – от 8 до 10 тонн	2,22
8	Трехосные грузовые машины	5,79
9	Многоосные грузовые машины (прицепы и полуприцепы)	0,79
10	Тракторы и Тракторы с прицепом	1,04

Типы транспортных средств в некоторой степени меняются от одного участка исследований к другому или от одной дороги к другой. Легковые автомобили (мотоциклы, мопеды, легковые автомобили, джипы и фургоны) составляют 19-89% (в среднем 70,04%) движения на дорогах. Автобусы, в основном микроавтобусы на 20-25 посадочных мест, составляют максимум 25% (в среднем 10,02%) движения на дорогах возле городов. Большие автобусы (полный размер) составляют очень маленький процент движения, это можно объяснить сложным рельефом автомобильных дорог. Из общего количества транспортных средств, исследованных на всех участках сети автомобильных дорог, 82% автомобилей используется для пассажирских перевозок, а остальные 18% используется для других целей. Среди грузовых автомобилей небольшие грузовики составляют около 48%, остальные 52% составляют средние и тяжелые. Тракторы, как средства, относящиеся к транспортной категории, составляют менее 1%.

### 3. Исследование осевых нагрузок

#### Область наблюдений

Для того, чтобы взвешивать и определять параметры грузовых автомобилей, необходимо изучить диапазон нагрузок и факторы влияния автомобилей на повреждения дорог. Возникла необходимость провести измерения осевых нагрузок по всей сети республиканских автомобильных дорог. Из 50 участков, выбранных для подсчета интенсивности движения, было выявлено 6 участков с незначительным количеством грузовых автомобилей, на которых не требовалось проведения измерений осевых нагрузок, поэтому измерения проводились на 44 участках.

Исследования проводились в течение одного дня с различной продолжительностью. Грузовые автомобили были взвешены в обоих направлениях движения по методу случайного отбора, используя Передвижную Систему Взвешивания, включающую в себя пару платформ и индикаторное устройство. Исследования, касающиеся осевых нагрузок грузовых автомобилей, включали автобусы, легковые автомобили, грузовые машины (двухосные и трехосные), автомобили с полуприцепами (прицепами) и др. На каждом участке грузовые машины останавливали и просили медленно двигаться по взвешивающей платформе.

#### Анализ и результаты исследований

Учет интенсивности движения и измерения осевых нагрузок проводился одновременно. Сведения об учете измерений осевых нагрузок представляют собой информацию о количестве взвешиваний осей транспортных средств. В процессе измерений осевых нагрузок невозможно провести взвешивание всех грузовых автомобилей, проходящих по участкам автомобильных дорог, включенных в исследования. В результате проведения данных исследований на основе случайного выбора было взвешено более 10% грузовых автомобилей. Количество взвешенных грузовых автомобилей и результаты измерения осевых нагрузок приведены в Таблице 4.

Таблица 4 - Анализ осевых нагрузок грузовых автомобилей с осевыми конфигурациями

Количество осей	Двухосные	Трехосные	Четырехосные	Пятиосные	Шестиосные	
Конфигурации осей						Всего
						
Количество взвешенных автомобилей	516	671	14	41	5	1247
Средний коэффициент осевых нагрузок	0,68	1,53	3,72	1,63	43,95	
Максимально допустимый вес	18	24	32	42	48	
Количество перегруженных автомобилей	7	45	3	2	4	61
% перегруженных автомобилей	1,36 %	6,71 %	21,43 %	4,88 %	80,00 %	4,89 %

Всего было взвешено 1247 грузовых автомобилей, из которых 516 (41,37%) были двухосные, 671 (53,80%) были трехосные, а остальные 60 автомобилей имели больше трех осей. Результат исследований показывает, что количество перегрузов на главной сети дорог незначительное. Только 4,9% из всех исследованных грузовых автомобилей были перегружены. Это можно объяснить тем, что большинство грузовых автомобилей рассчитаны для транспортировки небольшого количества грузов. Одним из факторов того, что грузовые автомобили избегают перегрузки, является плохое состояние дорог [1,5,6,7].

На некоторых участках дорог, например, на 916-ом км МД04 (Душанбе-Куляб-Хорог-Мургаб-граница Китая), из 18 исследованных грузовых автомобилей 8 были значительно перегружены. На других участках этой же дороги значительных перегрузок нет и количество измерений осевых нагрузок очень низкое, а перегрузка могла быть скорее случайностью, чем обычной практикой для водителей грузовых машин.

#### 4. Анализ движения транспорта между пунктами отправления и назначения

Анализ движения транспортных средств между пунктами Отправления и Назначения (О-Н) был выполнен для получения сведений о расстоянии, которое проходят разные типы транспортных средств от пункта Отправления до пункта Назначения. Также была собрана дополнительная информация о вместимости автомобилей и видах грузов, которые они перевозят. Полученные данные о пунктах отправления и пунктах назначения показывают популярные направления движения потоков, и это помогает в оценке будущих транспортных нужд для расширения дорожной сети и планирования социально-экономического развития страны [6, 8,11].

Анализ (О-Н) проводился на 29 пунктах (см. Схему 1) параллельно с подсчетом интенсивности движения, методом обычного опроса. Исследователи останавливали автомобили на участках, где проводился опрос, ответы записывались в заранее подготовленные бланки. Для проведения опроса были привлечены сотрудники Государственной инспекции для гарантии безопасного движения автомобилей и остановки любых автомобилей. Были собраны сведения о пунктах отправления и назначения, целях поездки, вместимости, весе товаров на всех категориях грузовых автомобилей. Объем проведенных исследований на разных местоположениях приведен в Таблице 5.

Таблица 5 - Анализ движения транспорта между пунктами О-Н

№№	№ участка исследований	Типы автомобилей			
		Легковая машина/ Джип/Фургон	Грузовой автомобиль	Микроавтобус	Автобус
1	1	9.0	15.6	15.3	-
2	2	6.67	10.3	16.0	33.3
3	3	10.3	6.6	11.1	8.6
4	4	10.0	8.3	8.4	8.5
5	5	10.0	11.5	8.7	8.0
6	6	7.0	12.1	9.2	10.5

7	7	10.6	12.8	-	15.2
8	9A	8.0	11.1	10.0	8.5
9	9B	10.4	11.7	9.7	10.0
10	10	9.7	11.5	9.7	10.0
11	11	10.1	8.0	-	-
12	12	10.0	17.5	-	-
13	13	9.9	-	78.7	28.3
14	14	10.2	14.1	9.0	-
15	16	10.3	9.5	20.0	25.0
16	17	9.8	11.4	9.0	-
17	18	8.0	50.0	-	27.3
18	20	30.9	34.7	10.0	-
19	21	20.3	31.9	42.0	-
20	22	8.2	9.7	-	-
21	25	50.0	84.1	-	-
22	29	8.5	6.4	7.4	-
23	30	7.3	17.7	10.0	-
24	31	9.4	20.9	-	-
25	32	7.5	85.0	-	-
26	36	10.0	8.3	7.8	-
27	38	7.1	36.3	8.2	33.3
28	39	9.2	7.9	8.5	15.8
29	48	8.7	8.8	14.2	47.4

Для оценки движения транспорта была разработана методика определения пунктов отправления и назначения. Эта методика дает возможность определить расположение пунктов опроса О-Н, выявить цели транспортировки пассажиров и грузов по всей территории страны, а также определить объемы перевозки грузов для каждого из 29 пунктов. В дальнейшем для получения более точных результатов следует увеличить количество исследуемых пунктов. Методика определения пунктов отправления и назначения пассажиров, грузов и автомобилей разными типами транспорта была разработана для каждого пункта, на котором проводился опрос [1,8].

#### Анализ перевозимых грузов

Во время проведения исследований также была собрана информация о видах грузов, перевозимых грузовыми автомобилями [2,6,8,12]. Подробная информация приведена в Таблице 6.

Таблица 6 - Анализ опроса грузовых автомобилей, перевозимых грузы народного хозяйства

№	Виды грузов	Наименование грузов	Количество опрошенных автомобилей	%
1	Полезные ископаемые	Уголь и др.	40	3,74
2	Зерновые	Пшеница, рис и др.	11	1,03
3	Товарные культуры	Хлопок, джут, чай и др.	33	3,08
4	Скорпортящиеся продукты	Овощи, фрукты, рыба, мясо, молоко и молочные продукты и др.	212	19,81
5	Лесохозяйственные товары	Лесоматериалы, мебель и др.	104	9,72
6	Строительные материалы	Кирпич, цемент, песок, известь, камень, арматура и др.	259	24,21
7	Нефть и природный газ	Бензин, дизель, нефть, машинное масло и др.	42	3,93
8	Продовольственные товары и продукты	Мыло, соль, сахар, бобовые растения, специи и др.	68	6,36
9	Промышленные товары	Автомобили, лекарства, кожа, вино, табак, резиновые шины, пластмасса, одежда, бумага и др.	83	7,76
10	Разное	Удобрения, мусор, животные и др.	29	2,71
11	Без груза		189	17,66



Как показано в Таблице 6, строительные материалы, такие как цемент, песок, кирпич и стальная арматура являются главными видами грузов, перевозимых грузовыми автомобилями, а вместе со скоропортящимися продуктами они составляют почти половину всех перевозок. Перевозка лесохозяйственных товаров составляет около 10%, а поездка грузовых автомобилей порожняком (без грузов) составляет почти 18%.

Основной грузопоток приходится на столицу страны - город Душанбе, который является главным торговым центром страны, производит и привлекает 58,5% от общего количества рейсов автотранспорта. Худжанд - второй по величине город страны по производству и привлечению количества рейсов перевозимых автотранспортом грузов составляет 13,8%. Остальное приходится на такие города, как Гиссар, Куляб, Курган-Тюбе, Хорог, Пенджикент, Шахринав и другие.

**Анализ движения транспорта по протяженности**

Методом опроса по пунктам назначения была определена средняя протяженность одностороннего рейса по типам автомобилей, которая представлена в Таблице 7.

Таблица 7 - Среднее расстояние движения транспорта

Тип транспорта	Средняя протяженность рейса (км)
Джипы и легковые автомобили	127,9
Автобусы и микроавтобусы	104,6
Грузовые автомобили	200,7
Средняя протяженность рейса (для всех типов автомобилей)	<b>155,4</b>

Как видно из Таблицы 7, средняя протяженность одностороннего рейса транспорта находится в пределах от 100 до 200 км. Это показывает технические характеристики магистральных дорог и их важность для движения транспорта. Таким образом, улучшение качества дорог их содержанием приведет к развитию региональной торговли и усовершенствованию национального транспорта.

**Анализ вместимости по типам транспорта**

Вместимость разных типов пассажирских автомобилей, исследованных во время проведения опроса, проанализирована по пунктам отправления и назначения и показана в Таблице 8.

Таблица 8 - Средняя вместимость разных типов автомобилей

№	тип автомобиля	вместимость*
1	Легковые машины/Джипы/Фургоны	3,4
2	Микроавтобусы	12,5
3	Автобусы	29,4

\*Количество пассажиров

Как видно из Таблицы 8, средняя вместимость автобусов - 29 пассажиров, тогда как по микроавтобусам это количество составило 12 пассажиров. Джипы и легковые автомобили, которые используются в качестве такси, фактически действуют как заменитель общественного транспорта на многих участках главной сети автомобильных дорог, их средняя вместимость составляет 3 пассажира [6,8].

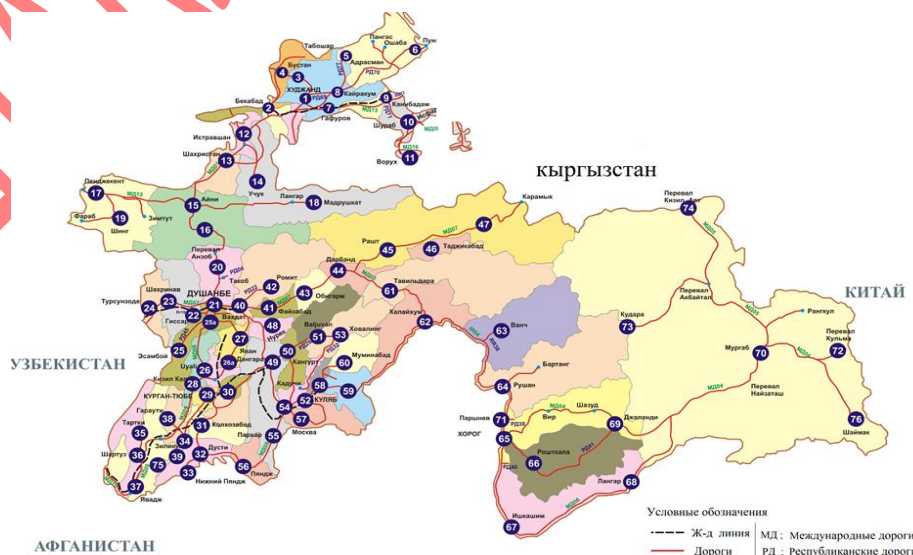


Рисунок 2 – Карта расположения пунктов опроса водителей (О-Н) на автомобильных дорогах Таджикистана

## 5. Выводы и рекомендации:

1. Для получения достоверной информации по нагрузкам на дорожное полотно необходимо качественно провести все вышеперечисленные исследования, а именно:

- необходимо проводить подсчеты интенсивности движения (полученные данные, для дальнейшего экономического анализа, следует группировать по типам транспортных средств и грузоподъемности);

- необходимо разработать и утвердить нормативные документы, позволяющие строго контролировать нагрузку на ось, для того, чтобы продлить срок службы дорожных покрытий;

- разработать руководящий документ, определяющий единую методику проведения опроса транспортных средств по пунктам Отправления и Назначения.

2. Целью проведения данных исследований является выявление автомобильных дорог (участков дорог) с наибольшей интенсивностью движения и необходимость выделения адекватных объемов финансирования для обеспечения удовлетворительного технического содержания этих дорог.

3. Контроль за интенсивностью движения и нагрузкой на ось очень важен для экономии дорожных активов, сокращения стоимости содержания дорог и увеличения срока службы дорожного покрытия.

*Рецензент: Вализода Р.Ф. — начальник управления дорожно-строительного управления Министерства транспорта Республики Таджикистан.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. С.Б. Мирзозода, О.А. Красиков, Б.Б. Каримов «Система управления дорожными активами», Монография, Душанбе, Ирфон, 2023.

2. Соболевская С.Н., Ходин Е.П. "Диагностика автомобильных дорог", Пособие для студентов специальности 1-700301 «Автомобильные дороги», Минск, БНТУ, 2020.

3. "Эксплуатация автомобильных дорог". Методические указания по выполнению самостоятельной работы; Под общей редакцией д.т.н., проф. Ю.П. Скачкова, Пенза, 2014.

4. Каримов Б.Б., Калилов Ж.К., Мирзоев С.Б. "Содержание и ремонт дорог в горных условиях", Интрансдорнаука, Москва, 2016.

5. С.Б. Мирзоев, А.Т. Бердиев, Ф.С. Мирзоев "Состояние автомобильных дорог в Республике Таджикистан с покрытием нежесткого типа". Политехнический вестник, серия "Инженерные исследования", 3(51)2020, ISSN 2520-2227.

6. Рекомендации по определению параметров расчетных нагрузок для современных транспортных средств, Роавтодор, Москва, 2015.

7. ТП-4294, Укрепление реализации системы финансирования содержания дорог, Том 1 и Том 2, Душанбе, 2007.

8. Допустимые массы транспортных средств, Постановление №12 Правительства РФ, 2014г.

9. Источник информации полученных данных - Министерство транспорта Республики Таджикистан.

10. Диагностика и оценка состояния автомобильных дорог, ОДН-218. 0.006-2002, Москва, 2002.

11. Кравченко С.Е., Руэт Ж.В., Соболевская С.Н. "Содержание и ремонт автомобильных дорог", Пособие мастеру по ремонту и содержанию автомобильных дорог, Минск, БНТУ, 2015.

12. Ремонт и содержание автомобильных дорог. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине "Эксплуатация автомобильных дорог", 3-е Издание, Москва, 2009.

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

TJ	RU	EN
Сухроб Мирзозода номзади илмҳои техники, и.в. дотсент	Сухроб Мирзозода кандидат технических наук, и.о. доцента	Sukhrob Mirzozoda candidate of technical sciences, acting assistant 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.
TJ	RU	EN
Мирзоев Фариддун Сухробович Корхонаи воҳиди давлатии «Институти тадқиқоти илмӣ ва лоихакашӣ-чустуҷӯӣ»	Мирзоев Фариддун Сухробович ГУП «Научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт»	Mirzoev Fariddun Suhrobovich State Unitary Enterprise "Scientific Research and Design and Survey Institute"
<a href="mailto:ukhrob63@mail.ru">ukhrob63@mail.ru</a>		

## МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕМОНТИРУЕМЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Саидзода Р.Х., Умирзоков А.М.

Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими

Статья посвящена количественной оценке качества сложных технических ремонтируемых объектов. Обоснована взаимосвязь и взаимообусловленность между понятиями надежность, качество и эффективность системы. Разработана классификационная схема показателей качества автомобиля. Предложена методика количественной оценки качества ремонтируемых технических систем, на основе которого выведена математическая модель количественной оценки качества ремонтируемых изделий под комплексным влиянием двух значимых факторов.

**Ключевые слова:** качество, количественная оценка, эффективность, техническая система, капитальный ремонт, ресурс, эллипсоид вращения, эллиптический цилиндр

## МЕТОДИКАИ БАҲОДИҶИИ МИҚДОРИИ СИФАТИ СИСТЕМАҶОИ ТЕХНИКӢ ТАЪМИРШАВАНДА

Саидзода Р.Х., Умирзоков А.М.

Мақола ба масъалаи баҳодиҳии миқдории сифати объекти мураккаби техникии таъмиршаванда бахшида шудааст. Дар мақолаи мазкур алоқамандии мутақобила байни мафҳумҳои эътимоднокӣ, сифат ва самаранокӣ система асоснок карда шудааст. Схемаи синфбандии нишондиҳандаҳои сифати автомобил коркард шудааст. Методикаи баҳодиҳии миқдории сифати системаи техникии таъмиршаванда пешниҳод шудааст, ки дар асоси он модели математикӣ барои баҳодиҳии миқдории сифати маснуоти таъмиршаванда зери таъсири муштаракӣ ду омилӣ аҳамиятнок сохта шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** сифат, баҳодиҳии миқдорӣ, самаранокӣ, системаи техникӣ, таъмири капиталӣ, ресурс, эллипсоиди даврзанӣ, цилиндри эллиптикӣ

## THE METHODOLOGY OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF QUALITY REPAIRED TECHNICAL SYSTEMS

Saidzoda R.H., Umirzakov A.M.

The article is devoted to the quantitative assessment of the quality of complex technical facilities under repair. The interrelation and interdependence between the concepts of reliability, quality and efficiency of the system is substantiated. A classification scheme of car quality indicators has been developed. A method for quantifying the quality of repaired technical systems is proposed, on the basis of which a mathematical model for quantifying the quality of repaired products under the complex influence of two significant factors is derived.

**Keywords:** quality, quantitative assessment, efficiency, technical system, overhaul, resource, ellipsoid of rotation, elliptical cylinder

### Введение

Оценка качества технической системы является ключевым рычагом повышения эффективности ее функционирования. Между качеством и эффективностью функционирования технических систем существует прямая зависимость. Повышение качества функционирования системы неизбежно приводит к росту ее эффективности, способствует к снижению себестоимости и возрастанию конкурентоспособности [5, 9, 10].

Связи между качеством технической системы ее надежностью и эффективностью многообразны. Они недостаточно изучены и до конца не выяснены. Исследование этой проблемы в отношении к техническим системам имеет большое теоретическое и практическое значение.

Связь между эффективностью и качеством функционирования технических систем очевидна. Качеством отдельных элементов обусловлена эффективность функционирования синтезированной из них технической системы. Качество технической системы в целом и, в частности, ее отдельных элементов является основой формирования эффективности, как для самой системы, так и для ее отдельных подсистем. Изменение качества в технической системе неизбежно приводит к изменению эффективности ее функционирования [1, 2, 4, 7].

Поскольку заданное функционирование системы может быть обеспечено только вполне определенным качеством, то проблема качества в управлении должна решаться в единстве, как с проблемой эффективности, так и с проблемой надежности [11, 12].

Большую роль при исследовании качества играет переход к количественным оценкам. Здесь можно отметить, что среди всех работ, связанных с исследованиями эффективности, надежности и качества, подавляющее большинство посвящено именно количественным методам оценивания [3, 6, 8].

Проведенные нами исследования позволяют утверждать о том, что логически исходным понятием является понятие качества систем управления. Эффективность является следствием понятия качества там, где есть целесообразность. Развитием понятия меры является устойчивость, которая, в свою очередь, приводит к понятию надежности.

### Материалы и методы исследования

В Республике Таджикистан одним из важнейших и приоритетных секторов в развитии народного хозяйства страны является транспортный сектор, точнее автомобильный транспорт, эффективность функционирования которого тесно связана с качеством автомобиля. Автомобиль, являясь системообразующим элементом, подсистемой сложной системы водитель-автомобиль-дорога-среда (ВАДС), в тоже время относится к категории сложной технической системы. Автомобиль, как техническая

система, должен соответствовать всем условиям, параметрам, свойствам и требованиям безопасности, экономичности, экологичности и эргономичности, которые должны:

- закладываться при формировании системы со всеми ее атрибутами с учетом взаимной и закономерной взаимосвязи между ее элементами, а также единства и целостности оной;
- обеспечиваться в процессе подготовки водителя, изготовления автомобиля, строительства дорог с учетом особенностей среды их функционирования;
- поддерживаться на всем периоде функционирования системы.

В процессе функционирования системы ВАДС особое внимание следует обратить оценочным показателям качества ее технических подсистем: автомобиля и дороги. Классификация показателей качества, на примере автомобиля, как системообразующего элемента системы ВАДС, представлена на рис. 1.

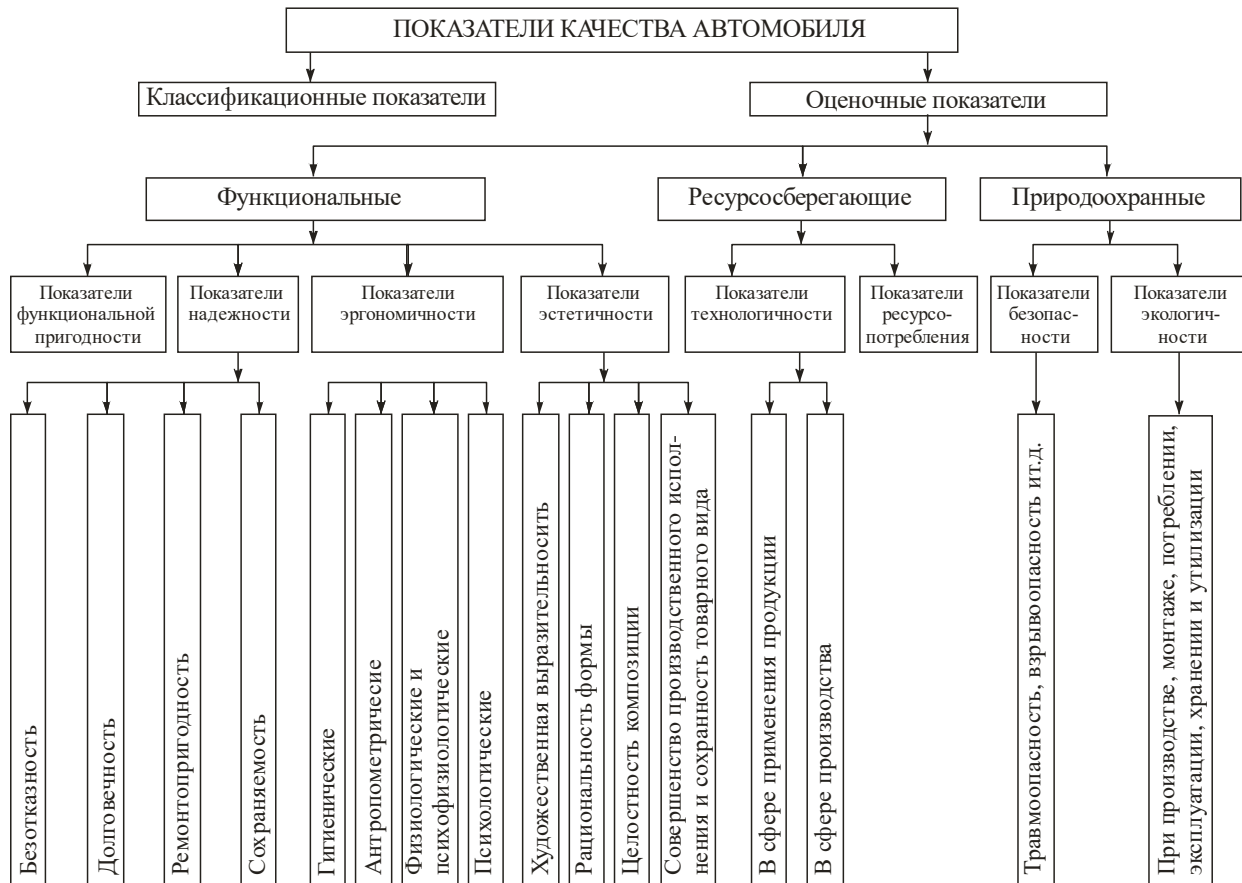


Рисунок 1 – Показатели качества автомобиля, как сложной системы

В реальных условиях эксплуатации качество автомобиля, как технической системы и ремонтируемого объекта, формируется под комплексным влиянием нескольких факторов, характер изменения которого в трехмерном измерении представлен на рис. 2.

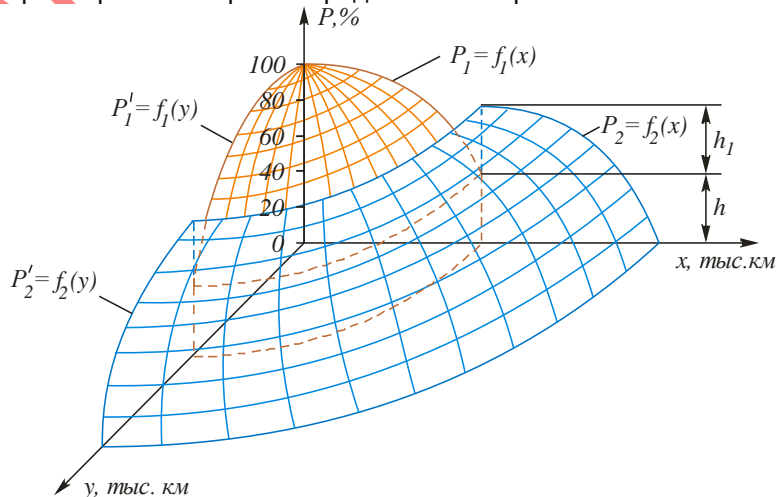


Рисунок 2 – Схема зависимости уровня качества ремонтируемой технической системы от двух значимых переменных факторов



### Результаты исследования

Выбирая из достаточно большого числа факторов двух наиболее значимых, можно получить сложную геометрическую фигуру, по объему которой можно дать количественную оценку качества ремонтируемого изделия. С достаточной для практических расчетов точностью полный объем полученной фигуры, тождественной уровню качества изделия, в общем виде можно выразить через объемы эллипсоидов вращения и объемы эллиптических цилиндров. Как следует из рисунка полный объем сложной фигуры или количественную оценку уровня качества изделия  $V_k$  можно определить через одну восьмую сумму условно разделенных объемов отдельных фигур из выражения

$$V_k = 1/8(V_1 + V_2 + V_3 - V_4), \quad (1)$$

где  $V_1$  и  $V_3$  – объемы эллипсоидов вращения, характеризующие количественные оценки качества ремонтируемого объекта до и после ремонта;  $V_2$  – объем эллиптического цилиндра с высотой  $h$  и параметрами  $a$  и  $b$ , соответствующими полуосям эллипсоида вращения до ремонта объекта;  $V_3$  – объем эллиптического цилиндра с высотой  $h_1$  и параметрами  $a_1$  и  $b_1$ , соответствующими полуосям эллипсоида вращения после ремонта объекта.

Объем эллипсоида вращения, характеризующего количественную оценку качества ремонтируемого объекта до ремонта определяется из общеизвестной формулы

$$V_1 = \pi \int_a^b y^2 dx, \quad (2)$$

где  $y$  определяется из уравнения эллипса

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (3)$$

где  $a$  и  $b$  – полуоси эллипса, соответствующие полуосям эллипсоида вращения до ремонта изделия.

Из уравнения эллипса

$$y^2 = \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2) dx. \quad (4)$$

Подставляя значение  $y^2$  из последнего уравнения в уравнение (2), получим

$$\begin{aligned} V_1 &= \pi \int_a^b \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2) dx = \pi \frac{b^2}{a^2} \int_a^b (a^2 - x^2) dx = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \int_0^a (a^2 - x^2) dx = \\ &= 2\pi \frac{b^2}{a^2} \left( a^2 x - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_0^a = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \left( a^3 - \frac{a^3}{3} \right) = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \cdot \frac{2a^3}{3} = \frac{4}{3} \pi ab^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Объем эллиптического цилиндра до ремонта объекта определяется по общеизвестной формуле

$$V_2 = \pi abh, \quad (6)$$

где  $h$  – высота эллиптического цилиндра до ремонта, соответствующего остаточному ресурсу ремонтируемого объекта.

Объем эллипсоида вращения, характеризующего количественную оценку качества ремонтируемого объекта после ремонта определяется из общеизвестной формулы

$$V_3 = \pi \int_{a+a_1}^{b+b_1} y^2 dx. \quad (7)$$

Обозначая  $a + a_1 = c$  и  $b + b_1 = d$ , напомним уравнения эллипса вращения

$$\frac{x^2}{c^2} + \frac{y^2}{d^2} = 1, \quad (8)$$

где  $c$  и  $d$  – полуоси эллипса, соответствующего полуосям эллипсоида вращения после ремонта изделия.

С учетом произведенных обозначений и уравнения (8), формулу (7) аналогично формуле (5), перепишем в виде

$$V_3 = 2\pi \frac{d^2}{c^2} \int_0^c (c^2 - x^2) dx = 2\pi \frac{d^2}{c^2} \left( c^2 x - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_0^c = 2\pi \frac{d^2}{c^2} \left( c^3 - \frac{c^3}{3} \right) = 2\pi \frac{d^2}{c^2} \cdot \frac{2c^3}{3} = \frac{4}{3} \pi cd^2. \quad (9)$$

Объем эллиптического цилиндра после ремонта объекта определяется по формуле

$$V_4 = \pi cd(h + h_1), \quad (10)$$

где  $h+h_1$  – высота эллиптического цилиндра до линии пересечения с эллипсоидом вращения после ремонта, показывающая уровень восстановления ресурса ремонтируемого объекта от первоначального (от уровня нового объекта). Для тракторов, автомобилей, двигателей внутреннего сгорания и ряда других объектов нормативный уровень восстановления ресурса после капитального ремонта установлен равным 80% от первоначального их ресурса. Для нашего случая можно принимать  $h+h_1 = 0,8a$ .

Обозначив нормативный уровень восстановления ресурса объекта после капитального ремонта  $h+h_1 = \theta$ , получим формулу для определения объема эллиптического цилиндра после ремонта

$$V_4 = \pi cd\theta. \quad (10)$$

Подставив полученные значения объемов эллипсоидов вращения и эллиптических цилиндров в формулу (1), получим окончательную формулу для количественной оценки качества ремонтируемых объектов или технических систем в виде

$$\begin{aligned} V_k &= \frac{1}{8} \left[ 2\pi \frac{b^2}{a^2} \int_0^a (a^2 - x^2) dx + \pi abh + 2\pi \frac{d^2}{c^2} \int_0^c (c^2 - x^2) dx - \pi cd\theta \right] = \\ &= \frac{1}{8} \left( \frac{4}{3} \pi ab^2 + \pi abh + \frac{4}{3} \pi cd^2 + \pi cd\theta \right) = \frac{\pi}{8} \left[ ab \left( \frac{4}{3} b + h \right) + cd \left( \frac{4}{3} d + \theta \right) \right] = \\ &= \frac{\pi}{24} [ab(4b + 3h) + cd(4d + 3\theta)]. \end{aligned} \quad (11)$$



### Обсуждения

Предложенная методика количественной оценки качества сложной ремонтируемой технической системы, примером которой является автомобиль, имеет важное теоретическое и практическое значение, когда оно формируется под комплексным влиянием двух независимых факторов. Эту же методику можно использовать для оценки качества неремонтируемых объектов, исключая двух последних составляющих из уравнения (11). Немаловажным является также то, что эту же методику можно будет применять для оценки и прогнозирования надежности и эффективности функционирования объектов исследования.

### Выводы

1. Предложена методика количественной оценки качества сложных ремонтируемых объектов, формируемого под комплексным влиянием двух независимых факторов.

2. На основе предложенной методики разработана математическая модель для количественной оценки качества ремонтируемых и неремонтируемых изделий.

3. Предложенная методика и разработанная на ее основе математическая модель отличается универсальностью и простотой применения на практике. Универсальность методики заключается в том, что она может быть применена для количественной оценки качества любых продуктов, процессов и услуг в результате внесения соответствующих изменений при необходимости, а также она может быть использована для оценки параметров надежности и эффективности функционирования объекта исследования.

*Рецензент: Мирзоев Ш.М.- к.т.н., доцент кафедры электрификации и автоматизации в сельском хозяйстве Таджикского аграрного университета имени Ш. Шотемур*

### Литература

1. Аристов, О.В. Управление качеством/О. В. Аристов. - М.: ИНФРА-М, 2005. - 204 с.
2. Басовский, Л. Е. Управление качеством/Л. Е. Басовский. - М.: ИНФРА-М, 2005. - 274 с.
3. Гегель Г. В. Ф. Энциклопедия философских наук. Том 1. Наука логики, § 90. /Г. В. Ф. Гегель. - М.: Мысль, 1974. - 452с.
4. Гончаров, В.Н. Теоретические подходы к определению понятия «качество»/В.Н. Гончаров, В.В. Колесникова, И.В. Ширяева//ЭКОНОМИНФО. -2015. - № 23. - С. 53-57.
5. Дедков, В.К. Основные вопросы эксплуатации сложных систем/ В.К. Дедков, Н.А. Северцев. - М.: Высш. шк., 1976. - 406 с.
6. Ермаков, А.А. Оценка качества функционирования сложных технических систем/А.А. Ермаков//Журнал «Современные технологии. Системный анализ. Моделирование». - Иркутск: ИрГУПС, 2010. - С. 208-212.
7. Качество [Электронный ресурс]: Режим доступа – <https://znaytovar.ru/new1090.html>. От 21.01.2024.
8. Методы определения показателей качества продукции [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://www.webkursovik.ru/kartgotrab.asp?id=-120966>.
9. Разумный, М.В. Толченев О.В. Оценка работоспособности устройств автоматики/ М.В. Разумный. - М.: Энергия, 1977. - 119 с.
10. Связь эффективности, надежности и качества [Электронный ресурс]: Режим доступа – [https://studopedia.ru/7\\_22018\\_svyaz-effektivnosti-nadezhnosti-i-kachestva.html](https://studopedia.ru/7_22018_svyaz-effektivnosti-nadezhnosti-i-kachestva.html). От 21.01.2024.

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

TJ	RU	EN
Саидзода Раҳим Ҳамро	Саидзода Раҳим Ҳамро	Saidzoda Rahim Hamro
Д.и.т., профессори кафедраи «Истифодабарии нақлиёти автомобилӣ»	Д.т.н., профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Operation of Road Transport"
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:mort@maorif.tj">mort@maorif.tj</a>		
TJ	RU	EN
Умирзоков Аҳмад Маллабоевич	Умирзоков Аҳмад Маллабоевич	Umirzokov Ahmad Mallaboevich
Н.и.т., дотсенти кафедраи «Истифодабарии нақлиёти автомобилӣ»	К.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»	Candidate of Technical Sciences, Senior teacher of the Department "Operation of Road Transport"
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:ahmad.umirzokov@mail.ru">ahmad.umirzokov@mail.ru</a>		

## РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ПО СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМИ АКТИВАМИ

Мирзозода С.Б., Красиков О.А., Косенко И.Н.

В данной статье рассмотрены три важных вывода, объясняющих внедрение Системы управления дорожными активами и новых цифровых технологий, а также рассмотрено решение некоторых наиболее важных задач с использованием модели HDM-IV. Основной целью решения этих задач является определение наиболее эффективного критерия содержания и ремонта автомобильных дорог.

**Ключевые слова:** система управления дорожными активами, модель HDM-IV, автомобильная дорога, дорожно-ремонтные работы, планирование, финансирование, эффективность, показатель.

### ҲАЛЛИ БАЪЗЕ МАСЪАЛАҶО ДАР БОРАИ СИСТЕМАИ ИДОРАКУНИИ ДОРОИҶОИ РОҶ

Мирзозода С.Б., Красиков О.А., Косенко И.Н.

Дар ин мақола се бозёфтҳои муҳим, ки татбиқи Системаи идоракунии дороиҳои роҳ ва технологияҳои нави рақамиро шарҳ медиҳанд ва инчунин чӣ гуна ҳалли баъзе аз мушкилоти муҳимтаринро бо истифода аз модели HDM-IV баррасӣ мекунад. Мақсади асосии ҳалли ин мушкилиҳо муайян кардани меъёри самарабахши нигоҳдорӣ ва таъмири роҳҳои автомобилгард мебошад.

**Калимаҳои калидӣ:** системаи идоракунии дороиҳои роҳ, модели HDM-IV, роҳҳои автомобилгард, корҳои таъмири роҳ, банақшагири, маблағгузори, самаранокӣ, нишондиҳанда.

### SOLVING SOME PROBLEMS ON ROAD ASSET MANAGEMENT SYSTEM

Mirzozoda S.B., Krasikov O.A., Kosenko I.N.

This article discusses three important findings that explain the implementation of the Road Asset Management System and new digital technologies, and also discusses how to solve some of the most important problems using the HDM-IV model. The main goal of solving these problems is to determine the most effective criterion for the maintenance and repair of highways.

**Keywords:** road asset management system, HDM-IV model, highway, road repair work, planning, financing, efficiency, indicator.

#### 1. Цель и задача управления дорожными активами

Цель и задача управления дорожными активами заключается в том, чтобы оптимизировать экономические выгоды за счёт сокращения суммы затрат на содержание и ремонт дорог, а также затрат пользователей дорог. Управление дорожными активами рассматривает не только затраты на содержание и ремонт для дорожных организаций, но и издержки на автомобильные перевозки для пользователей автодорог, охватывающие все затраты, связанные с автомобильным транспортом. Система управления дорожными активами может помочь определить оптимальные уровни финансирования, что поможет минимизировать эти общие издержки на автомобильные перевозки, и может продемонстрировать, каким образом имеющееся финансирование может быть лучшим образом распределено на конкретные автомобильные дороги или участки дорог, и конкретные виды их содержания и ремонта. При этом оно рассматривает не краткосрочные воздействия на сеть автодорог, а среднесрочные или долгосрочные воздействия (обычно используется как минимум 10-летний период).

Это представляет собой значительное изменение по сравнению с традиционным осуществлением содержания, нацеленного на ремонт как можно большего объёма существующих повреждений в рамках имеющегося ежегодного бюджета. Вместо этого управление дорожными активами нацелено на достижение определённого уровня обслуживания или состояния автомобильных дорог при наименьших затратах. При этом берётся долгосрочная перспектива, учитывающая будущие воздействия текущих бюджетных ассигнований. Такое изменение в подходе зачастую предусматривает переход от ремонта дорог в плохом состоянии к сохранению дорог в хорошем или удовлетворительном состоянии, препятствуя их ухудшению и необходимости в дорогостоящем ремонте в будущем. В краткосрочной перспективе это приведёт к тому, что дорогам в плохом состоянии будет уделяться меньше внимания, но в долгосрочной перспективе это высвободит финансирование для осуществления незавершённых работ по содержанию.

#### 2. Система управления дорожными активами

Система управления дорожными активами основана на анализе данных по автодорогам, связанных с инвентаризацией, состоянием, интенсивностью движения, стоимостью работ и моделями ухудшения дорог, как показано на Рис.1. Данные вносятся в Систему управления дорожными активами (СУДА), которая позволяет анализировать данные и определять оптимальные уровни бюджета и ассигнования. Однако управление дорожными активами - это больше, чем просто СУДА, и включает интеграцию СУДА в более широкий контекст структур и процедур, в рамках которых она работает, дополняя критерии экономической оптимизации СУДА другими задачами в области политики (например, связанность, доступность) [1,7,9].

Считается, что СУДА должна включать любую систему, которая используется для сбора, хранения и обработки данных инвентаризации автодорог и мостов по их состоянию, интенсивности движения и

связанные данные для целей автодорожного планирования и программирования. Обычно СУДА затрагивает компьютеризированную систему управления дорожными активами, включая сбор данных, управление данными (базой данных) и анализ данных.

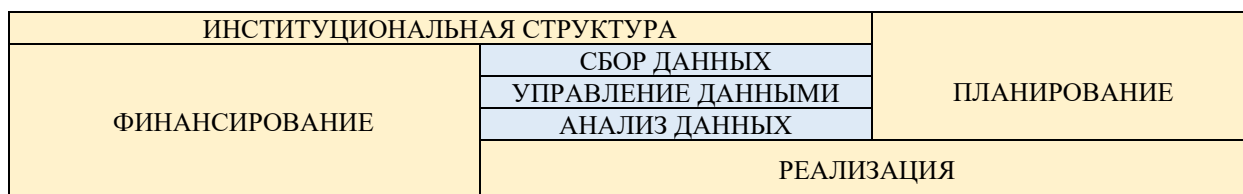




Рисунок 1 – Система управления дорожными активами

-  Управление дорожными активами
-  Система управления дорожными активами

- **Сбор данных.** Вовлекает проведение обследований и сбор данных по сети автомобильных дорог. Включает данные, которые постоянно изменяются и требуют регулярного обновления (например, состояние автодорог, интенсивность движения), и данные, которые вряд ли изменяются (например, трасса дороги, топография, тип поверхности).

- **Управление данными.** Обычно касается базы данных, которая объединяет в одном месте все собранные данные и делает их легкодоступными для планирования и мониторинга. Может включать простые текстовые или цифровые данные (например, название дороги, протяжённость дороги), а также данные, связанные с глобальной системой позиционирования (GPS) (трасса, состояние дороги), или мультимедийные файлы.

- **Анализ данных.** Включает анализ собранных данных с целью определения оптимального уровня требуемого финансирования и распределение этого финансирования по различным автодорогам и различным видам интервенций. Зачастую рассматривается только покрытие, но может также включать мосты, другие сооружения, обустройство дороги и автодорожные пункты обслуживания.

При этом СУДА не может рассматриваться отдельно от контекста, в котором она работает, и поэтому термин "управление дорожными активами" будет иметь более широкий смысл, включая интеграцию СУДА в институциональную структуру, системы планирования и программирования сети автодорог, процедуры финансирования и бюджетных ассигнований для автодорожного сектора, а также в реализацию содержания автомобильных дорог.

Управление дорожными активами рассматривает развитие надлежащих экономических процессов, которые позволяют эффективно использовать СУДА для удовлетворения финансовых потребностей организации, ответственной за сеть автомобильных дорог.

- **Институциональная структура.** Институциональная структура оказывает значительное влияние на роль, которую может играть СУДА в процессе принятия решений. Поэтому важно рассматривать роль и место СУДА в рамках существующей институциональной структуры.

- **Финансирование.** Влияние СУДА зависит от степени, в которой она может повлиять на уровни финансирования и согласовать их с фактическими потребностями в финансировании. Поэтому важно рассматривать то, каким образом СУДА влияет на уровни финансирования.

- **Планирование.** СУДА эффективна только в той степени, в которой она может повлиять на планы для автодорожного сектора и повлиять на бюджетные ассигнования для различных типов автомобильных дорог. Поэтому важно рассматривать связь СУДА с существующими системами планирования.

- **Реализация.** Во время реализации бюджетные ассигнования используются для осуществления запланированных мероприятий. Эффективность и результативность реализации и, таким образом, степень выполнения целевых показателей СУДА зависит от потенциала дорожных организаций, частных подрядчиков и консультантов и используемых подходов к заключению контрактов.

Внедрение новых цифровых технологий обусловлено необходимостью улучшения существующих систем управления дорожными активами. Автоматизированная информационная система в составе базы данных должна содержать набор программных продуктов, которые позволят реализовать различные методы управления дорожными активами. Наиболее отработанной системой в этом направлении является комплекс программного обеспечения Модели HDM-IV.

Реализация существующих систем позволила сделать три наиболее важных вывода, которые следует учитывать при усовершенствовании системы в целом.

**Вывод 1.** При усовершенствовании системы мы стремимся учесть больше фактов, а для этого нам необходим большой объем информационного обеспечения, который нуждается в постоянном обновлении и расширении базы данных, а это приводит к значительному увеличению затрат. Нам необходимо, чтобы система работала при ограниченном объеме информационного обеспечения, но при

этом вполне достаточном для получения требуемых результатов с высоким уровнем надежности решения поставленных задач.

**Вывод 2.** Конкретная страна, учитывая свой уровень экономического развития, должна адекватно воспринимать разработанную и внедряемую систему управления дорожными активами. Необходимо отметить, что для реализации любой системы необходима информационная база данных, подходящая разработанной системе для конкретной страны, а также условия для её формирования и обновления. Отсутствие или наличие уже устаревшей информации делает эту Систему бесполезной. То есть, страна должна учитывать свои финансовые возможности для обеспечения Системы необходимой информацией в полном объёме, а также иметь возможность постоянно её обновлять.

**Вывод 3.** Каждая страна должна стремиться создать свою индивидуальную систему управления дорожными активами, которая будет учитывать уровень её достижений, экономические особенности развития этой страны, слаженность работы дорожных организаций, а также свои климатические, региональные, технологические и другие особенности.

Представленные выше три важных вывода часто объясняют причины несостоятельности внедрения этих систем в развивающихся странах, в которых на первой стадии следует внедрять более упрощенную модель системы управления дорожными активами и в дальнейшем её поэтапно совершенствовать [2,3,4].

### 3. Важные задачи по содержанию и ремонту дорог

Рассмотрим несколько наиболее важных задач, решение которых необходимо при проведении исследований для планирования мероприятий по содержанию и ремонту дорог:

- классификация состава дорожно-ремонтных работ и определение комплекса мероприятий;
- определение и анализ межремонтных сроков службы дорожных одежд и покрытий;
- принципы планирования работ;
- оценка эффективности дорожно-ремонтных работ.

Итак, первая задача, стоящая перед нами, заключается в определении состава ремонтных работ и их классификации по видам мероприятий [10].

Классификация работ по ремонту и содержанию дорог в зависимости от характера, размеров и периодичности выполнения включает 4 дополняющих друг друга комплекса мероприятий под названием: содержание дороги; текущий, средний и капитальный ремонты.

К содержанию относят работы по поддержанию дорог в чистоте и порядке. Однако в каждый период года содержание имеет свои особенности, в первую очередь обусловленные воздействием природных факторов на дорогу в этот период.

К текущему ремонту относят работы, выполняемые в порядке предупреждения и неотложного устранения мелких деформаций и повреждений дорог, и их сооружений.

К среднему ремонту относят периодически выполняемые работы по возмещению изношенного покрытия и улучшению его эксплуатационных качеств - коэффициентов скользкости и ровности в соответствии с непрерывно растущими составом и интенсивностью движения. Средний ремонт производят в соответствии с данными ведомостей дефектов, а технически сложные работы - по отдельным проектам.

К капитальному ремонту относят периодически выполняемые работы по замене изношенных элементов дороги, повышению её транспортно-эксплуатационных характеристик и, в частности, увеличению прочности дорожной одежды и сооружений в пределах норм, установленных данной категории дороги, в соответствии с требованиями непрерывно растущего движения.

Следующей важной задачей является определение и анализ сроков службы дорог, а именно, межремонтных сроков службы дорожных одежд и покрытий.

Срок службы дороги - это период, за который автомобильная дорога приходит в состояние, когда ежегодные разрушения и износ настолько увеличиваются, что становится технически невозможным или экономически невыгодным поддерживать её в нормальном для движения состоянии [5,6,10].

Характерными показателями долговечности дорожной конструкции являются межремонтные сроки службы дорожных одежд и покрытий.

Под межремонтными сроками подразумевают период от момента сдачи дороги в эксплуатацию до первого капитального или среднего ремонта, а также период между двумя смежными капитальными или средними ремонтами в процессе эксплуатации.

Далее, в таблицах 1 и 2 приведены полученные расчетным путем значения технически целесообразных межремонтных сроков службы дорожных одежд и покрытий.



Таблица 1 - Межремонтные сроки службы дорожной одежды по категориям дорог в зависимости от интенсивности и уровня надежности

Нормативная интенсивность движения, авт./сут	Категория дороги	Тип нежёсткой дорожной одежды	Уровень надёжности одежды к концу межремонтного периода	Срок службы дорожной одежды до капитального ремонта, годы
> 7000	I	Капитальный	0,90-0,95	16-18
> 3000	II	Капитальный	0,89-0,94	14-16
< 7000	III	Капитальный	0,87-0,92	12-14
> 1000	III	Облегченный	0,84-0,88	11-13
< 3000	III	Облегченный	0,82-0,87	10-11
500-1000	III	Переходный	0,77-0,82	4
200-500	IV	Переходный	0,58-0,65	4
< 200	V	Низший	0,58-0,65	3

Таблица 2 - Межремонтные сроки службы дорожных одежд и покрытий в зависимости от роста интенсивности движения

Дорожная одежда и покрытие	Категория дороги	Начальная приведённая к расчётному автомобилю интенсивность движения, авт./сут	Межремонтные сроки, годы, при N равном					
			1,05		1,10		1,15	
			KP	CP	KP	CP	KP	CP
<b>Дорожные одежды капитального типа</b>								
Цементобетон	I, II	1000	29	14	26	13	23	11
		5000	26	13	23	11	21	10
		7000	23	11	21	10	18	9
Асфальтобетон Тип А	I, II	1000	18	9	14	7	11	6
		5000	16	7	11	6	9	5
		7000	14	5	10	5	8	3
Асфальтобетон Тип Б	III	750	20	10	15	8	11	5
		1000	17	8	13	7	10	3
		2000	15	6	10	6	9	2
<b>Дорожные одежды облегченного типа</b>								
Асфальтобетон Тип В	III	750	17	9	13	7	10	5
		1000	15	7	10	6	8	3
		2000	11	6	8	5	7	2
Дёгтебетон	III	750	15	8	11	6	9	5
		1000	13	7	9	5	7	3
		2000	9	6	7	3	6	2
Дёгтебетон	IV	200	15	8	11	6	9	5
		750	13	7	9	5	7	3
		1000	9	6	7	3	6	2
Каменные материалы, обработанные битумом по способу пропитки	III	750	17	9	13	7	10	5
		1000	15	7	10	6	8	3
		2000	11	6	8	5	7	2
Чёрный щебень, уложенный по способу заклинки	III	750	17	8	13	7	10	6
		1000	15	7	10	6	8	5
		2000	11	6	8	5	7	3
Каменные материалы, обработанные битумной эмульсией	III	750	17	8	13	7	10	6
		1000	15	7	10	6	8	5
		2000	11	6	8	5	7	3
Каменные материалы, обработанные органическим вяжущим способом смешения на дороге	IV	200	14	6	10	5	9	3
		400	11	5	9	5	8	3
		750	9	3	8	3	7	2
<b>Дорожные одежды переходного типа</b>								
Щебень прочных пород, уложенный по способу заклинки	IV	200	9	5	7	3	6	3
		400	7	3	6	3	5	2
		750	6	2	5	2	3	2
Малопрочные каменные материалы, укрепленные вяжущими	IV	200	9	5	7	3	6	3
		400	7	3	6	2	5	2
		750	6	2	5	2	3	2

Примечание к табл. 2:

1. Условные обозначения: KP - капитальный ремонт; CP - средний ремонт; N - показатель ежегодного роста интенсивности движения.

2. Данные, приведённые в таблице, относятся к V дорожно-климатической зоне.



Далее мы рассмотрим принципы планирования ремонтных работ в зависимости от различных показателей.

Вид и характер ремонтных работ назначают на основе сопоставления фактических значений состояния проезжей части с предельными показателями, руководствуясь рекомендациями табл.3.

Капитальный ремонт может потребоваться также при недостаточно морозоустойчивых конструкциях вследствие образования значительных деформаций одежды от неравномерного влупучивания [10]. Условием, при котором неотложно потребуется капитальный ремонт, является неравенство  $K_{му} < 1,0$ .

В основу планирования ремонтных работ положена оценка прочности в состоянии дорожной одежды с учётом показателей, приведённых в табл.3.

Таблица 3 - Основные показатели для назначения ремонтных работ

Показатели	Содержание	Текущий ремонт	Средний ремонт	Капитальный ремонт	Реконструкция
Эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчётной скорости	0,75-1,0	0,75-1,0	0,5-0,75	$\leq 0,5$	$< 0,5$
Коэффициент запаса прочности	$\geq 1$	$\geq 1$	$\geq 1$	$< 1$	$< 1$
Коэффициент ровности покрытия	$\geq 1$	$\geq 1$	$\leq 1$	$< 1$	$< 1$
Коэффициент сцепных качеств покрытия	$\geq 1$	$\geq 1$	$< 1$	$< 1$	$< 1$
Итоговый коэффициент аварийности (кроме дорог в горной местности)	10-20	10-20	30-40	$> 40$	$> 40$

Примечание к табл. 3:

В рамках - значения, при которых данный вид ремонта выполняют независимо от других показателей.

Порой бывает проблематичным сделать выбор конкретного вида ремонта. Восстановление и обеспечение ровности дорожных покрытий, осуществляемые при их ремонте, могут быть выполнены различными способами. В каждом конкретном случае вопрос выбора рационального решения связан с учётом возможности выравнивающего эффекта используемого метода, а также технологичности выполнения ремонтного мероприятия [2,6].

Как показывает практика, наибольший эффект может быть получен от восстановления слоя износа асфальтобетоном толщиной 3-4 см.

Планирование ремонтов предусматривает постановку и решение важной для нас задачи, которая заключается в том, как в условиях ограниченного финансирования, выделяемого для дорожно-ремонтных работ, разработать экономически рациональную стратегию для улучшения технического состояния сети автомобильных дорог, которая могла бы обеспечить максимальный экономический эффект.

Следовательно, очередной задачей и заключительным этапом проведения любых исследований является оценка эффективности дорожно-ремонтных работ.

На основании проведённого экономического анализа эксплуатационного состояния участков автомобильных дорог и их инфраструктуры с использованием программы HDM-IV, были проанализированы 3 международных дороги на 12 участках и 8 республиканских дорог на 8 участках. В целом программное решение было выполнено на 49 участках дорог. По результатам экономической оценки норма окупаемости внутри страны (EIRR) показывает, что участки дороги с более высокими объемами интенсивности движения имеют высокую стоимость затрат в целом.

Высокое значение показателя EIRR вызвано модернизацией плохих участков дорог, которые классифицируются по степени качества дорожного покрытия. Точка излома EIRR, если этот показатель принят на уровне 15% для рассматриваемых решений по капвложениям, основывается на некоторых критериях для большинства международных и республиканских дорог Таджикистана, которым требуется модернизация, за исключением дорожных участков с очень низким объемом интенсивности движения [9].

Чистая приведенная стоимость (NVP) дорожных участков учтена с 15% скидкой на основе программы HDM-IV. Примерные результаты экономической оценки приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Примерные результаты экономической оценки ремонта участков дорог с использованием модели HDM-IV

№	Индекс и участки дорог	Протяженность дороги (км)	Стоимость ремонта (млн.\$США)		EIRR (%)	NVP (млн.\$США)
			Всего	На 1 км		
1	МД01-1	146,3	18,81	0,129	90,3	104,5
2	МД01-2	107,0	13,75	0,129	95,1	83,9
3	МД01-3	58,0	5,61	0,097	119,3	48,3
4	МД02-1	31,5	2,66	0,084	139,6	31,1

Окончание таблицы 4

5	МД02-2	27,0	2,28	0,084	97,0	14,4
6	МД04-1	56,3	3,37	0,060	37,8	5,1
7	МД04-2	51,0	5,69	0,112	77,6	21,5
8	МД04-3	52,0	3,3	0,064	92,9	20,4
9	МД04-4	32,0	2,75	0,086	86,4	15,8
10	МД04-5	161,0	20,69	0,129	82,9	55,1
11	МД04-6	95,0	12,21	0,129	20,2	3,2
12	МД04-7	144,0	18,5	0,129	72,5	78,7
13	РД004	18,3	2,38	0,130	8,2	-0,7
14	РД022	37,0	9,19	0,248	31,0	8,5
15	РД026	64,5	8,27	0,128	6,1	5,3
16	РД032	85,5	10,97	0,128	2,6	8,5
17	РД033	41,3	5,3	0,128	55,1	13,8
18	РД041	154,5	19,7	0,129	23,1	7,9
19	РД043	105,5	13,62	0,128	44,8	26,2
20	РД048	17,6	9,07	0,127	31,3	8,5

Данные показатели экономической оценки участков дорог показывают, что затраты или инвестиции, предназначенные для улучшения эксплуатационного состояния участков дорог, получены при экономической оценке с учетом сроков окупаемости или вложенных инвестиций на рассматриваемую дорожную сеть.

Эффект от выполнения дорожно-ремонтных работ выражается в повышении транспортно-эксплуатационных качеств дороги, удобства, скорости и безопасности движения автомобилей, и как следствие, в снижении себестоимости перевозки пассажиров и грузов. При этом затраты на ремонт должны быть не только компенсированы, но и перекрыты получаемой экономией издержек на автомобильные перевозки [10].

#### 4. Заключение

Следует отметить, что самое главное в СУДА - это информация о состоянии автомобильных дорог и дорожных сооружений, сформированная в автоматизированной базе данных, которая лежит в основе функционирования всей системы.

Любая система без наличия исходной информации теряет свою работоспособность!

Настоящая статья может служить исходной информацией для дальнейших действий по внедрению Системы управления дорожными активами.

*Рецензент: Умаров С. – к.т.н., ДТТУ им. академика М.С. Осими, кафедра строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций.*

#### Литература

1. Мирзозода С.Б., Красиков О.А., Каримов Б.Б. «Система управления дорожными активами», ТТУ, Душанбе, 2023, 264 с.
2. Красиков О.А., "Мониторинг и стратегия ремонта автомобильных дорог", КазГосИНТИ, Алматы, 2004, 263 с.
3. Красиков О.А., Косенко И.Н., "Автоматизированный банк данных и стратегия ремонта городских дорог и улиц", КазГосИНТИ, Алматы, 2013, 179 с.
4. Косенко И.Н., "Обоснование и разработка алгоритма системы управления дорожными активами", Научный доклад на соискание степени доктора Международной академии транспорта, Москва, 2021, 56 с.
5. С.Б. Мирзозода, Б.Б. Каримов, В. Махсум, "Задачи по улучшению состояния сети автомобильных дорог общего пользования", Журнал Межправительственного совета дорожников "Автомобильные и железные дороги Содружества Независимых Государств", № 03.2023 (107), Москва, 2023.
6. Мирзозода С.Б., Мирзоев Ф.С. «Роль автомобильных дорог в экономическом секторе Таджикистана», Политехнический Вестник, ISSN 2520-2227, серия "Инженерные исследования", № 1(61)2023.
7. Сборник передовых практик в области Управления дорожными активами, ISBN 978-92-9261-288-7, ADB, CAREC, 2018.

8. Иен Хеггие, Пьер Вискерс. Управление и финансирование автомобильных дорог в рыночных условиях, Всемирный Банк, Технический документ № 409, 1997.

9. Проект ТП-4294 ТАДЖ «Укрепление реализации системы финансирования содержания дорог», 2007.

10. Васильев А.П., Баловнев В.И., Корсунский М.Б. и др., Справочник инженера-дорожника "Ремонт и содержание автомобильных дорог". - М.: Транспорт, 1989. - 287с.

