

ISSN 2520-2227

# ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ

Баҳши Таҳқиқотҳои муҳандисӣ

4(52) 2020



**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК**  
Серия: Инженерные исследования

**POLYTECHNIC BULLETIN**  
Series: Engineering studies

# ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

4(52)

2020

СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Издаётся с  
января 2008 года

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ISSN 2520-2227

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Учредитель и издатель:  
Таджикский технический  
университет имени академика  
М.С. Осими  
(ТТУ им. акад. М.С.Осими)  
Научное направление  
периодического издания:  
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.

Свидетельство о регистрации  
организаций, имеющих право  
печати, в Министерстве культуры  
РТ № 0261/ЖР от 18 января 2017 г.  
Периодичность издания -  
ежеквартально  
Подписной индекс в каталоге  
«Почтаи точик» -77762

Журнал включен в РИНЦ  
[https://elibrary.ru/title\\_layout.asp?id=62828](https://elibrary.ru/title_layout.asp?id=62828)

Договор с Научно-электронной  
библиотекой №05-08/09-1 о  
включении журнала в Российский  
индекс научного цитирования

Полнотекстовый вариант журнала  
размещен в сайте <http://vp-es.ttu.tj/>  
Адрес редакции:  
734042, г. Душанбе, проспект  
акад. Ражабовых, 10А  
Тел.: (+992 37) 227-01-59  
Факс: (+992 37) 221-71-35  
E-mail: nistt1@mail.ru

К.К. ДАВЛАТЗОДА  
доктор экономических наук, профессор  
М.А. АБДУЛЛО  
кандидат технических наук, доцент, зам. главного редактора  
А.Дж. РАХМОНЗОДА  
кандидат технических наук, доцент, зам. главного редактора  
К.Х. ГУЛЯМОВ  
кандидат технических наук, главный секретарь  
А.И. СИДОРОВ  
доктор технических наук, профессор (Российская Федерация)  
А.Г. ФИШОВ  
доктор технических наук, профессор (Российская Федерация)  
Л.С. КАСОВОВ  
кандидат технических наук, доцент  
А.К.КИРГИЗОВ  
кандидат технических наук, доцент  
И.Н. ГАНИЕВ  
академик АН РТ, доктор химических наук, профессор  
Х.О. ОДИНАЗОДА  
член-корр. АН РТ, доктор технических наук, профессор  
Т.Дж. ДЖУРАЕВ  
доктор технических наук, профессор  
М.М. ХАКДОД  
член-корр. АН РТ, доктор технических наук, профессор  
А.Б. БАДАЛОВ  
член-корр. АН РТ, доктор химических наук, профессор  
А.С.ФОХАКОВ  
Доктор технических наук, доцент  
В.В.СИЛЬЯНОВ  
доктор технических наук, профессор (Российская Федерация)  
Р.А. ДАВЛАТШОЕВ  
кандидат технических наук, доцент  
М.Ю. ЮНУСОВ  
кандидат технических наук, доцент  
Р.САЛОМЗОДА  
кандидат технических наук, доцент  
Д.Н. НИЗОМОВ  
член-корр. АН РТ, доктор технических наук, профессор  
И.КАЛАНДАРБЕКОВ  
доктор технических наук, и.о., профессор  
А. Г. ГИЯСОВ  
доктор технических наук, профессор  
Н.Н. ХАСАНОВ  
доктор архитектуры, профессор  
Р.С. МУКИМОВ  
доктор архитектуры, профессор  
Д.Х. САИДОВ  
доктор технических наук, профессор  
А.А. ХОДЖИБОЕВ  
доктор технических наук, доцент  
А.Р. РУЗИЕВ  
кандидат технических наук, доцент

Журнал с 30 мая 2018 года включен в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК при РТ.

**МУНДАРИЧА**

**ЭНЕРГЕТИКА**

- А.С. Амирханов.* Коркарди чорабиноҳи ташкилии идоракунии сифати энергияи электрикӣ дар системаи барқтаъминкунии ҚСҚ «ШАТ» 10
- А.Я. Абдурахманов, Д. Н. Холмирзоев.* Нерӯгоҳи хурди оби «Октябрьская» дар Ҷумҳурии Тоҷикистон 17
- А.Қ. Қирғизов.* Модели стохастикии пешбини истихсоли электроэнергия бо ёрии панели офтобӣ 21
- М.Д. Додхудоев, М.М. Воҳидов.* Анализи схемаи электротаяминкунии ноҳияи варзоб ва асоснок намудани мувофиқи мақсад будани таҷдиди он 26
- Х.С. Сангов.* Истифодабарии дастгоҳҳои фотоэлектрикии офтобӣ дар шабакаҳои таъмини барқи истеъмолкунандагони деҳот 30

**МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАСОЛЕҲШИНОСӢ**

- С.Ҷ. Иброҳимов.* Кинетикаи оксидшавии хӯлаи алюминий-магний АМг4, ки дар ҳолати саҳт бо празеодим чавҳаронида шуда 38
- Т.М. Умарова, А.Ю. Ахроров.* Синтез ва таҳқиқоти физикию химиявии хулаҳои системаи Al-Ti-и бо металлҳои камёфти заминӣ (La, Pr и Nd) чавҳаркардашуда 41

**ТЕХНОЛОГИЯИ КИМИЁВӢ**

- Ҷ.А. Абдушуқуров, Г.Б. Анварова, Д.А. Желтов, А.Қодиров, С.Г. Ленник, В.П. Солодихин, Ф.И. Шаймуродов.* Гидрохимияи дарёи болооби Зарафшон қисми 1: металлҳои вазнин дар об ҳал карда шуда 46
- Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов, С.Қ. Ҳоҷиев.* Таъриқи физико-химиявии оби шахтаи «ВОСТОЧНАЯ» 52
- Ф.С. Лалоев, Ш.Р. Самихов.* Ғанигардонии маъдани полиметаллии мис-сурма ва нукрадор 56
- Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов, С.Қ. Ҳоҷиев.* Тозакунии оби шахта аз металлҳои вазнин бо истифодабарии сульфати оҳан ба сифати дурдабанд 60
- Ҷ.Абдушуқуров, Г.Анварова, А.Қодиров, С.Г. Ленник, В.П.Солодихин, Ҷ.Ниёзов.* Геохимияи қисми кӯҳии дарёи Зарафшон дар осӣи марказӣ 64

**НАҚЛИЁТ**

- М.А. Абдуллоев (Мамадамон Абдулло).* Таъсири тағирёбии иқлим ба фаъолияти баҳши нақлиёт ва роҳҳои коҳиш додани он 69
- О.Ҷ. Бобобеков.* Методикаи муносибкунии чойгир кардани хизматрасонии мобилии автомобилӣ дар ноҳияҳои камаҳолӣ 74
- А.М. Умирзоков, М.Ю. Юнусов, А.Л. Бердиев.* Заминаи назариявӣ барои асосноккунии пӯшидани мошин 78
- Ф.С. Бодурбеков, М.Ю.Юнусов, А.Тошмаҳмадзода.* Таъсири хосиятҳои реологии равшанҳои муҳаррикӣ ба нишондиҳандаҳои бақордарории муҳаррикони автомобилҳои худрези конӣ 82
- М.Ҳ. Саидов.* Таҳлили кинематикии механизмҳои саёравӣ 84

**СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ**

- А. М. Қурбонов, В. М. Митасов, А. Ҷ. Раҳмонзода.* Истифодаи методи унсурҳои канорӣ барои моделсозии унсурҳои оҳанубетонӣ бо тарқишҳои ташкилшуда 87
- А. Р. Рузиев.* Ҳисоби фурӯнишинии асосҳо дар хокҳои лёсси фурӯраванда 91
- А.Р. Фазилов, Д.С. Хайров.* Таҷриқи ғалоғулаи ҳавой бо тавораҳои сабук 96
- А.Д. Раҳмонзода, И.Раҳмонзода, Ф. Файзиев.* Хусусиятҳои сохтмони пулҳои оҳанубетонӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон 101
- А. Шарифов, Н.Н.Шоҳиён, Н.Олимов, К.К.Давлатзода.* Фоидаоварии техникаи-иктисодии истифодаи сементҳои таркибтағйирёфта дар таркиби бетон 105
- К.Р. Рабиев, Н.К. Файзуллозода, Ф.Н. Ҳасанов.* Лоихақашии меъморӣ сохтмони бино ва иншоот дар сафедхокҳои фурӯнишин дар шароити релефи мураккаб 111