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

TJ	RU	EN
Мирзозода Сухроб Бегмат	Мирзозода Сухроб Бегмат	Mirzozoda Sukhrob Begmat
номзади илмҳои техники, и.в. дотсент	кандидат технических наук, и.о. доцента	candidate of technical sciences, acting assistant 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
Косенко Ирина Николаевна	Косенко Ирина Николаевна	Kosenko Irina Nikolaevna
профессор	профессор	professor
Донишгоҳи автомобилро роҳҳои Қазоқистон	Казахский автодорожный институт	Kazakh Road Institute
E-mail: <a href="mailto:sukhrob63@mail.ru">sukhrob63@mail.ru</a>		

## МАСЪАЛАИ ВОРИДСОЗИИ ТЕХНОЛОГИЯҲОИ ИТТИЛООТӢ ДАР ТАНЗИМИ ДАВЛАТИИ ҲАРАКАТИ ВОСИТАҲОИ НАҚЛИЁТИ МУСОФИРБАРИ ШАҲРӢ

Исмоилов М.И.<sup>1</sup>, Саидзода М.Р.<sup>1</sup>, Расулов Ф.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

<sup>2</sup>Хадамоти давлатии назорат ва танзим дар соҳаи нақлиёт

Дар мақолаи мазкур роҳҳои муносиби танзим ва ташкили ҳаракати нақлиёти автомобилӣ дар шаҳри Душанбе дар заминаи санадҳои меъёрию ҳуқуқӣ ва истифодаи технологияҳои муосири иттилоотӣ тавсияҳои судманд пешниҳод карда мешавад.

Татбиқи усулҳои асосии танзими фаъолияти нақлиёти автомобилӣ ва назорати вазифаҳои танзими давлатии нақлиёти автомобилӣ мусофирбарӣ шаҳрӣ ҳангоми истифодаи системаҳои иттилоотии автоматонидашуда дар мақолаи мазкур яке аз самтҳои асосии рушд ва ташкили самараноки кори нақлиёти автомобилӣ дар шаҳри Душанбе шуморида мешавад. Ҳамчунин, дар маводи мазкур самаранокии истифодаи низомҳои автоматонидашуда ва нимавтоматонидашудаи идоракунӣ дар соҳаи нақлиёти автомобилӣ ҷиҳати танзими ҳаракати воситаҳои нақлиёти автомобилӣ мусофирбар аз рӯи ҷадвали ҳаракат илман асоснок карда шудааст.

*Калидвожаҳо:* нақлиёти мусофирбарӣ шаҳрӣ, технологияҳои иттилоотӣ, танзим, идоракунӣ, низомҳои автоматонидашудаи идоракунӣ, муассиса, қонун ва хизматрасониҳои нақлиётӣ.

## К ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Исмоилов М.И., Саидзода М.Р., Расулов Ф.С.

В данной статье даны рекомендации по внедрению информационно-управляющих систем государственного регулирования деятельности городского пассажирского автомобильного транспорта на основе нормативно-правовых актов.

Реализация основных методов надзора и регулирования деятельности городского пассажирского автомобильного транспорта с использованием автоматизированных систем в данной статье рассматриваются как одно из основных ключевых факторов развития данного вида транспорта в городе Душанбе. В статье, также научно обоснована эффективность использования автоматизированных и полуавтоматических систем управления городского пассажирского автомобильного транспорта с целью соблюдения расписания движения данного вида транспорта.

*Ключевые слова:* городской пассажирский транспорт, информационные технологии, регулирование, управление, автоматизированные системы управления, предприятия, законы и транспортные услуги.

## ON THE ISSUE OF INTRODUCTION OF INFORMATION TECHNOLOGY IN STATE REGULATION OF CITY PASSENGER TRANSPORTATION

Ismoilov M.I., Saidzoda M.R., Rasulov F.S.

This article provides recommendations for the implementation of information and management systems for state regulation of the activities of urban passenger road transport on the basis of regulatory legal acts.

The implementation of the main methods of supervision and regulation of the activities of urban passenger road transport using automated systems is considered in this article as one of the main key factors in the development of this type of transport in the city of Dushanbe. The article also scientifically substantiates the effectiveness of using automated and semi-automatic control systems for urban passenger road transport in order to comply with the schedule of this type of transport.

*Key words:* urban passenger transport, information technology, regulation, management, automated control systems, enterprises, laws and the transport services.

### Муқаддима

Фаъолияти самаранок ва бозътимоди нақлиёти автомобилӣ мусофирбарӣ шаҳрӣ (НАМШ) муҳимтарин омили суботи иҷтимоию иқтисодии шаҳр ба ҳисоб меравад. НАМШ сафарҳои меҳнатӣ, хизматӣ ва фарҳангии аҳолиро таъмин намуда, ба самаранокии фаъолияти системаи хоҷагии коммуналӣ, корхонаҳо, ташкилотҳо, муассисаҳо ва тамоми соҳаҳои иқтисодӣ кишвар таъсири бевосита мерасонад. Инкишоф ва танзими фаъолияти нақлиёти мусофирбарӣ шаҳрӣ ба болоравии шароити иқтисодии аҳоли, афзоиши ҳосилнокии меҳнат, дараҷаи истироҳат, истифодаи дурусти вақти холӣ, инкишофи алоқаҳои дохилию берунӣ ва дигар тарафҳои иҷтимоии ҳаёти ҷамъиятӣ таъсири мусбӣ мерасонад.

Яке аз аввалин чорабиниҳои Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон оиди батанзимдарории фаъолияти нақлиётӣ дар шароити иқтисоди бозоргонӣ соли 1998 ташкил намудани Инспексияи нақлиётӣ ба ҳисоб меравад, ки он бо қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳти №602 аз 28 декабри соли 2006 ба Хадамоти давлатии назорат ва танзим дар соҳаи нақлиёт табдил дода шудааст. Хадамоти давлатии назорат ва танзим дар соҳаи нақлиёт вобаста ба тарзи идоракунӣ ҳамчун мақомоти нави назоратӣ буда, тарзи фаъолияти он аз системаи пештараи идоракунӣ соҳаи нақлиёт куллан фарқ менамояд. Вазифаҳои аввалиндараҷаи собиқ Инспексияи нақлиётӣ дар қаламрави Ҷумҳурии Тоҷикистон дар ҳудуди салоҳияти худ танҳо амалӣ намудани назорати риояи санадҳои меъёрию ҳуқуқӣ фаъолияти нақлиёти автомобилӣ ва ба ашхоси ҳуқуқӣ - воқеӣ додани иҷозатнома барои татбиқи фаъолияти ҳамлу нақл, нақлиётҳои экспедитсионӣ ва дигар хизматрасониҳои нақлиётӣ иборат буд.

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ҷиҳати татбиқи танзими давлатии фаъолияти нақлиётӣ тамоми заминаҳои меъёрию ҳуқуқӣ фароҳам оварда шуда, назорати амалишавии онҳо бо таври анъанавӣ ба роҳ монда шудааст. Дар мақолаи мазкур таҳлили санадҳои меъёри-ҳуқуқӣ соҳаи нақлиёти автомобилӣ ва рафти амалишавии онҳо дар асоси системаҳои иттилоотии автоматонидашуда мавриди муҳокима ва таҳлил қарор мегирад.

**Мавод ва усул**

Маводи асосӣ ҷиҳати танзими давлатии фаъолияти нақлиёти автомобилӣ Кодекси “Нақлиёти автомобилӣи Ҷумҳурии Тоҷикистон”, ки бо фармони Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 2-юми апрели соли 2020 таҳти №1689 қабул гардидаст ба ҳисоб меравад. Тибқи кодекси мазкур тамоми муносибатҳо вобаста ба ташкили ҳамлу нақли бор, мусофир, бағоч, фаъолияти нақлиётӣю экспедитсионии байни субъектҳо, новобаста аз шакли моликият фароҳам ва амалишавии ташкили ҳаракат дар асоси механизмҳои бозор ба танзим дароварда мешавад. Инчунин, дар мақолаи мазкур татбиқи Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи иҷозатномадиҳӣ ба баъзе намудҳои фаъолият», ки аз 17 майи соли 2004 таҳти №37 қабул карда шудааст, ҳангоми истифодаи технологияҳои иттилоотӣ мавриди назар қарор дода мешавад. Қонуни мазкур намудҳои фаъолиятро муайян мекунад, ки асосҳои ҳуқуқии додани иҷозатномаро бо риояи меъёрҳо ва талаботи зарурии таҳассусӣ барои таъмини ҳимояи манфиату амнияти шахс, ҷамъият ва давлат равона шудааст<sup>1</sup>. Бояд қайд намуд, ки тартиби амалӣ намудани танзими давлатии фаъолияти нақлиётӣ бо роҳи санҷиш дар асоси Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи санҷиши субъектҳои хоҷагидор» ва дигар санадҳои меъёрию ҳуқуқӣ бо таври мушаххас ҳангоми истифодаи нокифояи системаҳои иттилоотӣ ба роҳ монда шудааст. Ҳамчунин, аз тарафи Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон ҷиҳати ташаққули танзими давлатии фаъолияти нақлиётӣ аҳамияти хоса зоҳир карда шудааст, ки қабули тамоми санадҳои меъёрии ҳуқуқии соҳаи нақлиёти автомобилӣ шаҳодати ин гуфтаҳо мебошанд.

Танзими давлатии фаъолияти нақлиёти автомобилӣ ва хизматгузори автомобилӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон бо роҳи таъминоти ҳуқуқӣ, иҷозатномадиҳӣ, сертификатсия, андозбандӣ, қарздиҳӣ, маблағгузорӣ, нархгузорӣ, қорӣ кардани сиёсати сармоягузорӣ ва зиддиинҳисорӣ, илмию техникаӣ, иҷтимоӣ ва назорати иҷрои қонунгузорию Ҷумҳурии Тоҷикистон амалӣ карда мешавад. Татбиқи усулҳои асосии танзими фаъолияти нақлиёти автомобилӣ ва назорати вазифаҳои танзими давлатии нақлиёти автомобилӣи мусофирбари шаҳрӣ яке аз самтҳои асосии рушд ва ташкили самараноки кори нақлиёти автомобилӣ ба ҳисоб меравад, ки дар расми 1 пешниҳод карда мешавад.



Расми 1 - Усулҳои асосии танзими фаъолияти нақлиёти автомобилӣ

<sup>1</sup> Кодекси “Нақлиёти автомобилӣи Ҷумҳурии Тоҷикистон” ва Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи иҷозатномадиҳӣ ба баъзе намудҳои фаъолият»



**Муҳокимаи натиҷаҳо**

Дар соҳаи нақлиёти автомобилии мусофирбари шаҳрӣ системаҳои иттилоотӣ асосан барои сари вақт идора намудани воситаи нақлиёт бо ҳисоби кори иҷрошуда, танзими ҳаракат, баланд бардоштани маҳсулнокии кори нақлиёт, назорати автомати ҳарчи сузишворӣ, риояи речаи кори ронандагон ва азназаргузарони воситаҳои нақлиётӣ дар хатсайрҳои ҳаракат пешбини шуда, рафти амалишавии санадҳои меъёриро ҳуқуқи сарфи назар шудааст. Фаъолияти нақлиёти автомобилии мусофирбарии шаҳрӣ манбаи хатари зиёд аст ва аз ин рӯ тақмили танзими давлатии ҳамлу нақли мусофирро тақозо мекунад. Ташкили системаи бехатари ҳамлу нақли мусофирон бидуни заминаи мукаммали ҳуқуқии танзими ҳамлу нақл, ки дар шароити муосир бо технологияҳои иттилоотӣ асос меёбад, ғайриимкон аст.

Самаранокии истифодаи низомҳои автоматонидашуда ва нимавтоматонидашудаи идоракунӣ дар соҳаи нақлиёти автомобилӣ чиҳати танзими ҳаракати воситаҳои нақлиётӣ ва таъмини бехатарии ҳаракат яке аз вазифаҳои асосии танзими давлатии нақлиёти автомобилии мусофирбарии шаҳрӣ ба ҳисоб рафта ҳангоми амалисозии чорабиниҳои мазкур имконпазир аст (расми 2).



Расми 2 - Вазифаҳои асосии танзими давлатии нақлиёти мусофирбарии шаҳрӣ

Сохтори идоракунӣ ва назорати мусофирбарии шаҳрӣ ду зинагӣ буда аз тарафи Ҳукумати шаҳри Душанбе ва Вазорати нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон роҳбарӣ карда мешавад. Вазорати нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон (ВН ҶТ) мақоми марказии ҳокимияти иҷроия дар соҳаи нақлиёт буда, вазифаҳои пешбурди сиёсати давлатӣ ва танзими меъёри ҳуқуқиро дар соҳаи авиатсияи граждани, нақлиёти роҳи оҳан, автомобилӣ ва хочагии роҳҳо ба анҷом мерасонад<sup>2</sup>. ВН ҶТ фаъолияти худро дар ҳамкорӣ бо дигар мақомоти марказии ҳокимияти иҷроияи давлатӣ, мақомоти маҳаллии ҳокимияти давлатӣ, ташкилотҳои ҷамъиятӣ ва дигар ташкилотҳо анҷом медиҳад. ВН ҶТ дар фаъолияти худ Конститутсияи Ҷумҳурии Тоҷикистон, қонунҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон, қарорҳои Маҷлиси Олии Ҷумҳурии Тоҷикистон, фармонҳо ва амрҳои Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, қарору фармоишҳои Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон ва санадҳои меъёрии ҳуқуқии байналмилалӣ эътирофнамудаи Ҷумҳурии Тоҷикистонро ба роҳбарӣ мегирад.

Ҳукумати шаҳри Душанбе дар ин самт бо шӯъбаи “Нақлиёт, нигоҳдории роҳ ва коммуникатсияи шаҳри Душанбе” ва Муассисаи давлатии коммуналии «Душанбенақлиётхадамотрасон» дар умум қори нақлиёти мусофирбари шаҳриро ба танзим мебароранд.

Муассисаи давлатии коммуналии «Душанбенақлиётхадамотрасон» фаъолияти худро дар асоси Оинномаи Муассиса ба роҳ монда, бо мақсади танзими бонизомии фаъолияти нақлиёти дохилишаҳрӣ, пурра таъмин намудани талаботи аҳоли ба хизматрасонии нақлиётӣ, ҳифзи намудани маъфияти мусофирон ва интиқолдиҳандагон, баланд бардоштани сифати хизматрасонӣ ба мусофирон, тибқи қарори Раиси шаҳри Душанбе №42 аз 19-уми январи соли 2007 «Дар бораи Муассисаи давлатии коммуналии «Душанбенақлиётхадамотрасон», Кодекси нақлиёти автомобилӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон, Қоидаҳои ҳамлу нақли мусофирон ва бори дастӣ бағоч бо нақлиёти автомобилӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, Шартномаи хизматрасонӣ (муваққатӣ) дар бораи ҳамлу нақли мусофир бо нақлиёти истифодаи умум дар шабакаи хатсайрҳои дохилишаҳрии шаҳри Душанбе ва дастуру супоришҳои қори Раиси шаҳри Душанбе фаъолияти худро ба сомон мерасонад.

Муассиса ташкилоти ғайритиҷоратӣ ба ҳисоб рафта нигоҳдории он тибқи харҷномае, ки аз қониби Муассис тасдиқ карда мешавад, қисман аз ҳисоби бучети маҳаллӣ ва қисман аз ҳисоби даромадҳое, ки аз фаъолияти хочагидорӣ барои иҷрои вазифаҳои оинномавии худ ба даст меорад, ба амал бароварда мешавад. Тибқи муқаррароти банди 4.1-и Қарори Раиси шаҳри Душанбе аз 31 июли соли 2008, №351 “Дар бораи ворид намудани тағйиру иловаҳо ба Оинномаи Муассисаи давлатии коммуналии “Душанбенақлиётхадамотрасон”, муассиса ҳамчун мақоми ваколатдори Мақомоти иҷроияи ҳокимияти давлатии шаҳри Душанбе оид ба ташкилу танзими мусофирбарӣ дар пойтахт муносибатҳояшро бо иштирокчиёни хадамотрасонии нақлиётӣ (субъектҳои хочагидорӣ) дар ҳудуди шаҳри Душанбе тибқи шартнома ва қарордод ба роҳ мемонад.

Муассиса дар ҳудуди шаҳри Душанбе бо 4 қорхонаи коммуналии давлатӣ: ККВД «Автобус-1», ККВД «Автобус-2», ККВД «Автобус-3» ва ККВД «Троллейбус», 18 ҷамъиятҳои нақлиётӣ ва 12 ширкатҳое, ки дар ҳудуди шаҳри Душанбе тариқи воситаҳои нақлиёти сабукрави қироякаши таксӣ фаъолияти мусофиркашонӣ менамояд, шартномаи хизматрасонӣ ба тасвиб расонида, фаъолияти системаи нақлиёти мусофиркашониро дар ҳудуди шаҳри Душанбе идора менамояд. Дар маҷмӯъ 85 хатсайрҳои мусофирбарӣ, аз ҷумла: 30 хатсайри автобусӣ, 9 хатсайри троллейбусӣ ва 46 хатсайри микроавтобусиро ташкил медиҳанд<sup>3</sup>.

Чи тавре аз маълумотҳои бармеояд, сохтори идораи мусофирбарии шаҳри Душанбе ниҳоят мураккаб буда, аз ҷамъиятҳои сектори коммуналӣ, хусусӣ ва сетори таксӣ иборат аст. Сохтори парки нақлиётии шаҳри Душанбе аз автобус, микроавтобус, троллейбус ва автомобилҳои сабукрав иборат буда, бо теъдоди умумии 8880 адад ба мусофирон хизмат менамоянд. Ҷиҳати батанзимдарории қори нақлиёт дар мақолаи мазкур сохтори нави такмилшудаи идораи мусофирбарии шаҳрӣ (Расми 3) ва танзими ҳаракати воситаҳои нақлиёт (Расми 4,5) дар асоси технологияҳои муосири иттилоотӣ пешниҳод карда мешавад<sup>4</sup>.

Сохтори такмилшудаи идораи мусофирбарии шаҳри Душанбе дар асоси якҷоякунии (интегратсияи) системаҳои иттилоотии тамоми сохторҳои соҳавӣ тарҳрезӣ шудааст.

Тибқи ахбороти таҳлилий оиди ҳодисаҳои роҳу нақлиётӣ дар роҳҳои автомобилгарди Ҷумҳурии Тоҷикистон дар ибтидои соли 2022 дар қаламрави ҷумҳурӣ 1102 ҳодисаҳои роҳу нақлиёт бақайдгирифта шудаанд, ки дар натиҷаи онҳо 395 нафар шаҳрвандон ба ҳалокат расида, 1218 нафар ҷароҳати гуногуни ҷисмонӣ бардоштаанд. Теъдоди ҳалокшудагон дар натиҷаи вайрон кардани қоидаҳои ҳаракат дар роҳ, баланд намудани суръати ҳаракат, ҳаракат дар хатти муқобил, таваққуфи воситаҳои нақлиётӣ дар ҷойҳои манъшуда, истифодаи телефони мобилӣ ҳангоми ҳаракат, рондани автомобилҳо дар ҳолати мастӣ, истифодаи маводи муҳаддир ва истифодаи нокифояи низомҳои иттилоотии автоматонидашудаи идоракунӣ маънидод мегардад.

<sup>2</sup> Низомномаи Вазорати нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон

<sup>3</sup> Ҳисоботи солони 2022 МДК “Душанбенақлиётхадамотрасон”

<sup>4</sup> В.М. Власов, А.Б. Николаев “Информационные технологии на автомобильном транспорте”



Расми 3 - Сохтори иттилоотии тақмилишудаи идоракунии мусофирбарии шаҳрӣ

Ҳодисаҳои роҳу нақлиётӣ ва ҳолати садаманокӣ бо риоя нашудани интизоми иштирокчиёни ҳаракат ва бо гуноҳи пиёдагардон низ ба қайд гирифта шуда аст<sup>5</sup>. Иқтисори гузарониши роҳҳо ва системаи ҳозираи идоракунии ҳаракат, талаботи рузафзунӣ истифодаи воситаи нақлиёти автомобилро дар шаҳри Душанбе бидуни истифодаи самаранокӣ технологияҳои иттилоотӣ қонеъ гардонидани наметавонад. Дар шаҳри Душанбе системаҳои муосири назорат ва танзими ҳаракат, системаҳои интеллектуалии мукаммале, ки ҳадал ақал бехатарии ҳаракатро дар роҳҳо таъмин созанд, вучуд надорад.

Бояд гуфт, ки мубориза бар муқобили қоидавайронкунонӣ вазифаи ягонаи мақомотҳои назораткунанда набуда, дар шароити муосир назорат ва танзими раванди нақлиётӣ дар асоси системаҳои иттилоотӣ ва дар натиҷаи ин баланд бардоштани қобилияти гузарониши роҳ, кам кардани тамбашавӣ, идораи бевоситаи ҳаракат дар хатсайр, пешгирии садамаҳои нақлиётӣ, таъмини бехатарии ҳаракат, амалисозии пардохти электронии ҳаққи роҷиро, пешгирии садамаҳои нақлиётӣ ва идораи ҳаракат ҳангоми ҳолатҳои фавқуллодда, пешгӯии обу ҳаво дар минтақаи алоҳидаи роҳ, нигоҳдории ҳолати коршоямии роҳ, идоракунии нақлиёти ҷамъиятӣ ва дастрасии иттилоот ба истифодабарандагон доништа мешавад.

Дар мақолаи мазкур ҷиҳати танзим ва назорати ҳаракати воситаҳои нақлиёти автомобилӣ мусофирбарии шаҳрӣ чор ҳолат истифодаи технологияҳои муосири иттилоотӣ: ҳангоми истифодаи навигатсияи спутникӣ, навигатсияи локалӣ, навигатсияи гибридӣ ва усули муосири нимавтоматонидашудаи танзим ва назорати ҳаракати автобусҳо дар хатсайрҳои шаҳрӣ пешниҳод карда мешавад<sup>6</sup>.

1. Танзими ҳаракати воситаҳои нақлиёт дар асоси навигатсияи спутникӣ аз таҷрибаҳои ватанӣ ва хориҷии кишвар нишон медиҳад, ки ҷори намудани чунин системаҳо ба муайнкунии теъдоди зарурии таркиби ҳаракаткунанда ва ба эътидол овардани фаъолияти нақлиёти мусофирбарии шаҳрӣ дар хатсайрҳои ҳаракат оварда мерасонад. Ҷори намудани системаҳои навигатсионӣ имконияти бавучудории баҳодихии натиҷаи кори воқеъро барои ронандагон ва танзимгарони ҳаракат пеш меорад.

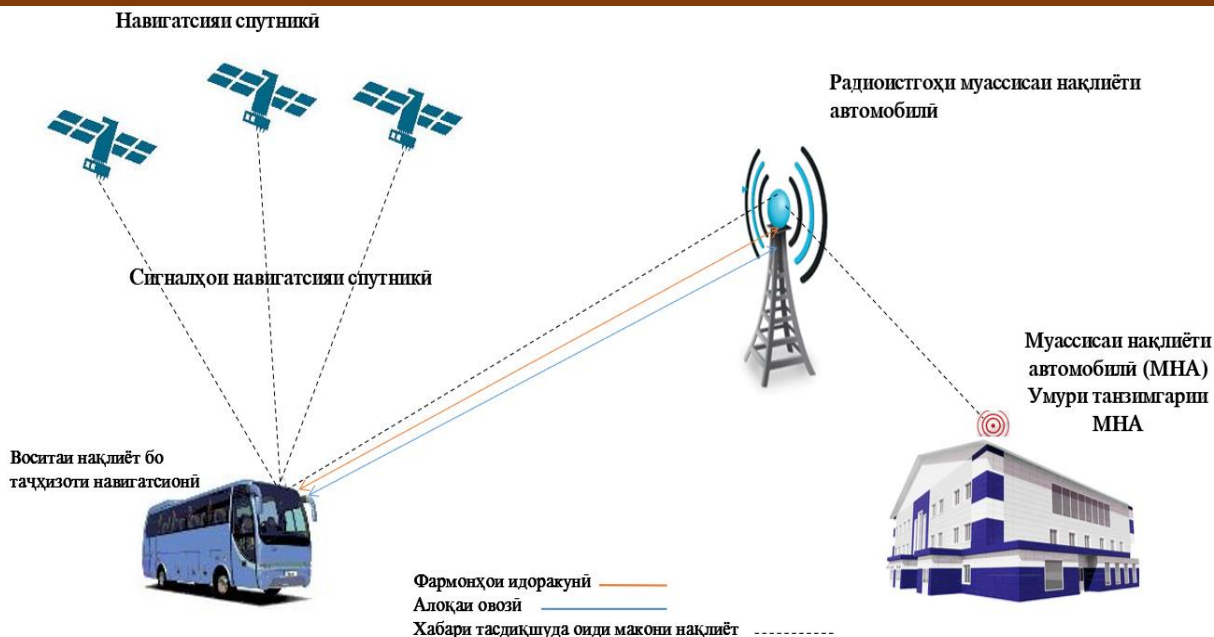
2. Танзими ҳаракати воситаҳои нақлиёти мусофирбарии шаҳрӣ дар заминаи истифодаи идентификатсияи радиобасомадӣ бо усули навигатсияи локалӣ низ ба афзоиши нишондиҳандаҳои миқдорию сифатии кори нақлиёт замина мегузорад. Истифодаи усули мазкур барои назорат ва танзими воситаҳои нақлиётӣ мусофирбарии шаҳрӣ аз лиҳози иқтисодӣ бидуни алоқаҳои Интернетӣ самаранок шуморида мешавад. Ҳангоми истифодаи усули мазкур хароҷоти якмаротиба барои харидорӣ ва назб намудани технологияҳои иттилоотӣ дар воситаҳои нақлиётӣ ва дар хатсайри ҳаракат маънидод мегардад.

3. Муаллифи китоби [6] усули интегралӣ танзими ҳаракати воситаҳои нақлиёти мусофирбарии шаҳрӣ дар чунин шакл пешниҳод менамояд, ки шароити бехатарии танзими фаъолияти нақлиёти мусофирбарии шаҳрӣ аз лиҳози техникӣ-технологӣ, ҳуқуқӣ ва иқтисодӣ фароҳам меорад [Расми 4].

Истифодаи усули мазкур барои ба танзим даровардани фаъолияти муассисаҳои нақлиётӣ, ки ҳам дар дохили ҷумҳурӣ ва ҳам дар хатсайрҳои байнишаҳрӣ байналмилалӣ фаъолият менамоянд, қулай аст.

<sup>5</sup> Исмоилов М.И. Масъалаи татбиқи системаи интеллектуалии нақлиёт дар танзими фаъолияти нақлиёти автомобилӣ

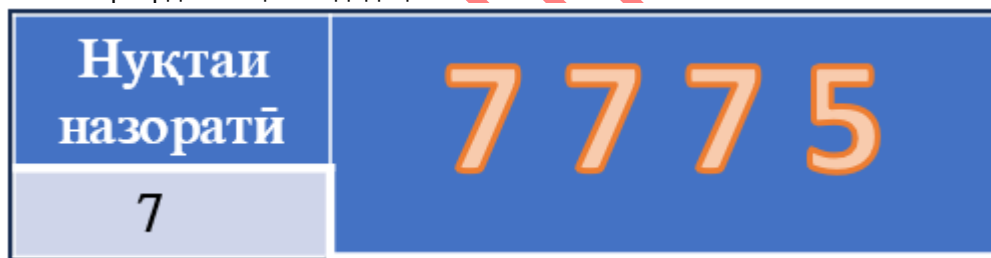
<sup>6</sup> Масъалаи истифодаи системаҳои иттилоотӣ дар муассисаҳои нақлиёти автомобилӣ шаҳри Душанбе / М.И. Исмоилов



Расми 4 - Нақшаи интегралӣ танзими ҳаракати воситаҳои нақлиёт

4. Дар ҳолати чорум усули муосири нимавтоматонидашудаи танзим ва назорати ҳаракати автобусҳо дар хатсайрҳои шаҳрӣ аз рӯи қадвали ҳаракат бо истифодаи системаи рамзгузори ҳаракати автобусҳо (расми 5) ва бақайдгираки автономии кори нақлиёт, пешниҳод карда мешавад<sup>7</sup>.

Системаи рамзгузори ҳаракати автобусҳо аз ду элемент иборат аст: намолавҳаи электронӣ ва дастгоҳи марказии коркард ва таҳлили додаҳо.



Расми 5 - Намуди зоҳирии намолавҳаи электронӣ

Намолавҳаи электронӣ дар хатсайри ҳаракати микроавтобусӣ назб карда шуда бо ёрии алгоритми махсус, вақт ва таърихи ҳаракатро рамзгузорӣ менамоянд. Варақаи мунтазамнокии ҳаракати ронандагон дар интиҳои бастии қорӣ тавассути барномаи махсуси компютерӣ бо муқоисаи риояи қадвали ҳаракат таҳлил ва коркард мешавад.

Дар мавриде, ки идоракунии раванди нақлиёти дар нақлиёти шаҳрӣ, наздишаҳрӣ ва байнишаҳрӣ бо таври фосилавӣ ба ҷо оварда мешавад аз ҳама дида қарори самаранокии техникӣ ин пайвастунии навигатсияи спутникӣ бо назоратчиҳои канорӣ (бортовым контроллерам) ва ё бақайдгираки (авторегистратор) автономии кори нақлиёт мебошад. Дар доираи маводи мазкур истифодаи бақайдгираки навигатсияи автономии кори нақлиёт (БНАК-Н) чиҳати танзим ва назорати нимавтоматонидашудаи ҳаракати воситаҳои нақлиёти автомобилӣ мусофирбарӣ бо истилоҳи «Черный ящик», ки аз қабулкунаки мавҷҳои навигатсионӣ (контролёр ва радиомодем) иборат аст, пешниҳод мегардад. Истифодаи БНАК-Н дар автобусҳои шаҳрӣ, ки воситаи фаврии радиоалоқаро бо маркази танзимгарии муассиса надоранд, бонаврид мебошад. Таъмини сабти таърих ва суръати ҳаракат таркиби ҳаракаткунанда дар дилхоҳ нуқтаи хатсайр тавассути бақайдгирии сигналҳои навигатсионӣ дар реҷаи «Of-line» амали мешавад. Бақайдгираки автономии кори нақлиёт аз ду элемент иборат аст: блоки мобилии канории таркиби ҳаракаткунанда ва блоки статсионарие (доимӣ), ки дар муассисаи нақлиёти автомобилӣ (МНА) ва ё маҳали танзимгарии хатсайри ҳаракат ҷойгир карда мешавад. Таҷҳизоти канорӣ (ТК) бо таври автономӣ (соҳибиихтиёр) ба кор даромада бидуни даҳолати ронанда ва муҳандиси корхона фаъл мегардад. Ҳангоми пайваст намудани қувваи барқ дар хотираи таҷҳизоти канорӣ бо зудии дода шуда (масалан 1 маротиба дар як дақиқа) бақайдгирии маълумот оиди арзи географи (широта), давомнокии-қашолӣ (долгота), вақти ҳаракат, суръати ҳаракат ва самти ҳаракат маълумот оиди фаъолияти нақлиёт сабт

<sup>7</sup> В.М. Власов, А.Б. Николаев “Информационные технологии на автомобильном транспорте”

мегардад. Таҷҳизоти канорӣ ва блоки статсионарӣ байни ҳам дар масофаи 200 м робита пайдо намуда, маълумотҳо аз ТК ба БС барои коркард интиқол дода мешаванд.

### Хулоса

Дар шароити муосир идора ва танзими фаъолияти нақлиёти мусофирбарии шаҳрӣ бо риояи ҳатмии санадҳои меъёрию ҳуқуқӣ бо усулҳои муқаррарии қаблан истифодашаванда, имконнопазир аст. Бартараф намудани мушкилиҳои мавҷудбуда бо тарҳи системаҳои муосири иттилоотии овардашуда бо назардошти рушд ва татбиқи системаҳои иттилоотии мувофиқ ва интегратсияи манбаи маълумотҳои мутаммаркази сохторҳои дахлдор дар назди корхонаи воҳиди давлатии “Рақамикунонии соҳаи нақлиёт”-и Вазорат зарур доништа мешавад. Истифодаи усулҳои муосири мусофирбарӣ бо назардошти дигаргунсозии истифодаи технологияҳои иттилоотӣ вобаста ба шароити иқтисодии муассисаҳои нақлиётӣ ба танзими давлатии ҳаракати воситаҳои нақлиётӣ мусоидат менамояд. Тарҳи системаи автоматонидашуда ва нимаавтоматонидашудаи идоракунии дар назди сохторҳои соҳавӣ ва муассисаҳои нақлиётӣ ба танзими ҳаракати воситаҳои нақлиётӣ ва ба афзоиши нишондиҳандаҳои миқдорию сифатии кори нақлиёт мусоидат менамояд. Татбиқи низоми мазкур ва танзими мутаммаркази идораи фаъолияти воситаҳои нақлиёти истифодаи умум дар шаҳр бо риояи шудани ҷадвали ҳаракат, воридсозии тағиру иловагиҳои истеҳсолӣ дар хатсайрҳои фаъолияткунанда ва самтҳои беҳдошти фаъолияти нақлиёти автомобилӣ мусофирбарӣ асос меёбад.

*Муқарриз: Саломзода Р.С. — н.и.т., дотсент, директори МД «Нақлиёти автомобилӣ ва хизматрасонии логистиқии Вазорати нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон».*

### Адабиёт

1. Кодекси “Нақлиёти автомобилӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон” ва Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи иҷозатномадиҳӣ ба баъзе намудҳои фаъолият»
2. Низомномаи Вазорати нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон
3. Ҳисоботи солонаи 2022 МДК “Душанбенақлиётҳадамотрасон”
4. Информационные технологии на автомобильном транспорте / В.М. Власов., А.Б. Николаев., А.В. Постолит., В.М. Приходко // Москва наука 2006, стр 168-175.
5. Масъалаи татбиқи системаи интеллектуалии нақлиёт дар танзими фаъолияти нақлиёти автомобилӣ / М.И. Исмоилов // ВЕСТНИК ТГУК, 2023. - №3(48) – С. 60-65
6. Масъалаи истифодаи системаҳои иттилоотӣ дар муассисаҳои нақлиёти автомобилӣ шаҳри Душанбе / М.И. Исмоилов // ВЕСТНИК ТУТ, 2021. - №1(53) – С. 80-84
7. Информационные технологии на автомобильном транспорте / В.М. Власов., А.Б. Николаев., А.В. Постолит., В.М. Приходко // Москва наука 2006, стр 91-102.

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

TJ	RU	EN
Исмоилов Махмуд Исоқович н.и.и.	Исмоилов Махмуд Исоқович к.э.н.	Ismoilov Mahmud Isokovich Ph.D.
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:mahmud_7@inbox.ru">mahmud_7@inbox.ru</a>		
TJ	RU	EN
Саидзода Муҳаммад Раҳим ассистент	Саидзода Мухаммад Раҳим ассистент	Saidzoda Muhammad Rahim assistent
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:muhammadjon_R@mail.ru">muhammadjon_R@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Расулов Фируз Собирович Сардори раёсат	Расулов Фируз Собирович Глава правления	Rasulov Firuz Sobirovich Head of the Board
Хадамоти давлатии назорат ва танзим дар соҳаи нақлиёт дар шаҳри Душанбе	Государственной службы по надзору и регулированию в области транспорта города Душанбе	TTU named after acad. M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:firuzrasulov1966@mail.ru">firuzrasulov1966@mail.ru</a>		



УДК 656.025

## НАҚШ ВА АҲАМИЯТИ ЛОГИСТИКАИ НАҚЛИЁТӢ ДАР РУШДИ ИҚТИСОДИЁТИ МАМЛАКАТ

Низомзода Ф.Н.

Дар мақолаи мазкур аҳамият ва нақши логистикаи нақлиётӣ дар рушди иқтисодиёти мамлакат оварда шудааст. Инчунин дар мақола таҳлили нишондиҳандаҳои кори нақлиётӣ, омилҳои ба рушди соҳаи логистика таъсиррасон, аҳамият ва нақши нақлиёт дар рушди иқтисодиёти мамлакат оварда шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** логистика, логистикаи нақлиётӣ, интиқол.

### РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ В РАЗВИТИИ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ

Низомзода Ф.Н.

В данной статье представлены значение и роль транспортной логистики в развитии экономики страны. Также в статье представлен анализ транспортных показателей, факторов, влияющих на развитие логистики, значение и роль транспорта в развитии экономики страны.

**Ключевые слова:** логистика, транспортная логистика, перевозка.

### THE ROLE AND IMPORTANCE OF TRANSPORT LOGISTICS IN THE DEVELOPMENT OF THE COUNTRY'S ECONOMY

Nizomzoda F.N.

This article presents the importance and role of transport logistics in the development of the country's economy. The article also provides an analysis of transport indicators, factors affecting the development of logistics, the importance and role of transport in the development of the country's economy.

**Keywords:** logistics, transport logistics, transportation.

Дар шароити ҷаҳонишавии системаи нақлиётӣ, рушди босуботи мамлакат талабот ба саривақтии интиқоли молу маҳсулот оварда мерасонад. Ҷиҳати таъмини саривақтии аҳоли бо маҳсулоти босифат нақши нақлиёт аввалиндараҷа мебошад. Имрузҳо бо ташкилшавии корхонаҳои хурду миёна, рушди соҳаҳои иқтисодии мамлакат, саноат ва коммуникатсия талабот ба соҳаи нақлиёт ва логистика зиёда гардида, истифодаи васеи маҳсулоти нақлиётӣ дар раванди интиқол меафзояд. Соҳаи нақлиёт ва логистика соҳаҳои муҳим ва пешбарандаи иқтисодиёти мамлакат буда, мавҷудияти ҷамъиятро бе нақлиёт тасаввур қардан ғайримкон мебошад. Дар раванди ҷаҳонишавӣ ва ҷамоҳангии системаҳои нақлиётӣ талабот ба афзоиши корхонаҳои саноатӣ, сохтмонӣ ва дигар шакли корхонаҳо зиёд гардида, рушди соҳаҳои иқтисодии мамлакат бо майлон зиёд мегардад. Интиқоли масири оқилонаи хатсайр, таъмини саривақтӣ бо молу маҳсулоти босифат бо хароҷоти дастрас талаботи асосии истеъмолкунандагон ба ҳисоб рафта, аҳамият ва нақши логистика пайдо мегардад, ки амалигардонии ин вазифаҳо иҷро намояд. Логистика ҳамчун илм пайдоиши он аз замони пайдошавии нақлиёт ва ҷамъият оғоз гардида, интиқоли роҳи кӯтоҳтарин, саривақтӣ ва бо хароҷоти дастрасро дар бар мегирад. Рушди бомайлони соҳаҳои иқтисодии мамлакат, ҷаҳонишавии системаҳои нақлиётӣ, зиёдшавии сатҳи демографӣ ба истифодаи васеи маҳсулоти нақлиётӣ таъсир расонида ба рақобатпазирӣ ҷараёни интиқол дар системаи нақлиётӣ оварда мерасонад. Дар ин ҳолат арзиши маҳсулоти нақлиётӣ вобаста ба бартариятҳои намудҳои нақлиётӣ пайдо гардида, аҳамияти логистикаи нақлиётӣ пайдо мегардад. Интиқоб ва таҳияи масири интиқоли бор, назорат ҳангоми интиқол, интиқоли намуди нақлиёт, муайяннамоии бортаъминкунандагон вазифаҳои муҳими соҳаи логистикаи нақлиётӣ ба ҳисоб мераванд.

#### ВАЗИФАҲОИ ЛОГИСТИКАИ НАҚЛИЁТӢ



Қайд намудан ба маврид аст, ки барои истифода ва амалӣ намудани хизматрасониҳои соҳаи нақлиёт рушди яқчанд соҳаҳои мамлакат аз он ҷумла саноат, сохтмон, кишоварзӣ ва дигар соҳаҳо таъсири худро мерасонанд. Дар ин ҳолат соҳаи нақлиёт ва логистика метавонанд бо амалинамоии

хизматрасониҳои худ ташаккул ёбанд. Якчанд омилҳои мавҷуд ҳастанд, ки ба рушди соҳаи логистика таъсир мерасонанд:

**1. Омилҳои соҳавӣ**

- номгӯй, андоза ва вазни маводҳои истеҳсолкардаи корхона;
- миқдори таъминкунандагони захираҳои материалӣ;
- шумораи молқабулкунандагони маҳсулоти тайёр;
- системаҳои мавҷудаи ташкили интиқоли беруна (ҳамлу нақли марказӣ, миқдори маҳсулоти интиқолнамудаи ширкатҳо ва шарикон)

- шумораи ширкатҳои миёнарав ва ғ.

**2. Омилҳои минтақавӣ**

- мавҷудияти системаи ягонаи робитавӣ бо молтаъминкунандагон;
- мавҷудияти корхонаҳои махсусгардонидашуда вобаста ба таъмини ҳамлу нақли дохилӣ;

**3. Омилҳои дохилистехсолий**

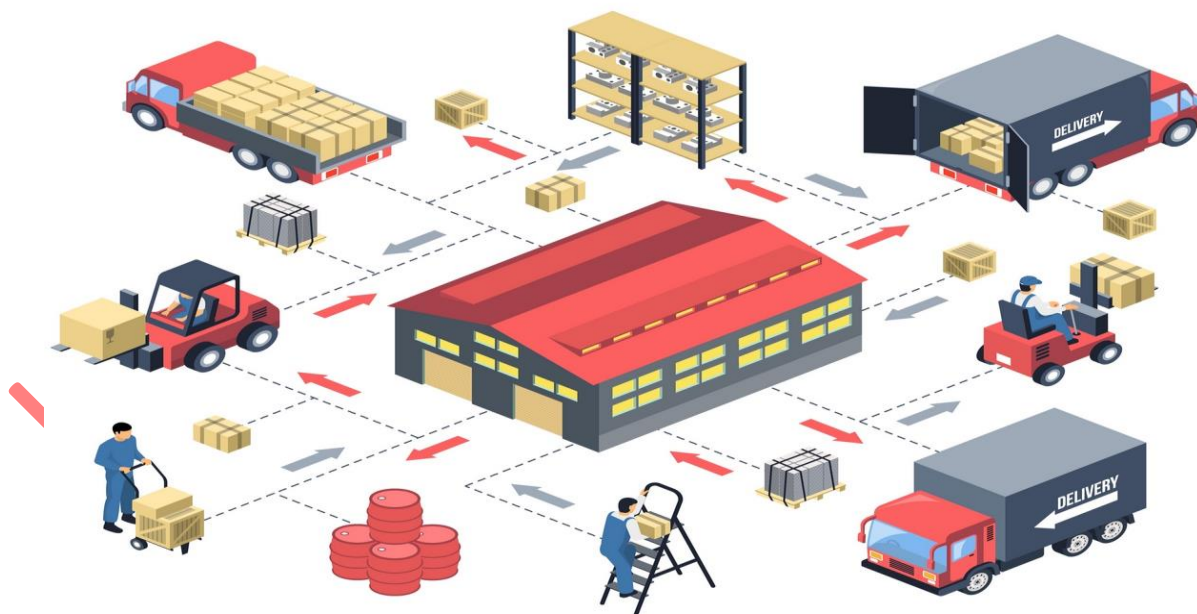
- андоза ва вазни маҳсулоти истеҳсолшуда;
- ҳаҷми истеҳсоли маҳсулот;
- шакли истеҳсолот (яклухт, шакли хурд, шакли калон, оммавӣ)
- шакли ташкилираванди истеҳсолий
- тавсифот ва хизматрасониҳои нақлиётӣ-анборӣ

Нақши логистика дар рушди иқтисодиёти мамлакат назаррас буда, ба чунин самтҳо равона гардидааст:

1. **Муносибгардониҳои чараёнҳо** – ин кам намудани вақт ва хароҷотҳо дар чараёни фиристи борҳо, афзоиши банақшагирии истеҳсолот ва идоранамоии хароҷотҳо, инчунин муносибгардониҳои истифодаи захираҳои нақлиётӣ анборӣ ба ҳисоб мераванд.

2. **Баландбардориҳои сифати хизматрасонӣ** – инчунин логистика ба баландбардориҳои сифати хизматрасонӣ мусоидат менамояд. Дар вақти ташкили дурусти чараёнҳои логистикӣ ширкатҳо метавонанд молҳоро бо сифат ва саривақт ба ҷоёи лозима интиқол намоянд.

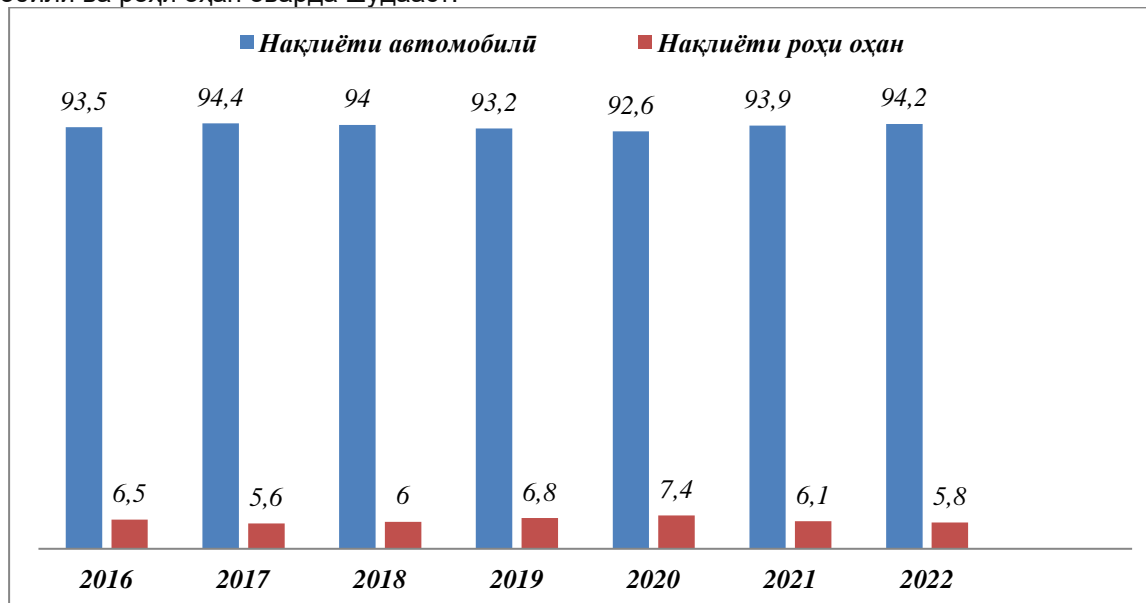
3. **Ҳавасмандгардониҳои рушди иқтисодӣ** – логистика ҳамчун омилҳои муҳими ҳавасмандгардониҳои рушди иқтисодиёт ба ҳисоб меравад. Логистика ба рушди соҳаи истеҳсолот ва тиҷорат мусоидат намуда, ба пайдошавии ҷойҳои нави корӣ оварда мерасонад.



Расми 2 – Раванди амалиётҳои боркашонӣ анборкунӣ дар логистика

Дар раванди нақлиётӣ иҷрои саривақти таҳвили анбуҳи материалӣ вазифаи асосии логистикаи нақлиётӣ буда, дар асоси дархост таъмини маводу маҳсулотҳоро ба ҷойи лозимӣ бурда мерасонад. Дар системаи нақлиётӣ ҳамлу борҳо тавассути намудҳои нақлиёт амалӣ гардида, ҳар як намуди он ҳиссаи хоси худро иҷро менамояд, ки аҳамияти нақлиёт ва логистика дар ҳамин зоҳир мегардад. Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳамлу нақли борҳо тавассути нақлиёти автомобилӣ ва роҳи оҳан сурат гирифта, интиқоли онҳо

ба минтақаҳо аз руи дархостҳо иҷро мегарданд. Дар расми 3 ҳаҷми интиқоли борҳо тавассути нақлиёти автомобилӣ ва роҳи оҳан оварда шудааст.



Расми 3 – Ҳиссаи нақлиёти автомобилӣ ва роҳи оҳан аз ҳаҷми умумии боркашонӣ

Тавре аз расм дида мешавад, ҳиссаи нақлиёти автомобилӣ нисбат ба нақлиёти роҳи оҳан аз ҳаҷми умумии боркашонӣ зиёд мебошад. Ягона омиле, ки ҳиссаи боркашонӣ тавассути ин намуди нақлиёт зиёд ба назар мерасад дар он аст, ки вобаста аз рельефи мамлакат дастрасӣ ба нақлиёти роҳи оҳан кам буда, зиёда аз 90% боркашонӣ тавассути нақлиёти автомобилӣ иҷро мегардад. Нақлиёти автомобилӣ бо бартариятҳои худ дар системаи нақлиётӣ аҳамияти хос дошта, дастрасии молу маҳсулотро ба истеъмолкунандагон бо хароҷоти муайян бурда мерасонад.

Қайд намудан лозим аст, ки ҷиҳати рушди соҳаи логистика як қатор омилҳо таъсири худро мерасонанд, аз он ҷумла рушди инфрасохторҳои нақлиётӣ (ташкили анборҳои муосир, ҳолатҳои роҳ), базаҳои истеҳсоли-сохтмонӣ, рушди корхонаҳои саноатӣ ва ғайраҳо.

Барои баланд бардоштани рушди иқтисодии мамлакат, рушди низоми логистика барои таъмини устувории иқтисодию иҷтимоии мамлакат, гузаштани иқтисодӣ ба сатҳи сифатан нав, рушди робитаҳои байналмилалӣ нақлиётӣ тиҷоратии кишвар, таъмини сатҳи сифати зарурии инфрасохтори нақлиётӣ логистикӣ яке аз ҳадафҳои давлату ҳукумати ҷумҳурӣ мебошад. Бо ин мақсад бо Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 28 октябри соли 2023 таҳти №503 Барномаи давлатии рушди низоми логистикӣ барои солҳои 2023-2028 қабул гардидааст, ки дар он вазъи кунунии низоми логистикӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, самтҳои рушди низоми логистикӣ ва масъалаҳои дигар оварда шудааст.

*Муқаррир: Сайдализода А.С. – д.т.н., профессор, сардори раёсати таълими ДЯИИТ ба номи академик М.С. Осимӣ.*

### Адабиёт

1. Анализ состояния и перспектив развития транспортной системы региона. Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2021
2. А.А. Дутина. Эконометрическое моделирование и прогнозирование экспорта транспортно-логистических услуг Республики Беларусь
3. Зиядуллаев К.Ш. Повышение эффективности функционирования грузового автомобильного транспорта в международном сообщении за счет улучшения логистических процессов. Дисс. на соис. уч. ст. к.э.н., Ташкент, ТГТУ, 2004. – 140 с.
4. Ф.Н.Начмудинов., Ф.Ҷ. Фафуров., Т.У. Самадов. Муайяннамои ҳаҷми боркашонӣ тавассути долонҳои байналмилалӣ нақлиётӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон. //Паёми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон// самти иқтисодӣ – 2018.№2(33) 18. – саҳ. 60-66.

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

TJ	RU	EN
Низомзода Фахридин Низом	Низомзода Фахридин Низом	Nizomzoda Fakhridin Nizom
н.и.т., и.в. дотсент	к.т.н., и.о. 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>		

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

УДК 72.04 (575,3)

### ТАМОЮЛҶОИ МУОСИР ДАР САНЪАТИ БАДЕӢ ВА МЕЪМОРӢ - ОРОИШИ ДОХИЛИ БИНОҶОИ ҶАМЪИЯТӢ (ДАР МИСОЛИ ДУШАНБЕ)

Шерматов М.У.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ.

Таҳқиқоти мазкур ба муайян намудани таъсири мутақобилаи анъана ва тамоюлҳои умумии рушди ороиши меъмории дохили биноҳои ҷамъиятии шаҳри Душанбе, дар асоси омӯзиши назарияи умумии мероси фарҳангӣ дар санъат ва меъмории Тоҷикистон, ҳамчун асоси инкишофи меъмории ҳозиразамон баҳшида шудааст.

*Калидвожаҳо:* ороиши меъмории, анъанаҳо, интерьер, симои бадеӣ, мерос, санъати тасвирӣ.

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ХУДОЖЕСТВЕННОМ И АРХИТЕКТУРНО-ДЕКОРАТИВНОМ ИСКУССТВЕ ИНТЕРЬЕРОВ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ДУШАНБЕ)

Шерматов М.У.

Данное исследование посвящено выявлению взаимодействия между традицией и общими тенденциями в развитии архитектурно-декоративного убранства интерьеров общественных зданий Душанбе, основанном на изучении общей теории наследия в искусстве и архитектуре Таджикистана, как основы для развития современной архитектуры.

*Ключевые слова:* архитектурный декор, традиции, интерьер, художественный образ, наследие, изобразительное искусство.

### MODERN TRENDS IN THE ARTISTIC AND ARCHITECTURAL DECORATIVE ART OF INTERIORS OF PUBLIC BUILDINGS (ON THE EXAMPLE OF DUSHANBE)

Shermatov M.U.

This study is devoted to identifying the interaction between tradition and general trends in the development of architectural and decorative decoration of the interiors of public buildings in Dushanbe, based on the study of the general theory of heritage in the art and architecture of Tajikistan, as the basis for the development of modern architecture.

*Keywords:* architectural decor, traditions, interior, artistic image, heritage, fine arts.

#### Муқаддима.

Масъалаи омӯзиши ороиши меъмории дар таърихи рушди меъмории аз замони қадим то имрӯз дар партави асосноккунии илмии истифодаи унсурҳои ороиши меъмории дар дохили биноҳо ва иншоотҳо ба усулҳои ороиши меъмории аҳамияти хоса пайдо мекунад. Ташаккули сохтори он, тамоюлҳои офаридани образҳои муайяни бадеӣ, ба руҳи одамон ва шуури онҳо таъсири муайян мерасонанд. Усулҳои бадеӣ вобаста ба мавод ва конструксияҳои муайяне, ки техникаи сохтмонӣ азхуд кардааст, таҳия ёфтааст. Маълум аст, ки ороиш дар меъмории ва санъати амалӣ аҳамияти калон дорад ва дар ҷойҳои намоёни бино истифода мешавад.

Гуфтаҳои дар боло зикр шударо, дар мисоли шаҳри Душанбе мушоҳида кардан мумкин аст, ки дар он меъмории ва санъат тамоюлҳои инкишофи меъморииро чи аз ҷиҳати таърихӣ ва чи аз ҷиҳати муосир пурра инъикос мекунад. Шаҳр ба мо имкон медиҳад, ки тавлид ва рушди меъмории муосирро, ки дар пеши назари як насл ба воя расидааст, пайгирӣ кунем. Маҳз дар ҳамин ҷо самти инкишофи санъат дар тамоми республика ташаккул ёфт ва ҳоло ҳам ташаккул ёфта истодааст ва дар ин ҷо имкониятҳои истифодаи анъанаҳои меъмории гузашта санҷида мешаванд.

Омӯзиши анъанаҳои бадеӣ ва ороиши меъмории дар тамоми марҳилаҳои инкишофи санъати тасвирӣ барои рушди меъмории миллӣ ва санъати монументалию ороиши Тоҷикистони муосир мароқи муайяни илмӣ дорад.

#### Маводҳо ва методҳо

Меъмории Тоҷикистон аз шаклҳои монументалию ороишии ва санъати декоративӣ басо бой аст. Дар ин ҷо ба навҳои гуногуни ороиши меъмории, услуби бадеии шаклҳои калону хурд, сафолҳои рӯзгор, кандакори аз ҷӯб, сикказанӣ дар рӯи тунука, ороиши либос, заргарӣ, санъати хурди пластикӣ, наққошиҳои ороишии монументалӣ ва бисёр намудҳои дигари эҷодиёти бадеӣ асос гузошта шудааст.

Ҷамаи таҳаввулоти асосии санъати тоҷик дар асри XX, бевосита бо пойтахти Душанбе, фаъолияти Иттифоки рассомони Тоҷикистон, ки соли 1933 таъсис ёфта, тамоми нуруҳои бадеии мамлакатро муттаҳид намуда, то ба даст овардани истиклолияти кишвар (соли 1991), чун идеологияи асосии реализми сотсиалистӣ буд, алоқаи зич дорад. Дар соли 1932 дар Сталинобод (Душанбе) Фабрикаи республикавии санъати тасвири кушода шуд, ки он асоси фонди ояндаи бадеии Иттифоки рассомон гардид [11].



Айни замон Муассисаи давлатии “Коллеҷи ҷумҳуриявии рассомии ба номи М.Олимов”(1936), Донишкадаи давлатии санъати тасвирӣ ва дизайни Тоҷикистон, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ сохторҳои асосии таълими санъати тасвири ва меъморӣ дар кишвар боқӣ мондаанд.

Мақсади асосии санъат, пеш аз ҳама, монументалӣ, дар солҳои 20-30-уми асри XX ин мубориза барои дигаргун сохтани шуури ҷамъият ва дигаргунсозии нави революсионӣ буд. Мавзӯи инқилоб ва меҳнат на танҳо дар ҳайкалтарошии дастгоҳӣ, балки дар ҳайкалтарошии монументалии Тоҷикистон низ таҷассум ёфт, ки намунаҳои аввалини он дар охири солҳои 20-30 дар Душанбе пайдо шуданд (мучассамаи ходимони намоёни ҷамъиятӣ), ки ба нақшаи давлатии тарғиби санъати монументалӣ ва услуги санъати расмӣ мувофиқ буд.

Солҳои 30-40-ум асри XX марҳилаи гузариш дар санъати ороишӣ ва монументалӣ мебошанд, ки дар он пояҳои анъанавии фарҳанги бадеӣ бо тасвирҳои ҳамвор ё рельефӣ ва наққошии ороишӣ бо принципҳои мактаби рассомии аврупоӣ иваз карда шуданд. Дар солҳои 50-уми асри XX барои азхуд намудани тамоюлҳои нав қадамҳои аввалин гузошта шуданд. Дар асоси услуб анъанаҳои академӣ буданд, чун мисол як қатор панноҳои рассом С. Захаров-ро овардан мумкин аст, ки соли 1938 ба Тоҷикистон омада буд (нақшунигор дар толори Театри опера ва балети ба номи С. Айни, ки то замони ҳозира нарасидааст) [1].

Саҳми арзанда дар санъати пластикии Тоҷикистон дар солҳои 40 - 60 -уми асри XX, Е.Татарина, шогирди ҳайкалтароши барҷастаи рус А. Матвеев гузоштааст. Е.Татарина бо асарҳои асосии монументалии худ (Намоя баҳшида ба 25-солагии Ҷумҳурии Тоҷикистон, нашъунамои намуди пеши бинои Китобхонаи миллии (ҷумҳуриявӣ) ба номи Фирдавсӣ(ҳозир бинои Палатаи ҳисоби ҶТ), бинои Маҷлиси Олӣ, Театри опера ва балети ба номи С.Айни ва ғайра), аҳамияти ҳалли мавзӯҳои фазои-иллюзиониро, чун яке аз равандҳои асосӣ дар меъморӣ, асос гузошт [3].

Масъалаи «симои миллӣ ва ороиши замонавӣ» дар охири солҳои 70-уми асри XX, асоси санъати монументалӣ гардид. Санъати қадимаи кандакорӣ ҷӯб, гач ва наққошии ороишӣ, ки ба хизмати идеяҳои нави бадеӣ гузошта шуда буданд, ба намуди дохилии биноҳои имрӯза зебӣ ва асолати беназир овард.

Хунарманди мардумӣ С.Нуриддинов, рассомон С.Шарипов, В.Одинаев, З.Довутов, С.Шералиев, устои гобелен Д.Абдусаматов дар ворид намудани анъанаҳои бостонӣ дар дохили биноҳои муосир (аз ҷумла собиқ ҷойхонаи «Фароғат, меҳмонхонаи «Тоҷикистон», бинои сирк), ки объектҳои нодири пойтахти Тоҷикистон ба ҳисоб мераванд, ҳиссаи босазо гузоштаанд[3].

Китобхонаи миллии ба номи Фирдавсӣ, ки соли 1953 қомат рост карда буд, бо ороиш ва зиннаташ диққати касро ҷалб мекунад. Дар ҳафт равоки амудии камондор тирезаҳо ҷойгир шудаанд. Дар нижвони кандакоришудаи тиреза дар тиргаки он ҳайкалҳои классикони адабиёт гузошта шудааст. Нижвони бино як намуди классикий муаллақӣ мебошад, ки дар асоси принципҳои антикӣ ва дигар ҷузъиёти декоративии бостонӣ сохта шудааст. Тавораи зери «айвон» (портӣ) бо ҳолиҷойҳои камоншакл дар намуди торчаҳои оҳанӣ бо нақшу нигори ороишии геометрии тоҷик тартиб дода шудааст. Дар болои сутунчаҳои болои бом, дар байни сексияҳои панҷарашакли он ҷузъҳои меъморӣ амудӣ ҷойгиранд.

Дар дохили бино дар баробари истифодаи мрамари сунъӣ, қисман қорҳои бадеӣ ва ороишӣ: гачкорӣ, кандакорӣ ҷубу тахта, наққошии монументалӣ ва ороишӣ ҷой ёфтааст.

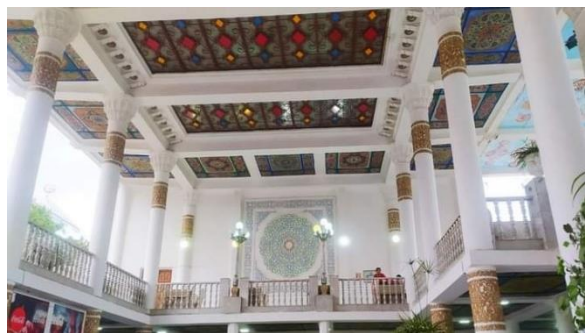
Фазои дохилии бадеии бинои «Қоҳи Ваҳдат» (соли 2021 азнавсози шуд), муассирона ва маҳдуд ба роҳ монда шудааст. Дар болои зинапоёе, ки ба толори маҷлисоғ мебарад, дар руи гачи сафед симои барелефи К. Марск, Ф. Энгельс, В. И. Ленин (рассом Ш. Киней) гузошта шуда буданд. Ошонаҳои чорум ва панҷумро толори кушоди ду-баланда ба ҳам пайваستاаст, ки яке аз деворҳои баланди онро паннои хушманзараи ба номи 50-солагии тараққиёти РСС Тоҷикистон (рассом С. М. Қурбонов) пурра ишғол кардааст.

Ин таҷрибаҳои аввалин имкон доданд, ки санъати монументалӣ-декоративӣ ба соҳаи пешбари эҷодкорӣ табдил ёбад. Маҳз санъати монументалӣ дар дохили бино, чеҳраи фарҳанги тасвирии тоҷиконро дар солҳои 80-уми асри XX муайян кард, ки бо витражҳои фазоӣ, рельефҳои полихромӣ ва кошинкорӣ аз сангҳои табиӣ сохташуда, композитсияҳои ҳаҷмӣ-фазоӣ, ки дар онҳо шишаҳои смалтӣ, ранга, сафолӣ, кандакорӣ ва гач истифода шудаанд, ғани гардонида шудаанд. Дар ин давра тамоюли истифодабарии мавзӯ ва маҳсулиятҳои мероси фарҳангии Шарқ: ороиши ҷойхонаи «Роҳат», «Саодат», «Истаравшан» (И. Абдурахмонов, С. Мирсаидов, А. Яҳёев, С. Маҳмудов, Д. Шокиров ва дигарон) ба назар мерасад[4].

Ҷойхонаи «Роҳат» дар ҳиёбони А.Рӯдакӣ, яке аз иншоотҳои аз ҷиҳати бадеӣ ҷолибтарин дар Тоҷикистон аст. Қисмати марказии ҳамвории дарунии байни панҷараҳои бетони шифт дар шакли равзанаи витражӣ ҳамвор бо панҷараи оҳанӣ бо васлуниҳои шишаи ранга (сурх) сохта шудааст. Аз ин рӯ, фазои ҷойхона аз ҳар тараф (аз он ҷумла аз боло) аз нури офтоб раҳнашуда, бо шифти витражҳои кушод ташаккул ёфтааст (расми 1).

Сутунҳои баланди мудаввар, ки дар болои онҳо бом ва ошонаи мобайнӣ қарор доранд, аз масолеҳи замонавӣ - бетонӣ сохта шуда, бо тасмаҳои кандакоришудаи ганҷ ва бо сарсутунҳои сафед оро дода шудаанд, ки шакли бошаҳои сталактитӣ ҷӯбинро аз меъморӣ халқии Тоҷикистони Шимолӣ тақрор мекунанд [7].





*Расми 1 – Чойхонаи «Роҳат». Яке аз биноҳои аз ҷиҳати бадеӣ ҷолиби диққати Душанбе.*



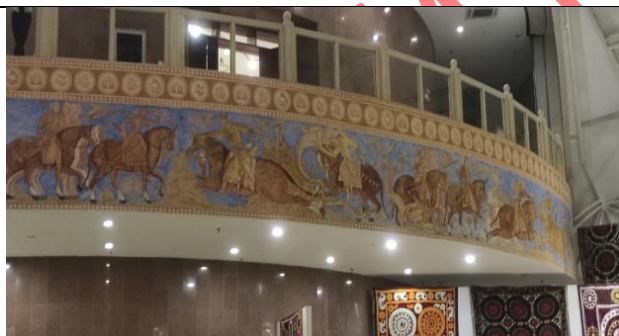
*Расми 2 – Тарбхонаи «Фароғат». Он бо истифода аз унсурҳои анъанавии ороиши меъморӣ сохта шудааст.*



*Расми 3 – Дохили меҳмонхонаи «Рум». Панноҳои ороишии, ки дар мавзӯи миниатюраҳои форсу тоҷик сохта шудаанд, роли махсус мебошанд. Эҳёи таваҷҷуҳ ба ин навъи санъати қадимӣ яке аз вижаҳои хоси ташаққули дохилии бинои ҷамъиятии муосир мебошад.*



*Расми 4 – Чойхонаи «Саодат» Истифодаи васеи осори санъати ороишии ва амалӣ дар дохили биноҳои ҷамъиятӣ нишон медиҳад, ки синтези санъат дар шароити сохтмони муосир махсусан муҳим аст.*



*Расми 5 – Осорхонаи миллии Панноӣ бадеӣ тақлид ба расмҳои Панҷакенти бостонӣ. Коллективи муаллифон бо сардории Шарифов С.*



*Расми 6 – Меҳмонхонаи «Ваҳшӣ». (Расм Нарзибеков Н.). Истифодаи чунин усулҳои классикӣ, ба монанди витраж метавонад садои ҳама гуна ҷаҳони нороҳатро тағйир диҳад ва ба он фардият ва аҳамиятнокӣ бубахшад.*

Дар намои пеши бино аз ду тарафи болои даромадгоҳи мағозаҳо паноҳи бадеӣ аз кошони сафолӣ сохташуда намоёнанд. Тарафҳои холии деворҳои дохили чойхона бо панелҳои гачӣ, ки аз рӯи ороиши «ислимӣ»-и тоҷикӣ сохта шудаанд, оро дода шудаанд. Девори марказии аз пушт чойгиршуда, ки дар меҳвари он зинапоия тантананокӣ дузинапеч чойгир шудааст, дар шакли панҷараи гачӣ сохта шудааст, ки ба таври озод ҷараёнҳои ҳавои салқин аз он мегузарад (ҳоло он аз байн рафтааст).

«Роҳат» ягона биное мебошад, ки симои миллии ва шаклҳои муосири меъмориро бо масолеҳи пешрафтаи худ — бетон, оҳан, шиша бомуваффақият ба ҳам пайваستاаст. Муваффақияти чойхонаро, ки

дар давоми қариб ним асри мавҷудияти худ собит карда буд, коллективи эҷодии меъморон, муҳандиссон ва рассомон ба даст овард.

Чойхонаи «Саодат» дар хиёбони А.Рӯдакӣ (1984, расми 4), бинои ҷамъиятии истироҳати маданияи ҷавонон, инчунин муассисаҳои савдои аҳолии Душанбе ба ҳисоб меравад. Намуди бино ба чойхонаи анъанавии мардумӣ алоқаманд аст, ки дар асрҳои 18-19 дар қитъаи Осиёи Миёна, аз ҷумла дар Тоҷикистон, махсусан дар қисмати шимолии он васеъ паҳн шудааст [7].

Ду ошёнаи аввали чойхонаи «Саодат» бо саҳни кушод сохта шудааст. Танҳо гирдогирди онҳоро, девор аз панҷараҳои алюминии нуқрагин ихота мекунад, ки аз ҷиҳати ороиши бисер ҷолиб ҳастанд, ва ба симои чойхона сабуки ва нодирӣ мебахшанд. Ду зинапоия дуқабата дар ду тарафи фасади ғарбӣ бо панҷараҳои алюминии кушода пӯшида шудаанд, ки аз дур ба намунаи мураккаби ороишии «гиреҳ» шабоҳат доранд, ки дар меъморӣ мардумии асрҳои XVIII-XIX маъмуланд.

Шифти ҷӯбини болори ошёнаро, аз ҷумла айвонро, сутунҳои кандакоришуда, ки хунармандони муосири ҳалқӣ дар солҳои 1980—1984 мувофиқи анъанаҳои беҳтарини ороиши меъморӣ замони гузашта сохтаанд, дастгирӣ мекунад. (ҳамаи ин ороиш конструксияҳои шифти ҳозиразамонро рӯйпуш мекунад, ки ин ҳолат ба меъморӣ иншоот як номувофиқи мантиқиро ворид мекунад). Дар конструксияи болори шифт хунармандони мардумӣ низ саъй кардаанд, ки аз тамоми беҳтарин офаридаҳои, гузаштаи ҳалқӣ тоҷикро, истифода баранд.

Фарқияти тобони симои берунӣ, рангу бори миллӣ дар дохили бино ба ин ҷо диққати тамошобинони зиёдеро ба худ ҷалб мекунад ва чойхонаи «Саодат» ба таври ҳаққонӣ яке аз биноҳои ҷолиби пойтахти Тоҷикистон ба шумор меравад.

Чойхонаи «Фароғат» дар боғи шаҳри Душанбе (ҳоло аз байн рафтааст) яке аз биноҳои ҷолиби диққати Душанбе буда, бо истифода аз унсурҳои анъанавии ороиши меъморӣ сохта шудааст (1970. расми 2). Дохили толори тарабхона ниҳоят зебо оро дода шудааст, ки бо нурҳои офтобии паҳншуда тавассути тирезаҳои панҷарашакли нафис мунаввар карда мешавад. Рӯйи сутунҳои ин ҷо пурра бо кандакориҳои ғачӣ пушонда шудааст, ки гӯё санъати ороиши ҳалқиро тараннум мекунад. Шифти рангуборшуда, ки чун беҳтарин намунаҳои декори меъморӣ оро дода шудааст, бо сутунҳои ҷӯбини кандакорӣ, ки шифти ҷӯбини шакли кессони доштаи хучраи чойнуширо дастгирӣ мекунад, пурра карда шудааст. Нақшаҳои аҷоибӣ муаллақӣ болор, сарсутунҳои кандакоришуда, пояҳои куракшакл ва танаҳои тегадори сутунҳо бо нақшу нигоре, ки дар сатҳи васса ва дигар қисмҳои ин порчаи нотақдор аз меъморӣ ҳалқии Тоҷикистон сурат гирифтааст, комилан ҳамоҳанг мешавад [7].

Махсусан ороиши меъморӣ бадеии сирки Душанбе (1978), ки аз рӯйи нақшаҳои рассомони тоҷик сохта шудааст, ҷолиби диққат аст. Ҳамин тариқ, дар намои асосии шимолии болои даромадгоҳ, ниқобҳои рельефи музаҳо (олиҳаи манбаи илҳом) дар кубҳои ҳаҷмии оҳанӣ, ки дар парапети боми якошёна насб карда шудаанд, диққатро ба худ ҷалб мекунад. Дар дохили долони поёнии давршакл ва қабати дуҷоми он асарҳои санъати монументалиро мебинем, ки бо маҳорати баланди иҷрокуанда сохта шудаанд: гобеленҳо, панноҳои кандакорию кошинкорӣ, чароғҳо, тунуқаҳои сикказашуда ва ғайра. Панноҳои сафолии «Суруд бо санҷ» ва «Акробатҳо»-и В.Одинаев ва С.Шарифов, ки дар рельефи баланди анъанавии сабзу зард, иҷро карда шудаанд, фарқ доранд, ки муаллифон дар онҳо муҳити илҳомбахши эҷодиро нишон дода тавонишанд. Дар ороиши сирк эҷодкорон С.Мирсаидов, А.Шокиров, С.Шералиев ва дигарон низ хунари худро нишон доданд [8].

Дар солҳои 80-уми асри XX ороиши иншоотҳои калон дар Душанбе ба як соҳаи муҳими эҷодиёти хунармандони тоҷик табдил меёбад. Рассом Просмушкин Е. фаъолон дар техникаи витражҳои сеченака ба кор шурӯъ мекунад, ки ин имкон дод, ки ба дохили биноҳои ҷамъиятӣ (Донишгоҳи миллӣ, меҳмонхонаи «Авесто», Маркази тадқиқоти стратегӣ) сифатҳои нав: фазой, рельефӣ, ғализӣ бо чараёни рӯшноӣ диҳад. Имкониятҳои бадеии шишаи тунуки ранга, покӣ ва шаффофияти хоси он насли дигари устоҳои витраж Н.Нарзибеков ва В.Ҳасановро бо дигар воситаҳои эҷодӣ шакли пластикӣ (Фурудгоҳ, Хонаи мудҳои Бону, меҳмонхонаи «Ваҳш») таъмин намуданд.

Санъати монументалии солҳои 80-уми асри XX бо руҳи таҳаммулпазирии бузурги услубӣ фаро гирифта шуда буд. Кушиши ба биноҳои кӯҳнаи аврупоӣ баҳшидани нафъи миллӣ дида мешавад (нақшунигори шифт И. Абудархмонов, дарҳои кандакоришудаи С. Нуриддинов дар Театри академии опера ва балети ба номи С. Айни).

Дар ороиши бисёр иншоотҳо принципи пай дар пай, пурра бо тасвир ва нақшу нигоркуни рӯйпуш кардани сатҳ, ки барои санъати Шарқи мусулмонӣ хос аст, истифода шудааст: Қасри маданияти иттифокҳои касаба (ҳоло Филармонияи давлатии Тоҷикистон; С. Шарифов, Ш. С Нуриддинов, З.Довутов, С.Шералиев) ва бинои театри лухтак (кошинкорӣ И. Сангов), рангубори толори Ҳукумати шаҳри Душанбе ва паннои кошинкорӣ фабрикаи қаннодии «Ширин» (К. Едгоров), қаҳвахонаи «Сиёвуш» (П. Шпонко ва Ю. маткулов, С. Ҳушматов), паннои ганҷии фурудгоҳи Душанбе (Н. Нарзибеков, В. Ҳасанов) [9].

Маҳорати баланди касбӣ, шавқу завқи нозук, инчунин воридшавии амиқ ба тасвири эпоси ҳалқии тоҷик дар ороиши толори Қасри иттифокҳои касаба (муаллиф С. Курбонов), мавзӯҳои фалсафии ҷиддӣ дар нақши толори нави бинои Китобхонаи миллӣ (рассом С. Шарифов, расми 5) диққатро ба худ мекашанд.

Аз мисолҳои, ки мо баррасӣ кардем, маълум мешавад, ки хусусиятҳои бадеии санъати ороишию монументалии тоҷик мунтазам инкишоф ва тағйир меёфт. Ҳар як даҳсола ба ташаккули намуди зоҳирии



биноҳо ва дохилии онҳо як падидаи нав меовард (Расми 3,6). Рассомони санъати ороишӣ ва ҳунармандони мардумиро чизе монета шуда наметавонист ва мувофиқи талаби замони танҳо ба пеш ҳаракат мекарданд, худро дар самтҳо, жанрҳо ва услубҳои нав месанҷиданд, бо истифода аз техника ва ашёҳои гуногун кӯшиш мекарданд, ки санъати пластикӣ ва ороиширо ба зинаи нави инкишоф бароранд.

### Натиҷаҳои тадқиқот

Меъморӣ Тоҷикистон, инкишоф ва ташаккули он таърихи дуру дароз дорад. Дар ин давра пастиву баландӣҳо ва руқудҳо мушоҳида шуда бошад ҳам, дар маҷмӯъ меъморӣ мардумӣ ва осори бадеиву фарҳангӣ равиши пешравӣ дошт. Мисолҳои дар боло гуфта гузашта, гувоҳи меҳандӣ, ки ҳунари ороиш аллакай дар даҳсолаҳои охири асри гузашта тадричан шарикҳои комили меъморӣ гардид. Имкониятҳои нави инкишоф додани самарҳои иҷтимоии санъат ба вучуд омада, потенциали эмотсионалии дизайни дохили биноҳои ҷамъиятӣ аз ҷиҳати эстетикӣ беҳтар фаҳмида шуд.

Чунон ки таҳқиқот нишон дод, дар амалияи сохтмон объектҳои ороиши миллии меъморӣ ва санъати монументалӣ мавқеи калонро ишғол мекунанд. Дар ҳар як ҳолати конкретӣ декор хусусиятҳои услубии худро дорад, ки асарҳоро аз руи бастубандии ороиш, принципҳои нақшунигор, рангубор, ки аз рӯи анъанаи чандинасра инкишоф ёфта, ба меъморӣ муосир гузаштаанд, фарқ мекунанд.

Усулҳои бадеӣ мавқеи пешқадами худро дар категорияҳои муайяни ороиши дохилии биноҳои ҷамъиятӣ — марказҳои ҳуроки умумӣ, тарабхонаҳо, чойхонаҳо туйхонаҳо ва дигар биноҳои таъиноти маданият маъмури нигоҳ медоранд. Пеш аз ҳама, ба онҳо моҳирона истифода бурдани санъати қандакорӣ гач ва ҷубу тахта, рангубори девору шифт хос аст. Одатан, танҳо санъати пластикӣ ва наққошии монументалӣ-декоративӣ ва ё дар якҷоягӣ бо дигар воситаҳои бадеӣ ва меъморӣ ҳалли симо ва ороишии чунин интерерҳоро ташкил медиҳанд.

Дар баробари ин, дар аксари биноҳои ҷамъиятии муосир, махсусан дар маҷмааҳои бисёрфункционалӣ байни намуди зоҳирӣ ва дохилии онҳо ягонагии услубӣ вучуд надорад [7]. Омилҳои ташаккули услуб дар интерерҳои инфиродӣ ҳадафи онҳо ва хусусиятҳои мушаххаси таркибӣ, фазой ва банақшагири мебошанд. Ҳамин тариқ, интерерҳои шаклҳои услубӣ гуногуншакл метавонанд дар як бино бо ҳам якҷоя вучуд кунанд, аз ҷумла онҳое, ки бо услуби он ошқоро муқобиланд.

Мақсад аз истифодаи ороиши меъморӣ дар берун ва дохили биноҳои ҷамъиятиро шаҳрвандӣ, ин ҳалли масъалаҳои ташкили комплекси фазо, ҳамкории муфид ва навоарӣ, муайян намудани хусусиятҳои функционалии декор ва санъати монументалӣ мебошад. Муҳимтарин ва заруртарин масъалаи ҳалталаби имрӯза -ин кӯшиши омезиши муттасилии анъанаҳо ва замони муосир, инчунин ба таври органикӣ пайвастании санъати меъморӣ ва декор, мусоидат ба пайдоиш ва ташаккули босуръати самтҳо ва тамоюлҳои нав дар дизайни дохили биноҳои ҷамъиятӣ мебошад.

Усулҳои бадеӣ, ки ҷузъи нотақрор ва ҷудонашавандаи симои меъморӣ биноҳои истиқоматӣ, маъмури ва ҷамъиятӣ мебошанд ва дар давраҳои гуногуни таърихи халқи тоҷик сохта шудаанд, аҳамият ва арзиши бебаҳои бадеӣ ва фарҳангӣ доранд. Истифодаи онҳо ва татбиқи онҳо дар амалияи меъморӣ ва сохтмони Тоҷикистони муосир метавонад пайванди заруриро бошад, ки барои ба биноҳо ва дизайни дохилии онҳо додани нотақрорӣ, асолат ва симои милли ёрии бевосита расонад.

### Хулоса

Хусусиятҳои бадеӣ дохили бино, инчунин меъморӣ бино дар маҷмӯъ, аз давраи замони ҳаёти иҷтимоӣ ва рӯзгор, таъиноти бино, хонаҷоҳои алоҳидаи он ва аҳамияти онҳо дар композитсия вобаста аст. Интерери бино бо намуди берунӣ бино зич алоқаманд аст, ки бо он бояд як воҳиди ягонаи ҳамоҳангро ташкил диҳад. Ташаккули усули бадеӣ дар муҳити меъморӣ ва фазои дохилии биноҳои муосири Тоҷикистон, истифодаи усулҳои қадимии санъати пластикӣ анъанавии ороишӣ ва навҳои муосири санъати тасвирии монументалиро тақозо мекунанд.

Тадқиқоти гузаронидашуда нишон медиҳанд, ки рассомони монументалӣ ва ҳунармандони мардумии санъати бадеӣ-амалӣ, бо меъморони тоҷик дар ҷустуҷӯи синтези анъанаҳо бо меъморӣ муосири прогрессивӣ қарор доранд. Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон кӯшиши минтақавӣ қардани меъморӣ бо таваҷҷуҳ ба муайян намудани асолати маҳаллӣ ва наҳзати милли дар меъморӣ дар маҷмӯъ, ва аз ҷумла, дар ороиши дохили он дида мешавад.

Ҳунармандони мардумӣ дар асарҳои худ анъанаҳои фаромӯшшудаи ороиш ва пластикӣ меъмориро эҳё намуда, дар баробари истифода аз усулҳои муосир ба ҷустуҷӯи бозёфтҳои бадеие, ки таваҷҷури мардуми тоҷик, фарҳангу ҳувияти миллии онҳоро инъикос мекунанд, нерӯ мебахшанд.

*Муқаррир: Одиназода Б.Э. – номзади илмҳои таърих, дотсент, муовини ректори Донишгоҳи давлатии санъати тасвирӣ ва дизайни Тоҷикистон*

### Адабиётҳо

1. Бойназаров Бойназар. История становления и развития изобразительного искусства таджикского народа (20-80-е годы XX века)/Автореферат дисс. канд. истор. наук, Душанбе – 2004
2. Боймуродова З, Ульджабаева М. Изобразительное искусство Таджикистана. - Москва, «Галарт», 2015.
3. Веселовский В. Г., Гендлин Д. Д., Архитектура Советского Таджикистана, М., 1972.
4. Душанбе. Энциклопедия. Главная научная редакция Таджикской национальной энциклопедии. Душанбе, 2004. -592 с.
5. Додхудоева Л. Графика и скульптура Таджикистана XX века – Душанбе, 2006.

6. Мамаджанова С., Тиллоев С.С. Архитектура общественных зданий Душанбе XX века. Душанбе: «Икомос», 2007.- 262с.
7. Мамаджанова С., Мукимов Р. Архитектура и градостроительство Душанбе. – Душанбе: АН РТ-ТТУ, 2008. – 520 с.
8. Одиназода Б.Э. Традиционное и новаторское искусство в творчестве большого художника. /Маколаҳои омузгорон ва кормандони ДДСМваД, 2020
9. Румянцева О.Р. Молодые художники Таджикистан.-Москва Советский художник 1987.
10. Фарангеси Н. История и тенденция развития монументально-декоративного искусства в Таджикистане. //Вестник технологического университета Таджикистана. серия: гуманитарные науки и профессиональная педагогика. 1 (3) , 2019,с.101-108.
11. Ходжаев Ф.С. Сарыева К.Н., Художественные особенности таджикской живописи 30-80 гг. XXвека// Историк (научно-теоретический журнал) № 4 (16) 2018, С.-109

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

TJ	RU	EN
Шерматов Музафар Умурзакович	Шерматов Музафар Умурзакович	Shermatov Muzafar Umurzakovich
номзади меъморӣ	кандидат архитектуры	PhD in Architecture
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: muzafar.sher@mail.ru	

## КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В ВИДЕ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК

Набизода М.Ш.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье приведены, конструирование пространственных железобетонных покрытий, а также с эпюрой внутренних сил и моментов согласно требованиям действующих норм, инструкций и руководств.

**Ключевые слова:** Пространственная конструкция, железобетонное покрытие, рабочая арматура, стержень, физико-механические свойства.

### КОНСТРУКЦИЯКУНОНИИ БОЛОПУШҶОИ ФАЗОИИ ОҶАНУБЕТОНӢ БА НАМУДИ ҶИЛДҶОИ МОИЛ

Набизода М.Ш.

Дар мақола конструкцияҳои оҷанубетони фаршҳои фазои мувофиқи эпоҷаҳои қувваҳои дохилӣ ва моментҳо мутобиқ ба талаботҳои меъёрҳои амалқунанда, дастурамал ва нишондодҳо, оварда шудаанд.

**Калидвожаҳо:** конструкцияҳои фазои, болопушҳои оҷанубетонӣ, арматураҳои корӣ, ҳосиятҳои физикавию-механикии конструкцияҳои фазои.

### CONSTRUCTION OF SPATIAL REINFORCED CONCRETE COATINGS IN THE FORM OF FLAT SHELLS

Nabizda M.SH.

The article shows that the design of spatial reinforced concrete pavements is carried out in accordance with diagrams of internal forces and moments in accordance with the requirements of current standards, instructions and manuals.

**Keywords:** Spatial structure, reinforced concrete covering, working reinforcement, rod, physical and mechanical properties.

#### Введение

Железобетонные конструкции крепко занимают лидирующие позиции в общем объеме капитального строительства в нашей стране. Создание экономичных, надежных и архитектурно интересных железобетонных конструкций на основе научных результатов и рационального проектирования с использованием новейших строительных норм и правил, одна из требовательных задач, стоящая перед техническими сотрудниками и строительными инженерами.

Железобетонные пространственные покрытия используются с учетом действующих требований, инструкций и указаний с учетом моментов и эпюр внутренних сил.

Основные сжимающие давления не должны превышать  $R_{пр}$ , и основное растяжение -  $0,2 R_{пр}$ . В местах, где основные растягивающие напряжения превышают  $R_p$ , они должны полностью восприниматься армирующей сеткой.

Схема армирования оболочки (рисунок 1) определяется состоянием сжатия при общих нагрузках на покрытие (вес конструкции, вес снега). Оболочка содержит достаточно крепкую рабочую арматуру, функциональные усилия в угловых областях (типа I). Она рассчитана и размещена в соответствии в зонах  $N_{пл1}$ , с основными растягивающими главными усилиями (см.рис.1)

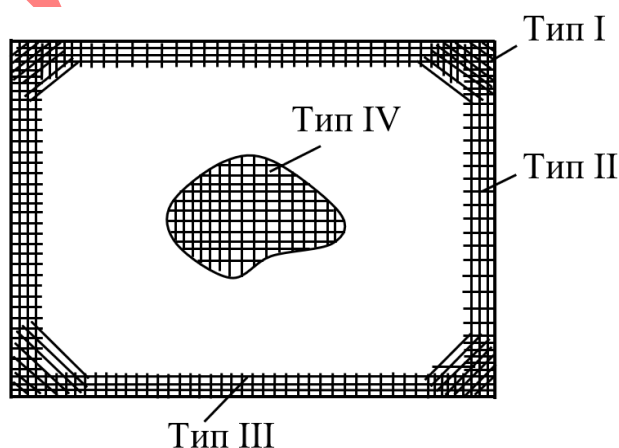


Рисунок 1 – Схема армирования оболочки.

В приконтурных полосах для восприятия изгибающих моментов укладывают дополнительно арматуру перпендикулярно контуру (типа II). Ее сечение и длину принимают по расчету оболочки как плиты на восприятие изгибающих моментов. Стержни этой арматуры по толщине оболочки размещают возможно ближе к ее нижней поверхности в растянутой от изгиба зоне.

В контурными с слабо развитыми брусками оболочках, если растяжение происходит в контурной полосе (рисунок 2), продольная арматура должна быть предусматриваться в достаточном количестве, чтобы поглотить растягивающие силы (типа III).



Напряженное состояние оболочки при ее опирании и нагрузке на боковую колонну контура, распределяются по поверхности покрытия равномерно, имеет двузначную диаграмму нормальной силы  $N_x$  в сечении  $x=0$  и  $N_y$  в сечении  $y=0$  (рисунок 2). Поскольку касательные силы не воспринимаются контурной конструкцией, на приконтурной полосе оболочки концентрируются значительные растягивающие силы [1].

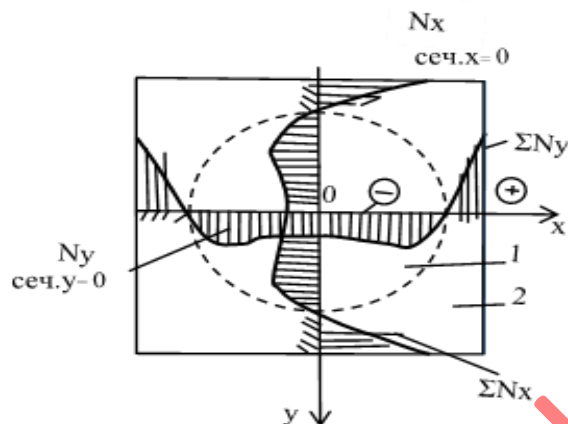


Рисунок 2 – К напряженному состоянию оболочки, опирающейся по сторонам контура на ряды колонн:  
 1 – область двухосного сжатия; 2 – область растяжения в одном направлении, сжатия – в другом.

Вся поверхность оболочки армирована сеткой (армирование типа IV). Это необходимо для уменьшения деформации из-за усадки бетона, ползучесть и колебания температуры, это также для обеспечения прочности оболочки во время изгиба, временная нагрузка может быстро меняться (например, при уборке с поверхности снега) или местное размещение установленных монтажных нагрузок. Эту арматуру устанавливают в виде сетки с шагом стержней 20-25 см в количестве не менее 0,2% от бетонной части.

Растянутая арматура типов I и III должна располагаться в центре тяжести поперечного сечения оболочки, для устранения эффектов следует в центре тяжести поперечного сечения оболочки с тем, чтобы исключить ее внецентренное воздействие. Соединяются растянутые стержни сваркой. Арматура типа III в размере не менее половины расчетного сечения должна быть продлена до конца полосы арматуры, постепенно уменьшая сечение стержня в месте сварного соединения. Рекомендуется сконцентрироваться на контурных брусках.

Арматуру I и III типов рекомендуется применять в виде изделий заводского производства (пучков, канатов, анкерных стержней и т.п.), предварительно напряжен для повышения трещиностойкости корпуса оболочек.

Прочная арматура комплектуется в типовые сварные сетки (по возможности стандартные) и укладывается с перепуском на стыках по указаниям технических условий.

Во время конструктивных решений пологих оболочек необходимо исключить возможность потери устойчивости в деформированном состоянии. Ползучесть сжатого бетона возникает под действием длительных нагрузок, поэтому деформации со временем увеличивается.

Из-за отсутствия экспериментально проверенных методов расчета критические нагрузки определяются по условным состояниям. Из-за ползучести и неоднородности структуры бетона его долговременный модуль деформации  $E_{д.б}$  значительно (примерно в 4 раза) меньше  $E_b$ , проявляющегося при кратковременных испытаниях [2].

Устойчивость пологих гладких оболочек двойкой однозначной кривизны рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$q = 0.2E_{д.б}(h/R)^2 \quad (1)$$

где принимается  $E_{д.б} = 0,252 E_b$ ;  $q$ - общая интенсивность расчетная нагрузка;  $h, R$  –толщина оболочки и радиус кривизны.

Отметим, что устойчивость ребристой оболочки выше, чем гладкой. Чтобы не пустит локальной потери устойчивости расстояние между ребрами должно быть не менее  $сем(7)\sqrt{Rh}$ , где  $R$  – минимальный радиус кривизны ребристых оболочек.

Общая стабильность ребристой оболочки проверяет, также по следующей формуле (2), в него вводятся воображаемый величины толщины  $h_\phi$  и единица деформаций  $E_{б.ф}$ , определяется по следующей формуле.

$$h_\phi = \sqrt{\frac{12J}{F}}; \quad (2)$$

$$E_{б.ф} = E_b \frac{F}{bh} \quad (3)$$

где  $b$  – расстояние между осями соседних ребер;  $F, J$  – площадь и момент инерции сечения, образованного одним ребром вместе с примыкающими частями плиты оболочки шириной  $b$ .

Техническое конструктивных выяснений монолитно железобетонные оболочки очень просто. Их обычно выполняют из гладкой арматуры толщиной не менее 6 см (в зависимости от условий для обеспечения высокого качества бетонирования на строительной площадке) с утолщением в угловых участках (иногда и в приконтурных полосах) до 12-20 см. Класс бетона для конструирования железобетонных оболочек принимают не ниже В25, по возможности он должен быть максимально прочным, чтобы не всплывать при укладке на зонах с крутых уклонах. [4].

Плиты размерами толщиной более 9 см армируются двойной сеткой. Стык плиты и контурной конструкции, так же как и в местах знакопеременных моментов, двойная сетка устанавливается из арматурой диаметром 6-10 мм с шагом не более 20 см.

На конструкции самой оболочки расход бетона (без контурных конструкций) 0,08-0,1 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> основания, расход арматуры -8-11 кг/м<sup>3</sup>.

Для строительство монолитных железобетонных пологих оболочек требуется возведения сложной опалубки, арматурно-бетонных и других работ промышленными методами с высокой степенью механизации затруднительно.

При проектировании сборно-монолитных конструкций с целью упрощения лесов и подмостей рекомендуется предусматривать сборные диафрагмы. Сборные диафрагмы могут быть железобетонными, металлическими и бетонными с несущей арматурой [2.3].

За конструктивные особенности на сборные оболочки существенное влияние оказывают способ возведения и членение на сборные элементы.

Конструктивные размеры сборных панелей устанавливаются таким образом, чтобы толщина швов, будучи переменной, в различных местах оболочки не превышала 10 -12 см.

Сборные панели должны усилить бортовыми ребрами, а толщину панелей принимается можно меньше, 3-4 см. Панели угловой зоны имеют диагональные ребра с каналами для напрягаемой арматурой; толщина этих панелей принимается больше 10 см.

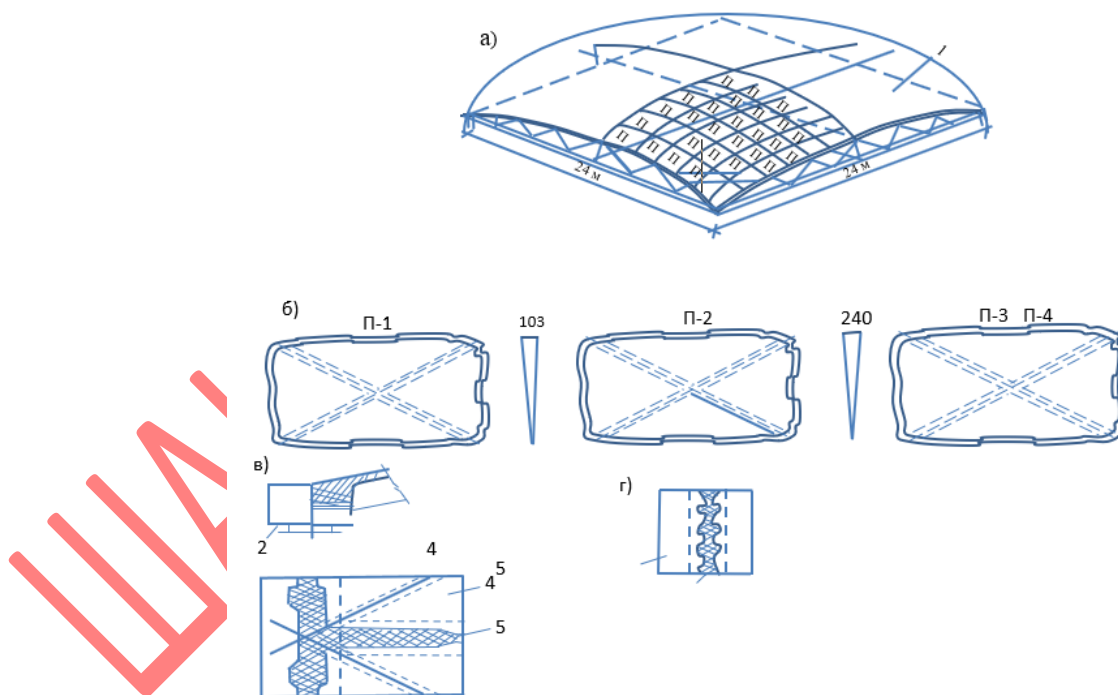


Рисунок 3 – Конструктивная схема сборной пологой оболочки

$a$  – схема монтажа;  $b$  – типы панелей;  $в$  – узел примыкания оболочки к контурной конструкции;  $г$  – конструкция шва сборных элементов;  $1$  – смещение поверхности;  $2$  – верхнего пояса фермы;  $3$  – сварка панелей и ферм выходов;  $4$  – сборные панели;  $5$  – бетонный раствор в стыках.

На рисунке 3а, показаны конструктивные решения экспериментальных покрытий. Оболочка в плане разделена на плоские панели с номинальными размерами 3х3 м.

При отклонении от центра покрытия к краям контуров квадрата в плане искажается и изменяются размеры сборных элементов на поверхности оболочки. Для уменьшения количества стандартно типовых

размеров панелей в центральной части корпуса оболочки были использованы однотипные квадратные панели с разной степенью искажения ромбовидных углов (рисунок 3,б).

Внутри оболочки возникают большие касательные силы. В результате соединения сборных панелей с контурными конструкциями (рисунок 3, в), а также соединения сборными панелями в угловых зонах оболочки (рисунок 3, г) выполняются шпоночными формами. Такие соединения эффективно противодействуют сдвигу.

Соединительное расстояние между бетонными шпонками и их расстояние – длина  $L_{ш}$ , погружение в корпусе панели  $\delta_{ш}$ , ширина  $b_{ш}$ , (величина плоскости шпонки перпендикулярно (рисунок 2) - устанавливаются расчетом прочности бетона шпонки против раздавливания.

$$\delta_{ш}, b_{ш} R_{пр} \geq S_{ш} = S_c$$

и против среза

$$L_{ш} b_{ш} R_{рk} \geq S_{ш} = S_c$$

где  $S$  – расчетное сдвигающее усилие на единицу длины;  $S_{ш}$  – расчетное сдвигающее усилие, приходящееся на шпонку;  $R_{пр}, R_p$  – расчетное сопротивление бетона соответственно при осевом сжатии растяжения;  $k$  – опытный коэффициент, принимаемый равным 2 при не обжатых швах и 4 при обжатых.

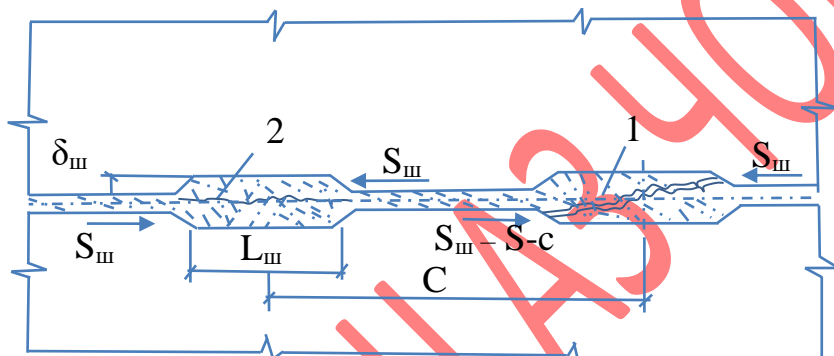


Рисунок 4 – Перейти к вычислению бетонных шпоночных соединений:  
1 – разрушение из – за смятия шпонки; 2 – аналогично, от скалывания

На строительной площадке к специальным проводникам крепятся сборные оболочки, представляющие собой самостоятельные и достаточно сложные конструкции. Показатель вершины кондуктора, определяющий расположение элементов крепления в конструкции, контролируется геодезическим оборудованием [1].

Сборные панели соединяются между собой и размещаются по контурам конструкции, закладных металлических деталей с применением сварочных соединений. После закрепления всех сборных элементов между собой, при монтаже швы заполняют бетонным раствором, от этой системы зависит работа по соединению всех сборных элементов и ее необходимо выполнять очень тщательно.

При этом, конструктивное выяснение имеет множество преимуществ:

- поверхность конструкции, представляющая собой сборную конструкцию, отвечает принципам индустриализации строительства;
- сборные элементы относительно просты и могут быть подготовлены на любом предприятии железобетонных изделий;
- в конструкции типовых размеров мало.

Тем не менее, имеются существенные недостатки:

- сборка с использованием дорожных кондукторов – трудоемкий процесс;
- множество цифр швов, и большие размеры;
- значительные затраты бетона на заполнение швов;
- значительное сварных соединений;
- монтажно-сварочные работы и работы по герметизации швов бетоном должны быть качественными, но их сложно выполнять на строительной площадке, а также сложно контролировать и при необходимости модифицировать эти работы.

Для рассматриваемых покрытий преимущества использования сборных железобетонных конструкций во многом сводятся из-за высоких затрат на монтаж.

Как контурных конструкций перекрывающих пролеты до 30-36 м, чаще всего применяют фермы и арки кулисами при отсутствии стеночных ограждений или перегородок по контуру оболочки. Рекомендуется при больших пролетах располагать по контуру колонну, по которой размещают бортовыми брусьями.

Более удачно решение из типовых конструкций серии 1.466-1, в которой предусмотрены поверхность вращения с горизонтальной осью, трапецеобразные доборные приконтурные элементы и вертикальные контурные конструкции.

На рисунках 5 и 6 приведены примеры покрытия с оболочкой положительной гауссовой кривизны, в прямоугольном плане.

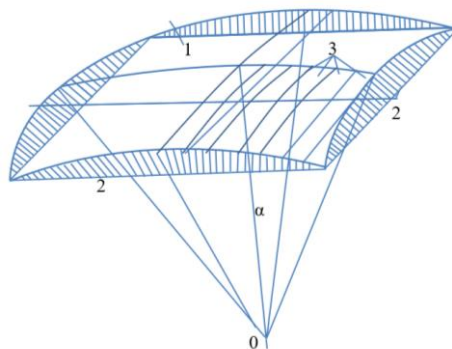


Рисунок 5 – Членение на сборные элементы шаровой поверхности, ограниченной центральными сечениями: 1 – шаровая поверхность; 2 – наклонные контурные конструкции; 3 – однотипные сборные элементы оболочки.



Рисунок 6 – Покрытия с монолитными оболочками положительной гауссовой кривизны, размерами в плане 48x48 Дворец тенниса в г. Душанбе (Таджикистан, монолитно-разрезной конструкции)

## Вывод

1. Конструктивное решение монолитных железобетонных пологих оболочек весьма прост.
2. Обычно конструирование пологих оболочек осуществляется из гладкой арматуры толщиной не менее 6 см (по условиям гарантии высокого качества бетона на строительной площадке), с армированием в крайних участках (а в некоторых случаях и в приконтурных полосах) 14-18 см.
3. Оболочка должна быть изготовлена из бетона класса В25 или выше и должна быть максимально жесткой, чтобы избежать всплытия при их монтаже.
4. Как контурных конструкций перекрывающих пролеты до 30-36 м, чаще всего применяют фермы и арки с затяжками при отсутствии стеночных ограждений или перегородок по контуру оболочки.

Рецензент:

## Литература

1. Чиркина Т.В. Железобетонные конструкции. Часть 2. Конструкции промышленных и гражданских зданий и сооружений. – Душанбе: «ЭР-граф», 2013.-596 стр.
2. Набизода М.Ш., Нуманов О.Р. Исследование статически загруженной неразрезной железобетонной полой оболочкой. //Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 2 (46) – 2019 Страницы: 162-167
3. Нуманов О.Р., Набизода М.Ш., Сангинов А.С. Материалы для пространственных конструкций покрытия. //Политехнический вестник Страницы: 131-137

4. Горенштейн Б.В. Железобетонные пространственные покрытия (Методы разработки и проектирования цилиндрических оболочек, складок и оболочек положительной кривизны). Л., СИ. Ленинградское отделение. 1976, 160 с.

5. Нуманов О.Р. Исследование динамических параметров неразрезных пологих оболочек. Монография. – Душанбе: Изд. ТТУ им. акад. М.Осими, 2019. – 116 с.

6. Рекомендации по расчёту армоцементных конструкций. ЛенЗНИИЭП, Л., 1971.

7. Митрофанов Е.Н. Армоцемент. Л., Стройиздат. 1973, 208 с.

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

TJ	RU	EN
Набизода Муҳаммадтаиби Шариф	Набизода Мухаммадтаиби Шариф	Nabizoda Muhammadtaibi Sharif
Муаллими калон	Старший преподаватель	Senior Lecturer
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:nabizoda-90@mail.ru">nabizoda-90@mail.ru</a>		



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИТО-ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Марина П., Марамов М.Б., Калдандарбеков И.И.,  
Собиров М.С., Ходжибоев Д.Д., Ходжиев С.К., Содикзода Т.Х.

Таджикский технический университет им. академика. М.С.Осими

В статье представлены результаты исследования физико-химических и бактериологических показателей сточных вод на примере двух больниц в пригороде Рудаки, где было установлено фито-инженерное сооружение для очистки сточных вод этих больниц. Приводятся результаты анализа работы системы очистки сточных вод.

**Ключевые слова:** сточные воды, биологическая очистка, канализационные очистные сооружения, химическое потребление кислорода, денитрификация, химическая очистка сточных вод, децентрализованная система очистки сточных вод.

## САМАРАНОКИИ ИНШООТИ ФИТО - МУҲАНДИСИИ ҒАЙРАМАРКАЗОНИДАШУДА БАРОИ ТОЗА НАМУДАНИ СИСТЕМАҶОИ ОБҶОИ ПАРТОВ

Марина П., Марамов М.Б., Қалдандарбеков И.И.,  
Собиров М.С., Хоҷибоев Д.Д., Хоҷиев С.К., Содикзода Т.Х.

Дар мақола нагиҷаҳои тадқиқоти нишондодҳои физикӣ-химиявӣ ва бактериологии обҳои партов дар мисоли ду беморхонаи берунашаҳрии ноҳияи Рудаки, ки дар он ҷо иншооти фито- муҳандисӣ барои тоза намудани обҳои партов ҷойгир шудааст оварда шудааст. Нагиҷаи таҳлили кори системаи тозакунии оби партов оварда шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** обҳои партов, тозакунии биологӣ, иншооти тозакунии партовобҳо, талаботи оксигени кимёвӣ, денитрификация, тозакунии кимёвӣ обҳои партов, системаи ғайримаҷказонидашудаи обҳои партов.

## EFFICIENCY PHYTO-ENGINEERING STRUCTURES FOR DECENTRALIZED WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS

Marina P., Maramov M.B., Kaldandarbekov I.I., Sobirov M.S.,  
D.D., Khodzhiyev S.K., Sodikzoda T.Kh.

This article presents the results of a study of the physico-chemical and bacteriological parameters of wastewater using the example of two hospitals in the suburbs of Rudaki, where a phyto-engineering structure was installed to treat wastewater from these hospitals. The results of an analysis of the operation of the wastewater treatment system are presented.

**Key words:** wastewater, biological treatment, sewage treatment plant, chemical oxygen demand, denitrification, chemical wastewater treatment, decentralized wastewater treatment system.

### Введение

В условиях постоянного ухудшения экологической обстановки в мире, в том числе в нашей стране, и усиления антропогенного влияния на качество жизни населения, все более остро встает проблема качества воды в источниках водоснабжения и охраны водных ресурсов. Каждый год растет плотность населения и увеличивается высокий уровень загрязнения окружающей среды жидкими отходами жизнедеятельности человека. Основными источниками загрязнения сточных вод являются физиологические выделения людей и животных, а также отходы и отбросы, образующиеся в результате хозяйственной деятельности.

Основными загрязнениями сточных вод являются физиологические выделения людей и животных, отходы и отбросы и другие антропогенные воздействия [1]. Все эти химические составы воды, ухудшают очистку на очистных сооружениях и его эффективность. В настоящее время существуют разные методы очистки сточных вод. Биологический метод из них является самым простым и эффективным способом очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, основанный на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения рек и других водоемов [1]. Сущность метода заключается в способности микроорганизмов использовать в качестве питательного субстрата органические и неорганические соединения, содержащиеся в сточных водах.

В нынешних условиях экономического кризиса большинство промышленных и коммунальных предприятий страдают от дефицита средства на эксплуатацию, модернизацию и еще больше на новое строительство высокотехнологичных очистных сооружений. Это приводит к недостаточному уровню промышленной очистки, а бытовые сточные воды вредны и влияют на водные экологические ресурсы. Основными приемниками сточных вод являются поверхностные водоёмы. Поэтому их защита от техногенного загрязнения является актуальной проблемой.

При ухудшении экологической обстановки в мире, а также в нашей стране качества жизни населения, встает проблема качества воды в источниках водоснабжения.

В пригородном районе Рудаки была апробирована децентрализованная система обработки сточных вод (DEWATS) для двух больниц с целью расширения масштаба деятельности до национального уровня. В настоящее время идёт строительство фито-очистных сооружений в Гиссаре и других районах Согдийской и Хатлонской областей [3].

### Цель и постановка задачи исследования

Цель исследования: изучить эффективность фито-инженерных сооружений в децентрализованных системах очистки сточных вод и их влияние на окружающую среду, а также проанализировать возможность применения таких систем для минимизации экологического воздействия и повышения уровня экологической безопасности.

Задачи исследования:

1. Оценка качества очистки сточных вод с помощью фито-инженерных сооружений по сравнению с традиционными методами.
2. Изучение влияния фито-инженерных сооружений на состояние окружающей среды и водных ресурсов.
3. Анализ эффективности использования растений в процессе очистки сточных вод.
4. Исследование возможности применения фито-инженерных систем в различных климатических условиях и для различных типов загрязнений.
5. Разработка рекомендаций по оптимальному использованию фито-инженерных сооружений для децентрализованной очистки сточных вод.

### Методы исследования

Объект исследования находится в двух больницах района Рудаки, оборудованных канализационными очистными сооружениями. Эти сооружения предназначены для обработки всего образующегося объема сточных вод в этих больницах, которые затем сбрасываются в канал и загрязняют подземные водоносные горизонты.

Для эффективной очистки сточных вод, на очистных сооружениях применяется первичная очистка (рис. 1) (отстаивание) в отстойнике или септикотанке, из которых возможно получение биогаза (из органических отходов). Также используется вторичная очистка (биологическая обработка) в анаэробном реакторе с перегородками, анаэробном фильтре, горизонтальном и вертикальном гравийном фильтре [3].



Рисунок 1 – Первичная очистка

После очистки процесс продолжается в анаэробном реакторе с перегородками, который работает по принципу создания анаэробного слоя осадка в восходящем потоке.

После анаэробного реактора вода поступает в анаэробный фильтр, где обрабатываются неоседающие и растворенные твердые вещества, что приводит к их тесному контакту с избыточной активной бактериальной массой (рис. 2).



Рисунок 2 – Вторичная очистка

Все фильтрующий материал образуют дополнительную поверхность для осаждения бактерий. Сточные воды, содержащие растворённый кислород, заставляют входить в интенсивный контакт с активными бактериями. Чем больше поверхность для роста бактерий, тем быстрее идёт гидролитическое разложение [3].

Когда сточная вода выходит из анаэробного реактора и анаэробного фильтра, требуются дополнительные методы очистки. В данном случае используется горизонтальный гравийный фильтр с щебнем и песком, заполненный растениями водно-болотных угодий (рис. 3).



Рисунок 3 – Дополнительные варианты вторичной очистки

После протекания сточных вод горизонтально через отстойник, фильтрующий материал отфильтровывает частицы, а микроорганизмы разлагают органические вещества. Фильтрующая среда действует как фильтр для удаления твёрдых частиц, к неподвижной поверхности которого могут прицепляться бактерии и как подложка для растительности [3].

Одним из первых сооружений биологической очистки сточных вод в естественных условиях являются поля орошения и поля фильтрации известные с давних времен. При механической очистке сточных вод на отстойниках позволяет удалить из них от 50 до 60% общего числа бактерий и снизить концентрацию загрязнений по БПК<sub>полн</sub>, а взвешенным веществом до 100%. После обсаженного гравийного фильтра, очищенная сточная вода может использоваться в качестве орошения территории данного объекта. Поэтому после проведения исследования и анализа результатов можно сделать вывод о качестве сточной воды и ее использовании для орошения.

Как уже было сказано, для эффективной очистки сточных вод используются первичная и вторичная очистки. При первичной очистке сточная вода отстаивается в отстойнике. После осаждения она проходит вторичную очистку, то есть подвергается биологической обработке в анаэробном реакторе с перегородками. Затем сточная вода проходит через анаэробный фильтр и попадает в горизонтальный гравийный фильтр.

На данном объекте (рис. 4) были выбраны пять точек отбора проб: 1- септик-выпуск (на выходе из септика), 2- анаэробный реактор, 3- анаэробный фильтр, 4 анаэробный фильтр (другая точка фильтра), 5 - выход из гравийного фильтра с растениями водно-болотных угодий.



Рисунок 4 – Точки отбора проб

Для взятия проб используются специальные литровые сосуды. После забора проб каждый сосуд дезинфицируется 70% этанолом во избежание дальнейшего распространения биологического загрязнения. В примечании записываются время, дата и место забора. Например: (07.08.2023, 1 (септик-выпуск), 09:44). Затем проводятся первичные анализы (Cond, pH, TDS, Salt, T-°C) с использованием прибора Voltcraft и pH-метра. Все полученные результаты записываются в рабочий журнал. Далее пробы перевозятся в специальных ящиках с поддержкой температуры в лабораторию для дальнейших бактериологических анализов: мутности, аммония, фосфата, химическое потребление кислорода (ХПК) и бактериологический анализ (БАК).

Физико-химическими методами очистки сточных вод являются нейтрализация и окисление, а перед сбросом их в промышленную канализацию или водоемы должны быть нейтрализованы до достижения величины pH, равной 6,5-8,5.

В проведенном исследовании, согласно общим требованиям к составу и свойствам воды в водоемах хозяйственно-бытового водопользования, промышленного предприятия и других отраслях реакция (pH) не должна выходить за пределы 6,5... 8,5. А также, было проведено исследование по электропроводимости, соленности, фосфату, температуре, аммонии, мутности, ХПК и БАК. Результаты замеров вносятся в память и по специальной программе могут обрабатываться на ПК.

Для определения всех выше перечисленных показателей используются приборы, которые позволяют выполнять эти анализы (рис. 5).



Рисунок 5 – Используемые приборы для проведения исследование сточных вод

### Результаты и обсуждения

После проведения исследований были получены следующие результаты по эффективности (pH), электропроводимости, соли, фосфата, температуры, аммония, мутности, а также химическое потребление кислорода и бактериологические показатели (рис. 6-8).

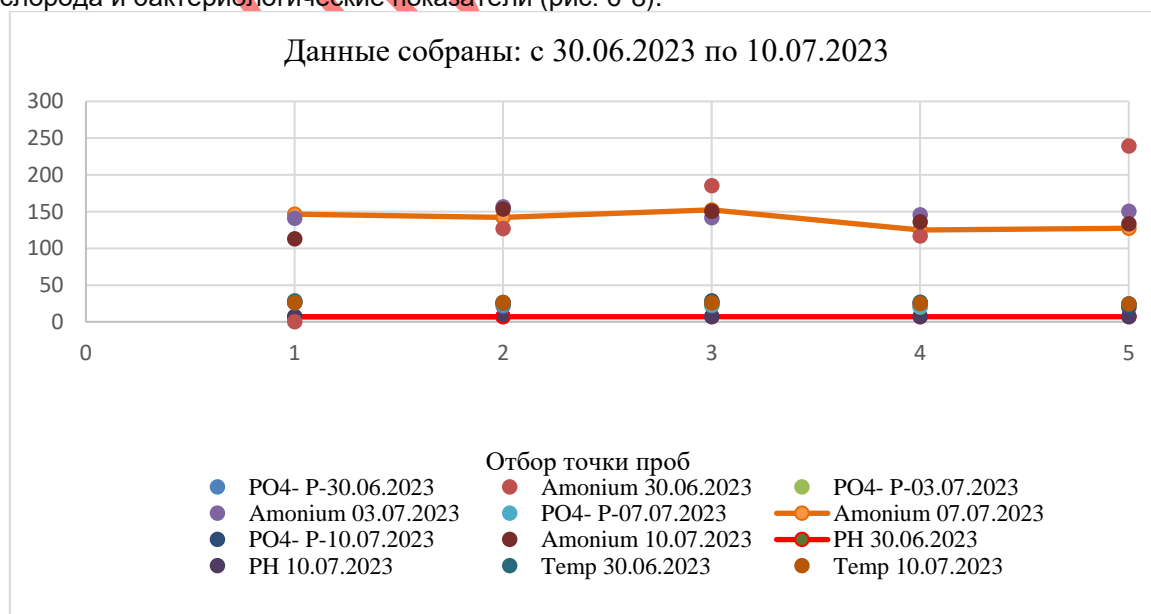


Рисунок 6 – Результаты по эффективности (pH), фосфата, аммония и температуре



Как видно из рисунка красная линия по сточным водам показывает хороший результат, так как реакция (pH) не выходит за пределы 6,5... 8,5, а температура не увеличивается свыше 30 градуса, результаты полученные по параметру фосфата, аммония также находятся в пределах нормы СанПИН.

Бактериологические анализы проводятся в специальной лаборатории, оборудованной необходимыми приборами находящимися на кафедре гидротехнических сооружений и охраны водных ресурсов.

Данный анализ проводится с первым и последним точками отбора проб (рис. 7).

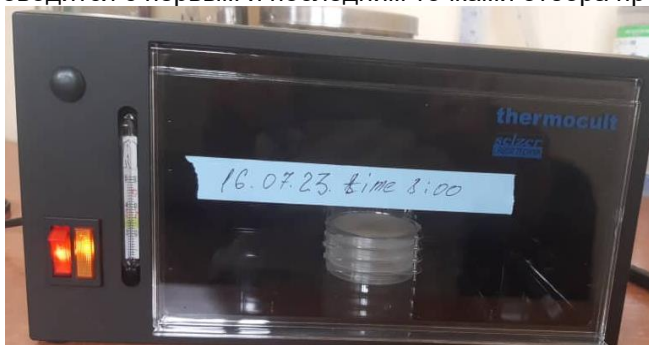


Рисунок 7 – Процесс инкубирования

Контроль очистки и обеззараживания сточных вод производится до и после прохождения сточными водами системы обеззараживания, для того чтобы оценить эффективность системы очистки от бактериального загрязнения. В соответствии с СанПИН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания» и СанПИН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода», контролируемым показателем, также, является кишечная палочка. Ниже приведены результаты бактериологического анализа (рис. 8).

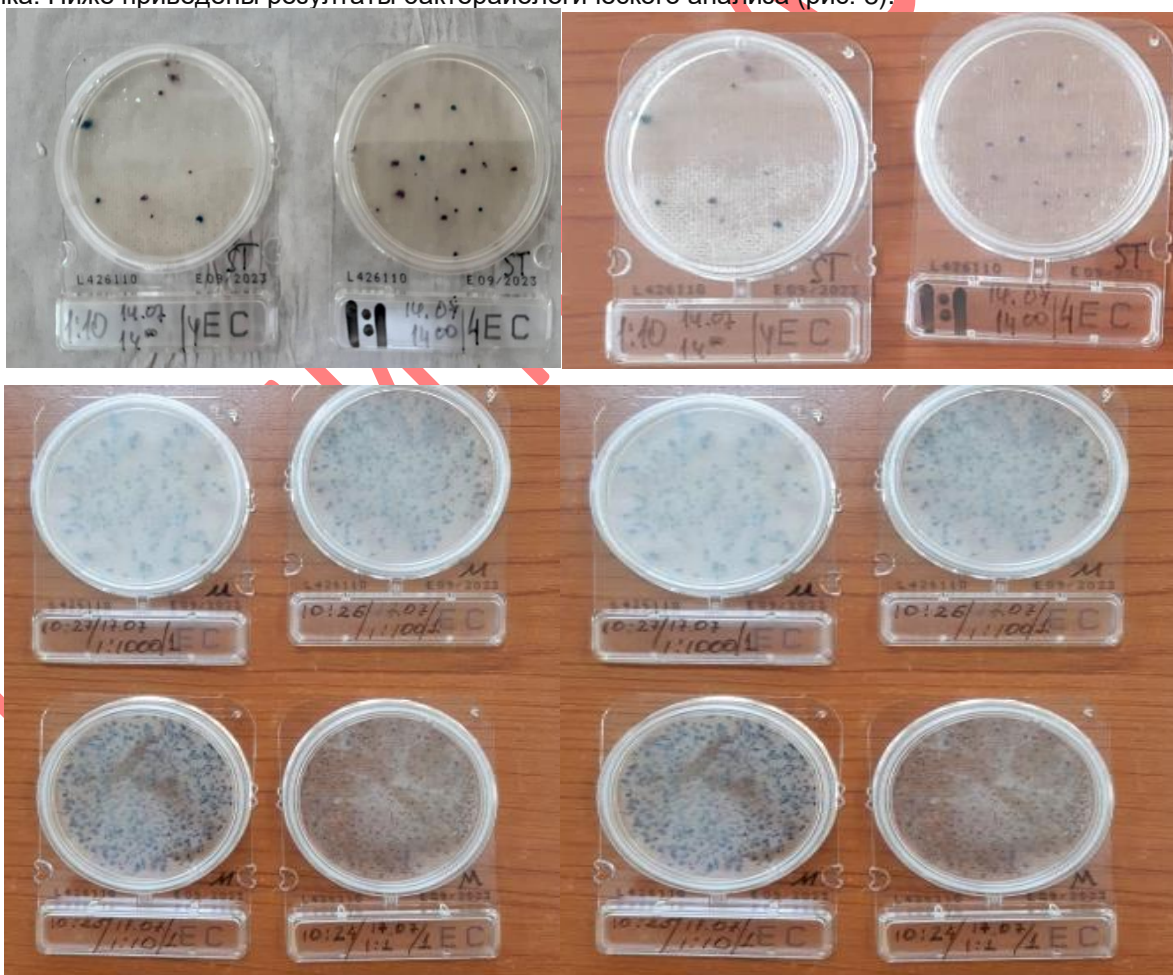


Рисунок 8 – Результаты бактериологического анализа

Как видно из результатов бактериологического анализа, после взятия проб в точках 1-4 было обнаружено определенное количество бактерий.