<b>Ҷ.Н. Низомов, И.Қ. Қаландарбеков, Ш.Ш.Шарипов, И.И.Қаландарбеков.</b> Характеристикаҳои динамикии иншооти баланди оҳанубетонӣ	<b>117</b>
<b>М.А. Сулейманова, Д.Ҳ. Худойқулов.</b> Баҳогузори ба устувории нишебии пуштаи роҳи оҳан ҳангоми таъсирҳои зилзила	<b>123</b>
<b>М.Р. Чурақулов, М.Н. Ҳасанов</b> Масолеҳҳои арболитӣ дар асоси композитсияҳои растанигӣ-часпакӣ бо истифодабарии ғузапоя	<b>126</b>
<b>О.Р. Нуманов, М.Ш. Набизода, А.С. Сангинов.</b> Ҳисоби садафҳои мулоим бо назарияи белаҳзавӣ	<b>131</b>
<b>О.Р. Нуманов, А.С. Сангинов, М.Ш. Набизода.</b> Маводҳо барои иншооти сақфӣи фазой	<b>137</b>
<b>Р.Р. Саидов.</b> Ҳисоби диафрагмаҳои мазбути сурохиҳо заиф карда шуда бо методи деформатсияҳои мутамарказонидашуда	<b>141</b>
<b>Ҳ. Ҳамидҷонов, Б.Р. Боқиев, М.С. Наимов, Н.М. Назиров, С. Қалилзода.</b> Истифодабарии об дар кишоварзӣ ва муайян намудани хароҷотҳо ба обрасонӣ	<b>144</b>
<b>Т.Р. Холмуратов, К.Қ. Комронов.</b> Модели математикии ҳаракати моеъ бо воситаи кубурҳо	<b>148</b>

СОДЕРЖАНИЕ

ЭНЕРГЕТИКА

- А.С. Амирханов.* Разработка организационных мероприятий управления качеством электроэнергии в системе электроснабжения ОАО «ТАЛКО» 10
- А.Я. Абдурахманов, Д.Н. Холмиров.* Малая гидроэлектростанция «Октябрьская» в Республике Таджикистан 17
- А.К. Киргизов.* Стохастическая модель прогнозирования генерации электроэнергии солнечной фотоэлектрической панели 21
- М.Д. Додхудоев, М.М. Вохидов.* Анализ схемы электроснабжения Варзобского района и оценка целесообразности её реконструкции 26
- Х.С. Сангов.* Применение солнечных фотоэлектрических установок в системах электроснабжения сельских потребителей (На примере удаленных регионов Республики Таджикистан) 30

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- С.Ж. Иброхимов.* Кинетика окисления алюминиево-магниевого сплава АМг4, легированного празеодимом в твердом состоянии 38
- Т.М. Умарова, А.Ю. Ахроров.* Синтез и физико-химические исследования сплавов системы Al-Ti, легированных редкоземельными металлами (La, Pr и Nd) 41

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Д.А. Абдушукуров, Г.Б. Анварова, Д.А. Желтов, А. Кодиров, С.Г. Ленник, .П.Солодухин, Ф.И. Шаймурадов.* Гидрохимия верховий реки Зарафшон часть 1: тяжелые металлы, растворенные в воде 46
- Д.С. Давлатов, Х.Ё. Ашууров, С.К. Ходжиев.* Физико-химический состав воды шахты «Восточная» 52
- Ф.С. Лалоев, Ш.Р. Самихов.* Обогащение медно-сурьмяно-серебряных полиметаллических руд 56
- Х.Ё. Ашууров, Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев.* Очистка шахтной воды от тяжелых металлов с применением сульфата железа в качестве коагулянта 60
- Д. Абдушукуров, Г.Анварова, А.Кодиров, С.Г. Ленник, В.П.Солодухин, Дж. Ниязов.* Геохимия горной части реки Зарафшон Центральной Азии 64