После проведения исследования процесса очистки сточных вод децентрализованного очистного сооружения и получения результатов лабораторных анализов, подтвердивших достоверность технологических схем этого объекта, сделаны следующие выводы.



**Выводы**

1. Для обеспечения экологической безопасности населенных мест, социальных учреждений, домохозяйств и других отраслей необходимо использовать фито-очистные системы для очистки сточных вод до соответствия основным требованиям.
2. Применение анаэробных и аэробных процессов в этих системах повышает эффективность обеззараживания сточных вод и возможности их повторного использования в аграрном секторе.
3. На основе полученных результатов рекомендуется применение таких сооружений также и в других регионах нашей республики.
4. В будущем это позволяет улучшить экологическую ситуацию, сократить загрязнение водных ресурсов и обеспечить доступ к чистой воде для различных отраслей и населения.

*Рецензент: Хақимов Т.Қ. — к.т.н., доцент, декан Инженерно-технологического факультета Технологического университета ТДЖИҚИСТАНА.*

**Литература**

1. Штонда, Ю.И. Исследования процессов биологической очистки сточных вод на существующих локальных канализационных очистных сооружениях/ Ю.И. Штонда, А.О. Громова, А.С Дроздова// Журнал-Строительство и техногенная безопасность №14(66) – 2019. -С.121.
2. Семенов, С.Ю. Водно-болотная очистка сточных вод / С. Ю. Семенов, Л. И. Шелепова // Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – № 1. – С. 37–38.
3. Отчёты о накоплении опыта в области ВСГ. Децентрализованные системы обработки сточных вод (DEWATS) в пригородной и городской зонах в Таджикистане.
4. СНиП РТ 40-02-2021 «Водоотведение. Наружные сети и сооружения». / Комитет по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан – Издательство: «Издательский центр» ГУП «НИИСА», Душанбе- 2022 г.-132 с.
5. Справочник проектировщика. Канализация населённых мест и промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1981. – 639с.
6. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

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

TJ	RU	EN
Марина Питер Доктори Ph.D Донишгоҳи илмҳои дақиқ ва санъати шимолу ғарбии Швейцария	Марина Питер Доктор Ph.D Университет прикладных наук и искусств Северо-Западной Швейцарии e. mail: <a href="mailto:maryna.peter@fhnw.ch">maryna.peter@fhnw.ch</a>	Marina Peter Ph.D University of Applied Sciences and Arts of Northwestern Switzerland
Марамов Миргул Бердиевич Номзади илмҳои техникӣ, дотсент Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Марамов Миргул Бердиевич Кандидат технических наук, доцент Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими Таджикистана e. mail: <a href="mailto:mirgul_1989@mail.ru">mirgul_1989@mail.ru</a>	Maramov Mirgul Berdievich Candidate of Technical Sciences Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
Каландарбеков Ифтихор Имомёрбекович Номзади илмҳои техникӣ Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Каландарбеков Ифтихор Имомёрбекович Кандидат технических наук Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими e. mail: <a href="mailto:iftikhor791@mail.ru">iftikhor791@mail.ru</a>	Kalandarbekov Iftikhor Imomyorbekovich Candidate of Technical Sciences Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
Собиров Мурот Собитович Номзади илмҳои техникӣ Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи ака.Б.Гафуров	Собиров Мурот Собитович Кандидат сельскохозяйственных наук Худжандский государственный университет имени А.Б. Гафурова	Sobirov Murot Sobitovich Candidate of Agricultural Sciences Khujand State University named after A. B. Gafurov
Хочибоев Далерҷон Дадоевич Номзади илмҳои техникӣ Донишгоҳи куҳию металлургии Тоҷикистон	Хочибоев Далерҷон Дадоевич Кандидат технических наук Горно-металлургический институт Таджикистана	Khohiboev Dalerjon Dadoevich Candidate of Technical Sciences Mining-metallurgical institute of Tajikistan
Хочиев Саидмуқбил Қосимович Номзади илмҳои техникӣ Донишгоҳи куҳию металлургии Тоҷикистон	Ходжиев Саидмуқбил Қосимович Кандидат технических наук Горно-металлургический институт Таджикистана	Khodzhiev Saidmukbil Kosimovich Candidate of Technical Sciences Mining-metallurgical institute of Tajikistan
Содикзода Тимур Ошими Магистр Донишгоҳи куҳию металлургии Тоҷикистон	Содикзода Тимур Ошими Магистр Горно-металлургический институт Таджикистана	Sodiqzoda Timur Oshimi Master Mining-metallurgical institute of Tajikistan

## ИСТИФОДАБАРИИ ПАРТОВҲО, ҲАМЧУН САРЧАШМАИ БАДАСТОРИИ ГЛАЗУР БАРОИ ИСТЕҲСОЛИ МАСНУОТҲОИ САФОЛӢ

Ҷуракулов М.Р., Мирҷамолов А.М., Саидов Х.Ҳ.

Барои истеҳсоли маснуотҳои сафолӣ, ҳамавақт ҷустуҷӯи таркибҳои глазури нави баландсифат, арзон ва ҳароратуствор лозим аст, ки ин ба маснуотҳои сафолӣ барои дар ҳароратҳои паст ғудохтанашон, имконият медиҳад. Барои ҳамин мақсади асосии кор карда баромадани масолеҳҳои нави сафолӣ – ин сохтани технологияҳои камхарҷи энергетикӣ захиравии кампартов мебошад, ки ин имконияти истифодабарии партовҳои саноатҳои шишабарорӣ, зарфбастабандӣ, химиявӣ ва инчунин дар асоси онҳо сохтани масолеҳҳоро бо хосиятҳои баланди истифодабарӣ ва ороиширо медиҳад.

**Калидвожаҳо:** глазури, мустаҳкамӣ, ашёи хом, сатҳ, сафол, маснуот, ҳароратуствор, тарорат, технология, масолеҳҳо, партовҳо, истеҳсолот, стронсий, ванадий, истифодаи партовҳо, пайвастагӣ, тадқиқот.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ, КАК ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ ГЛАЗУРИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Джуракулов М.Р., Мирджамолов А.М., Саидов Х.Х.

Для производства керамических изделий требуется постоянный поиск новых составов высококачественных, дешевых и термостойких глазурей, позволяющих обжигать керамические изделия при пониженной температуре. Поэтому, основная цель разработки новых керамических материалов — это создание энерго и ресурсоэкономичных малоотходных технологий, позволяющих использовать отходы стекольной, тароупаковочной, металлургической, химической промышленности, а также создания на их основе материалов с высокими эксплуатационными и декоративными свойствами.

**Ключевые слова:** глазурь, прочность, сырьё, поверхность, керамика, изделие, термостойкий, температура, технология, материалы, отходы, производство, стронций, ванадий, утилизация, соединения, исследование.

## USE OF WASTE AS A SOURCE OF GLAZE FOR THE PRODUCTION OF CERAMIC PRODUCTS

Jurakulov M.R., Mirjamolov A.M., Saidov Kh.H.

The production of ceramic products requires a constant search for new compositions of high-quality, cheap and heat-resistant glazes that allow ceramic products to be fired at low temperatures. Therefore, the main goal of developing new ceramic materials is the creation of energy and resource-efficient low-waste technologies that make it possible to use waste from the glass, packaging, metallurgical, and chemical industries, as well as create materials with high performance and decorative properties based on them.

**Keywords:** glaze, strength, raw materials, surface, ceramics, product, heat-resistant, temperature, technology, materials, waste, production, strontium, vanadium, recycling, compounds, research.

### Муқаддима

Сирдавонии маснуот – яке аз мувафақиятҳои технологияи асосӣ дар соҳаи истеҳсоли сафолот ба ҳисоб меравад. Глазури (сир) – моддаи шишамонанд мебошад, ки сатҳи маснуоти сафолиро дар намуди пардаи тунук рӯйкаш карда, мустаҳкамии механикӣ маснуот ва қобилияти алоқаи ноғузaronиро барои моеъ ва газҳо баланд мекунад, устувории онро ба таъсири боришотҳои атмосферӣ таъмин менамояд ва ҷилогӣ ороишнокии онро зиёд мегардонад.

Истеҳсоли маснуотҳои сафолӣ, ҳамавақт ҷустуҷӯи таркибҳои глазури нави баландсифат, арзон ва ҳароратустворро талаб мекунад, ки ин ба маснуотҳои сафолӣ барои дар ҳароратҳои паст ғудохтанашон, имконият медиҳад.

Мақсади асосии кор карда баромадани масолеҳҳои нави сафолӣ – ин сохтани технологияҳои камхарҷи энергетикӣ захиравии кампартов мебошад, ки ин имконияти истифодабарии партовҳои саноатҳои шишабарорӣ, зарфбастабандӣ, химиявӣ ва инчунин дар асоси онҳо сохтани масолеҳҳоро бо хосиятҳои баланди истифодабарӣ ва ороиширо медиҳад.

Истифодабарии ашёи хоми дуюмбора ва партовҳои истеҳсолот, мукамалдиҳии технологияи коркарди онҳо, қатъан захираҳои саноатиро васеъ мегардонанд, захираҳои иловагиро барои сарфакорӣ хароҷоти масолеҳӣ ва меҳнатӣ месозанд ва харҷи истеҳсолиро кам мекунанд.

### Маводҳо ва усулҳои тадқиқотӣ

Технологияи истеҳсоли глазури арзон барои сафолот аз намуди ашёи хоми маҳаллӣ ва аз ҳаргуна партовҳои истеҳсолӣ – ин проблемаи актуалӣ ба ҳисоб меравад. Яке аз партовҳои техногенӣ саноат ин  $SrCO_3$  ба ҳисоб меравад, ки дар таркиби партовҳои заводҳои металлургӣ вучуд дорад. Як қатор коркардҳои илмӣ барои истифодабарии пайвастагиҳои стронсий дар истеҳсоли сафолӣ, хусусан коркард дар бораи рӯйкашҳои махсус – глазуриҳои химиявӣ устувор ва оташтобовар вучуд доранд.

Корҳои Ю.Г. Штейнберг дар бораи кор карда баромадани глазуриҳои пастҳарорати стронсий барои маснуотҳои сафолӣ [2] маълум аст. Глазури стронсий бо саҳтии баланд, ҳароратустворӣ ва инчунин камҳисёти нисбати муҳити барқароршавӣ ҳангоми ҷӯшонидани фритта ва ғудозиши полӣ тавсиф дода мешавад.

Дар кори мазкур имконияти истифодабарии оксидҳои стронсий, ванадий, ки дар партовҳои заводи гидрометаллургии Исфара (ЗГМИ) мавҷудаст, тадқиқ карда шудаанд ва ҳангоми истеҳсоли глазури имкони истифодаи партовҳо ва ҳифзи муҳити атрофро [3] медиҳад.

Sr – миқдор партовҳои заводи гидрометалургии Исфара консистенсияи ҳамирмонанди қаҳварангро дорад, ки миқдори намии 30–40 % дорад. Онҳо чунин миқдори пайвастиҳои химиявие, ки дар ҷадвали 1 оварда шудааст, доранд.

Ҷадвали 1 – Миқдори пайвастиҳои химиявии партовҳои заводи гидрометалургии Исфара

т/р	Пайвастиҳои химиявӣ	Миқдор бо %
1	$SrSO_4$	30
2	$SrCO_3$	7–10
3	$Sr(NO_3)_2$	4–5
4	$Fe(OH)_3$	30–40
5	$Al(OH)_3$	8–10
6	$SiO_2$	до 10

Карбонати стронсий дар таркиби сатҳи глазури, тобовариро ба таъсири атмосферии глазури ва эмалҳоро ҳангоми рӯйкашкунии масолеҳҳои сафолӣ, пӯлод ва гудозаҳои ҳароратустворро баланд мекунад.

V – миқдор партовҳо – массаи ҳамирмонанди қаҳваранги торикранг, бо намокии 30–40 % ва миқдори V2O5 15–30 % дорад. Миқдори партовҳои ванадийдошта арзиши аслии истеҳсоли глазуриро аз ҳисоби аз байн бурдани марҳилаи фриттакунӣ ва истифодабарии ашёи хоми арзон [4] паст мекунад.

Дигар намуди партовҳое, ки муҳити атропогенӣ ифлос мекунад, ин ҷанги туршии карбонатӣ аз танурҳои даврзанандаи гудозиши оҳаксанги комбинати электрохимиявии Ёвон (КЭХЯ) мебошад. Чунин партовҳо дар ин корхона то ба 6 ҳазор тонн рафта мерасад. Нисфи ин партовҳо дар ҷараёни технологияи истеҳсоли асосӣ истифода мешавад ва қисми дигар дар ҳоктӯдаҳои корхона мемонанд.

Чунон, ки маълум аст оксидҳои калсий ба гудоза барои паст кардани ҳарорати обшавии глазури ворид карда мешаванд. Ҳангоми миқдори CaO кам аз 8% будан, интервали ҳарорати обшави каме ба соҳаи баландҳарорати кӯчонада мешавад, ки ин бо ҳарҷотҳои энергетикӣ иловагӣ алоқаманди дорад. Оксиди калсий ба глазури мустақамӣ ва ҷилогӣ медиҳад.

### Натиҷаҳои тадқиқот

Мақсади кори мазкур – ин бадаст овардани маснуотҳои сафолӣ сохтмонӣ, паст намудани арзиши аслии истеҳсоли он аз ҳисоби истифодабарии партовҳои дар боло зикршуда, аз байн бурдани фриттакунӣ ва ҳифзи муҳити зист мебошад.

Ба ҳайси компонентҳои асосӣ дар таркиби глазури Sr – миқдор, V – миқдор партовҳои ЗГМИ, гили Веселовск, порфирҳои квартсӣ, консетрати данбуритӣ, майдагии шиша истифода карда шудаанд. Масолеҳҳои ашёи хоми ибтидоӣ пешаки майда карда, аз ғалбери 0,063 гузаронда шудааст.

Барои тахтасангҳои сафолӣ намо, бо истифодаи миқдори партовҳои стронсийдошта, глазури ба даст оварда шуд, ки дар намуди ҷадвали 2 бо чунин таркиби гудоза омадааст.

Ҷадвали 2 – Таркиби глазури стронсийдошта барои тахтасангҳои сафолӣ намо

т/р	Таркиби глазури	Миқдор бо %
1	Миқдори партовҳои стронсийдошта	15
2	Порфирҳои квартсӣ	35
3	Оксиди калсий	2
4	Консетрати данбуритӣ	40
5	Гил	5
6	Бура	3
	Ҳамагӣ	100

Бо истифода аз миқдори партовҳои ванадийдошта барои тахтасангҳои сафолӣ намо, глазури рӯйкашкунӣ ба даст оварда шуд, ки дар намуди ҷадвали 3 бо чунин таркиби гудоза омадааст.

Ҷадвали 3 – Таркиби глазури ванадийдошта барои тахтасангҳои сафолӣ намо

т/р	Таркиби глазури	Миқдор бо %
1	Миқдори партовҳои ванадийдошта	30
2	Порфирҳои квартсӣ	15
3	Консетрати данбуритӣ	45
4	Оксиди калсий	2
5	Гил	5
6	Бура	3
	Ҳамагӣ	100

Компонентҳои гудозаро омехта карда, бо усули намӣ, то боқимондаи на зиёда аз 0,2% дар ғалбери 0,056 тунук суда карда шуд. Глазури бадастовардашуда чунин хосиятҳоро, ки дар чадвали 4 оварда шудааст, доро мебошад.

Чадвали 4 – Хосиятҳои асосии глазури рӯйкашкунӣ

т/р	Хосиятҳои асосӣ	Нишондод
1	КХВХ (Коэффитсиенти ҳароратии васеъшавии ҳагӣ)	(71,23–73,12) · 10 <sup>-7</sup> град <sup>-1</sup>
2	Зичӣ	2479–2597 кг/м <sup>3</sup>
3	Нишондоди инъикос	1,49–1,51
4	Ҳарорати чоришавӣ	950–990°C

Аз ҳама усули беҳтарини сирдавонӣ, методи ғутонидан ба ҳисоб меравад, аммо барои сирдавонии маснуотҳои калон имкони истифодабарии методи чангкунӣ низ вуҷуд дорад. Гудозиши маснуотҳои сирдавондаи тахтасангҳои сафолӣ дар танури озмоишӣ гузаронида шуд. Ҳарорати гудозиш 950 ва 1050°C - ро ташкил намуд.

Суръати оптималии баландшавии ҳарорат барои тахтасангҳои намӯ бо технологияи гудозиши яккарата чунон аст: ҳарорати то 300°C бо суръати 30°C/мин, баъдан то 950°C бо суръати 11–12°C/мин баланд карда шуд. Суръати оптималии баландшавии ҳарорат барои тахтасангҳои ороишӣ бо технологияи гудозиши дукарата 70–80 °C/мин – ро ташкил мекунад.

Глазурҳои синтезкардашуда бо шаффофият тавсиф дода мешаванд, ки сатҳи дурахшонро дорост. Интервали оптималии гудозиши глазур 950–1050°C – ро ташкил медиҳад.

### Муҳокимаи тадқиқот

Натиҷаҳои тадқиқоти озмоишии сатҳи глазури нишон доданд, ки дар вақти гудозиши яккарата дар ҳарорати то 1100°C таъсири мутақобили фаъоли глазур ва сафолпора, дар ҳолати пайдошавии қабати шишагини кристаллии инкишофёфтаи алоқагии ба даст овардани композити “сафолпораю глазур” - ро таъмин менамояд, мегузарад, ки мустақамии он бо методикаи муаллифон коркардашуда муайян карда шуд. Дар маснуотҳо, глазурҳо рехтагариҳои хуб, пайвастагиҳои кристаллии зебо ва мавҷуд набудани доғҳоро нишон доданд. Ҳароратуствори бо методи Ҳаркорт муайян карда шуд, ки мувофиқи он тахтасангҳо пайдарҳам дар чевони хушкунак то ба ҳарорати 150°C тасфонида, дар об дар ҳарорати 20°C хунук карда шуд. Васеъшавии намии тахтасангҳо, бо методи автоклави дар зери фишори 0,5 МПа дар муддати 5 соат муайян карда шуд. Обҷабӣ, ишқортобоварӣ ва тезобтобоварӣ ба СБД 9147–80 ҷавобгӯ буданд.

Бо вуҷуди ин, таҳлили истифодаи партовҳои дар боло зикршуда нишон доданд, ки онҳо метавонанд ҳамчун компонентҳои асосӣ барои истеҳсоли глазури сафолӣ истифода шаванд. Ҳарорати оптималии барои гудозиши полӣ 1100°C - ро ташкил медиҳад.

### Хулоса

Қайд кардан ба мавридаст, ки дар ҳолати истифодабарии комплекси ашёи хом, ҳиссаи зиёди хароҷотҳои моддӣ корхона ба ҳама маҳсулотҳо тақсим мешавад, ки ин нишондодҳои иқтисодию техникии ҳам истеҳсоли асосӣ ва ҳам истеҳсоли иловагиро баланд мекунад. Ба ғайр аз ин хароҷотҳои ғайриистеҳсоли барои тадқиқ ва дастраскунии ашёи хом ва дуркунии партовҳоро ба хоктудаҳо кам карда мешаванд. Барои ҳамин ташкили истеҳсоли сафолӣ сохтмонӣ, дар асоси партовҳои заводҳои гидрометалургии Исфара ва заводи электрохимиявии Ёвон имкони ташкил намудани истеҳсоли глазури рӯйпушкунандаи маҳаллии тахтасангҳои ороиширо медиҳад ва барои ҳалли проблемаҳои экологӣ мусоидат мекунад.

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

### Адабиёт

1. Отходы производства как источник получения глазури, Вестник, том 17, № 8, 2017. –С.103-105.
2. Штейнберг Ю.Г. Стронциевые глазури / Ю.Г. Штейнберг. М.: Госстройиздат, 1960. 152 с.
3. Получение глазури из отходов производства Республики Таджикистан, Мирджамолов А.М., Абдурахмонов А.А. / Материалы МНПК посвященной 20-летию государственной независимости РТ и 55-летию ТТУ имени академика М.С. Осими “Наука и строительное образование на современном этапе” // Душанбе: ТТУ. 2011. –С376-378.
4. Радченко С.Л. Получение глазурных покрытий на основе отработанных ванадиевых катализаторов / С.Л. Радченко и др. // Стекло и керамика. 2009. № 4. – С.29-31.

5. Свойства глины Рошткалинского месторождения Таджикистана и строительные материалы на их основе для обеспечения доступного жилья, Саидов Дж. Х., Умаров У.Х., Джуракулов М.Р. // Журнал БСТ (Бюллетень строительный техники) №2 (2019г), РФ.–С.51-54.

6. Механизмы структурообразования и технологические особенности производства на основе растительно-вяжущих композиций, Саидов Дж.Х., Умаров У.Х., Джуракулов М.Р. //Политехнический вестник №1<sup>(45)</sup>, Душанбе 2019. –С.224-229.

7. Получение лицевого изделий с применением органосиликатных покрытий из глин Ханабаского месторождения, Мирджамолов А.М., Саидов Х.Х., Х //МНПК «Современная наука и молодые учёные» (23 июня 2022 г.), г. Пенза, РФ. –С.55-60.

8. Использование местных бентонитовых глин в отраслях народного хозяйства Республики Таджикистан, Мирджамолов А.М., Саидов Х.Х., Х //МНПК «Современная наука и молодые учёные» (23 июня 2022 г.), г. Пенза, РФ. –С.61-63.

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

TJ	RU	EN
Чуракулов Муродали Роҳатович	Джуракулов Муродали Роҳатович	Jurakulov Murodali Rohatovich
Номзади илмҳои техникӣ, и.в. дотсент	Кандидат технических наук, и.о. доцента	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими Таджикистана e. mail: <a href="mailto:murodali1969@gmail.ru">murodali1969@gmail.ru</a>	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Мирҷамолов Абдуҷалил Мирҷамолович	Мирджамолов Абдуджалил Мирджамолович	Mirjamolov Abdujalil Mirjamolovich
Ассистент	Ассистент	Assistant
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими Таджикистана e. mail: <a href="mailto:mirdzamolov1949@mail.ru">mirdzamolov1949@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Саидов Хуршед Ҳамидуллоевич Муаллими калон	Саидов Хуршед Ҳамидуллоевич Старший преподаватель	Saidov Khurshed Hamidulloevich Senior Lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими e. mail: <a href="mailto:Said-0785@mail.ru">Said-0785@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi



**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВО ЦЕМЕНТА****Акрамов А. А.**

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье приведены результаты применения минеральных добавок из шлака, трепела, опоки, мела и глины в состав цементного камня для улучшения свойств цемента. Для этого проводили термоактивацию минеральных добавок. В работе использовали цемент марки М400 ООО "Хуаксин Гаюр" Яванского района Республики Таджикистан.

**Ключевые слова:** термоактивация, цементный камень, минеральные добавки, прочность.

**ТАЪСИРИ ИЛОВАҶОИ МИНЕРАЛӢ БА ХУСУСИЯТҶОИ СЕМЕНТ.****Акрамов А.**

Дар мақола натиҷаҳои истифодаи иловаҳои минералӣ аз шлак, трепел, опок, бӯр ва гил дар таркиби санги сементӣ барои беҳтар кардани хосиятҳои семент оварда шудаанд. Бо ин мақсад, фаъолгардонии ҳароратии иловаҳои минералӣ гузаронда шуд. Дар кор сементи навъи М400 аз ҶДММ "Хуаксин Гаюр", ноҳияи Ёвони Ҷумҳурии Тоҷикистон истифода бурда шуд.

**Калидвожаҳо:** фаъолгардонии ҳароратӣ, санги семент, иловаҳои минералӣ, мустаҳкамӣ.

**INFLUENCE OF ADDITIVES ON MAGNESIUM-CARNALLITE MIXTURE****Akramov A. A.**

The article presents the results of using mineral additives from slag, tripoli, opoka, chalk, and clay in the composition of cement stone to improve the properties of cement. For this purpose, thermal activation of mineral additives was carried out. The cement used in the work was grade M400 from Huaxin Gayur LLC, Yavan district of the Republic of Tajikistan.

**Key words:** thermal activation, cement stone, mineral additives, strength.

**Введение**

Многокомпонентный цемент, содержащий в своем составе активные минеральные добавки, давно уже заслужил признание в качестве альтернативы чистоклинкерному, главным образом, из-за своей меньшей энергоёмкости, но и также в связи с определенными преимуществами в свойствах, делающих их в ряде случаев незаменимыми [1-3]. Республика Таджикистан располагает различными высокоактивными добавками, такими как мел, глина, шлаки производства.

Минеральные добавки, вводимые в клинкерную составляющую, улучшают свойства цемента и позволяют экономить наиболее энергоёмкий компонент смеси – клинкер [4-12]. В настоящее время цемент с высоким содержанием минеральных добавок (более 20%) практически не выпускается, так как такое количество добавки резко снижает прочностные свойства готового продукта.

Известно, что термообработка позволяет активировать природные минеральные добавки. Однако пределы и режимы термоактивации исследованы пока недостаточно [1].

Целью нашей работы является термоактивация добавок для замены клинкерной составляющей без ухудшения физико-механических свойств цемента.

**Материалы и методы исследования**

Для проведения научно-исследовательской работы использовали цемент ООО "Хуаксин Гаюр" Яванского района Республики Таджикистан, а для улучшения строительно-технических свойств вводили шлак, трепел, опоку, мел и глину. Химический состав компонентов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав сырьевых компонентов, %

Состав	Si <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ППП	Прочее
Шлак	37,33	3,96	20,22	25,3	2,3	5,5	5,49
Трепел	75	12,5	3,3	0,8	1,6	5,3	1,5
Опока	72,3	7,5	5,1	7,4	4,2	2,3	1,2
Глина	65,17	12,43	4,64	3,23	1,27	8,88	9,64

Добавки исследовались дифференциально-термическим анализом на приборе фирмы Netzsch. Результаты представлены на рис 1.

По полученным данным ДТА можно сделать выводы, что в добавке шлака происходит разложение гидратных фаз (пик 464°С и, возможно, карбоната кальция, пик 720°С). Трепел – эндозффект при 710°С – разложение карбоната кальция. По подсчетам количество выделившегося CO<sub>2</sub> равно 3% от массы навески. По опоке можно сказать, что при 77°С идет удаление влаги, 225°С – разложение гидратных фаз, 571°С – разложение глинистых компонентов.

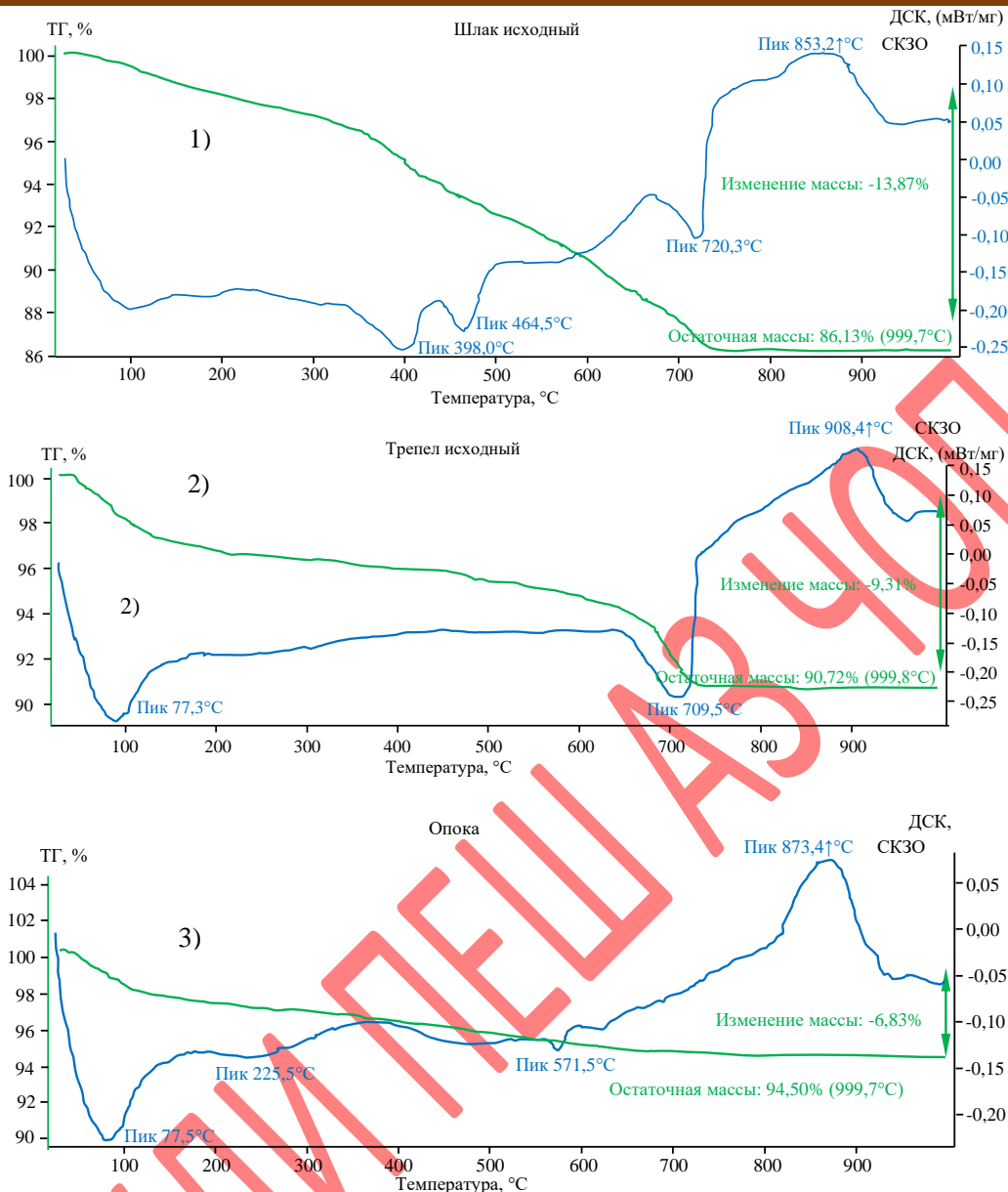


Рисунок 1 – Термограммы: 1– шлак; 2– трепел; 3– опока

### Обсуждение

Проанализировав термограммы, выбрали температуры активации: трепел и шлак – 800°C, опока – 600°C и глина – 500°C. Обжиг проводился в муфельной печи. На рисунках 2,3,4,5 представлены дифрактограммы продуктов обжига:

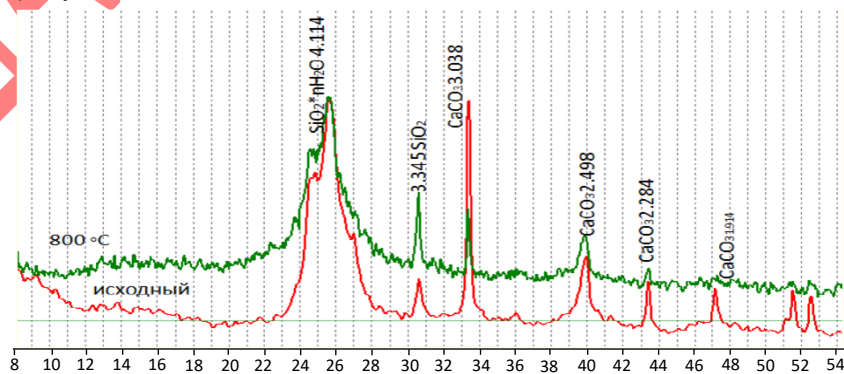


Рисунок 2 – Дифрактограмма трепела

На сравнительной рентгенограмме трепела (рис.2.) до и после обжига наблюдается уменьшение пиков CaCO<sub>3</sub> (d 1.914; 2,284; 2,498; 3,038 Å) и некоторое увеличение пиков SiO<sub>2</sub> (d 3,345 Å).

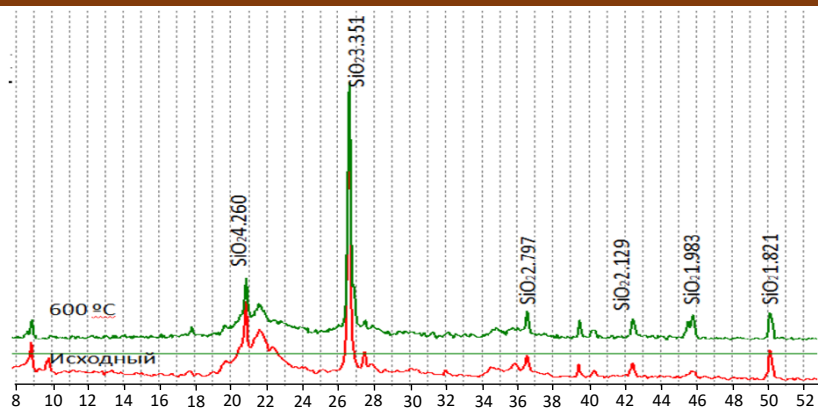


Рисунок 3 – Дифрактограмма опоки

Значительного отличия в фазовом составе опоки до и после обжига (600°C) (рис.3.) практически не обнаружено, однако, следует отметить некоторое увеличение интенсивностей  $\text{SiO}_2$  (d 3,351; 1,983; 1,821 Å).

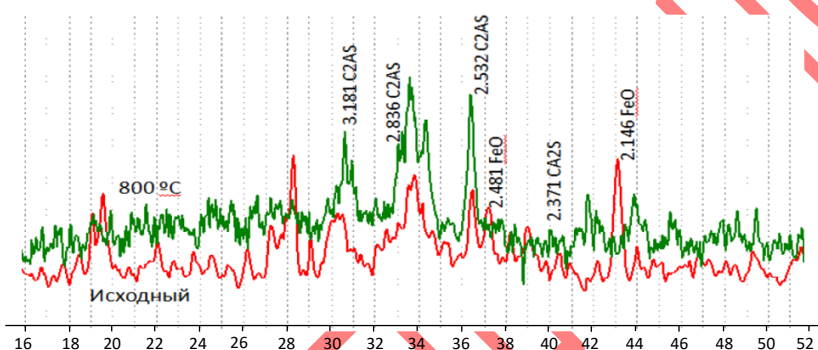


Рисунок 4 – Дифрактограмма шлака

Фазовый состав шлака характеризуется следующими минералами: геленитом (d 2,532; 2,836; 3,181 Å); гематитом (d 3,68; 2,70; 2,52 Å); вюститом (d 2,146; 2,481 Å) и мервенитом (d 2,371 Å). Термообработка при 800 °C повышает степень окисления вюстита до гематита.

На сравнительной дифрактограмме глины заметно увеличены интенсивности пиков  $\text{SiO}_2$  (d 1,819; 2,127; 2,284; 2,458; 3,345; 4,260 Å).

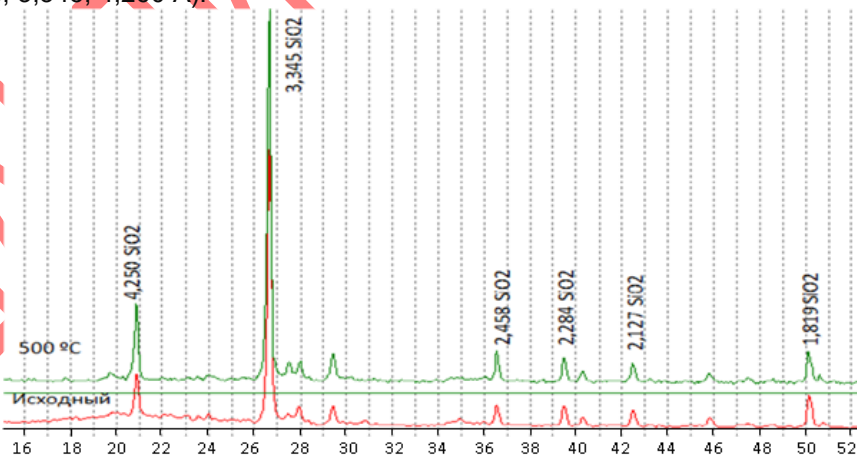
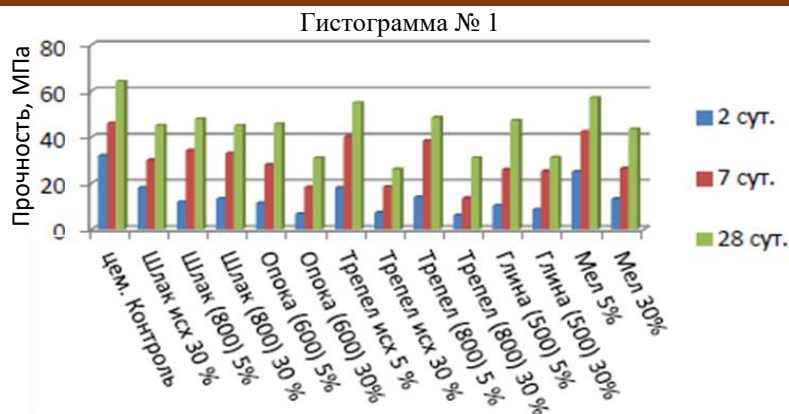


Рисунок 5 – Дифрактограмма глины

## Вывод

Термообработка способствовала повышению активности вводимых добавок. На гистограмме 1 представлена прочность опытных цементов, испытанных в малых образцах с В/Ц= 0, 28. Ввод необожженных добавок приводит к спаду прочности цемента. Добавка трепела и мела в количестве 5 % приводит к снижению прочности, на 10-14 % относительно бездобавочного цемента. В свою очередь, при введении добавок в количестве 30% не наблюдается желаемое повышение активности. Полученные результаты на 25-30% ниже значений контрольного образца. Термоактивация образцов в данном случае понизила темпы набора прочности и ее значение.



Таким образом, термоактивация таких добавок, как опока и трепел, не привела к ожидаемому улучшению свойств цемента. Термообработка шлака и глины позволяет заменить часть клинкерной составляющей в составе цемента с ожидаемым снижением прочности цементного камня. Перспективным можно считать введение в состав цемента карбонатной добавки в количестве 5%.

*Рецензент: Амирзода О.Х. — д.т.н., профессор, директор института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН РТД.*

### Литература

1. Бахарев М. В. Термоактивация комплексных минеральных добавок для производства многокомпонентных цементов: дис... канд. тех. наук. М., 1999. 125 с.
2. Акрамов А.А., Шарифов А., Муродиён А.Ш. и Умаров У.Х. Классификация твердофазных отходов производства алюминия для их вторичного использования. Доклады АН Республики Таджикистан, Т.49, Душанбе: «Дониш», 2006. – С. 344-347.
3. Акрамов А.А., Шарифов А. и Джабборов И.С. Модифицирование портландцемента добавками для его использования в производстве специальных бетонов. Доклады АН Республики Таджикистан, Т.49, №5, Душанбе: «Дониш», 2006. – С. 458-463.
4. Бутт Ю. М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов: под редакцией В.В. Тимашев М.: Высшая школа, 1980. 472 с.
5. Акрамов А.А., Шарифов А. и Умаров У.Х. Повышение прочности и снижение водопоглощения гипсобетона минерально-химическими добавками. Журнал «Технологии бетона», серия 1-2 (№66-67), Москва: «Композит», 2012 – С. 68- 69.
6. Акрамов А.А., Шарифов А., Саидов Дж.Х. и Назиров Я.Г. Влияние кремнезёмсодержащего минерального наполнителя цемента на химический и фазовый составы цементного камня в бетоне. Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 2(42), Душанбе: «Шинос», 2018. – С. 101–104.
7. Акрамов А.А., Шарифов А., Саидов Дж.Х., Шарипов Ф.Б. и Умаров У.Х. Оценка теплопроводности керамзитобетона с добавкой подмыльного шелока. Журнал бюллетень строительной техники №10(1022), Москва, Издательство “БСТ”, 2019 С. 27-29.
8. Акрамов А.А., Шарифов А., Назиров Я.Г., Муминов А.К и Ахмедов М.Ф. Модифицирование цемента золой угля Фан-Ягнобского месторождения для повышения прочности бетона. Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 1(57), Душанбе: «Шинос», 2022. – С. 157–163.
9. Акрамов А.А. Влияние добавок на магнезиально-карналлитовую смесь. Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 4(64), Душанбе: «Шинос», 2023. – С. 116-120.
10. Шарифов А., Умаров У.Х., Камолов Г., Саидов Д.Х., Хокиев М.К. Эффективный регулятор схватывания вяжущих веществ. -Сухие строительные смеси, 2011, №4, с.32-33.
11. Шарифов А., Умаров У.Х., Камолов Г., Саидов Д.Х., Хокиев М.К. Регулятор процесса схватывания неорганических вяжущих веществ. -Вестник Таджикского технического университета им. акад. М. Осими, 2010, №2(10), с.50-54.
12. Шарифов А., Умаров У.Х., Акрамов А.А. Отходы хлопчатника–эффективные добавки для модифицирования наполненных гипсовых вяжущих. -Сухие строительные смеси, 2012, №2, с.31–33.

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

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	Таджикский технический университет имени академик М.С.Осими Таджикистана e. mail: <a href="mailto:akramov.avaz@mail.ru">akramov.avaz@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi



## ВОПРОСЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ГРАДОСТРОИТЕЛЬНО-ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ЖИЗНЕСТОЙКОСТИ ГОРОДОВ И РАЙОНОВ ТАДЖИКИСТАНА

Раҳматуллозода Ш.И., Раҳматуллаева Н.И.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В работе рассмотрены вопросы исследований многих лет, включающие разработку новых и совершенствование существующих методов проектирования территориального планирования городов и районов Таджикистана. Конкретизируются два направления стратегического планирования в аспекте градостроительства и аспекте ландшафта, где в дальнейшем раскрываются взаимосвязи ряда сфер деятельности, которые необходимо исследовать.

**Ключевые слова:** архитектура, проектирование, сооружения, реконструкция, ландшафт, дизайн, планирование, комплекс, города и районы.

## ISSUES OF STRATEGIC URBAN-LANDSCAPE PLANNING AND RESILIENCE OF CITIES AND REGIONS OF TAJIKISTAN

Rakhmatullozoda Sh.I., Rakhmatullaeva N.I.

The work examines research issues for many years, including the development of new and improvement of existing methods for designing territorial planning of cities and regions of Tajikistan. Two areas of strategic planning are specified in the aspect of urban planning and the aspect of landscape, where the interrelations of a number of areas of activity that need to be explored are further revealed.

**Key words:** architecture, design, structures, reconstruction, landscape, design, planning, complex, cities and regions.

## МАСЪАЛАҶОИ СТРАТЕГИИ БАНАҚШАГИРИИ ШАҲРСОЗИИ ЛАНДШАФТӢ ВА ТАЪМИНИ ТАЛАБОТҶОИ РУШДИ ШАҲРУ ДЕҲОТИ ТОҶИКИСТОН

Раҳматуллозода Ш.И., Раҳматуллоева Н.И.

Дар мақола масъалаҳои тадқиқотии дар тӯли солҳои зиёд, аз ҷумла таҳияи усулҳои нав ва такмили усулҳои мавҷудаи тарҳрезии банақшагирии ҳудудии шаҳру деҳоти Тоҷикистон баррасӣ шудааст. Ду самти стратегии банақшагирии дар ҷанбаи шаҳрсозӣ ва ҷанбаи ландшафт муайян карда шудаанд, ки дар он робитаҳои мутақобилаи як қатор соҳаҳои фаъолият, ки бояд таҳқиқ шаванд, боз ҳам ошкор карда мешаванд.

**Калимаҳои калидӣ:** меъморӣ, тарҳрезӣ, иншоот, реконструксия, ландшафт, тарҳрезӣ, банақшагирии, маҷмаа, шаҳру ноҳияҳо

Для начала необходимо определиться, какие вопросы раскрываются в исследовании таких тем, как стратегическое градостроительно-ландшафтное планирование (СГЛП). Конкретизируются два направления стратегического планирования в аспекте градостроительства и аспекте ландшафта, где в дальнейшем раскрываются взаимосвязи ряда сфер деятельности, которые необходимо исследовать.

Первое, порядок территориального градостроительного планирования городов и районов Таджикистана. Задачей градостроительной науки становится обобщение опыта и разработка комплекса теоретических, практических и натуральных вопросов освоения территорий. На протяжении многих лет эта тема не перестаёт быть актуальной. Условия изменения геополитической обстановки социально-экономического кризиса, инновационно-экологической информационной среды, внешние воздействия, становления рыночной экономики, возрождения национальной культуры диктуют новые правила и трансформации в системе градостроительной практики, постоянно обновляя и корректируя их с учётом новых условий жизнестойкости. Появились скоростные автомагистрали, малая авиация, спутниковая связь, беспилотные системы, компьютеры, интернет, мобильные телефоны, что помогает использовать инструменты геоинформационных систем [1]. Эти системы как фон общества, где меняются потребности городских, сельских жителей. Основы градостроительного планирования внутреннего пространства любого региона зависят от факторов и служат механизмом формирования в совершенствовании второго аспекта ландшафтного планирования городов и районов.

Второй аспект представляет ландшафтное планирование, даёт новое направление в изучении стратегического планирования городов и районов Таджикистана. Имея два аспекта сфер жизнедеятельности, как градостроительство и ландшафтное планирование, данная тема позволяет объединить их в стратегическое соответствие. Ландшафт видоизменяется и зависит от природно-климатических, геологических, географических [2] показателей и отражается на планировании развивающихся городов и поселков.

Особым интересом и примером для исследования вопросов «Стратегического градостроительно-ландшафтного планирования и жизнестойкости городов и районов» могут послужить территории Таджикистана, относящиеся к Гиссаро-Алайской горной системе - Зеравшанская и Гармская группы районов. Ранее эти территории были исследованы автором в научной работе в 1999 году по теме: «Градостроительные особенности развития социальной инфраструктуры горных районов Таджикистана». Горные районы имеют благоприятные природно-климатические условия, отличаются выгодным географическим положением. На основе градостроительных особенностей горных районов Таджикистана представлена взаимосвязь расселения с ландшафтным планированием.



Территория отличается типично высокогорным, сильно расчленённым, крутосклонным рельефом с абсолютными отметками, достигающими 7495 м.абс. над уровнем моря (Пик И.Сомони). Ландшафт, экстремальные условия этого региона являются мощным подспорьем и огромным потенциалом для исследования в инновации пространственных аспектов регулирования обустройства территорий. Районы республики заняты горными массивами составляют основную часть территории республики 93%, большая часть населения расселена в долинах, вдоль бассейнов рек на 7% территории. Ощущается нехватка земли для людских поселений и трудовой деятельности. Внутреннее пространство регионов неоднородно по совокупности природных, исторических, этнических, социально-экономических и ландшафтных функций. Перечисленные функции обосновывают ряд региональных проблем для расселения поселений, где недостаточна комфортная и безопасная окружающая среда, отсутствует грамотная организация объектов обслуживания населения. Необходимо сохранить в планировочном облике населённых пунктов горного региона неизменный стержень национальных традиций. Разработанные до 1991 г. научно-исследовательские и проектно - планировочные работы по организации системы расселения и их обслуживанию, в изменившихся социально – экономических и природно-климатических условиях значительно устарели и могут быть использованы лишь как каркас в дальнейшем градостроительном планировании [3].

В условиях Таджикистана, как горного региона, следует больше считаться с вертикальными климатическими изменениями [4]. Характер орного рельефа не везде одинаков. На севере республики располагаются Ферганская долина и невысокий Кураминский хребет 1700-2500 м.абс., центральной части - горные хребты Кухистана, на востоке возвышается Памир 3500-4000 м.абс – самая суровая и гористая область республики. Сочетание высоких горных хребтов от 6000 м.абс. и низменностей до 300-1000 м.абс. определило необычайную контрастность и вертикальную горную природно - климатическую зональность. Это своеобразие вертикального изменения климата и орографии обуславливает особое районирование на территории республики. Исходя из особенностей расселения республики выделяется несколько зон, каждая из которых имеет свой тип расселения, характеризующийся неодинаковой плотностью населения, различной формой функционально - планировочной организацией населенных мест. В данном случае рассматривается Зеравшанская и Гармская группа районов - характерная часть страны по вертикально-поясным и природно-климатическим характеристикам (Рис1.).

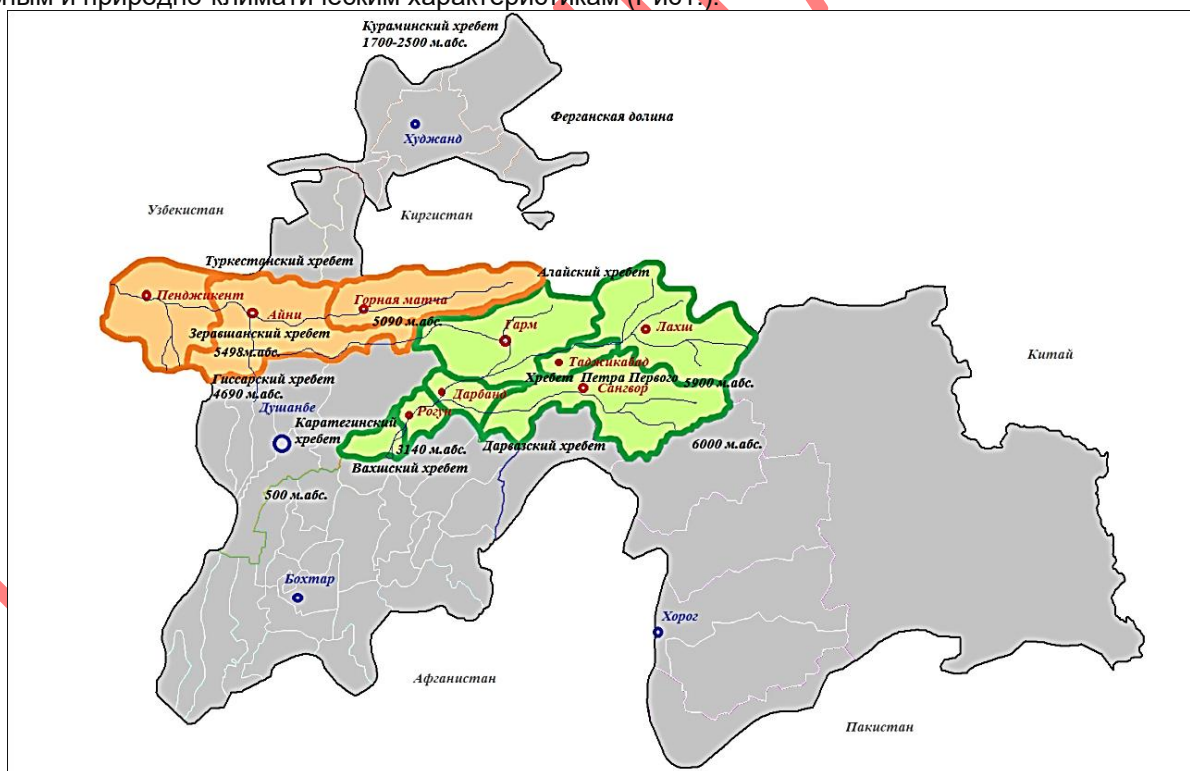


Рисунок 1 – Схема районирования Республики Таджикистан с организацией административных центров страны, Зеравшанской и Гармской группы районов с абсолютными отметками над уровнем моря. (Составлена автором на основе анализа исследованных материалов)

Зеравшанская группа районов занимает значительную часть Северного Таджикистана, к северу от г.Душанбе и к югу от г.Худжанд. Территория ограничена на востоке мощным горным узлом с Зеравшанским ледником, а на юге и на севере расходящимися от этого узла Гиссарским и Туркестанским хребтами (Рис. 2, 3). Зеравшанская группа районов занимает 6,2% территории республики и включает в себя г.Пенджикент, административный центр Айни и район - Горная Матча.



Рисунок 2 – Зеравшанская группа районов. Административное состояние региона РТ [5]<sup>1</sup>

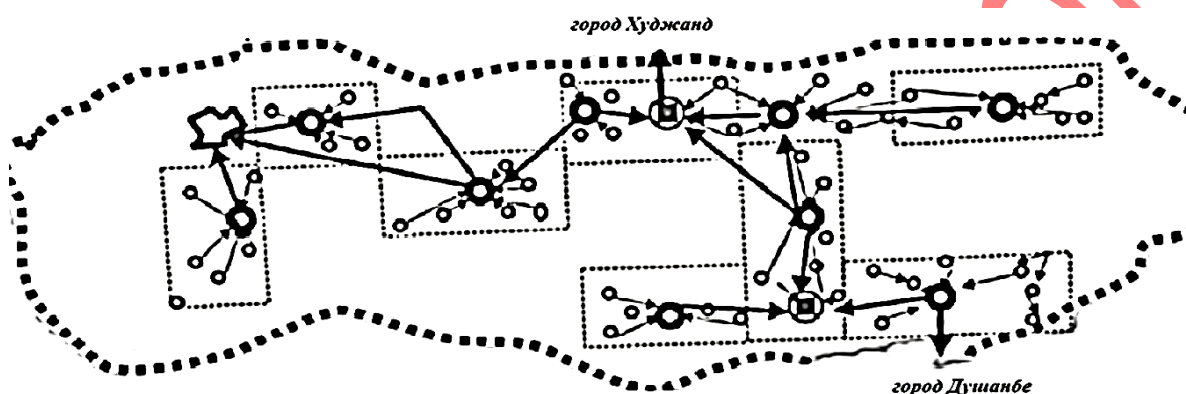


Рисунок 3 – Система расселения Зеравшанской группы районов. (составлена автором)

Исследование территорий районов, показывает, что крупные кишлаки расположены в нижней части долин, а по мере подъема долины становятся меньше населенных пунктов, густота поселений и их людность, где плотность населения колеблется в пределах от 50-100 чел./ км<sup>2</sup>. действительно по Зеравшанской группе районов Пенджикентский район расположен в нижней части долин и плотность населения составляет 53 чел./км<sup>2</sup>. По сравнению с низменными территориями в горных районах резко меняются параметры сельского расселения.

Из 184 населенных пунктов выделенных областей исследовано 48. Результаты показали, что 6 кишлаков в составе 731 хозяйства размещены на отметках до 1000м, 18 кишлаков в составе 3486 хозяйств расположены на уровне от 1000-1200 м, 14 кишлаков на 780 хозяйств расположены на отметках 1200-1400м и 10 кишлаков на 580 хозяйств расположены на отметках 1407-1958 м.

Например, район Горной Матчи по планировочной схеме имеет линейную форму протяженностью в 120 км и шириной в среднем 17-19 км. Застройка простирается вдоль главных дорог и рек, растягивающихся до 2-3 км, поселения характеризуются линейной формой с довольно густой сетью больших поселков с населением от 500-1000 жителей. Такое размещение образует улицу – коридор и ведет к рассредоточению жителей на территории населенного пункта, усложняет организацию социальной инфраструктуры. При линейной схеме населенного пункта центр обычно размещается ближе к месту жительства основной массы населения.

Что касается ландшафтного планирования региона, которое формируется с геологическими строениями территории, обуславливает своеобразную систему расселения в условиях республики. На (рис. 4) представлены рельефные характеристики Зеравшанского региона, где заметно большую часть территории долины, около 70%, составляют скалы и ледники [6].

Учёные считают, что современный рельеф Таджикистана за счёт процесса «роста» хребтов сопровождается образованием складок, надвигов, разрывов и глыбовых смещений, что вызывает тектонические нарушения и вызывает землетрясения. Чаще всего сильные землетрясения бывают в местах сближения растущих хребтов (Гиссаро-Алай, Памир, долина Сурхоба, Преддарвазье). В

<sup>1</sup> Мухаммадхусейни Хусейнин Рузбахони. Влияние природных условий и ресурсов на размещение и развитие отраслей сельского хозяйства Зеравшанского региона Республики Таджикистан (Исторический и современные аспекты) Душанбе 2018г.

промышленном и гражданском строительстве, которое ведется в опасных зонах, используются новейшие методы (углубление фундамента, применение свай и антисейсмических поясов между этажами зданий). Они позволяют делать сооружения прочными, легко переносимыми даже мощные подземные толчки [7].



Рисунок 4 – Система расселения Зеравшанской группы районов [5].

Гарм – это древнее поселение, расположенное восточнее Гиссарского хребта на северном берегу Сурхоба, 1378 м. абс. Главный город исторического региона Каратегин, центр Раштского района, 185 км от города Душанбе. Современная сеть городов и районов представляет собой мелкоочаговую дисперсную структуру расселения, в которой преобладает мелкие кишлаки с населением от 100-200 человек и только 3% от общего числа поселений жителей превышает 1000 человек [8] (Рис. 5). Следует отметить, что большинство поселений относится к категории развивающихся и лишь 1% из них теряет свое население. Главные пути и перспективы развития структуры расселения и использование земельных ресурсов в горных районах республики, зонирование по горизонтали и вертикали исследуемых территорий.

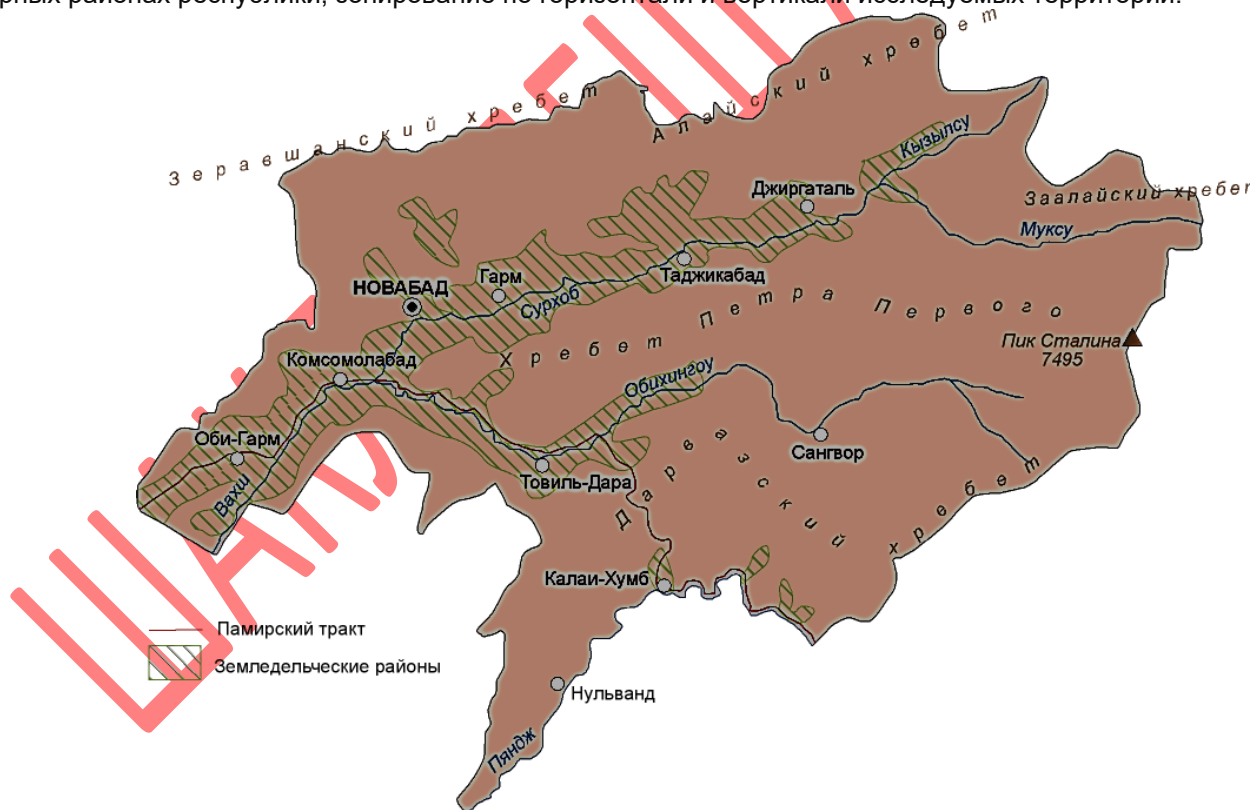


Рисунок 5 – Карта Гармской области (начало 1950-х), составлена в 2013г.  
[Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Предгорный тип селения типологически находится между горными и долинными типами. Здесь нет хаотичной плотной застройки, замкнутых жилых участков, ярусного типа застройки, характерно отсутствие дворов и улиц. В предгорном селении наблюдается четкое функциональное зонирование селитебных территорий, сельскохозяйственных и производственно – хозяйственных территорий. Здесь в предгорном селении имеется непосредственная связь с поливными территориями и садами.



В местах высокогорья отсутствует, как правило, инженерная инфраструктура, недостаточна обеспеченность транспортного обслуживания. Сложности возникают в зимнее время, когда из-за сложности условий происходит отрезанность большинства ущелий и селений от городов и районов республики. Расселение в населенном пункте обусловлено, прежде всего, природными условиями. Строительные качества грунтов, рельеф, уровень стояния грунтовых вод и другие природные факторы, которыми определяется возможность использования территорий для строительных целей, так или иначе, влияют на расселение.

Как, например, на (рис. 6), можно видеть равнинный участок, предгорный и высокогорный. При выборе участка поселения главнейшая роль отводится наличию рек и возможности ирригации. Даже в современных условиях эта традиция не утратила свое значение.

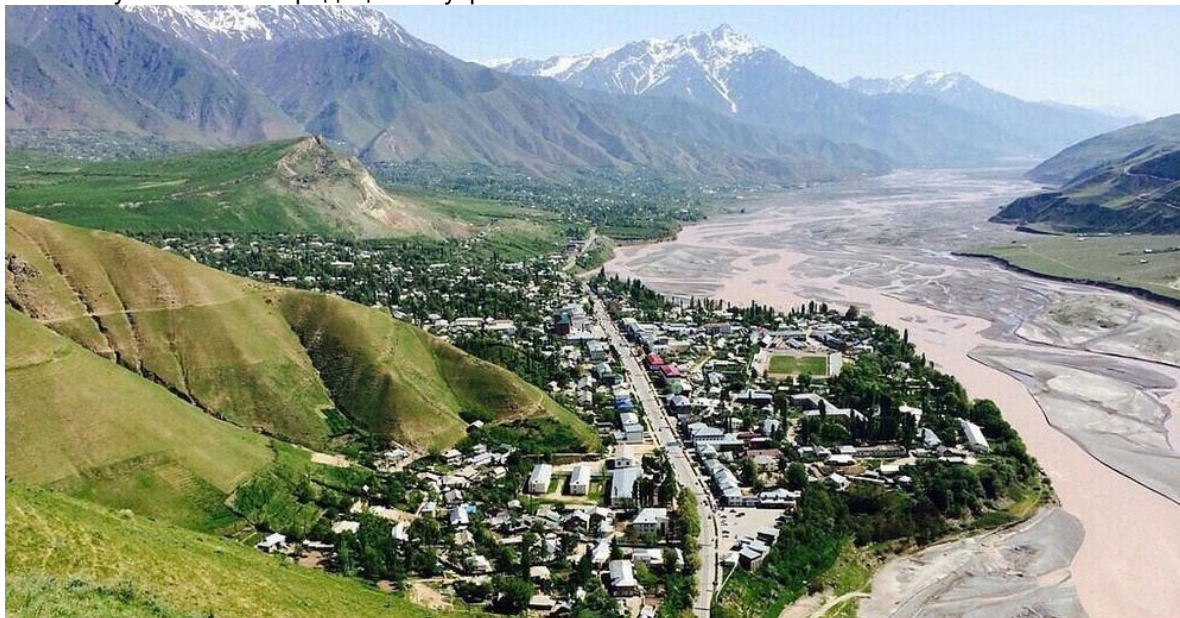


Рисунок 6 – Рафт, иллюстративное фото. Гармская группа районов. (Фото «Я люблю свой Таджикистан» интернет-портал).

Однако какими бы высокими строительными или санитарными качествами ни отличались рассмотренные территории районов, они не могут быть признаны пригодным, если при этом не обеспечиваются удобства для жизни людей. Понятие удобства расселения очень широкое, оно определяется: хорошей связью с местами приложения труда, близостью школ, магазинов, других обслуживающих учреждений, уровнем благоустройства территории, качеством транспортного обслуживания, для сельского населения учитывать планирование хозяйственной, животноводческой деятельности и экологические функции.

На территориях Зеравшанского и Гармского региона имеются различные природные ресурсы, на основе которых могут создаваться малые и средние предприятия, что обеспечит в дальнейшем устойчивую основу для создания новых рабочих мест, повышения уровня благосостояния населения районов. Использование промышленного и сельскохозяйственного потенциала районов в дальнейшем необходимо осуществлять с учетом обеспечения природного баланса района, защиты окружающей среды и сохранения биоразнообразия.

Результаты анализа и обобщения статистических и картографических материалов по определенным регионам территории республики за период с 1989г.-1996г.-2022г. позволили классифицировать сельские населенные пункты по вертикально-поясным зонам. Исследуемые Зеравшанский и Гармский районы имеют почти равные условия как расселения, так и природные условия. При достаточно обширном биоразнообразии для решения проблем расселения и ландшафтного взаимодействия при землепользовании необходимо предлагать зонирование по функциям и вертикальным поясам. При использовании равнинных, предгорных и высокогорных ландшафтов, решается вопрос где расселяться, где заниматься сельским хозяйством с поливом территорий, и где определять пастбищные угодья, не разрушая экологическое состояние экосистем и развивая природно-экономические зоны.

*Рецензент: Ганизода Д.Ш. — кандидат архитектуры, и.о. профессора, Ректор Государственного института изобразительного искусства и дизайна Таджикистана*

### Литература

1. Е.Ю. Колбовский, Стратегическое пространственное планирование как инструмент регионального развития. Ярославский педагогический вестник-2011№3, Т III (естественные науки).
2. С. Солодянкина, М.В.Левашёва, Ландшафтно-экологическое планирование для оптимизации природопользования. Учебное пособие. Иркутск 2013 ИГУ, 170 стр.

3. Ш. И. Рахматуллозода, К. Усмонзода. Факторы развития городской среды с учетом транспортной инфраструктуры города Душанбе. Политехнический вестник №3 (47) – 2019г. стр. 131
4. А.А. Акбаров. Формирование поселков АПК. В условиях горного региона. Душанбе. «Ирфон» 1988.
5. М. Х. Рузбахони. Влияние природных условий и ресурсов на размещение и развитие отраслей сельского хозяйства Зеравшанского региона Республики Таджикистан (Исторический и современные аспекты) Душанбе 2018г.
6. И.А.Аминов. Природно-экономические зоны Республики Таджикистан: состояние и перспективы. Д-2013г.
7. Ландшафт Таджикистана OrexSA.com © 2003-2024.
8. Э.В. Ямпольский. Вверх по вертикали. Народная газета, 1993. 1 апреля.

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

TJ	RU	EN
Рахматуллозода Ш.И. Н.м., муал. калон	Рахматуллозода Ш.И. К. арх., ст. преп	Rakhmatullozoda Sh.I Candidate of architecture
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими Таджикистана e. mail: <a href="mailto:Shahnoz119@gmail.ru">Shahnoz119@gmail.ru</a>	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Рахматуллаева Насиба Игоревна Докторант PhD	Рахматуллаева Насиба Игоревна Докторант PhD	Rahmatullaeva Nasiba Igorevna PhD student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими Таджикистана e. mail: <a href="mailto:nasib2727@gmail.com">nasib2727@gmail.com</a>	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi



## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУЛЬФОФЕРРИТНОГО КЛИНКЕРА

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

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье изучены возможности получения сульфферритового клинкера на основе природных и техногенных материалов. Для этого было изучено минералообразование сульфферритного клинкера (СФК) при синтезировании высокого и низкоосновного ее состава на основе природных материалов. В работе использовались химические реактивы для получения сырьевых смесей и проводилась серия изотермических спеканий для последовательного изучения минералообразования в СФК при температурах 1000, 1100, 1200, 1300 °С – для  $C_2F \cdot CaSO_4$  и 900, 1000, 1100 °С – для  $3CF \cdot 0,3CaSO_4$ .

**Ключевые слова:** клинкер, минералообразование, синтезирование, температура, обжиг, декарбонизация, ангидрид.

### ТАЪСИРИ МАСОЛЕҲҲОИ ТАБИЙ ВА ТЕХНОГЕНӢ БА ҲОСИЛ НАМУДАНИ КЛИНКЕРИ СУЛФОФЕРРИТ

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

Дар мақола имкониятҳои истеҳсоли клинкери сульфферрит дар асоси маводи табиӣ ва сунӣ баррасӣ карда мешавад. Бо ин мақсад ҳосилшавии минерали клинкери сульфферрит (МКС) тадқиқ карда шуда, дар айни замон дар асоси материалҳои табиӣ таркиби баланд ва пасти асосии он синтез карда шуд. Дар қор барои ба даст овардани омехтаҳои хом аз реагентҳои кимиёвӣ истифода бурда шуд ва як қатор изотермизатсияи изотермикӣ барои омӯзиши пайдарпаии ташаккули минералӣ дар МКС дар ҳарорати 1000, 1100, 1200, 1300 °С - барои  $C_2F \cdot CaSO_4$  ва 900, 1000, 1100 барои  $3CF \cdot 0,3CaSO_4$  гузаронида шуд.

**Калидвожаҳо:** клинкер, ҳосилшавии минералӣ, синтез, ҳарорат, бирёнқунӣ, декарбонизатсия, ангидрид.

### INFLUENCE OF NATURAL AND TECHNOGENIC MATERIALS FOR OBTAINING SULFOFERRITE CLINKER

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

The article examines the possibilities of producing sulfoferrite clinker based on natural and man-made materials. For this purpose, the mineral formation of sulfoferrite clinker (SFC) was studied, while synthesizing its high and low basic composition based on natural materials. The work used chemical reagents to obtain raw mixtures and carried out a series of isothermal sinterings to sequentially study mineral formation in SFC at temperatures of 1000, 1100, 1200, 1300 °C - for  $C_2F \cdot CaSO_4$  and 900, 1000, 1100 °C - for  $3CF \cdot 0,3CaSO_4$ .

**Key words:** clinker, mineral formation, synthesis, temperature, roasting, decarbonization, anhydride.

#### Введение

Использование цементов в различной строительной сфере создает необходимость производства цемента с определенными технологическими свойствами. При невыполнении условия прочности при растяжении в готовых продукциях, то есть когда растягивающее напряжение больше допустимого, то появляются трещины, которые приводят к усадке цементного камня. Это происходит в результате попадания влаги в появившиеся трещины, которые приводят к нарушению прочности готовой продукции. Для недопущения подобного случая используются специальные цементы и добавки при изготовлении изделий, которые в свою очередь будут отвечать требованиям прочности, водонепроницаемости и трещиностойкости изделий. Полученные путем смешивания растягивающихся и рядовых портландцементных клинкеров – композиционные вяжущие относятся к этим изделиям [1-12].

Линейная усадка бетона, сделанного из обычного цемента, равна 0,05-0,1%, что является результатом карбонизации углекислым газом и потери воды [13-15]. При использовании расширяющихся цементов с небольшим расширением, около 0,1%, удается предотвратить уменьшение размеров бетонных изделий. В таком случае, в первый период происходит расширение, во второй период обратный процесс – усадка, величина которой приблизительно равна величине расширения, в результате затвердевший бетон приобретает исходный размер, который был сразу после формования. Такие цементы с данной степенью расширения называют безусадочными.

#### Материалы и методы исследования

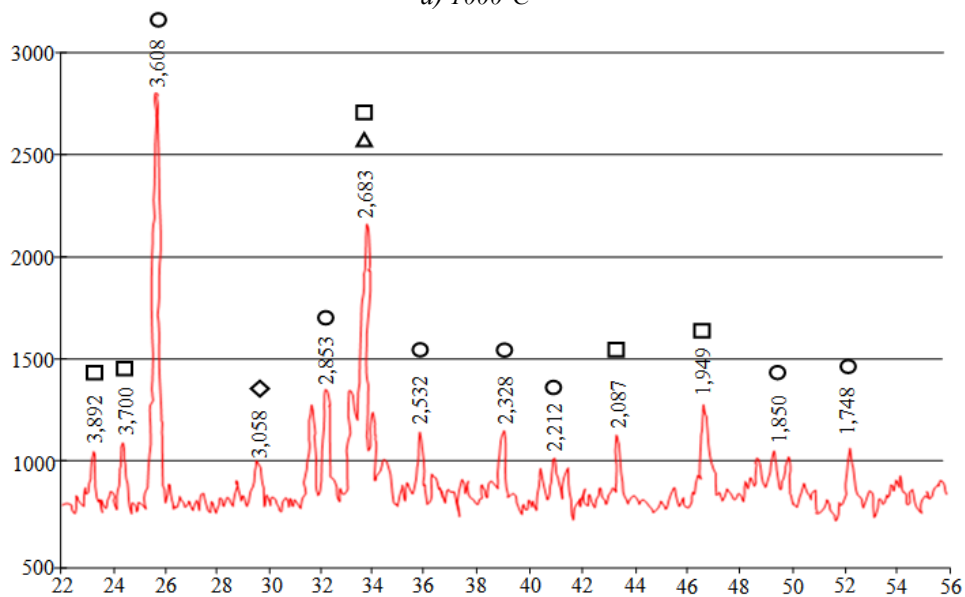
В качестве расширяющейся добавки в цемент могут использоваться алюминиевые порошки, сульфоалюмоферритные и сульфоалюмоферритные добавки.

В научной литературе процессы получения расширяющихся цементов на основе сульфферритной добавки малоизучены, что препятствует его промышленному применению. Поставленная цель работы заключается в изучении минералообразования, происходящего при синтезировании сульфферритного клинкера (СФК) на основе химически чистых компонентов. Для этого понадобилось синтезировать высокий и низкоосновной состав на основе природных материалов. Нами были использованы химические реактивы  $CaCO_3$ ,  $Fe_2O_3$  и  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  для изготовления сырьевых смесей, рассчитанных для получения высокого и низкоосновного сульфата кальция, чтоб исследовать процессы фазообразования в СФК. Состав высокого и низкоосновного сульфата кальция приведен в таблице 1.

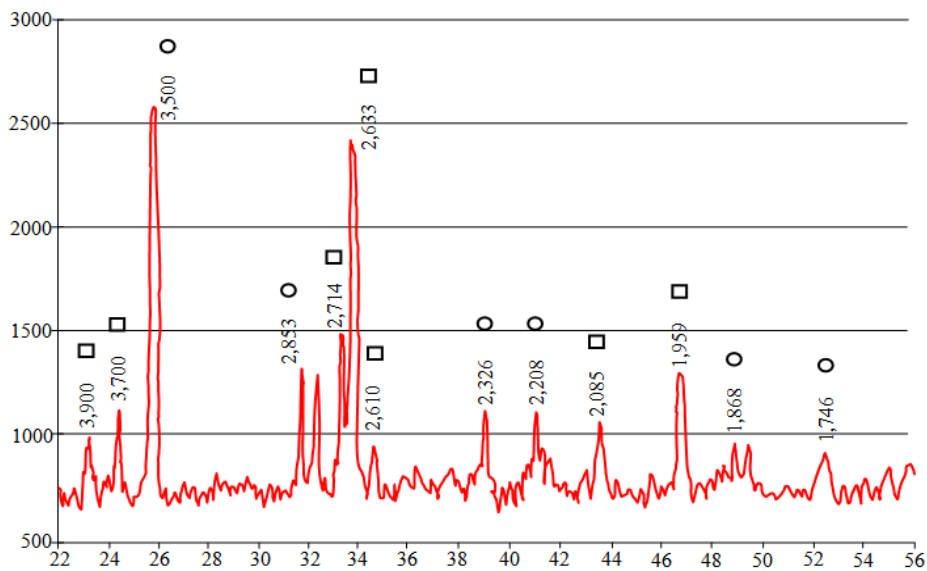
Таблица 1 – состав сырьевых смесей для получения высокой низкоосновного СФК, %

Смесь	$CaCO_3$	$CaSO_4$	$Fe_2O_3$	Всего
$C_2F \cdot CaSO_4$	38	32	30	100
$3CF \cdot 0,3CaSO_4$	35	7	58	100

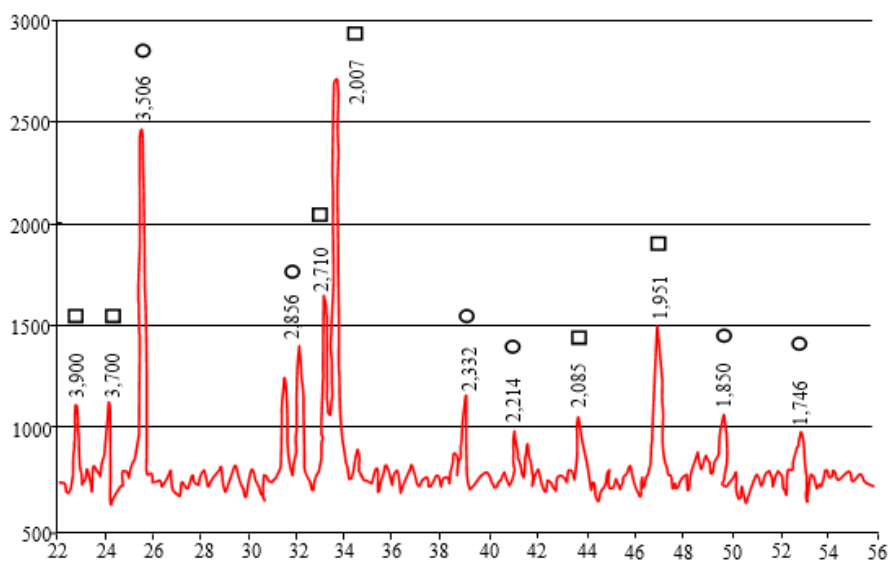
a) 1000 °C



б) 1100 °C



в) 1200 °C



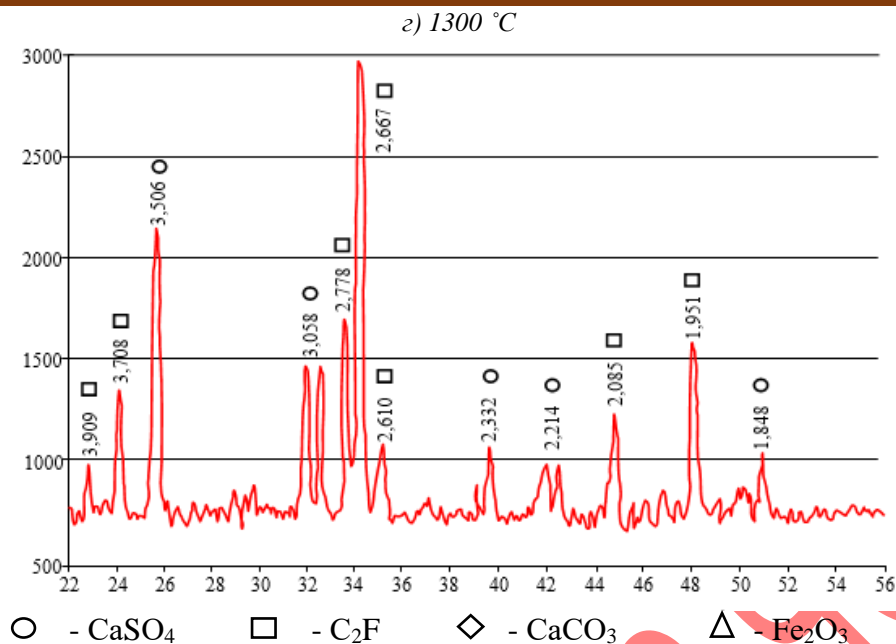


Рисунок 1 – Изменение фазового состава СФК, рассчитанного на образование C<sub>2</sub>F·CaSO<sub>4</sub> при увеличении температуры от 1000-1300 °C

### Обсуждение

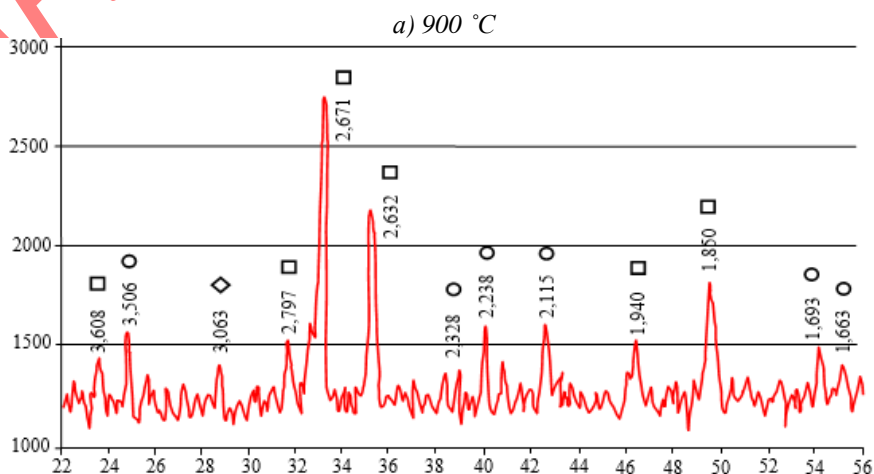
Была проведена серия изотермических спеканий для изучения последовательности минералообразования в СФК при температурах 1000, 1100, 1200, 1300 °C – для C<sub>2</sub>F·CaSO<sub>4</sub> и 900, 1000, 1100 °C – для 3CF·0,3CaSO<sub>4</sub>. Из диаграммы состояния двухкомпонентных систем о плавлении фаз двухкальциевого и однокальциевого ферритов были выбраны конечные температуры обжига.

На рисунке 1.а) представлен обожжённый СФК при температуре 1000 °C, представлен двумя фазами: C<sub>2</sub>F (d = 2,68; 1,95; 1,69; Å) и CaSO<sub>4</sub> (d = 3,51; 2,85; 2,53 Å). Видно, что присутствует в клинкере отражение CaCO<sub>3</sub>, которое не успело разложиться к этому времени обжига.

Из рисунка 1.б видно, что процесс завершения декарбонизации CaCO<sub>3</sub> при температуре 1100 °C, это подтверждается отсутствием его отражений. Видно, что при дальнейшем увеличении температуры до 1100 °C оксид железа (III) полностью связывается с CaO и образуется двухкальциевый феррит C<sub>2</sub>F (d = 2,69; 3,90; 1,95 Å). Надо отметить, что процесс взаимодействия оксида кальция, освободившегося от CaCO<sub>3</sub>, с оксидом железа протекал в ускоренном виде, в результате чего образовался оксид кальция в свободном состоянии.

Также при температуре 1100 °C наблюдалось снижение интенсивности пиков ангидрида CaSO<sub>4</sub> (d = 3,50; 2,33; 2,21 Å) в результате внедрения CaSO<sub>4</sub> в фазу C<sub>2</sub>F (рис. 1.в).

Увеличение интенсивности двухкальциевого феррита в клинкере происходило при постепенном усвоении ангидрида, который в свою очередь сопровождался уменьшением интенсивности его отражений в процессе изменения температуры от 1100 до 1300 °C. Из рисунка 1.г) видно достаточное количество неусвоившегося CaSO<sub>4</sub> при температуре обжига 1300 °C.



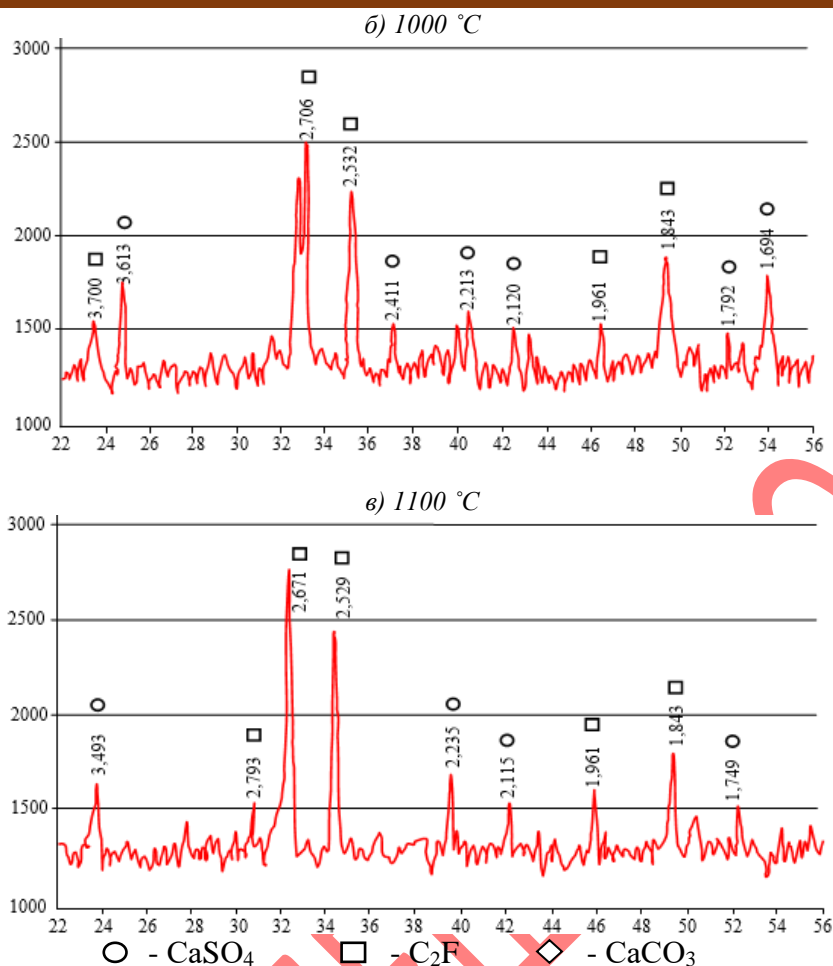


Рисунок 2 – Изменение фазового состава СФК, рассчитанного на образование  $3CF\cdot 0,3CaSO_4$ , при увеличении температуры от 900-1100 °С

Низкоосновной СФК, обожжённый при температуре 900 °С, в качестве основной фазы содержал CF ( $d = 2,67; 2,53; 2,79 \text{ \AA}$ ), а также  $CaSO_4$  и  $CaCO_3$  ( $d = 3,06 \text{ \AA}$ ), что свидетельствовало о незавершенности процесса декарбонизации при данной температуре (рис. 2.а). При температуре 1000 °С (рис. 2.б) завершился процесс декарбонизации  $CaCO_3$ , что доказывается отсутствием пиков  $CaCO_3$ .

Полное разложение  $CaCO_3$  в низкоосновном СФК произошло раньше (при температуре 1000 °С) в сравнении с высокоосновным СФК, где процесс декарбонизации завершился при 1100 °С.

После процесса декарбонизации и полного связывания оксида кальция в однокальциевый феррит изменений в клинкере не происходило, отражения ангидрита имели неизменную интенсивность при повышении температуры. Процесс обжига был завершён при 1100 °С во избежание полного расплавления клинкера.

## Выводы

В результате проведенных исследований было выявлено, что полного взаимодействия ферритных фаз с ангидритом с образованием сульфферритов кальция разной основности не происходило.

В случае обжига сырьевой смеси, рассчитанной на получение сульфферрита кальция на основе  $C_2F$ , ангидрит в небольшом количестве внедрялся в структуру двухкальциевого феррита, что сопровождалось уменьшением интенсивности отражений  $CaSO_4$  и небольшим увеличением интенсивности отражений  $C_2F$ . В случае обжига сырьевой смеси, рассчитанной на получение сульфферрита кальция на основе CF, внедрения ангидрита не наблюдалось.

Таким образом, при синтезе сульфферритного клинкера на основе химически чистых компонентов клинкер был представлен двумя фазами: ферритом кальция и ангидритом, образования сульфферрита кальция не происходило.

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

## Литература

1. Борисов И.Н., Мандикова О.С., Семин А.Н. Расширяющаяся добавка на основе сульфатированного и ферритного отходов для получения специальных цементов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №1. С. 125-128.
2. Шарифов А., Акрамов А.А., Хокиев М.К., Умаров У.Х. Комплексные химические добавки для цементных бетонов Вестник Таджикского технического университета, серия 3(11), Душанбе: «Шинос», 2010. – С.69 –72.

3. Шарифов А., Акрамов А.А., Хокиев М.К., Умаров У.Х., Саидов Д.Х. Механизмы влияния декстрина и модифицированного лигносульфоната технического на процессы гидратации и твердения портландцемента. Известия АН Республики Таджикистан, №4 (141), Душанбе: «Дониш», 2010. – С. 78–84.
4. Шарифов А., Акрамов А.А., Улукханов Ал.А., Субхонов Д.К., Шодиев Г.Г. Растительное сырьё для получения эффективных органических модификаторов вяжущих веществ. Доклады АН Республики Таджикистан, Т.60, №5-6, Душанбе: «Дониш», 2017. – С. 259-263.
5. Шарифов А., Акрамов А.А., Шарипов Ф.Б. Цементные растворы с комплексными добавками на основе подмыльного щелока. Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 4(40), Душанбе: «Шинос», 2017. – С. 75-79.
6. Шарифов А., Акрамов А.А., Саидов Дж.Х., Назиров Я.Г. Влияние кремнезёмсодержащего минерального наполнителя цемента на химический и фазовый составы цементного камня в бетоне. Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 2(42), Душанбе: «Шинос», 2018. – С. 101–104.
7. Шарифов А., Акрамов А.А., Саидов Дж.Х., Назиров Я.Г. Коррозионностойкость бетона на цементе с кремнезёмсодержащим минеральным наполнителем. Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 2(42), Душанбе: «Шинос», 2018. – С. 121–125.
8. Шарифов А., Шарипов Ф.Б., Акрамов А.А. Низкомарочный керамзитобетон с воздухововлекающей химической добавкой. Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 3(42), Душанбе: «Шинос», 2018. – С. 70–74.
9. Акрамов А.А.1, Назиров Я.Г., Муминов А.К. Водонепроницаемость бетона с одиарными и комплексными добавками. Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 1(53), Душанбе: «Шинос», 2021. – С. 107–111.
10. Шарифов А., Акрамов А.А., Назиров Я.Г., Муминов А.К., Ахмедов М.Ф. Оптимизация состава мелкозернистого бетона. Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 4(56), Душанбе: «Шинос», 2021. – С. 157–162.
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: «Шинос», 2022. – С. 157–163.
12. Акрамов А.А. Влияние добавок на магнезиально-карналлитовую смесь. Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 4(64), Душанбе: «Шинос», 2023. – С. 116-12
13. Венюа М. Цементы и бетоны в строительстве. М.: Стройиздат, 1980.– 415 с.
14. Михайлов Н.В. Основные принципы новой технологии бетона и железобетона. М.: Госстройиздат, 196. 52 с.
15. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1981. 335 с

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

TJ	RU	EN
Акрамов Авазҷон Абдуллоевич Номзади илмҳои техники, доцент Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Акрамов Авазҷон Абдуллоевич Кандидати техникаи ҷишҳои доцент Ҷаҷикии техникаи университет иници академик М.С.Осимӣ Ҷаҷикистани e. mail: <a href="mailto:akramov.avaz@mail.ru">akramov.avaz@mail.ru</a>	Akramov Avazjon Abdulloevich Candidate of technical sciences, assistant professor Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
Ашуров Идрис Шарифхонович муаллими калон Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Ашуров Идрис Шарифхонович старший преподаватель Ҷаҷикии техникаи университет иници академик М.С.Осимӣ Ҷаҷикистани e. mail: <a href="mailto:ashurovidris@gmail.com">ashurovidris@gmail.com</a>	Ashurov Idris Sharifkhonovich senior lecturer Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
Муминов Ихтиёр Субҳонкулович муаллими калони Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Муминов Ихтиёр Субҳонкулович старший преподаватель Ҷаҷикии техникаи университет иници академик М.С.Осимӣ Ҷаҷикистани e. mail: <a href="mailto:imuminov86@gmail.com">imuminov86@gmail.com</a>	Muminov Ikhtiyor Subkhonkulovich senior lecturer Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
Саидов Римоҳиддин Раҷабович Номзади илмҳои техники, муаллими калон Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Саидов Римоҳиддин Раҷабович Кандидат техникаи ҷишҳои старший преподаватель Ҷаҷикии техникаи университет иници академик М.С.Осимӣ Ҷаҷикистани e. mail: <a href="mailto:rimokhiddin@mail.ru">rimokhiddin@mail.ru</a>	Saidov Rimohiddin Radjabovic Candidate of technical sciences, senior lecturer Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi



## ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОЙ ОБДЕЛКИ И ЦЕМЕНТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ТОННЕЛЯ СТ-4 РОГУНСКОЙ ГЭС

Саидов М.Х.<sup>1</sup>, Сулеймонова М.А.<sup>1</sup>, Хасанов М.Н.<sup>2</sup>

Таджикский технический университет, им. акад. М.С. Осими<sup>1</sup>

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана<sup>2</sup>

В статье приводятся сведения по выбору конструкций обделок и проведения цементационных работ в строительном тоннеле СТ-4 Рогунской ГЭС. Подробно изложены материалы и методы исследований, описаны поперечные сечения, пролеты выработок, от которых зависит выбор конструкции металлической опалубки.

Следует отметить, что подробно описаны возведение обделки и её бетонирование, а также применяемые машины и механизмы приведены в представленной статье. Подробно и поэтапно рассмотрены вопросы бетонирования, опалубочных работ, армирования, возведения монолитных обделок, этапы работ и способы их выполнения в достаточном объеме отражены в статье.

В заключительной части статьи приводятся выводы по использованию метода цементации путем инъектирования цементного раствора с качественного обеспечения работ по цементации строительного тоннеля СТ-4.

**Ключевые слова:** обделка, бетонирование, опалубка, тоннель, арматура, оборудование, механизмы, армирование, раствор, скважины

## ИНТИХОБИ РУПУШИ КОНСТРУКТИВӢ ВА ИҶРОИ ҚОРҶОИ СЕМЕНТКУНОӢ ДАР НАҚБИ СОХТМОНИИ СТ-4-и НБО-и РОГУН

Саидов М.Х., Сулеймонова М.А., Ҳасанов М.Н.

Дар мақола маълумотҳо оиди интиҳои сохти рӯйпуш ва қорҳои сементкуноӣ дар нақби СТ-4 НБО-и Роғун маълумот оварда шудааст. Масолаҳо, тарзҳои таққикотҳо, шаклҳои бурришҳои кундаланг муфассал баён карда шуда, бо нақшаҳои мувофиқ тасвири худро ёфтаанд.

Тарзи сохтани рупуши яқлукт, маҷмуаи механизмҳо ва таҷҳизотҳои зарурӣ дар мақола муфассал баён карда шудааст. Барои иҷро намудани қорҳои бетонрезӣ, қолабҳо, армиронӣ, бунеди рупушҳои яқлукт марҳилаҳои иҷроии қорҳо ва тарзи иҷроии қорҳо пурра ва муфассал баён карда шудаанд. Натиҷаҳои қорҳои гузаронидашуда ва сементкунонии пуркунонда агрегати сементкунонда ва тарзи истифодаи он дар мақола пурра оварда шудааст.

Дар охир мақола хулосаҳо оиди истифодаи пурраи таъмин ва сифатнок, истифода бурдани тарзи сементкунонии дар нақби сохтмони СТ-4 оварда шудаанд.

Калидвожаҳо: рупушкунӣ, бетонкунӣ, қолаб, нақб, арматура, таҷҳизот, механизмҳо, армиронӣ, маҳлул, чоҳҳо

## SELECTION OF STRUCTURAL LINING AND GROUTING WORKS OF THE ST-4 CONSTRUCTION TUNNEL OF ROGUNSKAYA HPP

Saidov M.H., Suleymonova M.A., Hasanov M.N

The article provides information on selection of lining structures and grouting works in the construction tunnel ST-4 of Rogun hydroelectric power station. Materials and methods of research are described in detail, cross-sections, excavation spans, on which the choice of metal formwork design depends, are described.

It should be noted that the detailed description of the lining erection and its concreting, as well as the applied machines and mechanisms are given in the presented article. Concreting, formwork works, reinforcement, monolithic lining erection are considered in detail and step by step, the stages of works and methods of their fulfillment are fully described in the article.

The final part of the article contains conclusions on the use of grouting method by injection of cement mortar to ensure the quality of grouting works of construction tunnel ST-4.

**Key words:** lining, concreting, formwork, tunnel, reinforcement, equipment, mechanisms, reinforcement, mortar, boreholes

### Введение

Строительный тоннель СТ-4 по протяженности составляет 1760м. Отметка лотка на входном портале 1090,00м, на выходном портале около 1055,00м. Пропускная способность строительного тоннеля при максимальном напоре составляет 3500м<sup>3</sup>/сек. В напорной части сечение тоннеля круглое с диаметром 15,0м с протяженностью до разветвления тоннеля, которое начинается с ПК12+37,30 на точке Т-20. Безнапорная часть тоннеля из двух ветвей с подковообразным поперечным сечением, берет начало после камеры затворов и в дальнейшем, при поднятии уровня ВБ (верхнего бьефа) используется для подключения ТВВУ-1 (НЛО-1) через шахты, который обеспечивает на период постоянной эксплуатации Рогунского гидроузла (рисунке 1) [1-4].

В период строительства строительного тоннеля СТ-4 используются все подъездные пути, ведущие к входному и выходному порталам сооружения, а также транспортные тоннели близлежащие к отвалам и производственным площадям. При перевозке грузов будут максимально использованы специализированные виды автотранспорте. Автохозяйство на стройплощадке является общим для всего строительства гидроэнергетического узла. В автохозяйстве предусматривается техническое обслуживание и текущий ремонт транспортных средств.

В период строительства строительного тоннеля СТ-4 используются все подъездные пути, ведущие к входному и выходному порталам сооружения, а также транспортные тоннели близлежащие к отвалам и производственным площадям. При перевозке грузов будут максимально использованы специализированные виды автотранспорте. Автохозяйство на стройплощадке является общим для всего строительства гидроэнергетического узла. В автохозяйстве предусматривается техническое обслуживание и текущий ремонт транспортных средств.

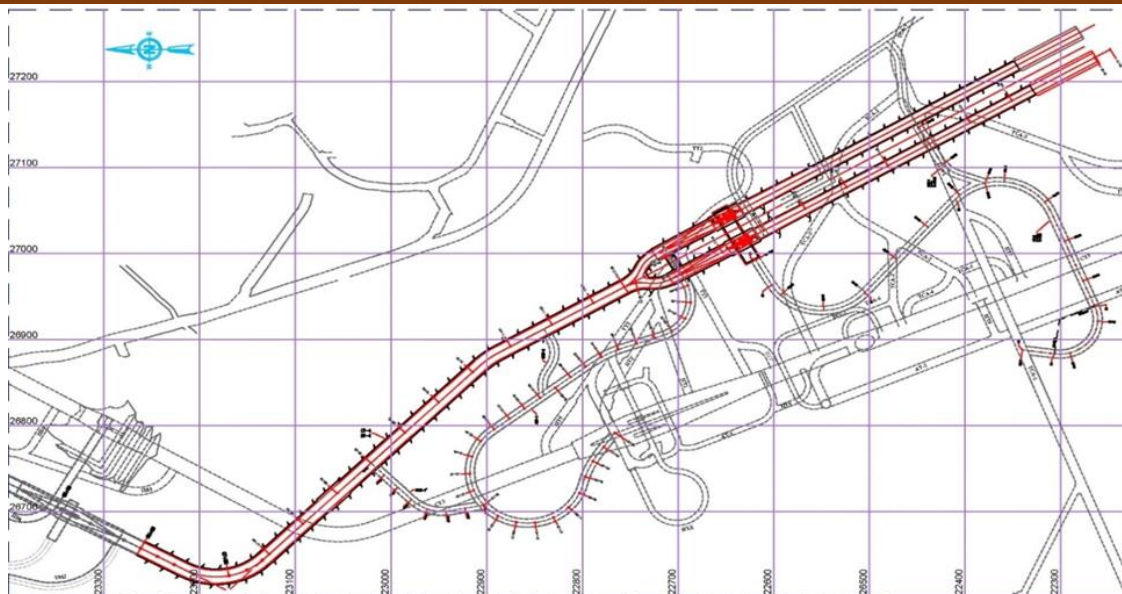


Рисунок 1 – План строительного тоннеля СТ-4

### Материалы и методы исследования

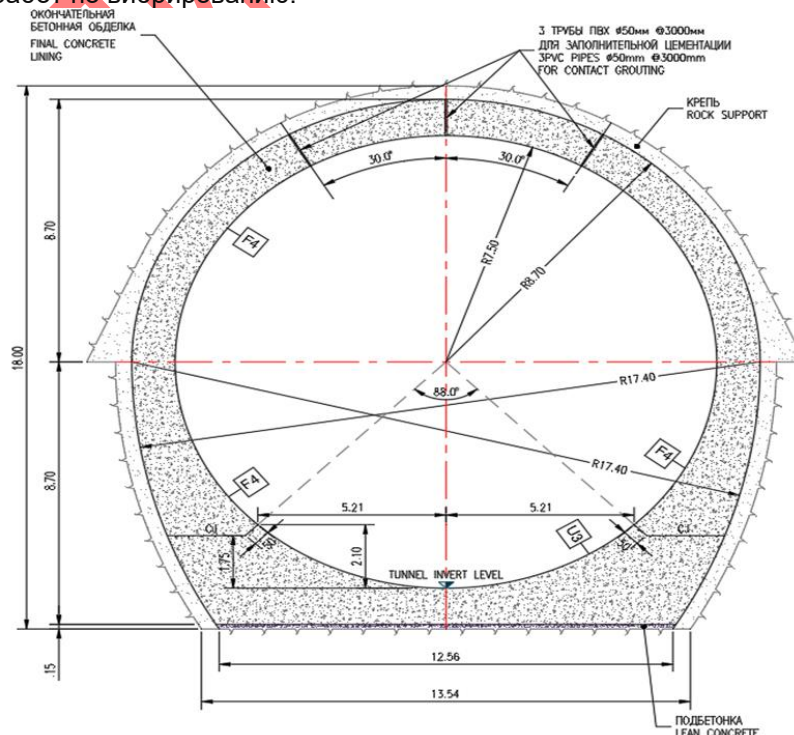
Материалы для конструкций обделок методы исследования и контроль качества работы выбирались в соответствии с руководством по устройству бетонной опалубки ACI 347R-14.

Конструкции монолитных и железобетонных обделок тоннеля, материалы для конструкций обделок, формы поперечных сечений тоннеля приведены в проектной документации (рисунке 2).

Монолитная железобетонная обделка тоннеля сооружается отдельными участками с применением тоннельной инвентарной передвижной опалубки и комплекса механизмов и оборудования (бетононасосы, механические перестановщики опалубки, краны). Длина участка бетонирования должно устанавливаться проектной документацией.

Конструкция металлической опалубки выбирается в зависимости от размеров поперечного сечения, пролетов выработки, очередности бетонирования по сечению, длины тоннеля, последовательности бетонных и проходческих работ, продолжительности выдержки бетона в опалубке с учетом необходимости тридцатикратной оборачиваемости.

Для уплотнения бетонной смеси с помощью вибраторов в опалубке должны быть предусмотрены окна, которые по мере укладки бетона должны закрываться. Размер окон и расстояние между ними определяются возможностью проработки всего уложенного бетона без оставления "мертвых зон", а также удобством ведения работ по вибрированию.



Рисунки 2 – Конструкция бетонной обделки СТ-4

При установке опалубки должны соблюдаться следующие требования:

- способы закрепления опалубки и несущих ее конструкций должны обеспечивать требуемую точность и неизменяемость формы бетонируемого сооружения;
- тяжи, стяжки и другие элементы креплений не должны препятствовать бетонированию;
- перед началом бетонирования на опалубку должны быть нанесены отметки верха блока и другие необходимые обозначения.

В тоннеле монтаж арматуры производится последовательно, под наблюдением маркшейдерской службы. Элементы арматуры в каркасах и сетках, а также сами каркасы и сетки в процессе монтажа арматуры в тоннелях соединяются между собой с помощью электросварки или внахлест без сварки т.е.

При доставке элементов арматуры к месту монтажа должны быть предусмотрены меры по защите их от повреждения и загрязнения.

Порядок установки арматуры должен быть увязан с технологической схемой бетонирования конструкции. Установка арматуры должна опережать бетонирование не менее чем на одну захватку.

Бетонирование монолитной обделки тоннелей, сооружаемых горным способом производится по частям, с соблюдением следующих требований:

- укладка бетона в свод должна вестись одновременно с двух сторон, от пят к замку и при этом замок должен бетонироваться вдоль шельги свода;
- бетонирование стен должно вестись горизонтальными слоями;
- при подведении стен под готовый свод перед окончанием бетонирования стен в месте примыкания их к пяте свода следует оставлять пространство на величину до 400 мм, заполняемое тщательно уплотняемой жесткой бетонной смесью, в которую закладываются трубки для последующего нагнетания цементного раствора.

При возведении монолитных обделок на полное сечение бетонирование должно осуществляться от подошвы выработки к замку свода с перестановкой бетоновода по высоте через каждые 2 м. Замок следует бетонировать вдоль шельги свода сразу на два участка опалубки.

Бетонирование конструктивных элементов обделки тоннеля производится без перерывов укладки бетонной смеси. Исключения составляют перерывы необходимые перерывы, устраиваемых для осадки бетонной смеси и не требующие выполнения рабочих швов. В случае вынужденного перерыва, необходимые для бетонирования свода, следует придавать плоскости шва радиальное, а при бетонировании стен - горизонтальное направление.

### Результаты и обсуждения

Технологический комплекс для возведения монолитных бетонных и железобетонных обделок, включает (рисунки 3-5):

- бетоноукладчики с загрузочными приспособлениями и механизмами;
- транспортные средства для доставки бетонной смеси от бетонных заводов;
- опалубки с механизмами перестановки;
- вибраторы для уплотнения бетонной смеси;
- бетоноводы.

Оборудование и механизмы должны быть увязаны с расчетом обеспечения максимальной их производительности в едином комплексе, а также непрерывности ведения бетонирования в каждом цикле. В качестве бетоноукладочных механизмов в туннеле применяется бетононасос.

Бетонная смесь после укладки каждого слоя толщиной 30-50см уплотняется вибраторами.

Интенсивность бетонирования должна быть такой, чтобы нижележащий слой при его перекрытии следующим, сохранял способность разжижаться при вибрировании.

Во время перерыве в бетонировании укладка бетонной смеси на ранее уложенный бетон допускается при достижении им прочности не менее 15 кг/см<sup>2</sup>.

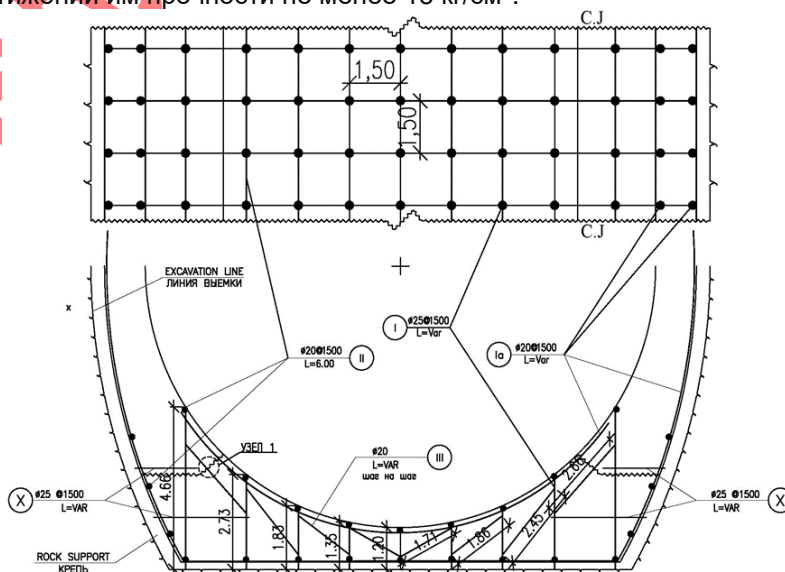


Рисунок 3 – Схема расположение монтажной арматуры

## Анкерные крепление

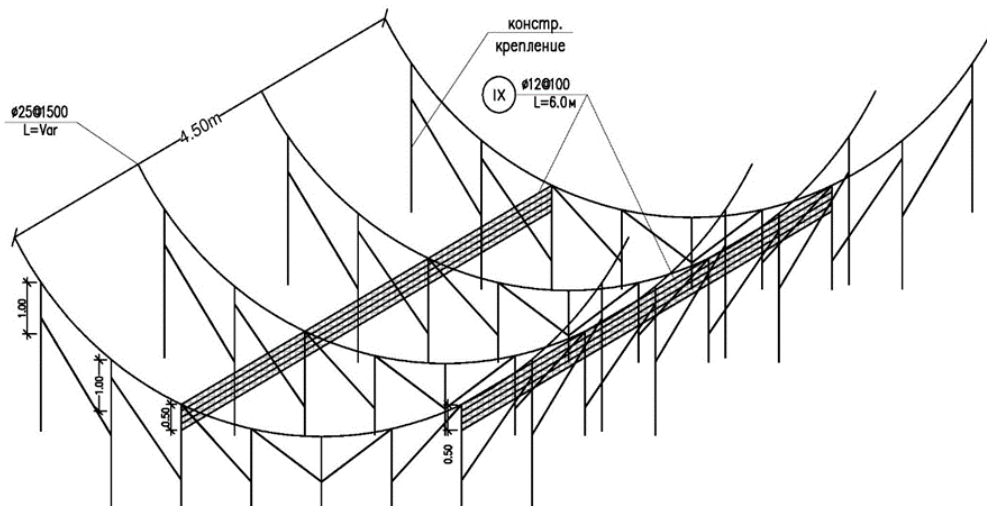


Рисунок 4 – Анкерные крепление СТ-4 Рогунской ГЭС

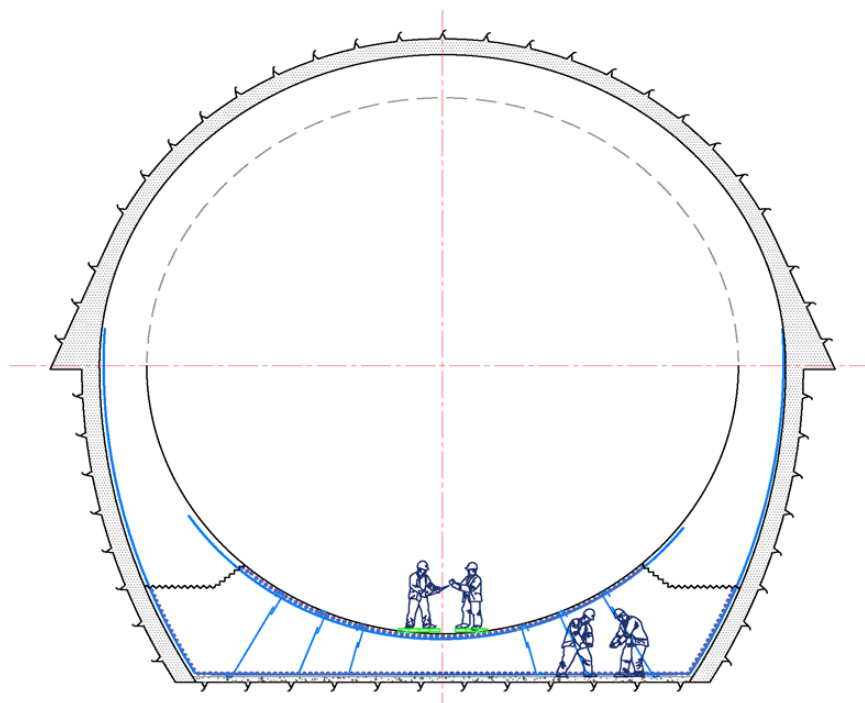


Рисунок 5 – Армирование тоннеля

**Работы по дополнительной и укрепительной цементации**

Цемент должен иметь минимальную удельную поверхность 3500 на грамм, как определено по методу воздухопроницаемости по Блейну (ASTM C 204). Никаких частиц цемента не должно оставаться на сите 0.08 мм (100% пропускаемость) и не менее 98% любого образца должно проходить через сито 0.04 мм.

Цемент должен быть устойчивым к кислой воде.

Заполнительная цементация является обязательной в тоннелях при всех видах обделок, кроме набрызг-бетонных, в любых условиях залегания пород.

Общим требованием к заполнительной цементации является необходимость заполнения зазоров и пустот между обделкой сооружения и грунтом, между слоями многослойных обделок (например, между обделкой и временной крепью, сооружаемой в процессе проходки тоннеля) с целью обеспечения совместной работы обделки и грунта, недопущения осадок подземных и надземных сооружений и просадок поверхности грунта.

Заполнительная цементация выполняется в два этапа: сначала выполняется первичное нагнетание стабильных растворов через скважины (отверстия) рядов первой очереди, затем контрольное



(повторное) нагнетание через скважины рядов второй очереди расположенных между рядами скважин первой очереди с целью ликвидации оставшихся пустот и усадочных трещин в затвердевшем растворе первичного нагнетания.

Материал заполнительной цементации для первичного нагнетания за сводовую часть сооружения должен отвечать следующим требованиям:

а) марка материала по прочности на сжатие для напорных тоннелей должна быть не менее удвоенной величины расчетного внутреннего давления (в МПа) воды в тоннеле и не менее 32,5;

б) марка материала по прочности на сжатие для безнапорных сооружений должна быть не менее В1;

в) модуль упругости материала для напорных тоннелей с несущей обделкой и внутренним расчетным давлением воды в тоннеле свыше 1 МПа должен быть, как правило, равен величине модуля деформации грунтов, принятой в расчете обделки.

г) раствор, закачиваемый за монолитную обделку, должен схватываться до начала передвижки проходческого комплекса. В проектах необходимо предусматривать выполнение первичного нагнетания непосредственно за сооружением обделки при достижении бетоном 75% проектной прочности. Для монолитных обделок отставание по длине сооружения допускается не более 60 м.

Заполнительная цементация выполняется с помощью цементационного агрегата марки PNT 80.50.30 или марки ZBYSB (рисунки 6-8).



Рисунок 6 – Цементационный агрегат марки PNT 80.50.30

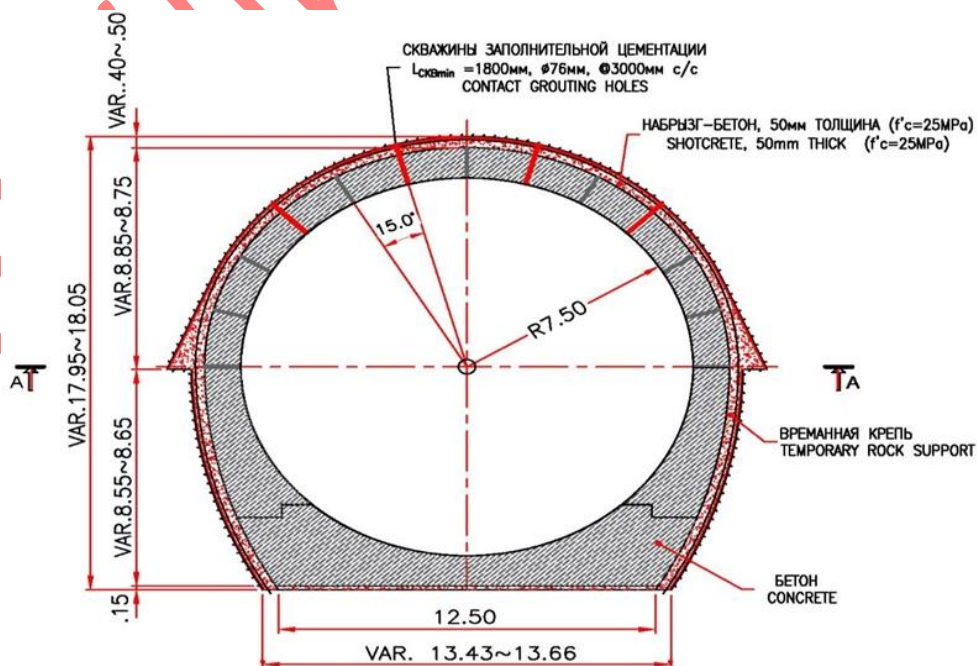
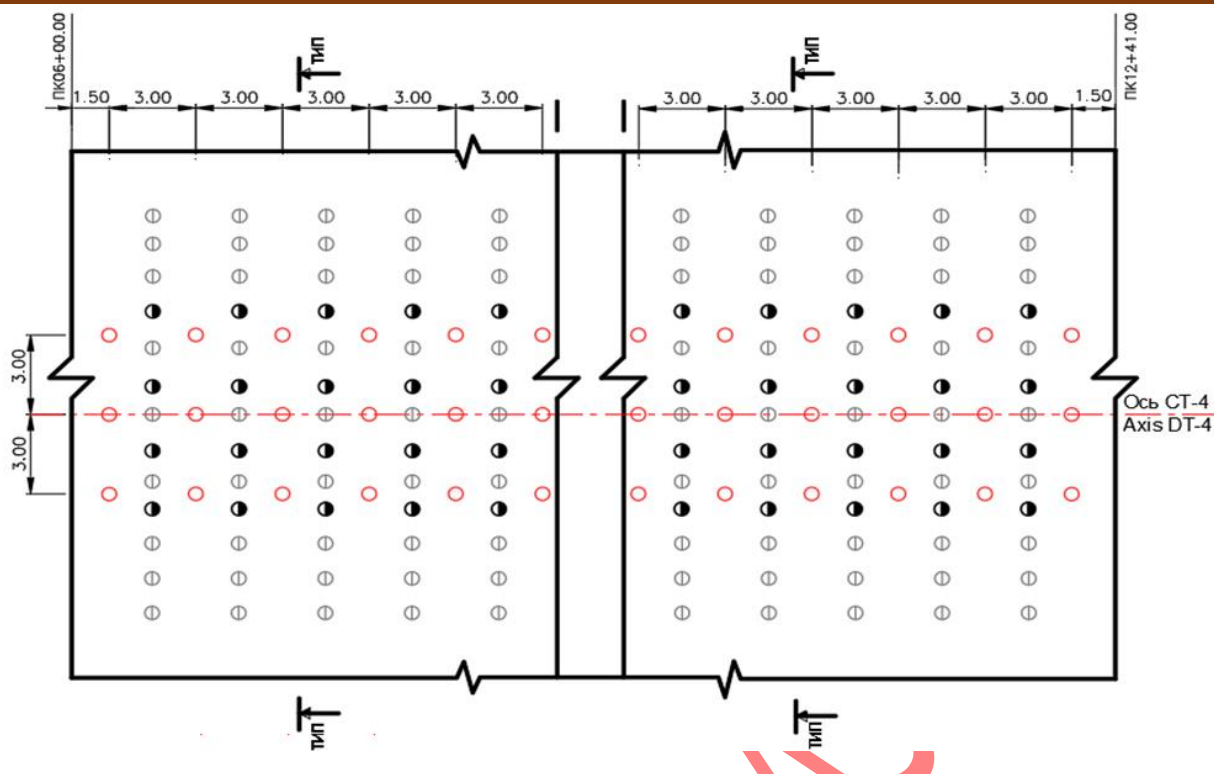


Рисунок 7 – Типовое сечение заполнительной цементации тоннеля СТ-4





УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ/LEGEND:

- ⊙ — РЯДЫ КОНДУКТОРОВ ДЛЯ УКРЕПИТЕЛЬНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ/  
CONDUCTOR ROWS OF CONSOLIDATION GROUTING.
- — РЯДЫ СКВАЖИН ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ (ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО НАГНЕТАНИЯ)  
ROWS OF WELLS FIRST ORDER (FOR PRIMARY INJECTION)
- — РЯДЫ СКВАЖИН ВТОРОЙ ОЧЕРЕДИ (ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО НАГНЕТАНИЯ)  
ROWS OF WELLS OF THE SECOND LINE (FOR CONTROL INJECTION)

Рисунок 8 – Расположение скважин для заполнительной цементации

### Укрепительная цементация

В гидротехнических тоннелях укрепительная цементация грунтов должна производиться после окончания работ по заполнительной цементации.

Укрепительную цементацию скальных грунтов вокруг обделок подземных сооружений следует предусматривать с целью улучшения деформативных и противофильтрационных свойств грунтов при технической возможности ее осуществления и экономической эффективности [5,6].

В проекте необходимо учитывать положительное влияние укрепительной цементации на обделку сооружения вследствие: увеличения модуля деформации грунтов; уменьшения проницаемости грунта и утечек из туннеля или притока воды в безнапорное сооружение; уменьшения деформативной и фильтрационной неоднородности и анизотропии грунтов; увеличения устойчивости грунтов против химической и механической суффозии; создания предварительного напряжения в обделке и грунте; ослабления воздействия на обделку агрессивных грунтовых вод. Цементационные работы должны быть закончены до устройства дренажа основания сооружения или должны проводиться мероприятия, учитывающие возможность засорения дренажа цементационными растворами [7,8,10].

Размещение и последовательность опробования контрольных геофизических скважин, методы опробования и необходимые ресурсы для проведения контроля должны быть определены проектом (рисунке 9).

Цементационные работы по укрепительной цементации следует считать достаточными, если в результате контрольных работ установлено соответствие физико-механических свойств зацементированных, грунтов проектным требованиям.

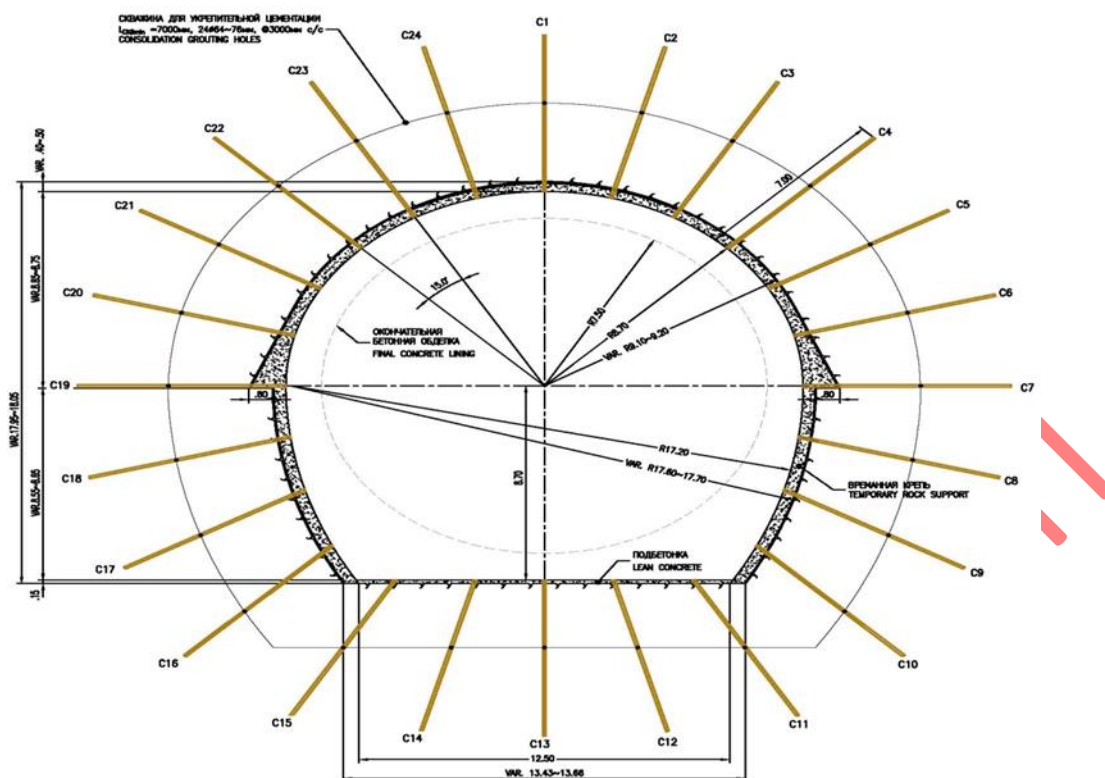


Рисунок 9 – Расположение скважин для укрепительной цементации

### Вывод

1. При возведении монолитной и железобетонной обделок применялась тоннельная инвентарная передвижная опалубка и комплекс механизмов и оборудования.

2. В комплекс механизмов и оборудования для возведения монолитной обделки входят: бетононасосы, механические перестановочные опалубки и краны.

3. Нормальным следует считать ход нагнетания раствора, при котором:

- нагнетание ведется непрерывно;
- при нагнетании раствора постепенно снижается расход раствора, а давление раствора или соответствует давлению отказа или постепенно возрастает до давления отказа;
- весь нагнетаемый раствор поступает в грунт.

К отклонениям от нормального хода нагнетания раствора следует относить:

- длительное поглощение наиболее густого цементного раствора без повышения давления;
- выход раствора на дневную поверхность непосредственно или через устья соседних скважин;
- гидравлический разрыв пород;
- перерыв нагнетания раствора, вызванный неисправной работой оборудования.

4. После завершения цементации всех зон и проведения суммарной цементации скважин, если она была предусмотрена проектом, ствол скважины должен быть плотно затампонирован раствором.

Таким образом, цементационный раствор должен быть проектирован с получением следующих особенных условий:

- марш конуса  $\approx$  32-36 секунд;
- водоотделение после 2 часов  $<$  1%;
- 28 дневная одноосная прочность на сжатие  $>$  20 Мпа
- в/ц: 0.5-0.7 с разным процентным соотношением супер пластификатора (т.е., 0.5%, и 1.0% с весом цемента);
- тонкость помола цемента по блейну: минимальный 3500 см<sup>2</sup>/гр.

Рецензент: Икромов И.И. — к.т.н., доцент, заведующий кафедрой строительной механики и гидротехнических сооружений ИТГУ имени Ш. Шохрета.

### Литература

1. 17 млрд киловаттов в год: Рогунская ГЭС - самая мощная в Центральной Азии. Дата обращения: 25 октября 2019. Архивировано 25 октября 2019 года.

2. Рогунская ГЭС ЛОТ-3 СТ-4 Геотехническое оборудование и мониторинг. 2023 г. 25с.

3. Саманиян (2020) - Геотехнические исследования правого берега - Фактический отчет по исследовательской скважине «RE-11» в оси затвора HLO1 - Отчет № STE-Rep-L3-FR-013, ред. 0.

4. Саманиян (2020) – Геотехнические исследования Правого берега – Фактический отчет по исследовательской скважине «РЕ-12» в Ионахшском разломе – Отчет № STE-Rep-L3-FR-015, ред. 0.
5. Исследование технико-экономической оценки проекта строительства Рогунской ГЭС, Фаза II: Варианты определений проекта, Том 2: Основные данные, Глава 3: Геотехника, RP 45 Rev. A, 2013.
6. Исследование технико-экономической оценки проекта строительства Рогунской ГЭС, Фаза II: Оценка существующих работ на Рогунской ГЭС (Анализ нагрузки деривационного тоннеля 1, включая неармированную облицовку), RP 46 Rev. A, 2013.
7. Хасанов Н.М., Сулейманова М.А. Выбор методов предварительного укрепления и снижения водопроницаемости грунтов и горных пород в зонах тектонических нарушений Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2016. № 1-1 (192). С. 202-205.
8. Хасанов Н.М., Холов Ф.А., Саидов С.А. Способы проведения цементационных работ в гидротехническом строительстве. Вестник, ТНУ- Душанбе: Серия геологических и технических наук 2022. №3. –С. 85-93.
9. Хасанов Н.М., Ятимов У.А. Геологические факторы, влияющие на разрушение устойчивости гидротехнических тоннелей. Вестник КГУСТА. 2018. № 2 (60). С. 94-98.
10. Хасанов Н.М., Холов Ф.А., Зувайдов М.М. Проходка гидротехнических сооружений с предварительным укреплением методом инъекции // Политехнический Вестник №3, ТТУ, 2022. -С.108-115

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

RU	TJ	EN
Саидов Мансур Хамрокулович	Саидов Мансур Ҳамрокулович	Saidov Mansur Khamrokulovich
кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретическая механика и сопротивление материалов»	номзади илмҳои техники, дотсенти кафедраи «Механикаи назаравӣ ва муковимати мавод»	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical Mechanics and Resistance of Materials
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
RU	TJ	EN
Сулейманова Мутабар Абдулхаевна	Сулейманова Мутабар Абдулхаевна	Mutabar Abdulkhaevna Suleimonova
кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры «Основания, фундаменты и подземные сооружения»	номзади илмҳои техники, дотсенти и.в. кафедраи «Асосҳо, таҳкурсиҳо ва иншоотҳои зеризаминӣ»	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor of the Department "Foundations, Foundations and Underground Structures".
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
RU	TJ	EN
Хасанов Мухриддин Нуралиевич	Хасанов Мухриддин Нуралиевич	Khasanov Mukhriddin Nuralievich
Соискатель	Унвонҷӯ	Applicant
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана	Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология АМ ИТ	Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

## ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ СОЛЕЙ И ГРУНТОВЫХ ВОД В ДРЕВНИХ СООРУЖЕНИЯХ

Джуракулов М.Р., Саидзода Дж. Х., Мирджамолов А., Саидов Х.Х.

Донишгоҳи техникики Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

В данной статье рассматривается история применения местных материалов для гидроизоляции подземной части зданий и применение местных материалов и добавки как пластификаторов в роли катализатора для приготовления состава из глины для применения его как строительный материал в подземной части зданий, а также инженерный опыт древних строителей по применению местных материалов.

*Ключевые слова:* местные материалы, добавки, глины, формы, коррозия, соль, климат, пористость.

### ҶИМОЯИ БИНОҶО ВА ИНШООТҶО АЗ НАМАК ВА ОБҶОИ ЗЕРИЗАМИНИ ДАР ИНШООТҶОИ ҚАДИМА

журақулов М.Р., Саидзода Ҷ.Ҷ., Мирҷамолов А., Саидов Х.Ҷ.

Дар мақолаи мазкур таърихи истифодабарии масолеҳҳои маҳалли барои гидроизолатсияи қисми зеризаминии биноҳо ва истифодабарии масолеҳҳои маҳалли ва иловагиҳо ҳамчун пластификатор ба ҳайси катализатор барои тайёр кардани таркиб аз гил барои истифода кардани он ҳамчун масолеҳи сохтмони дар қисми зеризаминии биноҳо ва инчунин таҷрибаи муҳандисии сохтмончиёни қадима дар барои истифодабарии масолеҳҳои маҳалли муоина карда шудааст.

*Калимаҳои калидӣ:* масолеҳҳои маҳалли, иловагиҳо, гилҳо, шакл, коррозия, намак, иқлим, ковоқӣ.

### PROTECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES FROM SALT AND GROUNDWATER IN ANCIENT STRUCTURES

Jurakulov M.R., Saidzoda J.H., Mirjamolov A.M., Saidov Kh.H.

This article discusses the history of the use of local materials for waterproofing the underground part of buildings and the use of local materials and additives as plasticizers as a catalyst for the preparation of a clay composition for use as a building material in the underground part of buildings, as well as the engineering experience of ancient builders in the use of local materials.

*Keywords:* local materials, additives, clays, molds, corrosion, salt, climate, porosity.

#### Введение

Развитие солевой формы физической белой болезни (коррозия) строительных материалов наблюдается в районах с сухим жарким климатом в случаях, когда сооружения возводятся на засоленных грунтах или же в местах с высоким уровнем минерализованных подпочвенных вод. В пределах нашей республики в настоящее время эти случаи сложились во многих районах Согдийской и Хатлонской областей, а также в районах республиканского подчинения.

Изучение данной формы коррозии показало, что причиной ее является перемещение растворов солей из грунта в надземной части сооружений, кристаллизация их в порах строительных материалов и последующие объемные изменения, вызывавшими возникновение значительное давление на стенки пор.

Наблюдения за сооружениями, материалы которых подвергаются коррозии, позволили сделать заключение, что перемещение растворов солей в конструкции происходит при непосредственном соприкосновении частей сооружений с грунтом, увлажнении засоленного грунта, наличии непрерывной сети капилляров в грунте и материале сооружений. Устранение или же ослабление действий перечисленных факторов может быть выполнено путем применения некоторых инженерных мероприятий, в частности:

1. Предохранение от увлажнения участков, на которых находятся сооружения;
2. Изоляция от грунта подземных частей сооружений;
3. Сообщение гидрофобных свойств материалам и конструкциям.

#### Материалы и способы исследования

Анализ конструктивных решений некоторых старинных сооружений даёт повод предположить, что ещё в древности, а также в средние века зодчие иногда учитывали необходимость защиты построек от рассматриваемой выше формы коррозии, частично осуществляя указанные выше мероприятия.

Сохранившиеся на территории Средней Азии сооружения 10- 12, а также 14-16 веков, свидетельствуют о высоком мастерстве зодчих того времени. Накопив от поколения к поколению много знаний в области архитектуры и строительных конструкций (оперируя при этом, главным образом, эмпирическими приёмами), они создали на территории нынешних городов Самарканда, Бухары, Ургенча, Истаравшана, Канибадама, Гиссара и ряде других городов монументальные здания, являющиеся крупнейшими памятниками архитектуры.

Основными строительными материалами, используемыми для изготовления фундаментов и стен указанных сооружений, являлись камень, обожженный и сырцовый кирпич, глина, гипс, ганч, (глиногипс).

Большая часть перечисленных материалов относится к числу пористых и гидрофильных. Вследствие этого можно полагать, что выполненные из них сооружения, сохранившиеся в течение столетий и порою возведенные на засоленных грунтах, по-видимому, строились с применением каких-то специальных мероприятий. В ряде мест на территории Средней Азии уровень грунтовых вод в прошлом



был значительно выше, как и в настоящее время об этом свидетельствуют, например, данные арабского автора Якута ал-Хамави, который, описывая поездку по Хорезму в 1219г н.э., отмечает наличие в нем деревень и городов, многих домов и замков.

Наряду с этим он сообщает: “Несмотря на то, что почва ее (области) дурная и расположена на болотах со множеством мест, где просачивается вода, в ней непрерывная полоса с селениями, когда они копают землю (даже) на один лапотъ, (уже) выступает вода”.

А т.к. почва Хорезма территориально расположена по берегам реки Амударьи в среднем и нижнем ее течении, она содержала значительное количество солей, то указанные обстоятельства должны были заставить зодчих разрабатывать соответствующие защитные мероприятия для монументальных зданий, возводившихся как в Хорезме, так и в ряде других, сходных по условиям местам.

Наиболее крупные сооружения - мавзолеи, мечети и др. - часто строились на возвышенных участках, небольших холмах. Этим достигалось, по-видимому, не только лучшее обозреваемое построек, видимость их издали, но и одновременно удаленность фундаментов от грунтовых вод, часто сильно минерализованных. На возвышенности не могла попасть самотеком вода из оросительных каналов, а осадки быстро стекали, не успевая проникнуть глубоко в почву возле стен. Помимо этого, как известно, почвы более или менее крупной возвышенности обычно содержат намного меньше легкорастворимых солей, по сравнению с почвами соседних равнин. Мелкие же бугры (высотой до 1,5м) служат местами накопления солей, которые перемешаются туда вследствие капиллярного подсоса их растворов и интенсивного испарения влаги с поверхности.

Исследователи древних сооружений Средней Азии отмечают, что фундаменты почти всех кирпичных монументальных сооружений Средней Азии в период с 10 по 18 века возводились на подушках из чистой жирной плотной глины. Толщина этих подушек обычно составляла 60-80см, достигая порой 1 м. В ряде случаев глины обкладывались и в боковые поверхности фундаментов, вследствие чего последние полностью изолировались от грунта.

Подобная полная изоляция фундаментов отмечена Н.М Бачинским в мавзолее Тюра бек Ханым, находящемся на территории древнего Хоразма, мавзолее султана Санджара в Старом Мерве и др.

Наличие глиняных подушек под фундаментами определено в мавзолее Буян-кули-ханпа (14 век), мавзолее Фахр-ад-Дин, Рази и Наджи-ал-дин Кубра в Ургенче, пилонах портала мавзолея Хаджи Ахмеда Яссави (конец 14 века), медресе Улегбека (15 век), Кукель-лаш (16 век), Абдулла Хана (16 век) в Бухаре и т.д.

Кроме этого, исследователями отмечается применение в тех же сооружениях в качестве строительного раствора жирной глины для кладки фундаментов, выполнявшихся чаще всего из крупного камня.

По Н.М. Каминскому, устройство глиняных подушек под фундаментами и укладка глины по бокам выполнялись как антисейсмические мероприятия, а там, где уровень подпочвенных вод высок, то и одновременно для защиты сооружения от воды. По его мнению, вертикальные сейсмические толчки смягчались глиняными пластичными подушками под подошвой фундамента, а затем ещё частично поглощались в глиняном растворе его кладки. Подобное объяснение причин, вызвавших устройства глиняных подушек под фундаментами, представляется нам односторонним. Цель укладки глины по бокам фундаментов не объясняется вовсе.

## Результаты исследования

Примечательным является то обстоятельство, что в указанных случаях применялась, как отмечалось, хорошо смешанная жирная глина. Защита от воды была нужна лишь в единичных случаях, так как материал фундаментов был достаточно водостойким (чаще всего это был камень на глиняном растворе). Скорее всего, по нашему мнению, в Средней Азии толстые глиняные слои применялись строителями 10-18 веков для защиты фундаментов и цоколей от содержащихся в грунтах, или же грунтовых водах, легкорастворимых солей. Перемещаясь вместе с влагой, в случае отсутствия защитного гидроизоляционного слоя, соли достигали и подземных частей конструкции, что в условиях сухого жаркого климата должно было приводить к развитию солевой формы физической коррозии.

В распоряжении зодчих Средней Азии имелся природный гидроизолирующий материал - жирная глина, естественно, которая и применялась. Для улучшения изоляционных свойств, глина подвергалась перемешиванию, что делало ее более однородной, которая нарушила имевшуюся связь между пустотами, часто образуя в результате деятельности живых существ: грызунов червей, личинок, насекомых и т.д., а также пустотами, остающимися после сгнивания корней растений.

Интересно отметить, что и в древнем Ассиро-Вавилонском государстве, климат которого был благоприятен для развития укачанной формы коррозии, кладка фундаментов иногда выполнялась из обожженного кирпича на природном асфальте. Возможно, в этом случае также преследовалась цель изоляции сооружений от содержащихся в грунте растворов солей.

Ещё одно конструктивное мероприятие зодчих Средней Азии выполнялось, по нашему мнению, отчасти в целях защиты сооружений от солевой формы физической коррозии. По свидетельству исследователей, в цоколях древних среднеазиатских построек часто устраивались прослойки из камыша,



уложенные поперёк цоколя. По Н.М. Бачинскому, камыш укладывался с целью амортизации сооружений, для защиты их от сейсмических толчков. Однако нами было выяснено, что такие же камышовые прослойки устраиваются и в настоящее время для создания гидроизоляционного слоя.

Зрелый камыш негигроскопичен, поверхность его от стеблей плохо смачивается водой, вследствие чего слой такого камыша препятствует капиллярному подъёму влаги, и тем самым - солей, в находящейся выше части стены. Поэтому прослойки из камыша выполняют такую же роль, как устраиваемые в цоколях сооружений гидроизоляционного слоя толя, жирного цементного строительного раствора и некоторых других материалов, а также препятствует перемещению солей. Камышовый слой был известен давно, вследствие чего он играл роль не только амортизатора. По свидетельству С.Г. Толстого, камышовые прослойки применялись в древнем Хорезме ещё во второй половине 1 тысячелетия до нашей эры для предохранения конструкции от протекания в них снизу влаги и солей. По поводу целесообразности применения слоев камыша в качестве антисейсмического мероприятия нужно заметить, что в тех случаях, когда сооружения не находятся строго над эпицентром землетрясения, и воспринимаемые ими сейсмические толчки направлены под углом к вертикали. Вследствие этого они могут рассматриваться как состоящими из вертикальных и горизонтальных составляющих. Слой камыша может смягчить вертикальные толчки, однако он не будет сопротивляться горизонтальным усилиям, благодаря чему в подобном случае находящиеся выше слой части сооружения будут сдвигаться относительно нижней. Учитывая возможность и катастрофические последствия такого сдвига, действующие в настоящее время нормативы, разрешают устройство гидроизоляционного слоя в каменных стенах только из цементного строительного раствора, т.е. материала, обладающего хорошим сцеплением с кладкой.

Основываясь на сказанном, считаем, что главной целью устройства камышовых прослоек в древних сооружениях являлось создание гидроизоляционного слоя. Вблизи рек и оросительных каналов, при малой засоленности грунтов этот слой служил для защиты стен от подъёма влаги, вызывающий сырость в помещениях и ослабляющий конструкции. В сооружениях, возводимых на засоленных грунтах или же в местах с высоким уровнем минерализованных грунтовых вод, тот же слой являлся препятствием для перемещения солей в вышележащие части конструкции.

Интересно отметить наличие преданий, существующих у коренного населения Средней Азии о добавке строителями древних сооружений к глине и ганчу продуктов, содержащих жиры (молоко, сало). Некоторые старожилы сообщили дошедшие до них сведения о том, что во время сооружения мавзолея, глина при изготовлении сырца и строительных растворов затворялась верблюжьим молоком. Проведенное обследование этих построек показало, что на наличие в грунтах значительного количества сульфатов кальция и натрия, фундаменты и цоколи гробниц находились в относительно хорошем состоянии. Действительно, в целях проверки вероятности добавки к глине указанных веществ, проба строительного раствора цоколя был проведен химический анализ. В растворе были найдены остатки продуктов окисления жиров. Поэтому сведения о добавлении к глинам жиров в целях гидрофобизации или же улучшения пластичности можно считать не лишёнными основания.

Что касается добавления молока к гипсовыми вяжущим, то как показали наши исследования, в этом случае преследовалась иная цель.

Как известно, молоко является сложной полидисперсной - коллоидной системой, и которой дисперсионной средой служит вода. Молоко составлено водой, жирами, белковыми веществами, молочным сахаром, количество жиров в молоке молочных домашних животных может достигать 9,5%, белковых веществ - 6,0%, молочного сахара - 5,1%. Исходя из строения состава белка, можно предположить, что добавка его к строительному гипсу и глиногипсу, прежде всего, удлиняет сроки схватывания, а также отчасти гидрофобизирует их. Соответствующие эксперименты показали, что при затворении упомянутых гипсовых вяжущих молоком, они вовсе не начинали схватываться (в течение 10 часов). В случае затворения смесью из 95% воды и 5 % коровьего молока средней жирности время начала схватывания увеличивалось на 60%, конца - на 50%. При затворении смесью из 20% воды и 10% молока сроки начала и конца схватывания удлинились на 240 и 210%.

Применение указанных смесей воды и молока почти не отразилось на прочности гипсовых образцов, определявшейся в возрасте 1 и 7 суток, а также на их водостойкость. Образцы не приобрели гидрофобных свойств. Основываясь на результатах экспериментов, можно заключить, что сведения о затворении молоком гипса, якобы производившегося древними зодчими Средней Азии, являются недостаточно правдоподобными, т.к. в этом случае гипс практически не схватывается. Молоко могло применяться лишь в сильно разбавленном виде. В этом случае оно являлось замедлителем схватывания гипса. Продукт обжига должен был содержать в себе примесь растворимого ангидрита (пережог) и двуводного гипса (недожог), т.к. обжиг гипса производился весьма несовершенно, кусками, в печах, подобных наполными. Указанные примеси, как известно, ускоряют схватывание строительного гипса и глиногипса, которые и без них зачастую происходит весьма быстро. Вследствие этого применение замедлителей было необходимым. Кроме этого, строители Средней Азии применяли для замедления схватывания гипса также отвар корня растения, ширеш (клей) и золу. Таким образом, можно проследить, что из числа перечисленных мероприятий, применявшихся зодчими Средней Азии, большая часть

осуществлялась, по всей вероятности, для защиты фундаментов и стен зданий не только от землетрясений, грунтовых вод, а также от солей, содержащихся в грунтах и грунтовых водах.

### Заключение

Исследования опыта зодчих и строителей Средней Азии показывают, что применение этих местных материалов в строительстве сокращает импорт таких строительных материалов, как битумных, рулонных и нефтяных, в республику и этим способствует подъему и росту экономики.

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

### Литература

1. Батырбаев, Г.А. Перспективы развития производства арболита на основе стеблей хлопчатника, рисовой соломы, одубины и камыша [Текст] / Г.А. Ашкинази. -М.: Стройиздат, 1977. –66 с., С. 3 – 5.;
2. Бобров, Ю.Л. Новые теплоизоляционные материалы в сельском строительстве [Текст] / Ю.Л. Бобров. – М.: Стройиздат, 1974. –111 с.;
3. Бухаркин, В.Н. Производство арболита в лесной промышленности [Текст] / В.Н. Бухаркин, С.Г. Свиридов, З.П. Рюмина. –М., 1969. -С.8-15.;
4. Волобуев, В.Г. Использование отходов сельскохозяйственного производства в качестве энергетического топлива [Текст] / В.Г. Волобуев, В.И. Сапего. – Минск, 1980.– 40с.;
5. Гончаров Н.А. Плиты из стеблей хлопчатника [Текст] / Н.А. Гончаров, В.М. Курдюмова // Плиты и фанера: научно-технический реферативный сборник. –М., 1981. –Вып. 3. – С.14-15.;
6. Завражнов А.М. Сельскохозяйственные отходы – сырье для строительных материалов [Текст] / А.М. Завражнов, В.И. Барулин, Е.А. Баженов // Строительные материалы и конструкции. –1984. –№2. –С.20-21.;
7. Саидов Д.Х., Умаров У.Х., Джуракулов М.Р. Свойства глины Рошткалинского месторождения Таджикистана и строительные материалы на их основе для обеспечения доступного жилья // Бюллетень строительной техники. Россия -2019. - №2. – С.12-19.;
8. Саидов Д.Х., Умаров У.Х., Джуракулов М.Р. Механизмы структурообразования и технологические особенности производства материалов на основе растительно-вяжущих композиций // Вестник ТТУ им. М.С.Осими. – Душанбе, 2019. -№1 (45). –С.224-229.;
9. Джуракулов М.Р., Хасанов М.Н. Арболитовые материалы на основе РВК с использованием стеблей хлопчатника // Политехнический вестник, ТТУ им. М.С.Осими. – Душанбе, 2020. - №4 (52).

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

TJ	RU	EN
Чуракулов Муродали Роҳатович	Джуракулов Муродали Роҳатович	Jurakulov Murodali Rohatovich
Номзади илмҳои техники, и.в. дотсент	Кандидат технических наук, и.о. доцента	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими Таджикистана e. mail: <a href="mailto:murodali1969@gmail.ru">murodali1969@gmail.ru</a>	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Саидзода Ҷамшед Ҳамро д.и.т., профессор	Саидзода Ҷамшед Ҳамро д.т.н., профессор	Saidzoda Jamshed Hamro Doctor of Technical Sciences, Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими Таджикистана e. mail: <a href="mailto:jamshed66@mail.ru">jamshed66@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Мирҷамолов Абдуҷалил Мирҷамолович Ассистент	Мирдҷамолов Абдудҷалил Мирдҷамолович Ассистент	Mirjamolov Abdujalil Mirjamolovich Assistant
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими Таджикистана e. mail: <a href="mailto:mirdzamolov1949@mail.ru">mirdzamolov1949@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Саидов Хуршед Ҳамидуллоевич Муаллими калон	Саидов Хуршед Ҳамидуллоевич Старший преподаватель	Saidov Khurshed Hamidulloevich Senior Lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими e. mail: <a href="mailto:Said-0785@mail.ru">Said-0785@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi

УДК 624

## ВЫБОР КРЕПИ УЧАСТКА РАЗВЕТВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ТОННЕЛЯ СТ-4 РОГУНСКОЙ ГЭС

Сулейманова М.А.<sup>1</sup>, Хасанов М.Н.<sup>2</sup>, Алимардонов А.М.<sup>1</sup>, Саидов С.А.<sup>1</sup>.

Таджикский технический университет, им. акад. М.С.Осими<sup>1</sup>

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана<sup>2</sup>

В статье приводятся сведения о разветвлении строительного тоннеля СТ-4 Рогунской ГЭС. Подробно изложены методы исследований, разветвление на напорном участке тоннеля и выше нижней камеры затворов.

Следует отметить, что при выборе крепи участка разветвления подробно учитывались данные по фактическим геологическим условиям в примыкающих плоскостях забоя. Участок разветвления строительного тоннеля СТ-4 располагается в пределах верхне и нижнеобигармских свит ( $K_{1ob1}$  и  $K_{1ob2}$ ). Подробно и поэтапно рассмотрены вопросы земляных работ и крепи породы путем применения аналитического (анализа клиньев) и численного (конечно-элементный анализ) были выбраны необходимые системы крепи.

Свойства материалов для крепи породы, которые использованы в К-Э моделях, включая торкрет-бетон, армоцементные анкеры и сварную арматурную сетку. Свойства материалов двух типов железобетонной обделки, включая монолитный бетон марки С25/30 и стальные арки IPE 240 мм или IPE 300 мм.

**Ключевые слова:** разветвления, тоннель, арматура, оборудование, механизмы, армирование, методы, земляных работ, крепь

### ИНТИХОБИ РУЙБАСТИ БА ШОХАҶО ҶУДО ШУДАНИ НАҚБИ СОХТМОНИИ СТ-4 НБО РОГУН

Сулейманова М.А., Хасанов М.Н., Алимардонов А.М., Саидов С.А.

Дар мақола маъмумотҳо оиди ба шоҳаҷо ҷудо шудани нақби СТ-4-и НБО-и Роғун оварда шудааст. Тарзҳои тадқиқотҳо, шоҳаҷо дар қитъаи фишордори нақб ва болотар аз камераи затворҳо муфассал баён карда шудааст. Бояд қайд кард, ки ҳангоми интиҳои руйбасти қитъаи шохадор маълумотҳои ҳақиқии шароитҳои геологӣ дар ҳамвории ҳамшафатии бун муфассал ба назар гирифта шудаанд. Қитъаи шохадори нақби сохтмони СТ-4 дар ҳудудҳои ( $K_{1ob1}$ ) ташаккули Обигарми поёнӣ ва болоӣ ( $K_{1ob2}$ ) ҷойгир аст.

Хусусиятҳои моделҳои К-Э истифода шудаанд аз торкрет-бетон, лангарҳо ва сеткаи армиронӣ иборатанд. Хусусиятҳои масолеҳҳо бошанд аз ду тип рӯпӯшқунии оханубетонӣ маркаи С25/30 ва аркаи оҳанӣ IPE 240 мм ёки IPE 300 мм мебошанд.

**Калидвожаҳо:** шоҳаҷо, нақб, арматура, таҷҳизот, механизмҳо, армиронӣ, тарзҳо, корҳои заминӣ, руйбасти

### SELECTION OF ANCHORING OF THE BRANCHING SECTION OF CONSTRUCTION TUNNEL ST-4 OF ROGUNSKAYA HPP

Suleymanova M.A., Hasanov M.N., Alimardonov A.M., Saidov S.A.

The article provides information on branching of construction tunnel ST-4 of Rogun hydroelectric power station. Materials and methods of research, branching at the pressure section of the tunnel and above the lower chamber of gates are described in detail.

It should be noted that data on actual geologic conditions in the adjacent face planes were taken into account in detail. The branching section of the ST-4 construction tunnel is located within the Upper and Lower Obigarm Formations ( $K_{1ob1}$  and  $K_{1ob2}$ ). The issues of excavation and rock support were considered in detail and step-by-step by applying analytical method (wedge analysis) and numerical method (finite element analysis) and the necessary support systems were selected.

Material properties of the rock support materials used in the K-E models, including shotcrete, reinforced cement anchors and welded reinforcement mesh. Material properties of two types of reinforced concrete lining including C25/30 grade monolithic concrete and IPE 240 mm or IPE 300 mm steel arches.

**Key words:** branching, tunnel, reinforcement, equipment, mechanisms, reinforcement, methods, excavation, bracing

#### Введение

Согласно общей концепции водосбросов предполагается, что СТ-4 будет пропускать суммарный паводковый пиковый расход  $3500 \text{ м}^3/\text{с}$  в период строительства плотины и водосбросов. По завершении строительства в каждой ветви напорных тоннелей СТ-4 будет сооружена бетонная пробка, перед нижней камерой затворов, где противодиффузионная завеса плотины пересекает тоннель СТ-4.

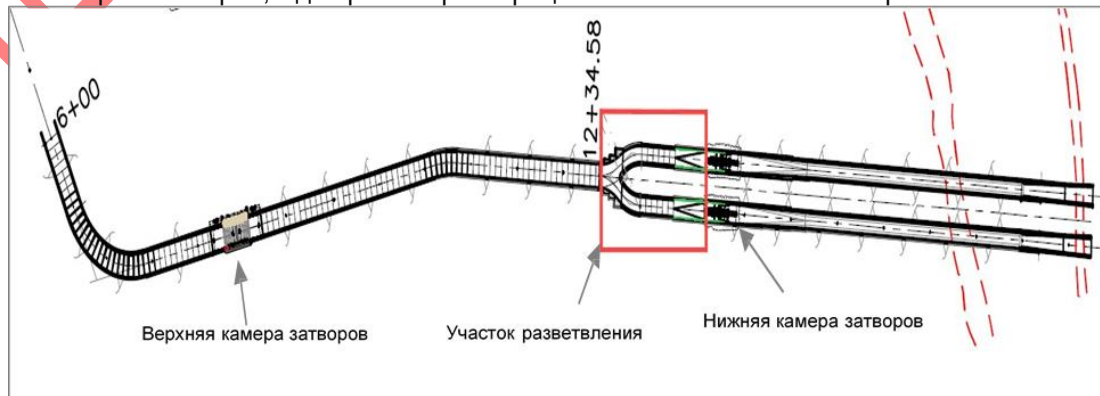


Рисунок 1 – Компоновка СТ-4 Рогунской ГЭС



Разветвление тоннеля располагается на напорном участке и выше нижней камеры затворов (рисунок 1).

Основные данные по проекту и тоннелю СТ-4 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные данные по проекту

Гребень плотины	1300 м над ур. моря
Длина гребня	660 м
Ширина гребня	20 м
Максимально возможный паводок (РМФ)	1296 м над ур. моря
НПУ в ходе эксплуатации	1290 м над ур. моря
МПУ в ходе эксплуатации	1230 м над ур. моря
НПУ на этапе опережающей выработки (1-й этап)	1055 м над ур. моря
НПУ на этапе опережающей выработки (2-й этап)	1100 м над ур. моря
Макс. допустимый уровень водохранилище при деривации расхода через СТ-4	1203 м над ур. моря
Уровень водоприемника СТ-4	1090 м над ур. моря
Внутренний диаметр напорного туннеля ДТ4 выше разветвления	15 м
Нижняя камера затворов СТ-4, отметка порога сегментного затвора	1083.30 м над ур. моря
Ширина в свету безнапорного участка СТ-4	10 м

План геологического горизонта на своде участка разветвления СТ-4 представлен на рисунке 2. Как видно из рисунка, участок разветвления СТ-4 располагается в пределах верхне и нижнеобигармских свит ( $K_{1ob1}$  и  $K_{1ob2}$ ).

Верхнеобигармская свита, сложена из пластов песчаника большой и средней мощности с прослоями аргиллитов и алевролитов. Пласты алевролитов отмечаются практически повсюду в пачке в виде прослоев между пластами песчаника. Песчаники твердые и мелкозернистые, очень прочные, известняковые, твердые и плотные, пласты малой и большой мощности, с трещинами с большими и малыми промежутками. При прохождении тоннеля в этой формации отмечаются практические сухие условия с точки зрения поступления воды, за исключением участков пересечения некоторых крупных разломов, где отмечено незначительное капание воды.

Нижнеобигармская свита, эта свита, сложена преимущественно из пластов алевролитов с прослоями аргиллитов и песчаников. Алевролиты – это горная порода с тесно расположенными трещинами отдельности, имеющая окраску от коричневого до красновато-коричневого (средний промежуток между трещинами составляет от 20 до 60 см, поверхности трещин варьируются от гладких до очень гладких). Помимо гипса как материала, заполняющего трещины, в некоторых из них отмечаются вкрапления или включения алевролитов и гипса вблизи зон контакта с кызылташской и верхнеобигармской свитами различной мощностью вплоть до 30-40 см.

Фактическая мощность этой зоны 25 м, что практически составляет длину около 30 м по трассе тоннеля. Это обстоятельство позволяет сделать заключения, что участок разветвления СТ-4 полностью находится в пределах границы массива песчаников и иловатых песчаников.

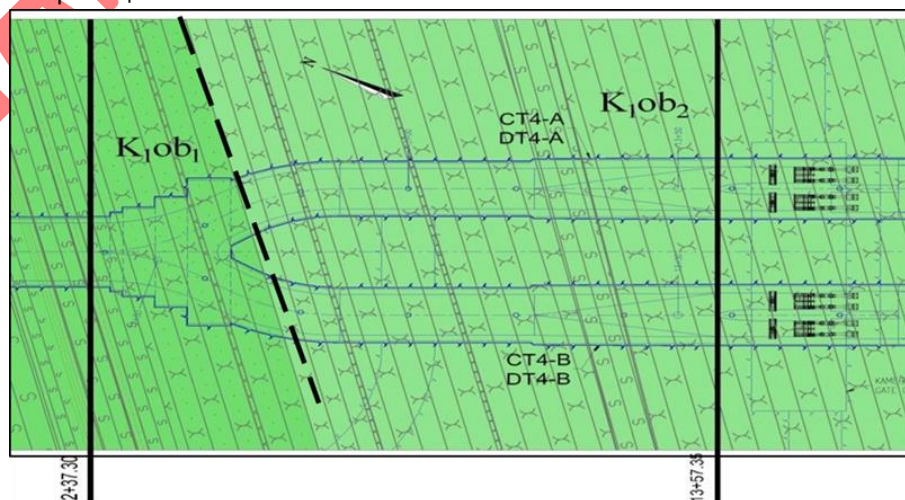


Рисунок 2 – План геологического горизонта на своде участка разветвления СТ-4 от пикета 12+37.30 до 13+57.35

### Материалы и методы исследования

Геометрические параметры разветвления приведены на рисунке 3, а также расчетная геометрия на рисунке 4. Внутренняя ось  $x$  на рисунке 4 начинается в точке "О" на рисунке 3. Разветвление является симметричным. Оно делит тоннель диаметром 15 м на два тоннеля диаметром 10.6 м каждый под углом  $2 \times 35^\circ$ . После разветвления два тоннеля вновь изогнуты в направлении главной оси. После прямого участка длиной  $\sim 35$  м на протяжении переходного участка длиной еще  $\sim 35$  м поперечное сечение меняется с круглого на прямоугольное, которое разветвляется еще раз к двум затворам в каждом из тоннелей всего четыре затвора.

Важно отметить, что на участке 180 м (12 диаметров) до разветвления имеется изгиб  $15^\circ$  и радиус 100 м. Это создает режим вторичного потока, который сохраняется вплоть до зоны подхода к разветвлению и, тем самым, создает асимметрию в потоке, подходящем к разветвлению.

Геометрия должна быть такой, чтобы обеспечить баланс нижесложенных требований:

- как можно меньшие потери напора, в частности, для потока полной пропускной способности;
- уменьшение кавитации;

- условия для плавного потока, без срыва потока, особенно в случае асимметричной эксплуатации, в частности в зоне разделителя между двумя исходящими туннелями;

- потребности обеспечения прочности (как можно меньшие пролеты; избегать участков концентрации сжимающих напряжений).

Пункт 1 предусматривает обеспечение как можно меньших изменений скорости потока и целостность поперечного сечения.

Пункт 2 требует минимальных радиусов для боковых выпуклых стенок и примыкающего изгиба центробежного ускорения.

Для выполнения пунктов 3 и 4 нужно обеспечить минимальный радиус разделителя.

Задачи проектирования заключается в том, чтобы объяснить три разных метода, использованных при проектировании систем крепи породы, которые будут установлены в процессе проходки СТ-4 на участке разветвления и между разветвлением и нижней камерой затворов.

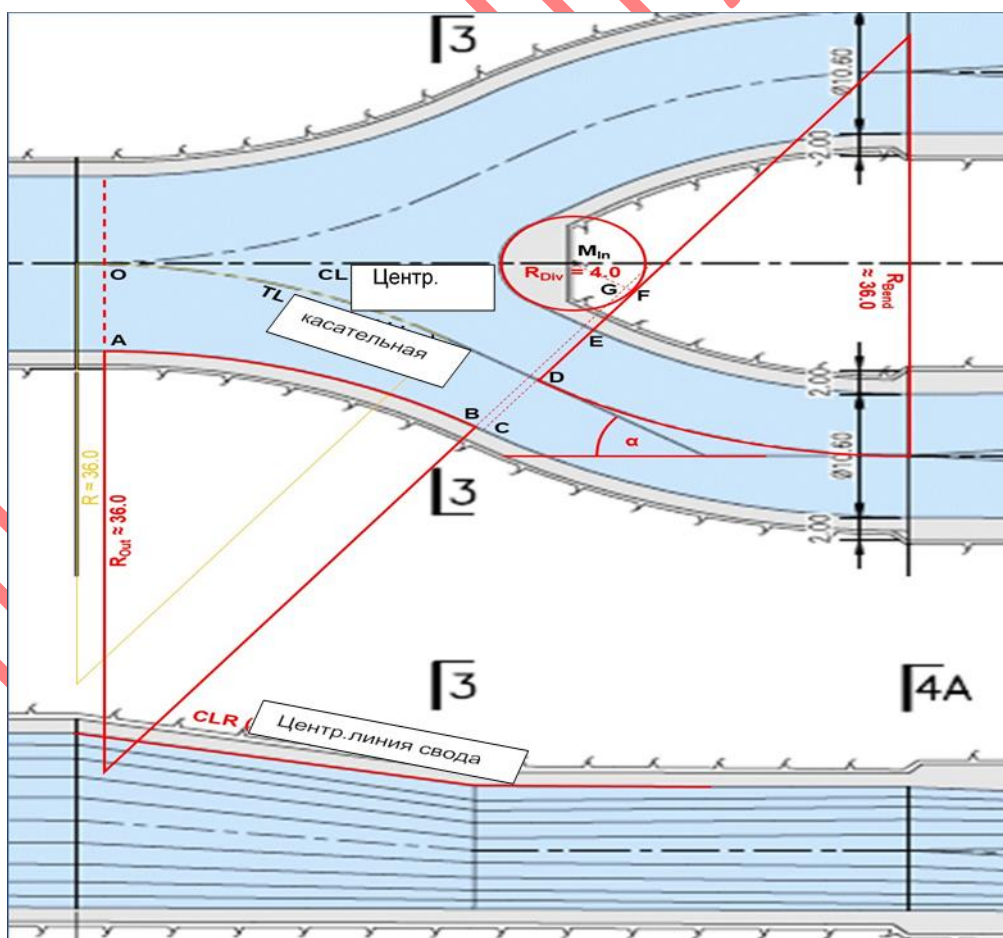


Рисунок 3 – Геометрия разветвления, перечень основных параметров



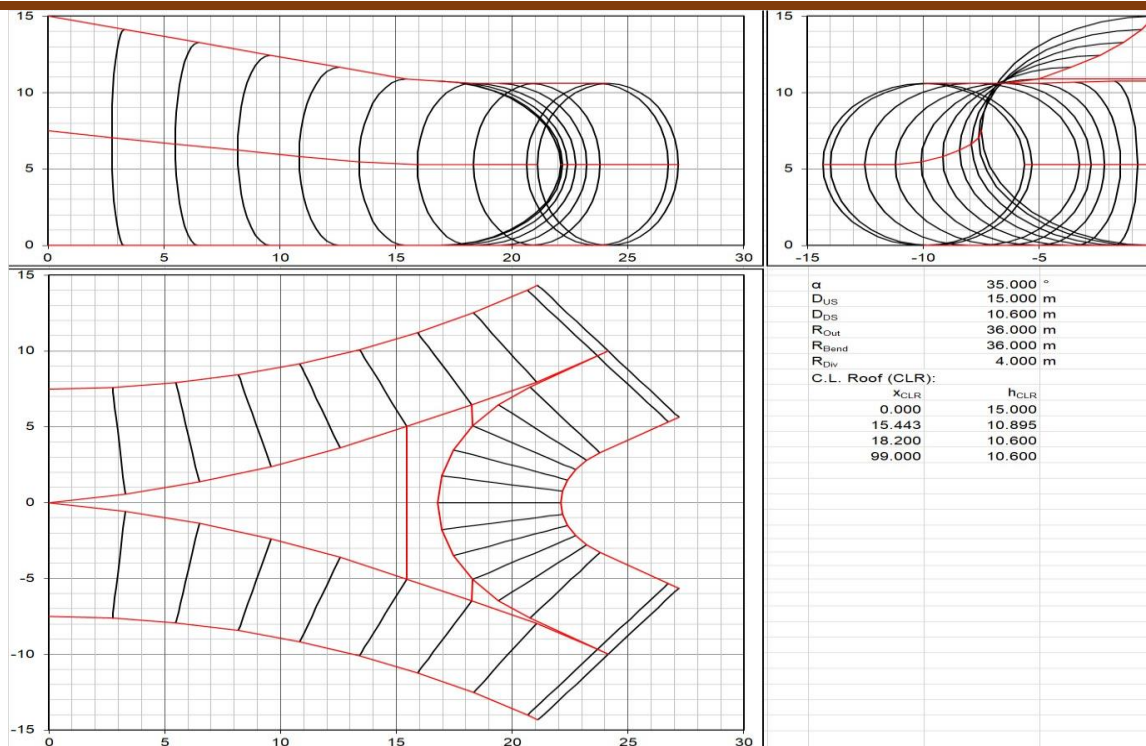


Рисунок 4 – Геометрия разветвления. Расчетная геометрия

После изучения ненарушенной породы и оценки состояния горных массивов для определения систем первичной крепи горных пород, которая потребуется при проходке СТ-4 в различных горных массивах использовались системы инженерной классификации горных массивов. Затем, путем применения аналитического метода (анализа клиньев) и численного метода (конечно-элементный анализ) были выбраны необходимые системы крепи породы.

Инженерно-геологический план и профиль СТ-4, а также свойства ненарушенной породы и горных массивов, залегающих вокруг тоннеля, были изучены с использованием всей имеющейся геологической и геотехнической информации. По результатам исследования основной вывод заключается в том, что вдоль участка разветвления СТ-4 залегают преимущественно горные массивы удовлетворительного качества. Поэтому возможный характер разрушения - это разрушение, обусловленное структурой и вызванное напряжением в горном массиве, залегающем вокруг этой части тоннеля.

Последовательность земляных работ и первичная крепь были выбраны в соответствии с геологическими условиями, известными на момент разработки проекта на основании данных, собранных в ходе геологического картирования тоннелей правого берега, включая подходные тоннели к СТ-4, до и после разветвления.

В ходе нового изучения трещин и классификации горных массивов для участка разветвления СТ-4 были выполнены измерения горных массивов, залегающих непосредственно перед разветвлением в нижнеобигармской свите и в подходном тоннеле АСТ-1 в месте его пересечения с СТ-4 после разветвления верхнеобигармской свиты. В любом случае, фактические геологические условия станут известны полностью только после завершения проходки разветвления.

## Результаты и обсуждения

Система определения качества горного массива (Q) была разработана Бартоном и другими учеными в (1974) [4], в основном, с целью прокладки тоннелей. Согласно данной классификационной системе, значения Q горных массивов вдоль тоннелей оцениваются по шести параметрам, после чего для каждого массива назначается необходимая система крепи. Соответственно, горные массивы в различных пикетах, залегающие вдоль СТ-4, были подвергнуты классификации по системе Q. В качестве первого шага при проектировании систем крепи для участка разветвления СТ-4 (от пикета 12+37 м до 13+57 м тоннеля СТ-4), был использован эмпирический метод с учетом двух классов горных массивов, залегающих на этом участке, и геологического строения по трассе тоннеля. Для этого была использована хорошо известная система классификации горных массивов, и разработаны несколько систем крепи для различных пикетов участка разветвления.

Эмпирические методы были разработаны на основе статистического анализа данных по устойчивым и неустойчивым подземным выработкам, выполненным в горных массивах различных типов в ряде стран. Одной из наиболее широко используемых в механике горных пород систем классификации

породных массивов в подземных выработках является “качество породного массива” (Q), разработанная Бартон и др. в 1974 г. [4]. Поэтому данная система классификации была использована для оценки необходимых систем крепи породы вдоль участка разветвления СТ-4.

В качестве второго этапа проектирования крепи породы для участка разветвления СТ-4, от пикета 12+37 м до 13+57 м была проверена устойчивость потенциально нестабильных клиньев в своде и стенах туннеля. К потенциально неустойчивым клиньям были применены меры по их стабилизации в виде нанесения торкрет-бетона и применения анкерных болтов до достижения необходимого запаса прочности. Соответствующие анализы выполнялись с использованием программного обеспечения, UNWEDGE ver. 3.0, разработанного компанией RocScience Co. (Торонто, Канада) и работающего по методу предельного равновесия. Входные данные и результаты анализа клиньев представлены в следующих разделах.

Для анализа UNWEDGE была консервативно учтена полная длина разветвления (26 м) и взяты самые крупные клинья, которые теоретически могут образоваться при взаимном пересечении несплошностей (и которые, как правило, имеют минимальный запас прочности). Несмотря на то, что данный подход является консервативным, он приводит к получению более прочной системы крепи породы, что является обязательным при проходке крупных подземных выработок в блочных и сильно блочных породных массивах, в которых доминирующим случаем является структурно контролируемое разрушение.

Поскольку, на практике, нагрузку от породы воспримет торкрет-бетон первых стадий твердения (через 3-4 часа), то в программе Unwedge неограниченная прочность на сжатие и сопротивление сдвигу торкрет-бетона были приняты соответственно на уровне 5 МПа и 0,7 МПа.

Согласно критериям проектирования правобережных сооружений [10] после установки крепи породы минимальный запас прочности для потенциально нестабильных клиньев в своде и стенах составит 1,2 для нормальных и необычных условий нагрузки и 1.1 для чрезвычайных условий нагрузки.

Результаты анализа клиньев на участке разветвления СТ-4, образующихся в результате взаимного пересечения крупных несплошностей (плоскостей напластования, систем трещин и разломов). Первичная система крепи для клиньев состоит из следующих компонентов: армированный торкрет-бетон толщиной 10-15 см со сварной арматурной сеткой 6мм (@-шагом) 150x150 мм, и анкера L=5.85 м, диаметром 32 мм, @ 1.5x1.5м.

На последнем этапе проектирования крепи породы для участка разветвления (от пикета 12+37 м до 13+57 м вдоль туннеля СТ-4), было выполнено математическое моделирование нескольких сечений данных подземных проходок с целью анализа напряжений сразу же после проходки, а также после монтажа системы крепи. Отмечается, что в начале разветвления имеется короткий участок туннеля СТ-4 длиной всего 3,7 м. В связи с тем, что поперечное сечение первой части разветвления имеет ту же подковообразную форму и очень похожие размеры с поперечным сечением туннеля СТ-4 (особенно с типовым участком крепи породы типа III), данный короткий участок туннеля не моделируется, потому что конечно-элементное моделирование по нему выполнялось в ходе проектирования земляных работ и системы крепи породы туннеля СТ-4.

С целью проведения математического анализа использовалась программа на основе конечно-элементного метода RS2 ver. 9.0, разработанная RocScience Co., Торонто, Канада. Данная программа способна решать широкий спектр задач в области горного дела и проектирования сооружений. Очевидно, что достоверность результатов расчетов для каждой программы зависит от метода моделирования и, в частности, от точности исходных данных. Чем точнее геологические и геомеханические параметры, тем надежнее результаты расчетов. Тем не менее, поскольку точное моделирование условий грунта обеспечить обычно очень сложно или даже невозможно, то неизбежно приходится использовать некоторые упрощенные допущения.

Для математических расчетов СТ-4 были приняты следующие общие допущения и критерии:

- горные массивы являются сплошными средами и демонстрируют упруго - пластическое поведение;

- для 2-х мерных расчетов принято плоское деформированное состояние;

- к горным массивам применяется критерий разрушения Хоек и Браун;

Модель была разработана для D-образной формы сечения туннеля СТ-4 в начале разветвления (сечение 1), от пикета 12+37 м до пикета 12+43 м, где будет установлена система крепи тип VIII, включающая торкрет-бетон толщиной 5 см, монолитный бетон толщиной 35см марки С25/30 со стальными арками IPE240 мм с шагом 1.0 м. Габариты туннеля СТ-4 в этой модели после проходки составляют 19.65м в высоту и 20.80м в ширину, в этом месте вокруг туннеля залегают породы нижнеобигармской свиты (K1ob1) вблизи контакта с верхнеобигармской свитой (K1ob2), которая преимущественно сложена чередованием песчаников и иловатых песчаников.

В данном К-Э расчете, горный массив K1ob1 вокруг туннеля моделировался как упругопластический материал, где в режиме пластичности прочностные параметры ухудшаются.

На рисунке 5 показан общий вид К-Э модели СТ-4 в сечении 1, когда сейсмическая нагрузка активизируется на этапе 10 (ПУГ=0.27g).

На рисунке 6 показана сигма 1 и деформированные элементы вокруг разветвления СТ-4 в сечении 1 на этапе 11. Далее, на рисунке 7 показаны коэффициент запаса прочности и изгибающий момент в обделке, представлено общее смещение и усилия сдвига в обделке.

Анализ напряжений показал, что меры по укреплению породы, предусмотренные для данного сечения, будут функциональными на различных этапах. Отмечается, что даже при применении сейсмической нагрузки, эквивалентной землетрясению, которое может произойти при проходке ДТ4 (ПЗ = 0.27g), стабильность тоннеля СТ-4 в сечении 1 будет обеспечена, и тоннель сохранит свою функциональность после такой нагрузки.

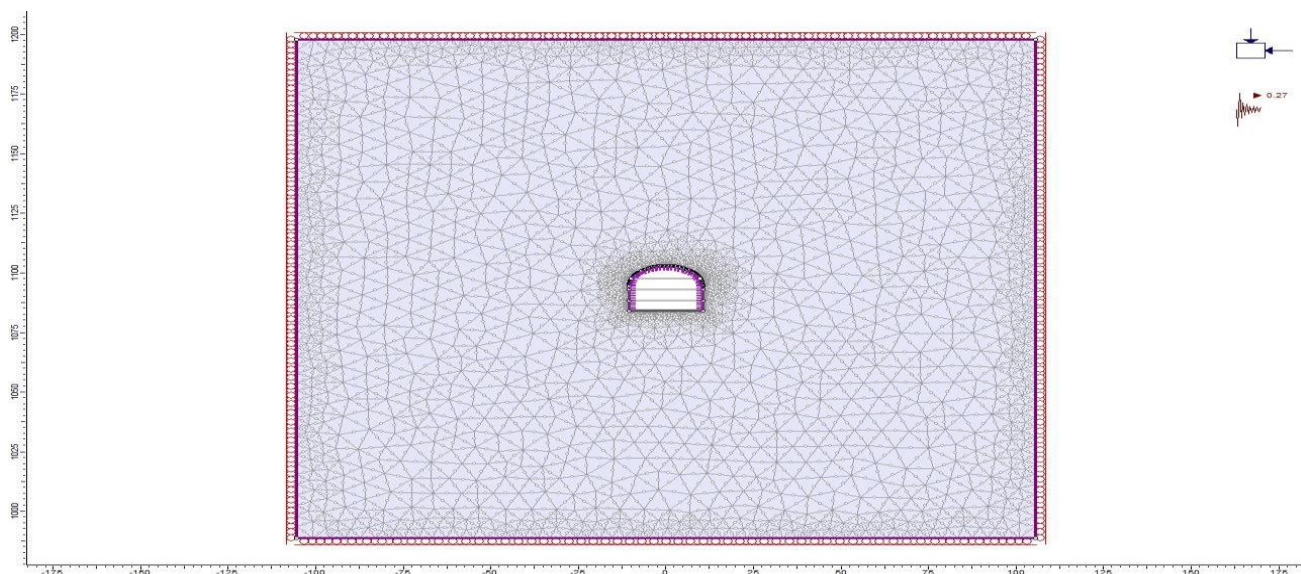


Рисунок 5 – Общий вид К-Э модели разветвления СТ-4 в сечении 1

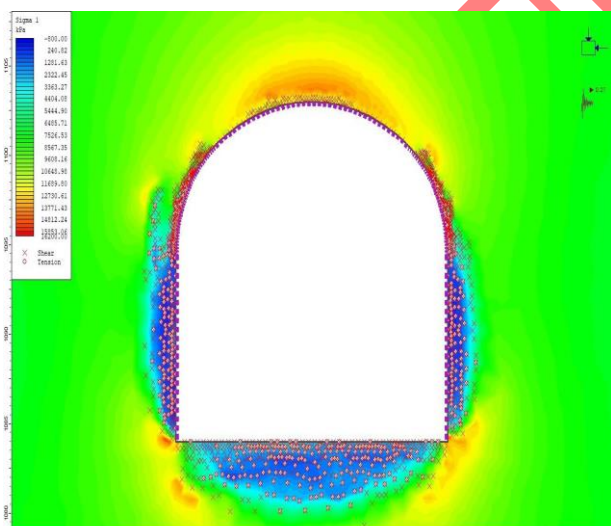


Рисунок 6 – Сигма 1 и деформированные элементы вокруг разветвления СТ-4

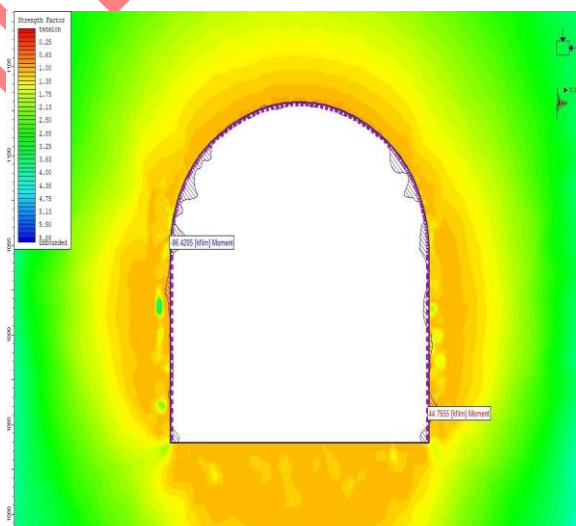


Рисунок 7 – Коэффициент запаса прочности и изгибающий момент в участке разветвления СТ-4

## Выводы

1. С учетом рекомендуемых классов крепи породы, предложенных в результате применения эмпирических методов проектирования, расчетов стабильности для подземных клиньев и К-Э расчетов разветвления тоннеля СТ-4 и формы, толщины бетонной обделки и размера сечений в этой части тоннеля в пикетах от 12+37 м до 13+57 м, который включает участок от начала зоны разветвления вплоть до нижней камеры затворов, было рекомендовано 8 типов крепи породы как показано в таблице 2.



2. Фактически, соответствующие классы крепи будут определены инженером-геотехником проектировщиками в процессе проходки СТ-4, с учетом фактических наблюдаемых условий грунта. Необходимая адаптация классов крепи будет проведена по результатам наблюдений за фактическими условиями в тоннеле и характеристиками грунта. Если необходимо, будут выполнены дополнительные расчеты на этапе проходки для уточнения классов крепи, чтобы подтвердить пригодность выбранной системы крепи для каждой части тоннеля, где состояние грунта или характеристики горного массива могут отличаться от предполагаемых.

Таблица 2 – Описание классов крепи породы, рекомендуемых для участка разветвления СТ-4

Тип крепи	Пикеты (м)	Значения Q и GSI	Торкрет-бетон	Армоцементные анкеры	Монолитный бетон	Стальная арка
III-а (1)	12+37 ~ 12+41	$1.88 < Q < 5.19$ $50 < GSI < 55$	Толщина 5 см	-	C20/25 толщина 40 см	ИРЕ 300 мм, с шагом 1 м
VIII	12+41 ~ 12+43	$1.88 < Q < 5.19$ $50 < GSI < 55$	Толщина 5 см	-	C25/30 <sup>(2)</sup> толщина 35 см	ИРЕ 240 мм, с шагом 1 м
IX & X (3)	(12+43 ~ 12+49) (12+49 ~ 12+56)	$1.88 < Q < 5.19$ $50 < GSI < 55$	Толщина 5 см	2xØ32мм, L = 5.85 м @ 1.0x1.5м на своде	C25/30 толщина 40 см	ИРЕ 300 мм, с шагом 1 м
XI (4)	12+56 ~ 12+66	$0.63 < Q < 1.73$ $50 < GSI < 55$	Толщина 5 см	2xØ32мм, L = 5.85 м @ 1.0x1.5м на своде	C25/30 толщина 45 см	ИРЕ 300 мм, с шагом 1 м
XII, XIII и XIV	(12+66 ~ 12+87) (12+87 ~ 13+23) (13+23 ~ 13+57)	$0.63 < Q < 3.89$ $50 < GSI < 55$	Толщина 5 см	-	C25/30 толщина 35 см	ИРЕ 240 мм, с шагом 1 м

Рецензент: Икромов И.И. — к.т.н., доцент, заведующий кафедрой строительной механики и гидротехнических сооружений ТГУ имени Ш. Шохтемурра.

### Литература

1. Marinos V., 2010, "New Proposed GSI Classification Charts for Weak or Complex Rock Masses", Bulletin of the Geological Society of Greece Vol. 43. // Новая предложенная диаграмма классификации геологического индекса прочности для слабых или сложных горных массивов.
2. Hoek E. et al., 2002, "Hoek-Brown Failure Criterion - 2002 Edition". // «Критерий разрушения Хокк-Браун»
3. Barton N., Lien R. and Lund J, 1974, "Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support", Rock Mechanics, 6, pp. 189-236 // «Инженерная классификация горных массивов для расчета крепи туннелей»
4. Barton N., 2002, "Some new Q-value correlations to assist in site characterization and tunnel design", Int. Jour. Roc. Mech. & Min. Sci., 39, pp. 185-216. // «Некоторые новые корреляции значения Q в помощь при описании площадки и проектировании туннелей»
5. Barton N., 2002, "Some new Q-value correlations to assist in site characterization and tunnel design", Int. Jour. Roc. Mech. & Min. Sci., 39, pp. 185-216. // «Некоторые новые корреляции значения Q в помощь при описании площадки и проектировании туннелей»
6. NGI Handbook, 2015, "Using the Q-System, Rock Mass Classification and Support Design", pp. 32-35. // «Применение системы Q, классификации горных массивов и проектирование крепи»
7. Aydin A., 2009, "Suggested method for determination of the Schmidt hammer rebound hardness: Revised version", Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 46(3): 627–634. // «Метод, предлагаемый для определения твердости по отскоку молотка Шмидта: уточненный вариант»
8. Хасанов Н.М., Сулейманова М.А. Выбор методов предварительного укрепления и снижения водопроницаемости грунтов и горных пород в зонах тектонических нарушений. Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2016. № 1-1 (192). С. 202-205.

9. Хасанов Н.М., Холов Ф.А., Саидов С.А. Способы проведения цементационных работ в гидротехническом строительстве. Вестник, ТНУ- Душанбе: Серия геологических и технических наук 2022. №3. –С. 85-93.

10. Ятимов А.Дж., Хасанов Н.М., Холов Ф.А., Хасанов М.Н. Анализ результатов исследований напряжений, проявляющихся вокруг подземных выработок //ТНУ- Душанбе: ТНУ, Серия геологических и технических наук 2023. №1. –С.151-158

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

TJ	RU	EN
Сулеймонова Мутабар Абдулхаевна	Сулейманова Мутабар Абдулхаевна	Mutabar Abdulkhaevna Suleimonova
кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры «Основания, фундаменты и подземные сооружения»	номзади илмҳои техникӣ, дотсенти и.в. кафедраи асосҳо, таҳкурсиҳо ва иншоотҳои зеризаминӣ	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor of the Department "Foundations, Foundations and Underground Structures".
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
TJ	RU	EN
Хасанов Мухриддин Нуралиевич Соискатель	Ҳасанов Мухриддин Нуралиевич Унвонҷӯ	Khasanov Mukhriddin Nuralievich Applicant
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана	Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи	Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана
TJ	RU	EN
Алимардонов Алишер Менгалиевич	Алимардонов Алишер Менгалиевич	Alimardonov Alisher Mengaliyevich
ассистент кафедры «Основания, фундаменты и подземные сооружения»	ассистенти, кафедраи «Асосҳо, таҳкурсиҳо ва иншоотҳои зеризаминӣ»	Assistant, Department of Foundations, Foundations and Underground Structures
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
TJ	RU	EN
Саидов Саидмумин Абдукаҳорович Соискатель	Саидов Саидмумин Абдукаҳорович Унвонҷӯ	Saidov Saidmumin Abdukahorovich Applicant
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



## ТАҲЛИЛИ САНЪАТИ ПЛАСТИКӢ ДАР МЕЪМОРИИ ШАҲРИ ДУШАНБЕ

Эмомова Ф.Ё., Раҷабов Н.У

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ.

Дар мақола раванди рушд ва алоқамандии санъати пластикӣ дар давраи ташаккулёбӣ ва рушди мамлақати мустақили чавон ва давлати куҳанбунёди тоҷик, ки айни замон зарурати баланд бардоштани нақши санъати бадеӣ-пластикӣ, меъморӣ ва истифодабарии он дар муҳит хело нақши муҳим мебозад, пешниҳод гардидааст.

Инчунин бомаврид истифода бурдани санъати пластикиро дар меъмории имрӯза, ки ҳамчун қисми зарурии санъат дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ба ҳисоб меравад қайд гардидааст.

**Калимаҳои калидӣ:** санъат, муҳити меъморӣ, ҳунари бадеӣ, санъати пластикӣ, таҷриба.

### АНАЛИЗ ПЛАСТИЧЕСКОГО ИСКУССТВА В АРХИТЕКТУРЕ ГОРОДА ДУШАНБЕ

Эмомова Ф.Ё., Раҷабов Н.У.

В статье представлен процесс развития и взаимосвязи пластического искусства в период становления и развития независимой молодой страны и древнего таджикского государства, которая в настоящее время играет очень важную роль в повышении роли художественно-пластического искусства, архитектуры и его использования в окружающей среде.

Также, было отмечено успешное использование пластического искусства в современной архитектуре, которое считается необходимой частью искусства в Республике Таджикистан.

**Ключевые слова:** искусство, архитектурная среда, художественное искусство, пластическое искусство, дизайн.

### ANALYSIS OF PLASTIC ART IN THE ARCHITECTURE OF THE CITY OF DUSHANBE

Emomova F.E., Rajabov N.U.

The article presents the process of development and interrelation of plastic art during the formation and development of an independent young country and the ancient Tajik state, which currently plays a very important role in increasing the role of artistic and plastic art, architecture and its use in the environment.

The successful use of plastic art in modern architecture, which is considered a necessary part of art in the Republic of Tajikistan, was also noted.

**Keywords:** art, architectural environment, art, plastic art, design.

#### Муқаддима

Тавре ки маълум аст, раванди рушд ва густариши фарҳанги халқи тоҷик бо таҳқиқи мероси фарҳангии мардум ба таври зич алоқаманд аст. Дар соҳаи санъат ва меъморӣ, донишҷӯи мероси гузаштагон имкон медиҳад, ки ба анъанаҳои аслии миллӣ диққати махсус дода шуда, барои ошкор намудани санъати миллӣ ва ҷустуҷӯи кашфиётиҳои нави пластикӣ мусоидат кунад.

Дар давраи ташаккулёбӣ ва рушди давлати куҳанбунёди тоҷик, ки айни замон, афзоишёбии аҳоли дар назар аст, зарурати баланд бардоштани нақши санъати бадеӣ-пластикӣ, меъморӣ ва истифодабарии он дар муҳит хело нақши муҳим мебозад.

Дар тӯли асрҳои XX ва XI истифодабарии санъати бадеӣ-пластикӣ, меъморӣ хело зиёд ба чашм расида, ёдгориҳои монументалии сохта ба истифода дода шудаанд.

Солҳои 60 — 80-ум, дар Тоҷикистон санъати бадеии мозайка, бо меъморӣ алоқаи зич дошта, бо услубҳои реализми сотсиалистӣ, модернизм ва абстрактсионизм бештар маъмул гардида буд. Ин намуди санъат муваффақиятҳои кишварро дар илм, варзиш, меҳнат ва дигар соҳаҳо инъикос менамуд.

Дар ҳамон солҳо расоми барҷастаи монументалист, Асрор Аминҷонов дар санъати пластикӣ саҳми босазоро гузошта буд. Ӯ пас аз хатми омӯзишгоҳи рассомии шаҳри Душанбе, омӯзишгоҳи рассоми ба номи Мухинаи шаҳри Ленинградро хатм намуда бо дигар расомон аз ҷумла З. Ҳабибуллоев, Х.Хушвахтов, Н. Ханин барои пешрафти санъати пластикӣ ва бадеӣ қорҳои зиёдеро анҷом дода буданд.

Инчунин бо шарофати Асрор Аминҷонов дар омӯзишгоҳи рассоми бахши ороишӣ кушода шуда буд.

Дар барномаи таълимӣ омӯзиш ва тарзи истифодаи мозайкаи сангро қорӣ намуданд, ки истифодабарии санғҳои табиӣ дар ин намуди санъати бадеӣ рушд кард. Таҳлилу таҳқиқотҳо нишон дод, ки ҳамаи он биноҳои истиқоматӣ ва маъмурӣ, ки бо мозайка ороиш дода мешуд ба зилзила тобовар боқӣ мемонд. Бисёр биноҳои бо мозайка ороишдодаро дидан мумкин аст, ки зиёда аз 50 сол гузаштааст, то ҳол сифати хушоно гуна нақардааст.

Чунин санъати пластикиро бисёртар дар асарҳои А. Аминҷонов, монументалистони соҳибтаҷриба, расомон аз қабили Н.Ханин, И.Раҳнаев, Л.Гурҷиев, Григоров ва дигарон дидан мумкин, ки техникаи мозайкаи рангаро дар асарҳои худ самаранок истифода бурдаанд.

Дар намоиҳои «Тоҷикистон» (ҳоло вайрон шудааст), (Расми 3.) яке аз калонтарин панноҳои мозайкӣ гузошта шуда буд, ки дар он ҳаёти хушбахтонаи мардуми тоҷик эҷод гардида буд.

Дар маҷмӯъ таҳлили васеи таърихи имрузаю гузаштаи санъати пластикӣ аз тарафи мутахассисони соҳа омӯхта шуда, онро ҳамчун қисми зарурии санъати бадеӣ ҳисобида, истифодаи онро дар меъмории муосир роҳандозӣ намудан лозим.

#### Маводҳо ва усулҳо

Таҳлилу таҳқиқотҳои санъати пластикии меъморӣ биноҳои ҷамъиятии шаҳри Душанбе нишон медиҳад, ки санъати пластикӣ дар меъморӣ шаҳр, дар эҷодиёти аслии меъморон ва ҳайкалтарошон кам ба чашм расида бо пешниҳодоти роҳҳои ҷустуҷӯи истифодаи усулҳои миллӣ, дар санъати меъморӣ ва ҳайкалтарошии муҳити шаҳр аз нав ба роҳ монда, дар меъморӣ шаҳр пешниҳод шуда истодааст.

Бояд қайд кард, ки дар охири солҳои 1950-ум ва 1960-ум, меъморӣ миллии Тоҷикистон назар ба дигар ҷумҳуриҳои собиқ Иттиҳоди Шӯравӣ, бениҳоят бой буда, ороиши биноҳои ҷамъиятӣ, дар якҷоягӣ бо меъморӣ қадима симои пешрафта ҳисобида мешуд. Солҳои 1970, 1980 ва аввали солҳои 1990 дар меъморӣ шаҳри Душанбе, афзоиши мунтазами санъати пластикӣ ва меъморӣ ба назар гирифта шуда, дар он ҳамбастагии онҳо нишон дода шуда буд. Истифодабарии санъати бадеӣ-пластикӣ, дар меъморӣ биноҳои ҷамъиятии шаҳр, натиҷаҳои хубро ба даст овард.

### Доираи татбиқ

Барои пешрафти сохтмон ва меъморӣ дар шаҳри Душанбе, нисбати ташаккули санъати пластикӣ ва истифодаи он дар меъморӣ аз тарафи мутахассисони соҳа, меъморон, рассомон навиштаҷотҳо хело кам ба чашм мерасад, ки ин боиси аз байн рафтани санъати пластикӣ мегардад.

Бояд қайд намуд, ки истифода аз санъати пластикӣ алалхусус мозайка дар меъморӣ имрӯза хело кам шуда, оҳиста оҳиста аз байн рафта истодааст.

Дар солҳои 70-80-уми асри гузашта рассомон бо як маҳорати зиёд, бо эҷодиёти рангини худ санъати пластикиро истифодабарӣ намуда, биноҳои истиқоматӣ ва маъмуриро дар мавзӯҳои гуногун ва рангин бо мозайка оро медоданд. Агар онҳо ин зебоиро таҷассум намекарданд, мо имрӯз аз ин зебӣ барканор монда аз офаридаҳои рассомон Асрор Аминҷонов, Муриват Бекназаров, Юсуф Сангов, Зухур Ҳабибуллоев, Виктор Жаданов, Якуб Бегимов, Вафо Назаров, Валерий Чалкин, Ҳамроқул Шарипов, Мирзо Ҳикматов ва дигарон бебаҳра мемондем, чунки ин зебӣ абадист ва солҳо хизмат карда, ҳашамату таровати худро гум намекунад.

Асари эҷоднамудаи рассом Асрор Аминҷонов бо номи “Шашмақом”, (Расми 1.), ки айни ҳол бинои Сафинаро оро медиҳад, то ҳол симои худашро гум накардааст. (Расми 2.)



Расми 1 – Мозайка аз санғҳои табиӣ.  
“Шашмақом” 1976 сол.



Расми 2 – Сафина. Душанбе.

Ин мозайкаи машҳур соли 1976 аз санғҳои табиӣ сохта шудааст, ки дар ин ҷобачогузорӣ, ҳамбастагии мавзӯи гирифта бо мавод алоқамандии зич дорад. Барои эҷоди ин асар Асрор Аминҷонов заҳмати зиёд қашида, аввалан аз кӯҳҳо ҷамъоварии санғҳои мувофиқ, баъдан ҷо ба ҷо гузоштани, ҳар як санг мувофиқ бо рангаш сурат гирифта шуда буд, ки ин меҳнати шабонарӯзии рассом буд.

### Натиҷаҳои таҳқиқот

Таҳлили таҳқиқотҳо нишон додаанд, ки санъати пластикӣ яке аз намуди санъатҳост, ки набояд аз байн бурда шавад. Мутассифона то имрӯз чанд биноҳои шаҳри Душанбе, ки бо ин намуди санъат оро дода шуда буданд, аз байн рафтанд ба мисоли хонаи истиқоматӣ дар кучаи С. Айни бо номи “Замини Тоҷикистон” (Расми 4.), мозайкаи бинои донишгоҳи педагогӣ, хонаи истиқоматӣ, ки бо номи “Афсона” машҳур буд ва дар намои ошонаи якуми он деворанигора бо лавҳаи ёдгории арзиши баланди маданӣ дошта, оро дода шуда буд, кохи “Тоҷикистон”, (Расми 3.) бинои театри лухтак, асари Вафо Назаров ва Юсуф Сангов (Расми 5.) ва ғайраҳо.



Расми 3 – Мозайка бо номи “Ҳаёти хушбахтонаи мардуми тоҷик”  
Асари Зухур Ҳабибуллоев





Расми 4 – Хонаи истиқоматӣ  
панно-мозайка бо номи  
“Замини Тоҷикистон”



Расми 5 – Мозаика дар бинои театри лухтак. Асари Вафо  
Назаров ва Юсуф Сангов.  
Душанбе.

### Муҳокимаи натиҷаҳои таҳқиқот

Дар марҳилаҳои инкишофи меъморӣ ва санъати пластикии шаҳри Душанбе таҳлил карда шудааст, ки дар тӯли асрҳо аз як шаҳраки хурди феодалӣ ба маркази асосии маъмури, илмӣ, фарҳангӣ ва саноатӣ табдил ёфтааст.

Дар робита ба ин, дар ҳар марҳилаҳои рушди меъморӣ Душанбе диққати хосса ба санъати пластикӣ, тадбирҳои мушаххаси давлатӣ барои барқарорсозӣ ва сохтмони биноҳои истиқоматӣ, маъмури ва дигар иншоотҳо диққати махсус дода шудааст.

Қайд намудан зарур аст, ки эҷоди меъморӣ ва пластикии муосири, шаҳри Душанбе сохтмони биноҳои пурҳашамати бо унсурҳои миллӣ сохташуда, ки дар солҳои охир пайдо шуданд, инчунин тарҳрезии лоиҳаҳои навро, ки дар оянда ба нақша гирифта шудааст, тамоюлоти навтаринро дар меъморӣ шаҳри Душанбе муайян мекунад. Ҳамчунон шаҳри Душанбе инъикосгари чунин зебӣ дар меъморӣ буда, бо шӯҳрати хоссаи худ муарифгари шаҳрҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон мебошад.

### Хулосаҳо

Дар хотима қайд карда мешавад, ки рушд ва ҳамкорӣ бо асарҳои меъморӣ-бадеӣ муҷассамаофарӣ дар санъати пластикӣ ва меъморӣ асри ХIХ-XXI, ки дар ташаккули васеи ҷомеаи тоҷикон нишон дода шудааст, меъморон, ҳалқалтарошон ва рассомони тоҷикро, на танҳо дар Шарқ балки дар ҷаҳони муосир шинохтанд.

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон кӯшиш ба ҳарч дода мешавад, ки меъморон бисёртар ба меъморӣ миллӣ рӯй оваранд.

Ҳамаи ороишотҳои бадеӣ, мозайка ва деворанигораҳое, ки имрӯзҳо камшумор мондаанд, ҳамчун ёдгоре аз таърихи бой ва рангини гузаштаи мо ба шумор мераванд.

Мутахассисони соҳаи меъморӣ, меъморон, рассомон ва ҳайқалтарошон барои ривож ва рушди минбаъдаи санъати пластикӣ ва меъморӣ, дар таҷрибаи ҷаҳони муосир барои дарёфти навгониҳо дар ин самт ҳаракат мекунанд, ки саҳми худро барои ташаккули ин намуди санъат гузоранд.

*Муқаррир: Юсуфов Б.Н. — профессор, акадeмиқи академияи байналмиллалии меъморон, Раиси Иттифоқи меъморони Тоҷикистон.*

### АДАБИЁТ

1. Гафуров Б.Г., Цибукидис Д.И. Александр Македонский и Восток. – М.: Наука, 1980. – С. 244.
2. Воронина В.Л. Народная архитектура Северного Таджикистана. – Сталинабад: Госстройиздат, 1959. - С. 74.
3. Воронина В.Л. Народная архитектура Северного Таджикистана, указ. соч., с.

4. Веселовский В.Г., Мукимов Р.С. Этапы формирования градостроительной структуры Ленинабада // Исследования по истории и культуре Ленинабада. – Душанбе: Изд. «Дониш», 1987. – С. 57-72.

5. Мукимов Р.С. История и теория таджикского градостроительства. – Душанбе: Изд. ООО «Контраст», 2009. - С.446-447.

6. Архитектура Таджикистана. <https://www.tajembassy.ru/ru/ob-yavleniya/37-arkhitektura-tadzhikistana>;

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

TJ	RU	EN
Эмомова Фирузаёфтуллоевна номзади меъморӣ, и.в. дотсенти кафедраи “ДММваТ”, Донишгоҳи Техникии Тоҷикистон ба номи ак. М.С. Осимӣ	Эмомова Фирузаёфтуллоевна кандидат. архитектуры, , и.о. доцент, кафедры “ДАСи Р” Таджикский технический университета им. академика М.С. Осими	Emomova FiruzaEftulloevna candidate of architecture, lector of the AD Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
e-mail: <a href="mailto:miss.imomova@mail.ru">miss.imomova@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Раҷабов Н.У. Хатмқунандаи Донишгоҳи Техникии Тоҷикистон ба номи ак. М.С. Осимӣб бо ихтисоси 1-270101-17- Иқтисодиёт ва ташкили истеҳсолот (сохтмон)	Раҷабов Н.У. Выпускник Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими, по специальности -270101-17- экономика и организация производства (строительство)	Rajabov N.U. Graduate of the Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, majoring in specialty 1-270101- 17-economics and organization of production (construction)

ТДУ 691:502.17

## ЛОИҲАКАШИИ БИНОҲОИ ЭНЕРГИЯСАМАРАНOK БО ДЕВОРҲО АЗ МАСОЛЕҲҲОИ ТАБИЙ

Хучаев П.С., Саидзода Ҷ. Ҳ., Ганизода Ҷ.Ш., Сафарзода Д.Г.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

Дар мақолаи бартариҳои лоиҳакашӣ ва иморатсозӣ бо истифодаи деворҳо аз хиштҳои гилкоҳӣ дар деҳотҷойҳо, аз нуқтаи назари гармотехникии ва иқтисодӣ мавриди баррасиву таҳлил қарор дода шудааст. Деворҳои борбардори биноҳои гилкоҳӣ дорои хусусиятҳои беҳтарини гармимухофӣ буда, истифодаи онҳо имкон медиҳад, ки хароҷоти энергияро барои гармкунии онҳо дар фасли сармо кам намоем. Ғайр аз ин, бунёди бинои гилкоҳӣ сарфи ниҳоят ками энергия ва масолеҳоро, нисбати биноҳои аз масолеҳҳои анъанавӣ сохташаванда таъмин менамояд ва дар натиҷа бартариҳои иқтисодиро ба вуҷуд меорад.

**Калидвожаҳо:** гил, коҳ, газобетон, энергиясамаранокӣ, нишондиҳанда, хусусият, муқовимати гармигузаронӣ, гармиустуворӣ, арзиш, ҳисоб, сарфакорӣ.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ СО СТЕНАМИ ИЗ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Хужаев П.С., Саидзода Дж. Х., Ганизода Дж.Ш. Сафарзода Д.Г.

В статье рассматриваются преимущества глино-гилкожного домостроения в сельской местности с теплотехнической и экономической точек зрения. Несущая стена глиноглиногилкожного обладает хорошими теплоизоляционными свойствами, что позволяет снизить расходы на отопление в холодные периоды. Кроме того, строительство глиногилкожного требует меньше энергии и материалов, чем строительство дома из традиционных материалов, что также позволяет экономить.

**Ключевые слова:** глиносаман, газобетон, энергоэффективность, показатель, особенности, сопротивление теплоотдаче, теплоустойчивость, стоимость, расчет, экономия.

## DESIGNING ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS WITH WALLS MADE FROM NATURAL MATERIALS

Khuzhaev P.S., Saidzoda J.H.H., Ganizoda J.Sh., Safarzoda D.G.

The article discusses the advantages of adobe housing construction in the suburbs from the thermal and economic side. The study showed that an adobe house has a number of advantages both from a thermal and economic point of view. The load-bearing wall of an adobe house has good thermal insulation properties, which reduces heating costs during cold periods. In addition, the construction of an adobe house requires less energy and materials than building a house from traditional materials, which also allows you to save money.

**Keywords:** adobe, aerated concrete, energy efficiency, indicator, features, heat transfer resistance, heat resistance, cost, calculation, economy.

### Муқаддима

Лоиҳакашӣ ва сохтани биноҳои хусусӣ - бе истифодаи техникаи гаронбаҳо ва ба қор қабул кардани коргарон, метавонад на танҳо ба чузъи иқтисодӣ, балки ба хоҳиши сармоягузорӣ кардани як қисми худ ба ҳар як чузъиёти фазои зисти ояндаи худ вобаста бошад. Қобилияти мустақилона идора кардани раванди сохтмон, интиҳоби мавод, тарроҳӣ ва мусоид будани ҳучраҳо ба шумо имкон медиҳад, ки ҷои беназир ва бароҳат барои истиқомат эҷод кунед.

Таҳлили муқоисавии хусусиятҳои гармидиҳии девори борбардори гилкоҳӣ ва девори дигар нишон дод, ки бинои аз гилкоҳ сохташуда ба гармӣ тобовартар буда, барои нигоҳ доштани ҳарорати бароҳат дар дохили бино энергияи камтарро талаб мекунад.

Арзёбии иқтисодии хароҷоти сохтмон ва истифодабарӣ нишон дод, ки биноҳо бо деворҳои гилкоҳӣ нисбат ба бинои аз маводи дигар сохташуда хароҷоти камтари истифодабарӣ ва арзиши умумии сохтмонро дорад. Ҳамин тариқ, бинои гилкоҳӣ аз ҷиҳати иқтисодӣ самаранок ва арзонтар мебошад.

Дар маҷмӯъ, тадқиқот имкон дод, ки бинои гилкоҳиро аз ҷиҳати хусусиятҳои гармидиҳӣ ва самаранокии иқтисодӣ муфидтарин муайян гардад. Ин мақсаднокии истифодаи онҳоро дар деҳотҷойҳо, барои кам кардани хароҷоти гармидиҳӣ ва нигоҳдорӣ биноҳои истиқоматӣ тасдиқ мекунад.

Раванди мазкур на танҳо имкон медиҳад, ки на танҳо дар дараи сохтмон сарфакори намоем, балки бо бино робитаи махсус ба миён ояд, зеро ҳар як гӯша бо саъю кӯшиши шахсӣ ва ғамхорӣ дар бораи ҳар як чузъиёт пур мешавад. Он инчунин ба рушди малакаи бинокорӣ мусоидат карда, метавонад дар оянда ҳангоми ободонӣ ва таъмири манзил муфид бошад.

Аз ин рӯ, сохтани бинои хусусӣ бо қувваи худ метавонад на танҳо аз ҷиҳати иқтисодӣ ва амалан ғайрашароҳат бошад, балки аз сохтани гӯшаи беназири худ дар рӯи замин лаззат ва қаноатмандии зиёд ба бор орад [1-11].

**Гилкоҳ** як маводи қадимӣ ва муассир барои сохтани биноҳост, ки дар фарҳангу давраҳои гуногун васеъ истифода мешуд. Манфиатҳои он тозагии экологӣ, хосиятҳои хуби гармимухофӣ, мавҷудияти ашёи хоми сохтмонӣ ва осонии коркарду ороиши биноро дар бар мегиранд.

Истифодаи гилу коҳ барои сохтани биноҳо ба мо имкон медиҳад, ки бо хароҷоти камтарин фазои мусоид ва бароҳати истиқоматӣ эҷод намоем. Ин мавод дорои гармӣ- ва садомухофӣ хуб буда, биноҳои аз гилкоҳ сохташударо дар ҳама фаслҳои сол бароҳат нигоҳ медорад. Ғайр аз он, деворҳои гилкоҳӣ устувории зарурӣ доранд ва метавонанд солҳои дароз бидуни аз даст додани сифатҳои худ хизмат кунанд.

Истеҳсоли гилкоҳ истифодаи чузъҳои табииро талаб мекунад, ки онро аз ҷиҳати экологӣ тоза ва барои саломатии инсон беҳатар мегардонад. Бо сабаби нармӣ ва чандирии худ, гилкоҳ ба раҳнаҳо ва деформатсияҳо тобовар буда, имкон медиҳад, ки биноҳои аз ин мавод сохташуда, ҳатто дар ҳолати наҷандон устувори асос бунёд карда шаванд.



Ҳамаи манфиатҳои дар боло зикршуда гилкоҳро барои сохтани биноҳо ҷолиб буда, он дорои хусусиятҳои зерин мебошад:

1. **Садомуҳофизӣ:** Гилкоҳ дорои хосиятҳои хубтарини садомуҳофизӣ мебошад, ки ба муҳити ором дар дохили ҳуҷраҳои бино мусоидат мекунад. Садомуҳофизии зарурӣ сокинонро аз садои зиёдатӣ аз берун муҳофизат гардонида, сифати зиндагиро беҳтар мекунад.

2. **Шамолмуҳофизӣ:** Деворҳои аз гилкоҳ сохташуда муҳофизати боэътимодно аз шамол таъмин карда, аз ворид шудани ҳавои хунук ба ҳуҷра пешгирӣ мекунад. Ин барои гарм нигоҳ доштани бино ва кам кардани хароҷоти гармидиҳӣ кӯмак мекунад.

3. **Имконияти эҷоди шаклҳои гуногуни тарҳӣ:** Бо сабаби чандирӣ ва осонии коркард, гилкоҳ имкон медиҳад, ки биноҳои шаклҳои тарҳии гуногун, аз ҷумла бо деворҳои мудаввар сохта шаванд. Ин на танҳо ба бино намуди беназир ва асли медиҳад, балки инчунин барои пешгирӣ кардани талафоти назарраси гармӣ ва конденсатсия дар кунҷҳо сабаб мешавад.

Истифодаи гилкоҳ барои сохтмон имкон медиҳад, ки биноҳои бароҳат ва каммасрафро бо хосиятҳои беҳтарини садо- ва гармимуҳофизӣ ба даст оварда, онро барои шахсоне, ки бароҳатӣ ва тозагии экологиро дар манзили худ қадр мекунад, интихоби ҷолиб месозад [2-9].

Ҳангоми муқоисаи сохтмони бино аз гилкоҳ ва аз блокҳои гузбетонӣ, як қатор меъёрҳои асосӣ, аз қабилӣ эътимодноӣ, сарфакорӣ, устуворӣ, бароҳатӣ ва ғайра бояд ба назар гирифта шаванд.

1. **Эътимодноӣ:** Ҳарду мавод, гилкоҳ ва газбетонӣ метавонанд барои сохтани биноҳо ҳангоми гузоштан ва коркарди дуруст боэътимод бошанд. Аммо, блокҳои газбетонӣ одатан мустаҳкамтар мебошанд, ки онҳоро ба таъсири омилҳои беруна тобовартар мекунад.

2. **Иқтисодиёт:** Биноҳои гилкоҳӣ метавонанд аз ҷиҳати хароҷоти ашёи хом сарфакортар бошад, зеро барои сохтани он истифодаи маводи дастрас ва арзон лозим аст. Аммо, арзиши сохтмони бино аз блокҳои газбетонӣ метавонад пешгуишаванда ва устувортар бошад.

3. **Пурдоштӣ:** Блокҳои газбетонӣ устувории хуб доранд ва метавонанд солҳои дароз бидуни аз даст додани сифатҳои худ хидмат кунанд. Деворҳои гилкоҳӣ, сарфи назар аз устувории худ, нигоҳубин ва нигоҳдории бештарро талаб мекунад.

4. **Беҳдоштӣ:** Ҳарду мавод дорои хосиятҳои хуби гарминигӯдорӣ мебошанд, ки бароҳатии зиндагиро метавонанд таъмин намоянд. Аммо, гилкоҳ инчунин хосияти садомуҳофизии хубтарро доро мебошад, ки метавонад муҳити оромтар ва бароҳатро ба вуҷуд орад.

Ҳангоми интихоби байни биноҳои гилкоҳӣ ва газбетонӣ, афзалиятҳо ва бартариҳо, инчунин талаботи асосии сохтмонро ба назар гирифтани лозим аст. Ҳарду мавод бартарӣ ва нуқсонҳои худро дошта, интихоби онҳо аз шароитҳои мушахас ва талаботи фармоишгар вобаста мебошад.

Барои муқоисаи гилкоҳу блокҳои газбетонӣ аз рӯи талаботи энергетикӣ, тобоварии гармӣ ва нишондиҳандаҳои иқтисодӣ, ҳисобҳо барои муқовимат ба интиқоли гармӣ ва тобоварии гармии ҳарду мавод, инчунин баҳодиҳии иқтисодии хароҷоти сохтмон ва истифодабарӣ зарур мебошад.



Расми 1 – Сохтмони биноҳо аз хиштҳои гилкоҳӣ ва газоблокҳо

Барои ҳисоб кардани гармигузаронии деворҳо ва ҳисоб кардани муқовимати интиқоли гармӣ бояд хусусиятҳои гармидиҳии ҳар як мавод (гилкоҳ ва блокҳои газбетонӣ) ва инчунин ғафсии деворҳо ба назар гирифта шаванд.

Барои арзёбии хароҷоти иқтисодӣ, арзиши мавод ва хароҷоти меҳнат барои сохтмони ҳар як намуди бино, инчунин хароҷоти гармкунӣ/кондиционеронӣ дар давоми сол бояд ба назар гирифта шаванд. Бо назардошти параметрҳои зикршуда, муайян кардан мумкин аст, ки кадом варианти сохтмон (бино аз

гилкоҳ ё аз блокҳои газбетонӣ сохташуда) аз ҷиҳати иқтисодӣ самараноктар ва ба талафоти гармӣ тобовар хоҳад буд [4-8].

Ҷадвали 1 – Хусусиятҳои асосии ҳисобкунии маводҳои баррасишаванда дар шароити ноҳияи Рашт

№	Нишондиҳанда	Ишора	Воҳиди ченак	Малолех	
				Гилкоҳ	Газубетон
1.	Ғафсии девор	$\delta$	м	0.5	0.5
2.	Кoeffисиенти гармигузаронӣ	$\lambda$	Вт/м <sup>0</sup> С	0.18	0.22
3.	Ҳарорати ҳавои дохила	$t_{в}$	°С	20	
4.	Ҳарорати ҳавои беруна	$t_{н}$	°С	25	
5.	Ҳарорати давраи гармкунӣ	$t_{от.пр.}$	°С	1,6	
6.	Давомнокии давраи гармкунӣ	$Z_{от.пр.}$	Шабонарӯзи	147	
7.	Кoeffисиенти фурӯбарии радиатсияи офтоб	$\rho$	б/р	0,5	0,7
8.	Кoeffисиенти ҳисобии гармиазхудкунӣ	$s$	Вт/м <sup>2</sup>	3,89	3,36
9.	Кoeffисиенти гармидиҳии сатҳи дохила	$\alpha_{в}$	Вт/м <sup>2</sup> °С	8,7	
10.	Кoeffисиенти гармидиҳии сатҳи беруна	$\alpha_{н}$	Вт/м <sup>2</sup> °С	23	

Барои гузаронидани ҳисобҳо оид ба муқовимат ба интиқоли гармӣ ва муқовимат ба гармӣ, инчунин баҳодиҳии иқтисодии бино аз гилкоҳ ва аз блокҳои газбетонӣ дар шароити ноҳияи Рашт, маълумоти дар ҷадвали 1 овардашударо мувофиқи меъёрҳо ва стандартҳои дахлдори сохтмон ба назар гирифта лозим аст.

Барои блокҳои газбетонӣ, ки дар пайвастунаки сементи қабул шудаанд, бояд маълумот аз МҚС ҶТ 23.02-2009 [9] истифода шавад, ки хусусиятҳои гармидиҳии ин маводро ба назар мегиранд.

Барои гилкоҳ, маълумоти тадқиқотӣ оид ба ГОСТ [11], ки дар манбаъ оварда шудааст, метавонад барои ҳисобҳо ба назардошти хусусиятҳои ин мавод ва хосиятҳои гармимуҳофизии он истифода шавад.

Шароити истифода дар ноҳияи Рашт (шароити иқлимӣ, тағйирёбии ҳарорат ва ғайра) инчунин ҳангоми арзебии параметрҳои гармидиҳӣ ва самаранокии иқтисодии интиқоли яке аз вариантҳои сохтмон бояд ба назар гирифта шавад.

Дар асоси ҳамаи ин маълумот ва ҳисобҳо, муайян кардан мумкин аст, ки кадом варианти бино (гилкоҳӣ ё аз блокҳои газбетонӣ) аз ҷиҳати ҳифзи гармӣ, устувории гармӣ ва хароҷоти иқтисодӣ дар шароити мушаххаси Рашт оптималӣ хоҳад буд.

#### Ҳисоби муқовимати гармигузаронӣ.

Муқовимати гармигузаронӣ  $R$ , м<sup>2</sup> °С/Вт, бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

Барои деворҳои газобетонӣ:

$$R_{газ.б.} = \frac{\delta_{г.}}{\lambda_{г.}} = \frac{0.5}{0.22} = 2.27 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт,}$$

Барои деворҳои гилкоҳӣ:

$$R_{гилкоҳ} = \frac{\delta_{гилкоҳ}}{\lambda_{гилкоҳ}} = \frac{0.5}{0.18} = 2.78 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт,}$$

Барои муайян кардани муқовимати зарурии интиқоли гармӣ барои таъмини сарфаи энергия, бояд андозаи дараҷа-рӯзи давраи гармидиҳӣ (ДРДГ) - ро ҳисоб кард.

ДРДГ аз рӯи формулаи:

$$ДРДГ = \Sigma (t_{дох} - t_{миёна}) \cdot Z_{дав.сол.} = \Sigma(20-1,6) \cdot 147 = 2705 \text{ °С} \cdot \text{ш/р}$$

Дар ин ҷо:  $t_{бер}$  - ҳарорати миёнаи ҳавои беруна дар давраи гармидиҳӣ;

$t_{дох}$  - ҳарорати дохилии меъёрӣ (одатан баробар қабул карда мешавад +20°С);

$Z_{дав.сол.}$  - давомнокии давраи гармидиҳӣ (дар як шабонарӯз).

Пас аз ҳисоб кардани бузургии ДРДГ, муқовимати зарурии интиқоли гармиро муайян кардан мумкин аст, ки аз майдони сохторҳои берунии муҳофизатии бино, коэффитсиенти гармидиҳии маводҳо, ғафсии онҳо ва дигар параметрҳо вобаста хоҳад буд.

Баъди гузаронидани ҳамаи ҳисобҳои зарурӣ, метавон хулоса кард, ки барои таъмини сарфаи энергия дар шароити Рашт кадом муқовимати интиқоли гармӣ талаб карда мешавад ва муайян кард, ки кадом варианти сохтмон (бинои гилкоҳӣ ё аз блокҳои газбетонӣ сохташуда) аз ҷиҳати сарфаи энергия самараноктар хоҳад буд.

Дар ҳолати ДРДГ = 2705 °С·ш/р будан  $R_0^{TP}$  –ро бо роҳи интерполятсия аз ҷадвали 3-юми СП муайян мекунем [7-11]:

$$R_0^{TP} = 0,86 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Агар мо ғафсии деворро 50 см қабул кунем, мо метавонем арзёбӣ намоем, ки оё аз ҳисоби зиёд кардани ғафсии девор бе муҳофизати иловагӣ кор кунем.

Барои блокҳои газбетонӣ бо коэффитсиенти гармидиҳӣ  $\lambda=0,15 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ , ғафсии 50 см муқовимати интиқоли гармиро таъмин мегардад, аммо ин метавонад барои иҷрои талаботи сарфаи энергия кофӣ набошад.

Барои гилкоҳ, ки коэффитсиенти гармидиҳии он камтар аст, зиёд кардани ғафсии девор то 50 см низ метавонад барои таъмини гарми муҳофизатии зарурӣ кофӣ набошад.

Барои ҳисобкунии дақиқ, бояд ҳисобҳои муфассали гармидиҳӣ гузаронида шаванд, ки ҳамаи параметрҳои масолеҳи сохтмонӣ ва сохторҳо, шароити иқлим ва ғайраро ба назар мегиранд.

Ҳамин тариқ, тавсия дода мешавад, ки барои муайян кардани ғафсии оптималии деворҳо ва зарурати истифодаи изолятсия барои таъмини сарфаи энергия дар шароити мушаххаси Рашт бо истифода аз барномаҳои махсус ҳисобҳои гармимуҳофизӣ гузаронида шаванд ё ба мутахассисони соҳаи сохтмон ва муроҷиат намоем.

Барои девори газбетонӣ:

$$R_{\text{газ.б.}} = \frac{\delta_r}{\lambda_r} = \frac{0,5}{0,22} = 2,27 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

Барои девори гилкоҳӣ:

$$R_{\text{гилкоҳ}} = \frac{\delta_{\text{гилкоҳ}}}{\lambda_{\text{гилкоҳ}}} = \frac{0,5}{0,18} = 2,77 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

Мувофиқи маълумоти гирифташуда, девори гилкоҳии 50 см ғафсӣ дошта метавонад талаботи энергетикиро бидуни илова кардани изолятсияи иловагӣ қонеъ гардонад. Ин ба коэффитсиенти пасти интиқоли гармии мавод ва изолятсияи хуби гармии сохторҳои гилкоҳӣ вобаста аст [1-7].

Аз тарафи дигар, девори газбетонии зичии миёна, бо вучуди он, ки дар байни масолеҳи сохтмони муосир изолятсияи нисбатан хуби гармӣ дорад, метавонад ба талаботи муқовимати интиқоли гармӣ дар ғафсии 50 см тоб наорад ва барои таъмини сарфаи энергия дар чунин девор шояд илова кардани изолятсияе истифодаи дигар технологияҳои гармимуҳофизӣ зарур бошад.

Ҳамин тариқ, дар ин ҳолат, девори аз гилкоҳ сохташуда метавонад аз ҷиҳати нигоҳ доштани гармӣ ва сарфаи энергия ҳалли муассиртар бошад, дар ҳоле ки девори аз газбетон сохташуда метавонад барои беҳтар кардани гармимуҳофизӣ чораҳои иловагӣ талаб кунад.

### Ҳисоб барои муқовимат ба гармӣ

Мақсади ҳисоб барои муқовимат ба гармӣ аз он биорат аст, ки амплитудаи ҳисобшудаи тағйиребии ҳарорати сатҳи дохилии деворро муайян намоем, ки он бевосита ба суръат ва шиддати тағйиребии ҳарорати ҳуҷра таъсир мерасонад.

Барои иҷрои ҳисоби гармиустувории девор параметрҳои зеринро ба назар гирифташуда лозим аст:

1. Хусусиятҳои гармидиҳии масолеҳи сохтмонӣ: коэффитсиенти гармидиҳии мавод, зичӣ, гармиғунҷоиш ва хосиятҳои дигари физикӣ.
2. Ҷағҳи девор ва хусусиятҳои сохтори он (мавҷудияти изолятсия, фосолаҳои вентилятсия ва ғайра).
3. Шароити иқлими минтақа ва омилҳои муҳити беруна, аз ҷумла ҳарорати ҳавои атроф, намӣ, суръати шамол ва ғайра.
4. Ҷағҳи ҳарорати дарунӣ, гармидиҳӣ аз таҷҳизоти гармидиҳӣ ва ғайра.
5. Талаботи меъёру қоидаҳои сохтмон барои гармимуҳофизӣ ва гармимуҳофии биноҳо дар минтақаи мушаххас.

Пас аз ба назар гирифтани ҳамаи омилҳои номбаршуда, шумо метавонед муқовимати гармии деворро ҳисоб карда, амплитудаи тахминии тағйиребии ҳарорати сатҳи дохилиро муайян ва арзёбӣ намоем, ки девор то чӣ андоза гармии хонаро самаранок нигоҳ медорад.

Амплитудаи ҳисобшудаи тағйиребии ҳарорати сатҳи дохилии конструкцияи ихотавай,  $A_{тв}, ^\circ\text{C}$  бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$A_{тв} = \frac{A_{тв}^{\text{хис}}}{v} \quad (1)$$

дар ин ҷо:  $v$ - андозаи хомӯшшавии амплитудаи ҳисобшудаи тағйиребии ҳарорати ҳавои беруна дар конструкцияи ихотавай мувофиқи б. 6.4 ҚС(СП) [10];

Барои ҳисоб кардани андозаи хомӯшшавии амплитудаи ҳисобшудаи тағйиребии ҳарорати ҳавои беруна дар конструкцияи ихотавай мувофиқи банди 6.4 ҚС (СП) (қоидаи сохтмонӣ) ба банди зикршудаи ҳуҷҷати мазкур назар кардан лозим аст. Дар ин банд, бояд усулҳо ва формулаҳо барои ҳисоб кардани андозаи пастшавӣ нишон дода шаванд.

ҚС (СП) ё дигар қоидаҳои сохтмон одатан дастурҳо ва формулаҳои заруриро барои ҳисоббаробаркунӣ дар бар мегиранд. Аз ин рӯ, барои дуруст иҷро кардани ҳисобкунии миқдори камшавӣ, бояд ба банди дахлдори ҳуҷҷати меъёрии зикршуда мууроҷиат кунед.

Барои муайян кардани амплитудаи ҳисобии лаппишҳо  $A_{тв}^{\text{хис}}$  ҳарорати сатҳи дохилии конструкцияи ихотавай формулаи зеринро истифода мебарад:

$$A_{тв}^{\text{хис}} = 0.5 \cdot A_{tn} \frac{\rho(l_{\text{max}} - l_{\text{min}})}{a_n} \quad (2)$$

дар ин ҷо:  $A_{tn}$ - амплитудаи максималии тағйиребии ҳарорати ҳавои беруна дар моҳи июл,  $^\circ\text{C}$ , аз ҷадвали 11.1\* СП [7] гирифта мешавад;

Барои девори газбетонӣ:

$$A_{тв}^{\text{хис}} = 0.5 \cdot A_{tn} \frac{\rho(l_{\text{max}} - l_{\text{min}})}{a_n} = 29,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Барои девори гилқоҳӣ:

$$A_{тв}^{\text{хис}} = 0.5 \cdot A_{tn} \frac{\rho(l_{\text{max}} - l_{\text{min}})}{a_n} = 24,03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Андозаи хомӯшшавии амплитудаи ҳисобии тағйиребии ҳарорати ҳавои беруна дар конструкцияи ихотавай  $v$  аз рӯи формулаи

$$v = 0,9e^{\frac{\sum D}{\sqrt{2}}} * \frac{(s_1 + \alpha_e)(s_2 + Y_1) \dots (s_n + Y_{n-1})(\alpha_n + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \dots (s_n + Y_n)\alpha_n} \quad (3)$$

дар ин ҷо:  $D$  – инерсияи гармии конструкцияи ихотавай;

$Y_1, Y_2, Y_3$  – коэффитсиентҳои гармидиҳии сатҳи берунии қабатҳои алоҳидаи конструкцияи ихотавай,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

Барои муайян кардани коэффитсиентҳои гармидиҳии сатҳи берунии конструкцияи ихотавай  $Y$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , инерсияи гармиро ( $D$ ) пешақӣ бо формулаи зерин муайян кардан лозим аст:

$$D_i = R_i * S_i \quad (4)$$

Инерсияи гармӣ: барои газбетон

$$D_{газ} = R_{газ} * S_{газ} = 7,36, D_c = R_c * S_c = 10,81$$

Пас аз муайян кардани инерсияи гармии девор, ин маълумотро барои ҳисоб кардани коэффитсиентҳои гармидиҳии сатҳи берунии сохтори девор истифода бурдан мумкин аст.

Коэффитсиенти гармидиҳии сатҳи берунии қабат  $Y$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , бо инерсияи гармӣ  $D \geq 1$  бояд ба коэффитсиенти ҳисобии гармидиҳӣ ( $s$ ) маводи ин қабати сохтор баробар қабул карда шавад. Дар ҳолати мо барои ҳарду мавод  $D \geq 1$ .

Барои девори газбетонӣ:  $v=423.7$

$$A_{тв} = \frac{A_{тв}^{\text{хис}}}{v} = \frac{29.15}{422.7} = 0.069 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Барои девори гилқоҳӣ:  $v=3467.07$

$$A_{тв} = \frac{A_{тв}^{\text{хис}}}{v} = \frac{24.02}{3467.07} = 0.0069 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Аз натиҷаҳои бадастомада маълум мегардад, ки бинои девори гилқоҳӣ нисбат ба газбетонӣ ба гармӣ тобовартар аст (тақрибан 10 маротиба). Деворҳои гилқоҳӣ инерсияи гармии баланд доранд, зеро мавод зичии нисбатан хурд ва гармиғунҷоиши мутлақӣ баланд дорад. Аз ин сабаб, деворҳои гилқоҳӣ гармимухофизии хуб дошта, ҳарорати биноро устувортар нигоҳ медоранд. Дар ҳоле ки девори газбетонӣ, гарчанде ки маводи сабук аст, инерсияи пасти гармӣ дорад ва дар нигоҳ доштани гармӣ камтар самаранок аст.



Аз ин рӯ, биное, ки аз деворҳои гилқоҳӣ сохта шудааст, ба гармӣ тобовартар хоҳад буд ва метавонад шароити бароҳати зистро дар он таъмин кунад.

### **Арзеби иқтисодӣ**

Дар асоси маълумоти пешниҳодшуда, метавон хулоса кард, ки бинои аз гилқоҳ сохташуда дар муқоиса бо бинои аз блокҳои газбетонӣ сохташуда дар марҳилаи сохтмон як қатор бартариҳо дорад.

Афзалияти аввал дар он аст, ки хокро, ки дар ҷои сохтмон пайдо кардан мумкин аст ё бо пардохти нисбатан кам ҳамчун маводи асосии сохтмонӣ барои бинои аз гилқоҳ сохташуда оварда мешавад, истифода бурдан мумкин аст. Ин хароҷоти мавадро дар муқоиса бо хариди блокҳои газбетонӣ ба таври назаррас коҳиш медиҳад.

Афзалияти дуюм бо гармимуҳофизӣ алоқаманд аст. Бинои аз хиштҳои гилқоҳ сохташуда нисбат ба бинои аз блокҳои газбетон сохташуда ба таври назаррас камтар гармимуҳофизиро талаб мекунад. Бо ғафсии девор 50 см, ҳатто кори гармимуҳофизии иловагӣ барои бинои аз гилқоҳ сохташуда талаб карда нашуда, ин ҳам имкон медиҳад, ки мавод ва меҳнати сарфа намоем.

Аз маълумоти пешниҳодшуда маълум мешавад, ки бинои аз гилқоҳ сохташуда нисбат ба бинои газбетонӣ бартариҳои назарраси гармимуҳофизӣ дорад. Ҳисоби дуюм нишон дод, ки бинои деворҳои гилқоҳидошта аз ҷиҳати тобоварии гармӣ аз бинои газбетонӣ қариб 10 маротиба зиёдтар аст. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки бинои гилқоҳӣ дар нигоҳ доштани гармӣ самараноктар хоҳад буд, ки дар ниҳоят ба сарфаи назарраси хароҷоти гармидиҳӣ дар зимистон ва кондитсионеронӣ дар тобистон оварда мерасонад.

### **Хулоса**

Хулоса, истифодаи маводи табиӣ ба монанди гилқоҳ ҳангоми сохтани бинои энергиясамаранок як қатор манфиатҳои экологӣ дорад. Аввалан, чунин маводҳо ҳангоми истеҳсол ва истифода сатҳи пасти партовҳои зараровар дошта, ба коҳиш додани таъсири манфӣ ба муҳити зист мусоидат мекунад. Ғайр аз он, маводҳои табиӣ қобилияти баланди гармимуҳофизӣ доранд, ки барои гармидиҳӣ ва кондитсионеронӣ самараноктар мебошад.

Дар айни замон, сохтани бинои энергиясамаранок аз маводи табиӣ, аз қабилӣ гилқоҳ, ба талаботи муносири рушди устувор ҷавобгӯ буда, ба ҳифзи захираҳои табиӣ мусоидат мекунад. Аз ин рӯ, ҳангоми интиҳоби мавод ва технология барои сохтмони биноҳои истиқоматӣ ҷанбаҳо ва афзалиятҳои экологиро ба назар гирифтани муҳим мебошад.

Ҳамин тариқ, интиҳоби гилқоҳ метавонад на танҳо шароити бароҳати зистро таъмин кунад, балки дар давраи истифодабарии дурнамо ба сарфаи назарраси хароҷот оварда расонад.

*Муқаррир: Қурбонов Н.Б. — н.и.т., доцент, мовини директори Институти маъсалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМНП оид ба илм.*

### **Адабиёт**

1. Ливчак В.И., Забегин А.Д. Преодоление разрыва между политикой энергосбережения и реальной экономией энергоресурсов // Энергосбережение. – 2011.– № 4.
2. Шокиров Р.М., Каримов Н.М., Муҳибуллоев Н.М. Повышение теплозащитных качеств наружных стен зданий из легких блоков (на примере Таджикистана) // Политехнический вестник. Серия: инженерные исследования. Душанбе, 2020. № 3, С. 133-138.
3. Хужаев П.С., Сулаймонов А.А., Поччоев М.М., Сулаймонов З.А.- Снижение энергопотребления здания путем применения теплоизоляционных материалов.-// Вестник Таджикского технического университета. –Душанбе, 2015. -№2(30). – С.122-127
4. Поччоев М.М., Хужаев П.С. Анализ теплозащитных свойств наружных ограждений сельских жилых зданий. // Вестник Таджикского технического университета. Политехнический вестник –серия; Инженерные исследования – Душанбе, 2019. -№4(48). – С.140 -144
5. Шокиров Р.М. Повышение энергоэффективности зданий в Республике Таджикистан //Инженерный вестник Дона, №3, С.87 (2022) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7505
6. Хужаев П.С. Омилҳои паст шудани хусусиятҳои гармимуҳофизӣ ва баланд бардоштани характеристикаи гармимуҳофизии қабатҳои ихтовии бино. // ВЕСТНИК. Таджикского Национального Университета. Серия геологических и технических наук 2023. №1 ISSN 2664-1534 – С.167-177 2023.
7. Хужаев П.С., Исмаилов Д.И., Хасанов Ф.Н. Энергоэффективные стеновые ограждения зданий с высокими теплозащитными характеристиками // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии национальной академии наук Таджикистана. Том 3. Стр 109-118 Душанбе



8. СНиП П-3-79\* (98) “Строительная теплотехника”  
 9. МҚС ҚТ 23.02-2021 Гамимухофизии биноҳо  
 10. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий  
 11. ГОСТ 30244—94 или ГОСТ Р 57270-2016 Материалы строительные.

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

TJ	RU	EN
Хучаев Парвиз Сайдгуфронвич	Хужаев Парвиз Сайдгуфронвич	Khuzhaev Parviz Saidguftronovich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Ph.D., Associate Professor
ДТТ ба номи ак. М.С.Осимӣ	ТТУ имени ак. М.С.Осими	TTU named after ak. M.S.Oshimi
Сохтмон ва меъморӣ	Строительство и архитектура	Construction and architecture
e-mail: <a href="mailto:parviz0774@inbox.ru">parviz0774@inbox.ru</a>		
TJ	RU	EN
Саидзода Чамшед Ҳамро	Саидзода Джамшед Ҳамро	Saidzoda Jamshed Hamro
д.и.т., и.в. проф.	докт. техн. наук, и.о.проф.	doc. tech. Sciences, Acting prof.
Сохтмон ва меъморӣ	Строительство и архитектура	Construction and architecture
e-mail: <a href="mailto:jamshed@mail.ru">jamshed@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Ғанизода Чамшед Шучоъ	Ғанизода Джамшед Шуджо	Ganizoda Jamshed Shujo
номз. меъморӣ, профессор	канд. архитектуры, профессор	Ph.D. architecture, Professor
Сохтмон ва меъморӣ	Строительство и архитектура	Construction and architecture
e-mail: <a href="mailto:ganizodaJ@mail.ru">ganizodaJ@mail.ru</a>		
TJ	RU	EN
Сафарзода Дилшод Ғанӣ	Сафарзода Дилшод Ғанӣ	Safarzoda Dilshod Gani
унвончӯӣ	соискатель	applicant
Сохтмон ва меъморӣ	Строительство и архитектура	Construction and architecture
e-mail: <a href="mailto:kapitelh@mail.ru">kapitelh@mail.ru</a>		

ТДУ: 72.725

## ОМИЛҲОИ ТАЪИНОТИИ ТАШКИЛИ МУҲИТИ ДОХИЛАИ МУАССИСАҲОИ МАХСУСИ ТАВОНБАХШӢ

Саидзода Ҷ.Ҳ., Ганизода Ҷ.Ш., Сафарзода Д.Ғ.

Мақола ба омӯзиш ва таҳлили омилҳои таъинотӣ, ба монанди ҳарорат, рутубат, ҳаракат ва фишор, таркиби кимиёвӣ ба бактериологӣ, ҳолатҳои радиоактивӣ ва электрикӣ ҳаво, ки ба ҳалати муҳити ҳавои дохилаи маҷмааҳои иҷтимоӣ барои шахсони маҳдудҳаракат таъсир мерасонад баҳшида шудааст.

**Калидвожаҳо:** ҳарорат, рутубат, ҳаракат ва фишор, таркиби кимиёвӣ ба бактериологӣ, ҳолатҳои радиоактивӣ ва электрикӣ ҳаво.

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Саидзода Дж.Х., Ганизода Дж.Ш., Сафарзода Д.Г.

Статья посвящена изучению и анализу функциональных факторов, как температура, влажность, подвижность и давление, химический и бактериальный состав, электрическое и радиоактивное состояние воздуха, влияющих на состояние внутренней воздушной среды социальных комплексов для людей с ограниченной функциональной возможностью.

**Ключевые слова:** температура, влажность, подвижность и давление, химический и бактериальный состав, электрическое и радиоактивное состояние воздуха.

## FUNCTIONAL FACTORS FORMATION OF THE INTERNAL ENVIRONMENT OF SPECIAL REHABILITATION INSTITUTIONS

Saizoda J.H., Ganizoda J.S., Safarzoda D.G.

The article is devoted to the study and analysis of functional factors, such as temperature, humidity, mobility and pressure, chemical and bacterial composition, electrical and radioactive air condition, affecting the state of the internal air of social complexes for people with limited functional capacity.

**Key words:** temperature, humidity, mobility and pressure, chemical and bacterial composition, electric and radioactive air condition.

Таҳқиқотҳои солҳои гуногун, ки аз ҷониби гигиенистони рус, пеш аз ҳама, кормандони маркази илмӣ-таҳқиқотии саломатии наврасону кӯдакон Вазорати Тандурустии Русия (МИТ СНК) гузаронида шуданд, нишон доданд, ки муддати тӯлонӣ дар фазои маҳдуди дохилаи биноҳои таълимӣ-табобатӣ будани кӯдакон, ба тағйирёбии ҳосиятҳои ҳаво, аз даст додани сифатҳои ҳаётан муҳими он ва афзоиши натиҷаҳои номатлуб оварда мерасонад. Ин дар навбати худ ба паст шудани қобиляти қорӣ ва муқовимати бадани кӯдакон ба бемориҳои оварда мерасонад.

Мувофиқи маълумоти З.П. Громова қобиляти қорӣ (дақиқӣ ва суръати) хонандагон дар ҳуҷраи хуб ҳавоивазшаванда дар тӯли тамоми рӯзи таҳсил нисбат ба кӯдаконе, ки дар синфи ҳавояш ивазнашаванда машғул буданд, 1,5-2 маротиба зиёдтар мебошад [1, саҳ.225].

Ба ҳолати муҳити ҳаво омилҳои таъинотӣ, аз қабилӣ ҳарорат, намӣ, ҳаракат ва фишор, таркиби химиявӣ ва бактериявӣ, ҳолати электрикӣ ва радиоактивӣ ҳаво таъсир мерасонанд.

Ҳарорати ҳаво аз сатҳи муқаррарии  $+18^{\circ}\text{C}$  то охири дарс ба  $+21-26^{\circ}\text{C}$  мерасад. Ин аз он сабаб аст, ки ҳар як кӯдак ба муҳити атроф тақрибан 40-60 ккал гармӣ ихроҷ мекунад. Чунин баландшавии ҳарорат ба шиддати механизмҳои танзими ҳарорати бадани кӯдакон, тақсими хун, ба араққунии назаррас оварда мерасонад.

Дар ҳуҷраҳои таълимӣ бо масоҳати калони шишабандӣ ҳарорати ҳаво бояд аз сабаби муқовимати пасти гармии шиша  $1-2^{\circ}\text{C}$  баландтар бошад. Ҳарорати сатҳи шишабандидошта на камтар аз  $+10-13^{\circ}\text{C}$  барои таъмини радиатсияи манфӣ ҳадди ақал қабул карда мешавад.

Дар охири дарсҳо намӣ ба ҳисоби миёна 1,5 маротиба зиёд шуда, ба 70-80% мерасад, дар ҳоле ки намӣ беҳтарин барои ҳуҷраҳои асосӣ 40% (бо тағйирёбии иҷозатдодашуда аз 30 то 60%) тавсия дода мешавад [1, саҳ.233].

Ҳаракати ҳаво инчунин ба микроиқлими ҳуҷра таъсир мерасонад. Ба ҳама маълум аст, ки суръати баланди ҳаракати ҳаво дар дохили бино – шамолрасии дутарафа ва баръакс, паст - руқуд ба таъсири манфӣ ба бадани инсон (гипотермия ё нафаскашӣ) оварда мерасонад. Маълумоти беҳдошти суръати мусоидии ҳаракати ҳаво дар ҳуҷраҳои мактаб фарқ мекунад. Барои иқлими мӯътадил онҳо барои зимистон 0,06-0,25 м/сония, барои баҳор ва тирамоҳ 0,4 м / сония қабул карда мешаванд. Барои иқлими гарми ҶТ бошад 0,60,8 м / сония бо иҷозат то 1,0 м / сония қабул шудааст.

Тибқи маълумоти Л.Б. Доливо-Добровольский ва А. п. Павловская [8] шумораи умумии микробҳо дар  $1\text{ см}^3$  ҳаво дар охири дарси чорум аз 100% то 519% афзоиш меёбад. Дар таҳқиқоти Г.Л. Туровец ва Л. Б. Михайлов тасдиқ гардидааст, ки афзоиши микробҳо пас аз 2,5 соати дар ҳуҷраҳо будани кӯдакон 4-5 маротиба зиёд мешавад [6, саҳ. 135].

Ҳолати электрикии ҳаво, ки бо таносуби ионҳои мусбат ва манфӣ алоқаманд аст, новобаста аз омилҳои дигар, ба бадани инсон таъсир мерасонад. Дар  $1 \text{ см}^3$  ҳавои атмосфера тақрибан 800-1000 иони ҳар як аломат мавҷуд аст. Дар ҳуҷраҳои камҳавоивазшаванда шумораи ионҳои манфӣ (ионҳои ҳаёт, ки ба фаъолияти организми инсон таъсири мусбат мерасонанд) то 25-50 дар  $1 \text{ см}^3$  коҳиш меебад.

Ғайр аз аломати заряд, ба ҳосиятҳои ҳаво ҳаракати ионҳо таъсир мерасонад. Ионҳои дар ҳаво пайдошуда зери таъсири радиоактивии хок, нурҳои ултрабунафш, пошидани об бо суръати  $1,52 \text{ м/сон}$ . ҳаракат мекунад. Ин ионҳои ба истилоҳ сабук ҳангоми пайваст шудан ба зарраҳои дуду чанг ба ионҳои вазнин мубаддал мешаванд.

Дар ҳавои синфхона [4] дар оғози рӯзи таълим дар  $1 \text{ см}^3$  467 иони сабук ва 10023 иони вазнин, дар охири рӯзи таълим 220 иони сабук ва 24432 иони вазнин мавҷуд мебошанд. Афзоиши шумораи ионҳои вазнин ва мусбат ба бадани кӯдакон таъсири манфӣ мерасонад.

Дар солҳои охир маводҳои [1,саҳ. 225] чамъ оварда шуданд, ки аз баланд шудани сатҳи радиоактивии ҳаво дар биноҳои пӯшида ва биноҳои чамъиятӣ шаҳодат медиҳанд. Он аз нишондиҳандаи атмосфера 1,5-2 маротиба баландтар аст ва аз маводи сохтмонӣ, хок ва либос, ки моддаҳои радиоактивиро ҷудо мекунад, вобаста аст.

Таркиби химиявии ҳавои синф дар давоми рӯз низ ба тағйироти назаррас дучор мегардад. Ҳаҷми оксиди карбон зиёд шуда (кӯдаки 10-12 сола дар ҳолати хомӯшӣ тақрибан 10 литр нафас мекашад ва ҳангоми ҳаракат 15 литр оксиди карбон дар як соат), омехтаҳои зараровар пайдо мегардад ва моддаҳои гуногуни органикӣ, ҳангоми вайроншавии арақ, рағани пӯст ба вучуд меоянд. Тадқиқоти Маълум аст, ки ҳар қадаре ки дар ҳаво моддаҳои органикӣ зиёд бошанд, барои оксидшавии он оксиген бештар талаб карда мешавад. Мувофиқи маълумоти Сапожникова Р. Г. [3], дар синфҳои кӯдакони гирифтори ревматизм таълим мегиранд, барои оксидшавии  $1 \text{ м}^3$  ҳаво 6 мг оксиген (дар ҳолати муқаррарӣ  $4-8 \text{ мг/м}^3$ ), дар миёнаи рӯзи таълимӣ  $10 \text{ мг/м}^3$ ; дар охири рӯзи таълимӣ  $18,3 \text{ мг/м}^3$  ҳаво лозим мебошад.

Концентратсияи 0,1% - и кислотаи карбон, ки ба меъери санитарӣ асос ёфтааст, имкон медиҳад, ки ҳаҷми оптималии ҳаво барои 1 хонанда ва зарфияти мубодилаи ҳаво муайян карда шавад.

МИТ СНК Вазорати Тандурусти Русия тавсия медиҳад, ки бояд таъмини ҳаво дар синфхона барои як кӯдаки хурдсол  $16,6 \text{ м}^2/\text{соат}$ , ба як хонандаи калонсол то  $26,0 \text{ м}^3/\text{соат}$  бошад.

Дар муассисаҳои таълимӣ-тавонбахшии кӯдакон ҳаҷми ҳаво дар синф (вобаста ба самти фаъолияти муассиса) аз 8 то  $10 \text{ м}^3$  фарқ мекунад. Дар робита ба ин, таъмини миқдори кофии ҳавои ҳушсифат дар синфхона барои хонандагони хурдсол 2-2,5 маротиба иваз кардани ҳаво, барои калонсолон 3-4 маротиба иваз кардани ҳаворо талаб мекунад.

Таъсири зараровар ба речаи ҳавоии омилҳои дигар дар боло баррасӣ шуда (ҳарорат, намӣ, бактерияҳо, барқ ва ғайра) ҳангоми расидан ба нишондиҳандаҳои зикршуда аз рӯи ҳаҷм ва мубодилаи ҳаво дар биноҳои таълимӣ баробар карда мешавад.

Ба речаи рӯшноии биноҳои муассисаи таълимӣ-тарбиявӣ ташкили равшани табии ва сунъӣ таъсир мерасонад. Тавре ки маълум аст, речаи равшани ҳуҷра аз самти ҷойгиршавӣ ва андозаи тирезаҳои он, андоза, шакл ва рангҳои дохилии он, иқлими равшани ин макони ҷуғрофӣ, ки бо сатҳҳои гуногуни радиатсияи офтоб хос аст, вобаста аст.

Аҳамияти нури офтоб барои бадани кӯдак хеле муҳим аст. Нури офтоб на танҳо ба ҳассосияти визуалӣ, балки ба таҳлилгари шунавоӣ, системаи асаб, фаъолияти умумӣ таъсири судманд мерасонад [1,саҳ.212]. Дар зери таъсири нурҳои нур дар бадани кӯдак провитамины "Д" ба витамин табдил меебад, ки ин ташаққули дурусти устухонро таъмин мекунад. Таъсири бактериясидии радиатсияи офтоб низ муфид аст.

Таъсиси речаи оптималии нур дар мактаб бо ташкили дурусти равшанӣ, тақсимои контрастҳои дурахшон дар майдони биниш, тарзи фиксатсияи диққат алоқаманд аст.

Дар соҳаи речаи равшани биноҳои мактаби таҳсилоти умумии оммавӣ тадқиқоти зиёди институти илмӣ-таҳқиқотии техникаи рӯшноӣ ва институти илмӣ-таҳқиқотӣ ва лоиҳакашии таҷрибавии марказии собиқ Шуравӣ (ЦНИИЭП) биноҳои таълимӣ гузаронида шуданд, имкон доданд, ки дар ин соҳа муқаррароти меъерӣ, ки дар ҳуҷҷатҳои меъерии амалкунанда оид ба лоиҳакашии муассисаҳои таҳсилоти умумӣ сабт шудаанд, таҳия карда шаванд.

Ба истиснои массаҳои таълимиву тавонбахшӣ барои кӯдакони нобино ва биниши сустдошта, ин ҳуҷҷатҳои меъериро ҳангоми тарҳрезӣ, сохтмон ва истифодаи ҳама намудҳои дигар истифода бурдан мумкин аст.

Ҳусусияти кӯдакони нобино барои фаъолияти онҳо речаи махсуси рӯшноиро талаб мекунад. Аксарияти кӯдакони нобино, яъне кӯдакони биниши сустдошта мебошанд, ки раванди маърифатии онҳо ба истифодаи биниши боқимонда асос ёфтааст.

Тавсияҳои гигиенӣ [10,саҳ.12] ба сохтори равшани табии дар мактабҳои интернатҳои махсус барои кӯдакони нобино муқаррароти зеринро пешбинӣ мекунад:

- таъмини ҳамаи ҳуҷраҳои таълимӣ бо нури табиии тасмаҳои канори чап бо истифодаи дастгоҳҳои муҳофизаткунандаи офтоб;

- коэффитсиенти равшаниии табиӣ (КЕО) барои синфхонаҳо, утоқҳои омӯзишӣ, лабораторияҳо ва устохонаҳо на камтар аз 2,5% қабул карда мешавад;
- самти биноҳои таълимӣ ба ҷануб, шарқ ва ҷанубу шарқ ташкил карда мешавад;
- сатҳҳои муҳофизатӣ ва мебел бо рангҳои матоӣ ранг карда мешаванд, ки дурахширо бо рангҳо ва коэффитсиентҳои инъикоси зерин истисно мекунанд: шифт ва қисми болоии деворҳо (аз 1,5 м аз фарш баландтар) бо ранги сафед бо коэффитсиенти инъикоси 0,8, панелҳо (то 1,5 м аз фарш) бо ранги сабзи равшан ё зардранг бо коэффитсиенти инъикоси 0,6, мизҳо бо гаммаи сабзи рангҳо ё ранги ҷӯби табиӣ бо коэффитсиенти инъикоси 0,45.

*Муқаррир: Қурбонов Н.Б. — н.и.т., доцент, муовини директори Институти маъсалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИИП оид ба илм.*

## АДАБИЁТ

1. Гигиенические вопросы школы-интерната. М, Медицина, 1994.
2. Муратов Р.С. Технические средства обучения слепых и слабовидящих школьников. М, 1998.
3. Сапожников Р.Г. Гигиенические наблюдения за учащимися массовой школы, больными ревматизмом. М, 2008.
4. Минх А. А. Ионизация воздуха в школах. Педиатрия, 1998, № 7-8.
5. Серпокрьл Н.В. О решении "зрительных задач" в практике экспертизы и трудоустройства слабовидящих. В кн. "Экспертиза трудоспособности и трудоустройства инвалидов" под ред. Косинской Н.С. и Макковейского П.А., Л, изд.ЛИЭТИН, 1998.
6. Туровец Г.Л., Михайлова Л.В. О критериях гигиенической оценки состояния воздушной среды в школах. В сб. Гигиена детей и подростков. Выпуск 1У. М, 2007.
7. Доливо-Добровольский Л.Б., Павловская А.П. Значение сквозного проветривания для санации воздуха школьных помещений от бактериального загрязнения.
8. Соловьев С.П. Свет и цвет в интерьерах школьных зданий. В сб. Общественные здания. К., Стройиздат, 1993.
9. Белецкая В.И. Гигиенические основы нормирования искусственного освещения в классах для слабовидящих детей. Гигиена и санитария. № 9, 1968.
10. Организация учебных занятий в специальных общеобразовательных школах-интернатах для слепых и слабовидящих. Минздрав СССР, Минпрос СССР. М., 1988.
11. Рекомендации к устройству искусственного освещения в школах и школах-интернатах для слабовидящих и слепых. ЦНИИЭП учебных зданий, НИИ глазных болезней им. Гельмгольца, ВНИИ светотехники. 1955.
12. Хасанов Н.Н. Научно-прикладные и теоретико-исторические аспекты архитектурно-планировочных решений социальных комплексов для детей с ограниченными функциональными возможностями: Монография / – Душанбе:, 2022. 304с.

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

TJ	RU	EN
Саидзода Ҷамшед Ҳамро д.и.т., и.в. проф.	Саидзода Ҷамшед Ҳамро докт. техн. наук, и.о.проф.	Saidzoda Jamshed Hamro doc. tech. Sciences, Acting prof.
Соҳтмон ва меъморӣ	Строительство и архитектура e-mail: <a href="mailto:jamshed@mail.ru">jamshed@mail.ru</a>	Construction and architecture
TJ	RU	EN
Ғанизода Ҷамшед Шучоъ номз. меъморӣ, профессор	Ғанизода Ҷамшед Шуджоат канд. архитектуры, профессор	Ganizoda Jamshed Shujo Ph.D. architecture, Professor
Соҳтмон ва меъморӣ	Строительство и архитектура e-mail: <a href="mailto:ganizodaJ@mail.ru">ganizodaJ@mail.ru</a>	Construction and architecture
TJ	RU	EN
Сафарзода Дилшод Ғанӣ унвонҷӯй	Сафарзода Дилшод Ғанӣ соискатель	Safarzoda Dilshod Gani applicant
Соҳтмон ва меъморӣ	Строительство и архитектура e-mail: <a href="mailto:kapitelh@mail.ru">kapitelh@mail.ru</a>	Construction and architecture

УДК

## ТОНКОДИСПЕРСНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОМПЛЕКСЕ С ХИМИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ ДЛЯ ДОРОЖНОГО БЕТОНА

Сайрахмонов Р.Х. Рахматзода А.С. Назиров Я.Г

ТТУ имени академика М. С. Осими

В статье отмечаются теоретические аспекты необходимости обеспечения качества дорожных покрытий с помощью создания высокопрочных дорожных бетонов. Изложена область применения цементобетона и приводятся результаты экспериментальных исследований применения тонкодисперсных минеральных материалов в комплексе с химическими добавками в состав дорожного бетона. Указывается, что тонкодисперсные минеральные материалы в комплексе с химическими добавками в зависимости от их природы, разнообразно влияя на свойства дорожного бетона, в совокупности улучшают её физико-механические характеристики и удовлетворяют требованиям действующих государственных стандартов.

**Ключевые слова:** дорожный цемент, дорожный бетон, добавки, дисперсноармирование, тонкомолотые минеральные добавки, порошки, пластификатор, бетонная смесь, прочность.

### ИЛОВАҶОИ СУҒТА МИНЕРАЛӢ ДАР ЯҚОЯӢИ БО ИЛОВАҶОИ ХИМИЯӢИ БАРОИ БЕТОНҶОИ СОҲТМОНИ РОҶ.

Сайрахмонов Р.Ҷ., Назиров Я.Г., Раҳматзода А.С.

Дар мақола ҷамбаҳои назарияӢи оиди бетонҳои роҷ оварда шуда, роҷҳои баланд бардоштани сифати истифодабарии онҳо пешниҳод карда шудаанд. Инчунин тадқиқоти ҳосиятҳои физикию-механикии бетонҳои роҷ, бо иловаҳои минерали-химияӢи дар асоси захираҳои ватанӣ омӯхта шудааст. Нишон дода шудааст, ки истифодаи иловаҳои номбурда ҳосиятҳои физики-механикии бетонро баланд менамоянд.

**Калидвожаҳо:** семент, бетони роҷ, иловагиҳо, пластификатор, мустаҳкамӣ, экстрактҳои растаӣ, устворӣ.

### STUDY OF THE PROPERTIES OF CONCRETE BASED ON MIXED CEMENT WITH ORGANIC-MINERAL ADDITIVES

Sairahmonov R.H., Nazirov Y.G, Rahmatzoda A.S.

The article deals with the study of the physico-chemical characteristics of concrete, in particular, rheology and resistance in aggressive environments based on mixed conventional cement with organic additives from natural wollastonite, coal ash from the Zidinsky coal deposit and modified ligno – sulfonate technical plasticizer (MLS).

**Keywords:** cement, high-strength concrete, additive, plasticizer, concrete mix, wollastonite, ash, strength, corrosion resistance.

#### Введение

В настоящее время во всех сферах народного хозяйства используется цементобетон, кроме того, он является одним из требуемых материалов в транспортном строительстве наряду с асфальтобетоном для устройства дорожного покрытия автомобильных дорог. Однако вопросы качества дорожных покрытий имеют особое значение во всех странах, а для стран, имеющих сухой жаркий климат они более, чем актуальны. Как известно, такие покрытия находятся в сложных условиях эксплуатации и материалы таких покрытий, имея в виду дорожные бетоны по сравнению с обычными бетонами должны обладать более высокой устойчивостью. Исходя из этого надо создать такие бетоны, которые по всем параметрам отвечали бы показателям и при эксплуатации являлись бы очень востребованными. Это необходимая прочность; плотная структура; морозостойкость, стойкость против истирающих и ударных воздействий, малая усадка, повышенная прочность на растяжение и изгиб. Кроме вышеназванного, бетон для дорожных покрытий должен обладать определенными физико-механическими свойствами: достаточной устойчивостью против деформации.

Известно, что на сегодняшний день дорожный портландцемент достаточно популярен для создания бетона для автомобильных дорог, однако практика показывает, что обычный портландцемент не может иметь подобные качества для создания высококачественного дорожного бетона. Для дорожного цемента характерно присутствие в составе пластифицирующих, гидрофобных и воздухововлекающих добавок. Также в составе можно обнаружить доменный шлак (около 15% от общей массы). Кроме того, в составе таких цементов трехкальциевый алюминат должен быть не более 8%. Такие цементы должны иметь определенную стандартную скорость схватывания и набор прочности, они должны иметь способность к медленному схватыванию. Можно отметить, что начало схватывания должно начинаться через 120 минут. Для решения указанных проблем надо особо подходить с точки зрения распределения порового пространства и пластификации цемента, чтобы создать такие дорожные бетоны, которые по всем параметрам отвечали бы требованиям создания качественных дорожных покрытий. Обычно в производственных условиях для создания таких бетонов надо использовать в их составе комплексную органоминеральную добавку, способствующую удовлетворять перечисленным выше специальным требованиям.

Целью исследования является создание высококачественного бетона путём модификации дорожного цемента тонкодисперсными минеральными материалами в комплексе с химическими добавками.

#### Теоретическая часть

Дорожные покрытия с применением цементобетона отличаются от покрытий асфальтовым бетоном рядом качества. Они имеют более высокую прочность, стойкость к повышенным и высоким



температурам, стойкость к истиранию в результате движения транспорта, долговечность, стойкость к агрессивным средствам [1-2]. Однако, несмотря на ряд преимуществ, цементобетон имеет недостатки при применении в дорожном строительстве для устройства дорожных покрытий [2]. Можно отметить, что цементобетон имеет более высокую цену при устройстве покрытий и при эксплуатации, при вероятности механизации работы и вспучивания верхнего слоя. При устройстве дорожных покрытий из цементобетона необходимо устранить продольные и поперечные деформационные швы в покрытиях, которые требуют больших механизированных работ.

Известно, что транспортные дороги эксплуатируются в различных климатических условиях, можно сказать, что в условиях сухого, жаркого, холодного, влажного климата. Кроме того, они подвергаются [1-3] воздействию множества факторов воздействия нагрузок от транспортных средств, что в итоге приводит к износу материалов. Так как в нашем случае речь идет о цементобетоне, то поэтому ему при приготовлении предъявляют следующие требования: качество компонентов; рецептура состава смеси; тип вяжущего вещества; условия приготовления; хранение и транспортировка смесей.

Классификация бетонов производится согласно ГОСТ 25192-2012, ГОСТ 25192-82 и ГОСТ 7473-2010. В зависимости от категории дороги, слоя покрытия и климатических условий службы назначаются физико-механические показатели бетона, этими же факторами определяется необходимое водоцементное отношение (В/Ц). Данные приведены в табл. 1, необходимые при проектировании состава дорожных бетонов.

Таблица 1 - Некоторое требование к составу смесей дорожного бетона

Температура воздуха холодного месяца, °С	Показатели			В/Ц	Диаметр частиц см	Подвижность см	Количество зерно одноразмерного кг/м <sup>3</sup>
	Морозостойкость	Прочность при сжатии МПа	Прочность при изгибе МПа				
Бетон однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий							
0...-5	F100	30...50	4...5,5	не более 0,5	До 2	Не более 4	450
-5...-10	F150						
ниже -15	F200						
Бетон для нижнего слоя двухслойных покрытий							
0...-15	F50	25...35	3,5...4,5	не более 0,6	До 4	-	500
ниже -15	F100						

В производственных условиях прочность бетона при сжатии в определенной степени является одним из параметров, оценивающих истираемость дорожных покрытий, созданных на его основе. Авторы [2-5] считают, что, если класс бетона по прочности не ниже В22,5, такой бетон можно считать устойчивым к воздействию истираемых сил.

Для того чтобы подобрать компоненты для дорожного бетона нужно заранее подумать о максимальной прочности и износостойкости из-за действия постоянных нагрузок на дорожные покрытия. Поэтому от свойства компонентов состава бетона зависят и свойства дорожного бетона. Известно, что вяжущие, имея в виду портландцемент и каменные материалы, являются составляющими материалами дорожного бетона, в производственных условиях от их показателей зависят показатели бетона. Цемент, как вяжущий в бетоне, образует монолит между компонентами, аналогично без присутствия воды невозможно гидратировать дорожный цемент. Однако от количества воды зависят и эксплуатационные свойства дорожного бетона. Отсюда следует, что одна из важных характеристик, влияющих на подвижность и прочность бетона – это водоцементное отношение. В ряде работ [1-2] приведено, что для затвердения бетона достаточно В/Ц = 0,2, однако на практике такая смесь слишком жесткая и неподвижная. Кроме того, в составе дорожного портландцемента добавки должны быть в определенной дозировке, так как чрезмерное использование минеральных добавок способно значительно снизить морозостойкость. Несмотря на это в зависимости от вида и природы минералов и климатических условий местности, пролегания дороги выбираются вид дорожного бетона и материалы, способные обеспечить необходимые физико-механические качества.

Для повышения качества бетонной смеси и стойкости бетона против агрессивного воздействия в бетонную смесь во время ее приготовления вводят различные минеральные и химические добавки. В большинстве случаев для повышения устойчивости бетона против воздействия внешних факторов самым

эффективным способом является применение добавок модификаторов химического и минерального происхождения к цементу или как наполнителя в составе бетонов [5-9].

Одним из важных аспектов применения добавок модификаторов для цемента или наполнителей цементосодержащих материалов, в частности бетона, является повышение качества цемента и уменьшение удельного расхода цемента [9-11]. В свою очередь, уменьшение удельного расхода цемента в бетоне также приводит к возрастанию его стойкости в агрессивных средах. Это связано со снижением содержания цементного камня, корродируемого составляющего бетона в единице его объема.

Существенного повышения качества вяжущего и при этом значительного снижения расхода цемента можно достичь при комплексном применении минерально-химических добавок [11-14]. Эффективность их применения возрастает при использовании их в качестве материалов, имеющих сродные с цементом составы или возобновляемые источники сырья. В связи с этим перспективным является использование порошковых минеральных добавок: золы, отходов футеровки оборудования заводов и природного волластонита, месторождения которого распространено в странах Средней Азии, в том числе в Республике Таджикистан [7-8].

Эффективным является также применение таких добавок цемента как декстрин водной вытяжки при варке листьев хлопковых растений (ВЭХ) [12,21], водный экстракт плодов деревьев гледичия (ВЭПГ) [12,21] и модифицированный лигносульфонат технический (МЛСТ) [11,13] для повышения устойчивости бетона против действия внешних факторов цементного камня. Однако отсутствие научно обоснованных данных и результатов исследований характеристик дорожных цементов без и с названными добавками не способствует их внедрению для получения дорожного бетона, особенно для устройства дорожных покрытий автомобильных дорог, эксплуатируемых в условиях сложного климата. Научные разработки авторов [11,13] показывают, что в практике для уменьшения стоимости бетона и дорожных конструкций на его основе необходимо снижение расхода цемента как связующего материала в бетоне. Для этого в практике для снижения расхода цемента используются различные добавки. Добавки к цементу, по мнению авторов [11,13], бывают в зависимости от их природы и вещества разные: органические и неорганические. Известно, что к органическим добавкам относятся химические и полимерные добавки, к неорганическим добавкам относятся минеральные добавки. Можно отметить, что выбор эффективной добавки для цемента и применение более дешевых заполнителей в составе бетона с целью снижения его стоимости являются актуальной задачей строительства. В связи с чем возникла необходимость в выполнении настоящей работы. Для этого главной задачей дорожного строительства на сегодняшний день является проектирование того состава цементобетона, который способен при эксплуатации обеспечивать требуемые функциональные свойства дорожных покрытий. Имеющиеся опыты и научные исследования авторов [19-21] позволяют определить основные пути обеспечения качества таких материалов как дорожные бетоны. Можно отметить, что один из способов получения дорожных бетонов с высокими эксплуатационными показателями, по мнению авторов [14-16] - это регулирование качества цементного вяжущего, которое также, как и в случае бетона на его основе, оценивается набором показателей. Однако в производственных условиях такие подходы во многих случаях не гарантируют требуемого качества дорожных покрытий на основе цемента и цементобетона, необходимо использование специальных химических добавок, модифицирующих цемент. Потому что цементы и цементосодержащие композиции в настоящее время широко используются во всех сферах народного хозяйства, являются важным материалом в строительстве дорожных покрытий и конструкций зданий сооружения. Исходя из этого целесообразно считаем, что разработка технологии производства высококачественных дорожных бетонов повышенной долговечности на основе модифицированных цементов представляется весьма актуальной задачей, позволяющей решать проблему надежности и долговечности работы сооружений. При совместном применении микронаполнителей и пластифицирующих добавок цемента в результате снижения В/Ц и повышения плотности упаковок частиц при формировании структуры цементного камня снижается общая пористость и размер пор, что благоприятно влияет на повышение непроницаемости бетона. Так, по данным авторов [18-21], при совместном применении суперпластификатора С-3 с кремнеземной пылью в составе цемента можно обеспечить в бетонной смеси В/Ц < 0,2, что в свою очередь способствует существенному увеличению плотности бетона. По данным авторов [9-10], с применением суперпластификаторов типа С-3 и ЛСТМ – 2 и минеральных добавок можно получить вяжущую с низкой водопотребностью (ВНВ) с нормальной густотой до 18%.

В работах исследователями [19-20] рассмотрены физико-механические аспекты структурообразования микроструктуры бетона при использовании микронаполнителей, в том числе и с химическими модификаторами. Показано, что введение наполнителей в цемент способствует изменению зернового состава его частиц, что благоприятно влияет на их гидратацию, при этом ускоряется твердение цементного камня и повышается его трещиностойкость. Здесь речь идет об обеспечении физико-механических свойств дорожного бетона, имея в виду его морозостойкость, прочность при эксплуатации дорожных покрытий. Решая подобные проблемы, авторами [17-18] установлено, что некоторые модификаторы растительного происхождения благоприятно действуют на улучшение дифференциальной пористости цементного камня. По их мнению, химические добавки растительного происхождения в цементном тесте при его твердении приводят к образованию системы резервных

условно-замкнутых пор сферической формы диаметром от 10 до 100 мкм. Другие авторы [11,13] предлагают, что химические добавки, прерывая капиллярные поры, способствуют высокой плотности цементного камня. По мнению авторов [11,13], введение в состав цементного камня модификатора из растительного сырья приводит к снижению температуры замерзания жидкости в поровом пространстве и предопределяет высокую морозостойкость бетона.

Дорожные сооружения являются multifunctional объектами народного хозяйства, они эксплуатируются в различных неблагоприятных климатических условиях и существуют много веков. Для строительства дорог, исходя из условия эксплуатации и категории дорог, методами проб и ошибок подбирались материалы. При подборе материалов всегда строго соблюдается учет необходимых свойств, имея в виду прочность, водостойкость, морозостойкость, трещиностойкость и износостойкость. На примере дорожного строительства следует отметить, что ежедневные нагрузки, которым поддается дорожное покрытие, требуют, чтобы при подборе материалов для его устройства, учитывать вышеупомянутые свойства дорожных материалов. С этой целью в дорожном строительстве при устройстве дорожных покрытий применяют специальный бетон – дорожный. В этом аспекте, если провести анализ исследования отечественных ученых в этом направлении, то ими под руководством профессора Шарифова А.Ш. и его школы проведен широкий спектр исследования по применению порошковых отходов промышленности (золы, отходов ТДОК, кирпичного боя футеровки и др.) и природных минеральных материалов в состав дорожных композитов. Их исследование позволяет в значительной степени снизить дефицит традиционных вяжущих материалов [6-7,13,14]. Однако анализ их исследования в области бетона показывает, что они исследовали традиционные бетоны и гидротехнические. Анализ работы других авторов [3-5] показывает, что дорожные бетоны сами по себе имеют свои специфические характеристики. К таким характеристикам можно отнести: устойчивость к влиянию нагрузок от транспорта; стойкость к внешним воздействиям; химическую стойкость. Большая нагрузка в дорожных бетонах падает не только на сжатие, но и на растяжение. Однако эти требования совершенно недостаточны для условий Таджикистана, так как они не отражают реальных условий работы в данном регионе. В условиях сухого жаркого климата высокое качество бетонных покрытий обеспечивают правильным уходом за бетоном при твердении, кроме того, могут быть недостаточными для некоторых материалов, пример тому наш дорожный бетон, особенно при монолитном бетонировании. Можно отметить, что в условиях сухого жаркого климата совмещение сухого ветра с температурой воздуха 40-45°C создает неблагоприятные условия для твердения бетона в первые семь суток. Кроме того, из опытов строительства дорожных покрытий в условиях жаркого климата известно, что на сегодняшний день остаются проблемы по потребности в расширении технологических решений по повышению стойкости бетона, против появления трещины. Для решения этого вопроса в таких условиях при бетонировании применяют ряд специальных добавок, которые влияют на качественные характеристики дорожных покрытий. На этой основе можно привести ряд работ авторов [5-11], по их мнению, полимерные добавки повышают прочность в дорожном бетоне, в том числе в агрессивной среде, кроме того, добавки фиброволокна на основе полимеров влияют на стойкость к динамическому воздействию, оно дает дополнительное армирование бетону. Можно отметить, что такие добавки повышают износостойкость, в целом эксплуатационные свойства дорожного бетона используются для автомагистралей. Иногда такие добавки изменяют сроки твердения цементного камня, обычно для регулирования, сроков схватывания цементного камня в процессе смешивания добавляют пластификаторы. Кроме того, пластификаторы служат как ускорители твердения поверхности дорожного основания, их добавляют перед укладкой бетона. Особенности дорожного бетона состоят в том, что к нему добавляют воздухововлекающие добавки вместе с пластификатором цемента, они обеспечивают максимально высокие свойства бетона. По мнению авторов [2,10], все добавки должны использоваться согласно инструкциям производителей, по их мнению, если одновременно применяются некоторые добавки в комплексе, то их количество вместе должно быть меньше 60 г/кг цемента.

Основными особенностями климата Таджикистана являются высокая температура и незначительное годовое количество осадков. Испытание материалов по существующим методикам может оказаться недостаточным для их объективной оценки применительно к реальным условиям. Чтобы получить дорожный бетон выше упомянутыми специальными требованиями, подбирают по количественному соотношению необходимые составляющие компоненты: вяжущие, заполнители, добавки. Обычно все эти материалы в совокупности составляют структуры бетона, которые оказывают большое влияние на его прочность и деформативность. Для выяснения этого вопроса обычно рассматривают схемы физико-механического процесса образования структуры бетона. Физическая структура бетона формируется в процессе гидратации цемента и обуславливает процесс твердения. Структурные свойства бетонных смесей зависят от структурных свойств цементного теста, обуславливают его удобоукладываемость и являются важным фактором при формировании бетонных изделий. Потому что цементные смеси дают камень, который выдерживает более высокие нагрузки на сжатие, растяжение и изгиб при растяжении, что положительно сказывается на эксплуатационных особенностях поверхности дороги. Для этого самым эффективным способом достижения вышеназванной

цели является применение добавок модификаторов химического и минерального происхождения в составе цемента. Анализ ряда работ авторов [12,22-23] показывает на целенаправленное применение добавки растительного происхождения в качестве модификаторов цемента для производства различного высококачественного бетона. Основываясь на выполненных работах вышеуказанных авторов, считаем допустимым применение некоторых добавок растительного происхождения в состав дорожных бетонов, так как нами было сказано, что цемент является основным компонентом для дорожного бетона. Они в большинстве случаев регулируют свойства бетонных смесей и бетона. Исходя из этого в данной работе мы пытались исследовать влияние некоторых минеральных материалов с химическими модификаторами, производимыми на основе отечественных запасов сырья, на свойства цемента и дорожного бетона на его основе.

### Экспериментальная часть

В качестве пластификатора были испытаны водные экстракты растительного сырья хлопковых растений (ВЭХ), водный экстракт плодов деревьев гледичия (ВЭПГ) [22] и модифицированный лигносульфонат технический (МЛСТ) [11,13-14]. В таблице 2 приведены результаты экспериментального исследования по определению нормальной густоты теста дорожного цемента.

Таблица 2 - Влияние добавки на водопотребность дорожного цемента

Добавка	Водоцементное отношение					
	0	0,025	0,05	0,1	0,2	0,3
МЛСТ	0,29	0,29	0,28	0,27	0,25	0,24
ВЭПГ	0,29	0,26	0,25	0,28	0,29	0,30
ВЭХ	0,29	0,26	0,27	0,28	0,29	0,31

Из данных табл.2 следует, что добавки изменяют водоцементное отношение по сравнению с образцом без добавок. Добавка ВЭХ в малом количестве от веса цемента уменьшает его водопотребность, однако при увеличении количества добавок из ВЭХ до 0,3% от веса цемента повышает водопотребности цемента. С введением добавок из ВЭПГ в количестве 0,01 до 0,1 % от веса цемента водопотребность цемента понижается, при увеличении количества добавок ВЭПГ от 0,1 до 0,3 повышается водоцементное отношение. Введение добавок из МЛСТ в количестве до 0,3% коэффициент нормальной густоты цементного теста резко уменьшается.

По мнению авторов [15-16,23], поверхностно-активное свойство таких добавок объясняется наличием различных полярных гидроксильных групп в его молекуле и определенным расположением их в элементарном звене гидроксильных групп. Эти полярные гидроксильные группы отличаются по реакционной способности и другим свойствам, что обеспечивает пластифицирующие качества добавок при введении их в состав цементных вяжущих.

Применение ВЭХ и ВЭПГ в малом количестве от веса цемента уменьшает его водопотребность, однако при увеличении количества добавок до 0,3% от веса цемента повышает водопотребность цемента. Таким образом, из вышеприведенных анализов следует, что влияние добавки растительного происхождения и по своей природе разнообразно действует на водопотребность цемента. В работе, основываясь на труды автора [11], было исследовано влияние добавки из ВЭПГ на пластичность цементного теста в начальные сроки твердения. Для этого в лабораторных условиях были изготовлены образцы цементного теста с применением добавок ВЭПГ с дозировкой от 0,01 до 0,1% от массы цемента. Результаты исследования приведены на рис.1.1.

Из данных рис.1 следует, что с введением добавок из ВЭПГ в состав теста из цемента вода снижает пластическую вязкость теста. Можно отметить, что при малых дозировках до 0,075%, не происходит уменьшение прочности цементного камня в начальные сроки твердения. Как видно, в течение 2-3 часов после приготовления цементного теста его пластическая прочность практически не зависит от содержания исследуемой добавки ВЭПГ, в этот период времени цементное тесто сохраняет свою пластичность и добавка не изменяет скорости процессов схватывания цемента. Этот период времени вполне достаточен для того, чтобы в производственных условиях бетонные смеси, содержащие добавки из экстракта плодов дерева гледичия, укладывались без нарушения исходных технологических свойств, а также появится возможность их перемежения на расстояния. После 4-5 часов с момента приготовления образцов цементного теста скорость упрочнения цементного теста с добавкой при малых дозировках преобладает над скоростью твердения состава без добавок. Однако с увеличением времени твердения цементного теста начинает проявляться упрочняющий эффект исследуемой добавки ВЭПГ и при его сравнительно больших дозировках. Так, если через 8 часов твердения наибольшую пластическую прочность имеет тесто с содержанием 0,03% добавки, то через 8-9 часов твердения наибольшею прочностью уже обладает цементный камень при содержании добавки 0,05% в цементе. С увеличением времени структурообразования снижается темп замедления скорости твердения цементного теста при расходах добавки 0,05...0,1%, хотя при содержании добавки 0,1% прочность цементного камня практически сравнима с прочностью камня без добавки. В производственных условиях основными



показателями качества бетона в дорожных покрытиях автомобильных дорог являются прочность, водопоглощение, износостойкость и морозостойкость. В дорожном строительстве, по мнению авторов статьи [11,17], они зависят не только от качества бетонной смеси, но и от формирующейся структуры, в первую очередь поровой. Так как цемент является основным активным компонентом состава бетона от степени гидратации и образования его структуры зависит степень пористости бетона. В этом аспекте авторы [11,14,15,17] предлагают, что для регулирования, имея в виду распределение пор по объему бетона, надо выбрать соответствующие химические и минеральные добавки. Для этого нами в работе было исследовано влияние добавки ВЭПГ на пористость цементного камня.

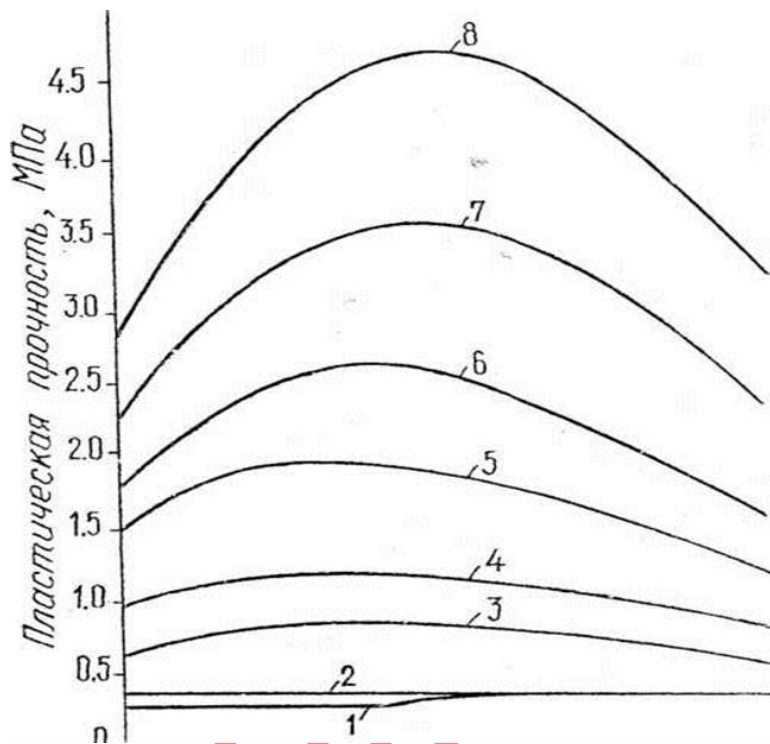


Рисунок 1 – Показатели изменения набора прочности цементного камня от расхода добавки в цементе в начальные сроки твердения через /час/: 1– 2; 2–3; 3–4; 4–5; 5–6; 6–7; 7–8; 8–9.

Для этого были изготовлены образцы цементного теста с добавкой ВЭПГ для затвердения их в нормальных условиях в течение 28сут, после методом ртутного пароизмерения определили влияние добавки на пористость цементного камня. Метод известен и основан на определении следующих характеристик материалов: объемная и кажущаяся плотность, распределение среднего радиуса пор, удельная поверхность, распределение частиц по размерам пор. Результаты исследования проведены на рис.1.2.

На рисунке кривые линии обозначают дифференциальные кривые распределения пор по радиусам для образцов цементного камня, затвердевающего 28 сут. в нормальных условиях. Пористая структура цементного камня без добавки представлена порами с эффективным радиусом 10...1000нм при преобладании макропор в общем объеме пористости. Их данных рис.1.2 следует, что введение водного экстракта дерева гледичия в состав цемента снижает не только общую пористость, но и размер пор при оптимальных количествах добавки. При разных количествах добавки снижение общей пористости изменяется от 10 до 24%. При расходах добавки ВЭПГ 0,03...0,075% от массы цемента общий объем пор снижается на столько, что пористая структура цементного камня становится мелкопористой, состоящей в основном из микропор с радиусами 3...10нм и макропор с радиусами до 500...1000нм. При расходе ВЭПГ 0,1%, хотя снижается объем макропор, происходит незначительное увеличение их радиуса.

Улучшение пористой структуры цементного камня и повышение пластической прочности цементного теста вызвано регулирующим действием ВЭПГ на процессы структурообразования гидратных новообразований цемента, особенно в их начальный, т.е. индукционный период. ВЭПГ, как гидроксилсодержащее поверхностно-активное вещество, при введении в систему цемент-вода образует на поверхности гидратированных частиц цемента адсорбционно-сольватные пленки, увеличивающие подвижность цементного теста снижением силы поверхностного натяжения частиц [11,23]. Эти адсорбционно-сольватные пленки способствуют ускорению зародышеобразования кристаллизационных гидратированных частиц цемента.



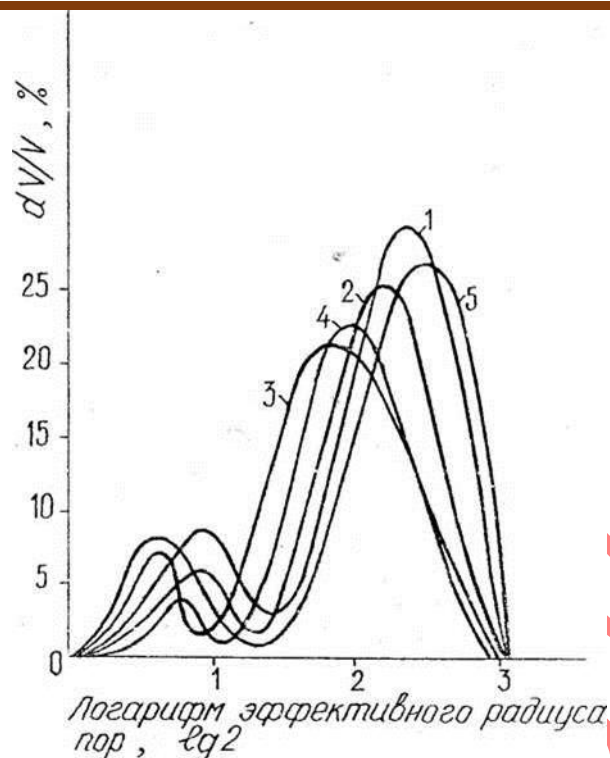


Рисунок 2 – Показатели распределения пор по радиусам для цементного камня: 1-без добавок; 2-0,03; 3-0,05; 4-0,075; 5-0,1 добавка. 5-0,1% через 28 сут. нормального твердения.

Данные рис 1.2. показывают, что повышение прочности цементного камня при малых дозировках ВЭПГ до 0,075 от массы цемента объясняется тем, что при таких дозировках толщина адсорбционно-сольватных пленок на поверхности гидратных новообразований цементных частиц соответствует мономолекулярным размерам [23]. Снижение начальной прочности цемента при увеличении дозировки ВЭПГ до 0,1% возможно объясняется возрастанием толщины молекулярного слоя добавки на поверхности частиц цемента, это приводит к тому, что часть поверхности экранируется для сольватизации молекул минералов клинкера и на некоторое время не участвует в реакции их гидратации и зародышеобразовании кристаллического сростка цементного камня. В результате снижается скорость процесса структурообразования цементного камня [23].

В практических условиях регулирование пористой структуры цементного камня, т.е. уменьшение общей пористости и создание системы равномерно распределенных сравнительно мелких пор, способствует снижению проницаемости в целом цементобетона и способствует повышению его водонепроницаемости и морозостойкости.

Кроме того, в производственных условиях, по мнению П.Н. Курочки и А.В. Гаврилова [21], качество бетона зависит от используемых материалов в его составе. Правильный выбор составляющих материалов для бетона обеспечивает заданный его класс, можно отметить, что для дорожного бетона это обеспечение прочности, морозостойкости. Авторы в статье приводят, что в производственных условиях иногда в бетонных смесях в определенном количестве попадают нежелательные мелкие пески. Мелкие пески диаметром меньше 0,14 в бетонных смесях являются уплотнителями, разбавителями или наполнителями к цементу. В зависимости от их природы они разнообразно действуют на свойства бетонных смесей. На этой основе авторы [21] приводят, что мелкий песок в составе бетонных смесей является нежелательными примесями. Они при приготовлении бетона способствуют уменьшению подвижности бетона и известно, что такие бетоны хорошо не укладываются. Для улучшения упоминающих показателей бетонных смесей авторы предлагают модификацию цементной матрицы путем замены сродных цементу минеральных добавок. Известно, что эти минералы являются дисперсными и в практике дорожного строительства при бетонировании они широко используются. В некоторых случаях часть цемента заменяют ими или их применяют, не уменьшая количества цемента. Минеральные добавки по происхождению бывают разные: - природные; - техногенные; - промышленные отходы. В технических литературах к таким добавкам относятся: золы, молотые шлаки, микрокремнезем, порошок волластонита и др. Можно отметить, что дальнейшее развитие технологии дорожных материалов будет происходить в направлении применения все более тонких компонентов, одной из задач строительного материаловедения является разработка научно обоснованных способов получения качественных материалов.

Для исследований в качестве порошковых минеральных добавок приняты зола, молотый волластонитовый порошок[11]. До начала исследования с целью определения назначения добавки в зависимости от их дисперсности были рассеяны на фракции: <0,05мм зола (З) (уплотнитель) и 0,08-0,14 волластонит (ВП) (наполнитель).

Количество минеральных добавок в бетоне составляло 15% и количество химических добавок составляло 0,05% от массы цемента. Опыты проводились на образцах-кубах размером 10x10x10 см и для определения прочности бетона на растяжение при изгибе были изготовлены балочки квадратного сечения 10\*10\*40см, изготавливались по обычной лабораторной технологии. В образцах бетонных смесей была принята подвижность П2, т.е. осадка конуса составляла 4-5 см. Расход компонентов для смеси составил (на 1 м<sup>3</sup>): цемент - 420 кг; песок (Мкр=2,18) - 620 кг; щебень (фракция 5-10 мм) - 1180 кг; вода - 179 л (В/Ц=0,465). Результаты исследования приведены в табл.3

Данные, приведенные в табл. 3 показывают, что при содержании в бетонной смеси добавок растительного сырья ВЭПГ 0,05 % от массы цемента прочность образцов бетона при сжатии составляет 51МПа, на растяжение при изгибе составляет 7.94МПа. Образцы, содержащие добавки золы при сжатии, составляют 48.3МПа, на растяжение при изгибе составляют 8,3МПа. При добавлении в бетон порошка волластонита (ВП) прочность при сжатии составляет 46,6МПа, на растяжение при изгибе составляет 8,5МПа. Из данных табл.3 следует, что применение минеральных добавок в комплексе с химическими добавками эффективно влияет на физико-механические показатели бетона. Прочность образцов бетона на золу с добавкой ВЭПГ при сжатии составляет 53,6МПа, на растяжение при изгибе составляет 8,9МПа. Прочность образцов бетона на добавки из ВП с добавкой ВЭПГ при сжатии составляет 51,4МПа, на растяжение при изгибе составляет 9,38МПа. У бетона с этими добавками высокий коэффициент трещиностойкости: при золе 0.18, при волластоните 0,19, при ВЭПГ 0.175 и при совместном применении минеральных добавок в комплексе с химическими коэффициент трещиностойкости у образцов бетона составляет 0,93 соответственно, при З+ВП+ВЭПГ она составляет 0.20 на 15% больше, чем бетона без добавок.

Таблица 3 - Показатели физико-механических свойств бетона с добавками

№ п/п	Наименование показателей	Значения показателей							
		Ц	З	ВП	ВЭПГ	ВП+З	ВЭПГ+З	ВЭПГ+ВП	ВЭПГ+ВП+З
1	Прочность на сжатие, МПа	41.5	47.3	45.6	48.2	49.8	51,6	50,4	52.1
2	Прочность на изгиб, МПа	7.3	8.3	8.5	8.44	9.7	9,3	9,68	10,2
3	Коэффициент трещиностойкости ( $R_{изг}/R_{сж}$ ).	0.17	0.18	0.19	0.175	0.94	0,18	0,93	0.20
4	Водопоглощение, %	7.01	6.41	6.31	5.86	5.14	5.01	4.84	4.81
5	Водонепроницаемость	В4	В6	В5	В6	В7	В7	В7	В8
	Морозостойкость, цикл	F100	F200	F200	F300	F300	F400	F400	F400

Кроме того, было изучено совместное влияние добавки на прочность бетона: зола (40%), порошок волластонита (60%), общее количество добавки составило 15% от массы цемента. Полученные результаты показали (табл.3), что по сравнению с золой, обеспечивающей прочность бетона при сжатии 46,6 МПа, комплексная добавка повышает прочность бетона до 52,1 МПа с высоким коэффициентом трещиностойкости (0,20).

К нормативному расходу обычного цемента стабильность получения дорожного бетона заданного класса может быть обеспечена путем добавления к цементу химических добавок различного характера действия. Из данных табл.1.2, видно, что применение добавки в комплексе намного улучшает показатели дорожного бетона, где при эксплуатации эти показатели являются обязательными. Например, морозостойкость бетона с добавками составляет 400 циклов, водонепроницаемость составляет В8 и водопоглощение составляет 4,81%, где у образцов бетона без добавки водопоглощение составляет 7,01%. Практика показывает, что обычный портландцемент не может иметь подобные качества без специальных добавок. Для дорожного цемента характерно присутствие в составе пластифицирующих и гидрофобных добавок. Также в его составе можно добавить доменный шлак 15% от общей массы, и содержание трехкальциевого алюмината должно быть не более 8%. Анализ данных табл.1.2 показывает, что при совместном применении минеральных добавок с химическими добавками можно получить низкоалюминатный цемент. Например, если в составе среднеалюминатного цемента содержание минерала СзА в среднем составляет 8%, то при замене 15 % минеральной добавки содержание минерала СзА будет 6,8%. Таким образом, получены высококачественные бетоны, которые после опытно-

промышленной проверки могут быть использованы для устройства дорожных покрытий автомобильных дорог.

## Выводы

Предложена технология получения дисперсных модификаторов типа золы в комплексе с порошком минерала волластонита и с химическими модификаторами из растительного сырья.

Разработана технология получения высококачественного бетона для устройства дорожных покрытий автомобильных дорог.

Разработанные составы имеют более высокую трещиностойкость за счет микро-армирования с дисперсно-армирующей добавкой из порошка волластонита, водонепроницаемость за счет низкого содержания капиллярных пор, более хорошую однородность состава за счет повышения пластичности.

Установлено, что введение химического модификатора ВЭПГ в цементное тесто в оптимальном количестве улучшает его вязкопластические свойства: тесто нормальной густоты получается при уменьшенном расходе воды затвердения на 20-25.

*Рецензент: Саломзода Р.С. — к.т.н., доцент, директор Государственного учреждения «Автомобильный транспорт и логическое обслуживание» при Министерстве транспорта Республики Таджикистан.*

## Литература

13. Носов В.П., Фотиади А.А. Причины образования уступов на цементобетонных покрытиях автомобильных дорог. Наука и техника в дорожной отрасли, 2008 №. 3, с.20–22.

14. Некоторые вопросы качества бетонных смесей и бетонов в транспортном строительстве /Зайцев П.А. и др. //Прогрессивные конструктивно-технологические решения для тоннеле- и метростроения в России: сб. науч. тр. - М: ОАО ЦНИИС. - 2004. - Вып. 221. - С. 213.

15. Феднев Т.А. Требования к цементам для бетонов различного назначения / Л.А. Феднер, С.Н. Ефимов, П.А. Зайцев //Цемент и его применение. - 2005. - № 3. - С. 7-8.

16. Ткач Е.В. Технологические аспекты получения высококачественных модифицированных бетонов заданных свойств/ Е.В. Ткач, Д.В. Орешкин, В.С. Семенов, В.С. Грибова // Научно-технический производственный журнал «Промышленное и гражданское строительство». - 2012. - №2. - С. 65-68.

17. Зайцев П.А. Бетонные смеси и бетоны с химическими добавками на основе модифицированных лигносульфонатов /П. А. Зайцев и др. //Цемент и его применение. - 2004. - № 1. - С. 70-72.

18. Зайцев П.А. О регулировании свойств бетонных смесей и бетонов химическими добавками на основе лигносульфонатов / П.А. Зайцев, Е.С. Шитиков; А.Феднер; С.Н. Ефимов; А.Б. Самохвалов //Строительные конструкции зданий и сооружений дорожного сервиса: сб. науч. тр. - М.: МАДИ (ГТУ). - 2004. - С. 68-77.

19. Назиров Я.Г. Прочность и деформативность бетонов с добавкой щелочного экстракта стеблей хлопчатника /Шарифов А. Акрамов А.А., Назиров Я.Г., Муминов А.К. //Известия академии наук Республики Таджикистан. №4(153),-2013.-С.106-112.

20. Назиров Я.Г. Повышение прочности и коррозионностойкости цементсодержащих композиций с экстрагируемыми веществами состава стеблей хлопчатника /Шарифов А. Акрамов А.А., Назиров Я.Г., Муминов А.К.//Известия Академии наук Республики Таджикистан. 2016. №5-6.- С.248-252.

21. Тараканов О.В. Химические добавки в растворы и бетоны. Пенза: ПГУАС, 2016. – 156 с

22. Шитиков Е.С. Особенности применения комплексов химических добавок для производства бетонных смесей различного назначения / Е.С. Шитиков, Л.И. Алебастрова, Е.В. Гордеева //Строительные материалы. - 2005. - № 6. - С. 38-40.

23. Сайрахмонов Р.Х. Цементно-волластонитовые вяжущие с химическими добавками и материалы на их основе. Монография. Душанбе. ТТУ, 2020, 148 с.

24. Каримов Э.Х. Влияние водного экстракта гетерокомпонентов растительного сырья на физико-химические процессы в тампонажных и пластовых дисперсных системах. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Душанбе, 2019. 43. с.

25. Шарифов А.Ш., Дустмурадов Т., Голубев М.Н. Опыт применения модифицированного лессом СДБ в бетоне.//Бетон и железобетон.-ю1988.-№3.-С.15-16

26. Шарифов А., Дустмурадов Т., Голубев М.Н. и др. Опыт применения модифицированного лессом СДБ в бетоне //Бетон и железобетон. -1988- № 3,- С. 15-16.

27. Ткач Е.В. Реологические свойства цементных паст и растворов на основе модифицированного коллоидного цементного клея / Е.В. Ткач, В.С. Грибова // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. - 2011. - №1 т 2 - С 317-321.

28. Ткач Е.В. Эффективный способ приготовления гидрофобизирующего органоминерального модификатора ГДМ / Е.В. Ткач, В.С. Грибова // VIH международная научно практическая конференция «Новината за напреднали наука - 2012»: сборник - София, 2012. т. 23 - С. 83-85.

29. Толмачев С.Н., Беличенко Ё.А. Влияние вовлеченного воздуха на свойства дорожного бетона и фибробетонов. // Строительные материалы . 2017. № 1-2. С.68-72.

30. Рахимов М.А. Способы получения гидрофобизирующих комплексных органоминеральных модификаторов / М.А. Рахимов, Г.М. Рахимова, Р.Ф.Серова, М.О. Иманов, Е.В. Ткач, В.С. Грибова / VIII международная научно-практическая конференция «Эффективные инструменты современных наук»: сборник. - Прага, 2012. т. 31 - С. 17-19.

31. Рахимов М.А. Влияние гидрофобизирующих органоминеральных комплексных модификаторов на свойства мелкозернистых бетонных смесей/ М.А. Рахимов, Г.М. Рахимова, Р.Ф.Серова, М.О. Иманов, Е.В. Ткач , В.С. Грибова / VIII международная научно-практическая конференция «Европейская наука XXI века»: сборник. - Пшемьсль, 2012. т. 21 - С. 94-97.

32. Ткач Е.В. Получение высокоэффективных модифицированных бетонов заданных физико-технических свойств / Е.В. Ткач, В.С. Грибова, М.А. Рахимов// Труды Междунар. научно-практ. конф. «Наука и образование - ведущий фактор стратегии Казахстан-2030». - Караганда, 2011. - С.92 - 95.

33. П.Н. Курочка П.Н., Гаврилов А.В. Бетоны на комплексном вяжущем и мелком песке. Инженерный вестник Дона, 2013.-С.155 167

34. Каримов Э.Х. Усманов Р. Влияние водной вытяжки растительных отходов на структурообразование вяжущих материалов. Вестник Таджикского национального университета, 2010.-№3(59).-С. 220-222.

35. Мансураева Л.М., Юсупова И.И., Булаев С.А. Поверхностно-активные вещества, свойства и применение. Вестник магистратуры.- №2-1(125),- 2022.-с.30-36

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

TJ	RU	EN
Сайрахмонов Раҳимҷон Хусейнович н.и.т., дотсент	Сайрахмонов Рахимджон Хусейнович к.т.н., доцент	Sayrakhmonov Rahimjon Huseynovich candidate of technical sciences associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими e-mail: <a href="mailto:srivakn@mail.ru">srivakn@mail.ru</a>	Tajik Technical University named after academician M. S. Osimi
TJ	RU	EN
Раҳматзода Алишер унвонҷу	Раҳматзода Алишер сойскаатель	Rahmatzoda Alisher title seeker
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими e-mail:	Tajik Technical University named after academician M. S. Osimi
TJ	RU	EN
Назиров Яҳё Гиёҳович н.и.т., и.о. дотсент	Назиров Яхё Гиёхович к.т.н., и.о. доцента	Nazirov Yahyo Giyohovich candidate of technical sciences associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими e-mail: <a href="mailto:Yakhvo80@gmail.com">Yakhvo80@gmail.com</a>	Tajik Technical University named after academician M. S. Osimi



**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>9</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>9</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>10</sup> Ташкилот, Организация, Organization e-mail ORCID <sup>11</sup> Id Телефон		
<b>КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ (CONFLICT OF INTEREST)</b>	<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 (AUTHOR CONTRIBUTIONS).</b>	<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 теоретические 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 (опционально) - ACKNOWLEDGEMENT (optional)</b>	<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 (FUNDING)</b>	<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 (ADDITIONAL INFORMATION)</b>	<p>В этом разделе могут быть помещены: 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. Особые сообщения об источнике оригинала статьи (если статья публикуется в переводе). Информация о связанных со статьей, но не опубликованных ранее докладов на конференциях и семинарах.</p>		

## 5. Требования к оформлению статей

<sup>10</sup> Title can be chosen from: master student, Phd candidate, assistant professor, senior lecture, associate professor, full professor

<sup>11</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.

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 подрисуночную подпись, в которой дается объяснение всех его элементов. Кривые на рисунках нумеруются арабскими цифрами и комментируются в подписях к рисункам.	Заголовки таблиц и подрисуночные 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 подрисуночном 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
Индекс УДК <sup>12</sup>	УДК 62.214.4; 621.791.05	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>13</sup> , организации <sup>14</sup> , заголовки и реферат <sup>15</sup> и ключевые слова <sup>16</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>12</sup> Универсальная десятичная классификация (УДК) — система классификации информации, широко используется во всём 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>13</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>14</sup> Название организации в английском переводе должно соответствовать официальному, указанному на сайте организации. Непереводимые на английский язык наименования организаций даются в транслитерированном варианте.

<sup>15</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>16</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.

<b>Мухаррири матни русӣ:</b>	<b>М.М. Якубова</b>
<b>Мухаррири матни тоҷикӣ:</b>	<b>Муаллифон</b>
<b>Мухаррири матни англисӣ:</b>	<b>Муаллифон</b>
<b>Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:</b>	<b>М.А. Иззатуллоев</b>
<b>Редактор русского текста:</b>	<b>М.М. Якубова</b>
<b>Редактор таджикского текста:</b>	<b>Авторская редакция</b>
<b>Редактор английского текста:</b>	<b>Авторская редакция</b>
<b>Компьютерный дизайн и верстка:</b>	<b>М.А. Иззатуллоев</b>

**Нишонӣ: ш. Душанбе, хиёбони акад. Рачабовхо, 10<sup>А</sup>**  
**Адрес: г. Душанбе, проспект акад. Раджабовых, 10<sup>А</sup>**

Ба чоп 25.03.2024 имзо шуд. Ба матбаа 28.03.2024 супорида шуд.  
Чопи офсетӣ. Коғазӣ офсет. Андозаи 60x84 1/8  
**Адади нашр 50 нусха.**

**Матбааи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ**  
**ш. Душанбе, кӯчаи акад. Рачабовхо, 10<sup>А</sup>**