ТРАНСПОРТ

- М.А. Абдуллоев (Мамадамон Абдулло).* Влияние изменения климата на работоспособность транспортного сектора и пути его снижения 69
- О.Дж. Бобобеков.* Методика оптимизации размещения мобильных автосервисов в малонаселенных районах 74
- А.М. Умирзоков, М.Ю. Юнусов, А.Л. Бердиев.* Теоретические предпосылки для обоснования износа автомобильной шины 78
- Ф.С.Бодурбеков, М.Ю. Юнусов, А. Тошмахмадзода.* Влияние реологических свойств моторного масла на пусковые качества двигателя карьерных самосвалов 82
- М.Х. Саидов.* Кинематический анализ планетарных механизмов 84

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

- А. М. Курбонов, И. С. Муминов, А. Д. Рахмонзода.* Применение метода конечных элементов для моделирования железобетонных элементов с заранее организованными трещинами 87
- Рузиев А.Р.* Расчет оснований по деформациям на просадочных грунтах 91
- А.Р. Фазилов, Д.С. Хайров.* Изоляция воздушного шума легкими ограждениями 96
- А.Д. Рахмонзода, И. Рахмонзода, Ф.Файзиев.* Особенности строительства железобетонных мостов в Республике Таджикистан 101
- А. Шарифов, Н.Н.Шохиён, Н.Алимов, К.К.Давлатзода.* Техничко-экономическая эффективность применения модифицированных цементов в составе бетона 105
- К.Р. Рабиев, Н.К. Файзуллозода, Ф.Н. Хасанов.* Архитектурно-строительное проектирование зданий и сооружений на лёссовых просадочных грунтах в условиях сложного рельефа 111
- Д.Н.Низомов, И.К.Каландарбеков, Ш.Ш.Шарипов, И.И.Каландарбеков.* Динамические характеристики железобетонных высотных сооружений 117

<i>М.А. Сулейманова, Д.Х. Худойкулов.</i> Оценка устойчивости откосов железнодорожного полотна при сейсмических воздействиях	123
<i>М.Р. Джуракулов, М.Н. Хасанов.</i> Арболитовые материалы на основе рвк с использованием стеблей хлопчатника	126
<i>О.Р. Нуманов, М.Ш. Набизода, А.С. Сангинов.</i> Расчёт пологих оболочек по безмоментной теории	131
<i>О.Р. Нуманов, А.С. Сангинов, М.Ш. Набизода.</i> Материалы для пространственных конструкций покрытия	137
<i>Р. Р. Саидов.</i> Расчет, ослабленного проемами диафрагм жесткости методом сосредоточенных деформаций	141
<i>Х. Ҳамиддҷонон, Б.Р. Бокиев, М.С. Наимов, Н.М. Назиров, С. Дҗалилзода.</i> Использование воды в сельском хозяйстве и определение расходов на орошение	144
<i>Т.Р. Холмуратов, К.К. Комронов.</i> Математическая модель движения жидкости по трубам	148

CONTENS

ENERGY

<i>A. S. Amirkhanov.</i> Development of organizational measures for managing the quality of electricity in the power supply system of JSC "TALCO"	10
<i>A. Y. Abdurakhmanov, D. N. Kholmirezov.</i> Small hydro power plant octoberskaya in the Republic of Tajikistan	17
<i>A.K. Kirgizov.</i> Stochastic model for predicting the generation of electricity from a solar photovoltaic panel	21
<i>M.D. Dodkhudoev, M.M. Vohidov.</i> Analysis of the power supply scheme of the Varzob district and assessment of the feasibility of its reconstruction	26
<i>Kh.S. Sangov.</i> Application of solar photovoltaic installations in power supply systems for rural consumers (on the example of remote regions of the Republic of Tajikistan)	30

METALLURGY AND MATERIALS ENGINEERING

<i>S.Zh. Ibrokhimov.</i> Kinetics of oxidation of aluminum-magnesium alloy AMg4 doped with praseodymium in the solid state	38
<i>T.M. Umarova, A.U. Ahrorov.</i> Synthesis and physico-chemical studies of the Al-Ti alloys modified by rare-earth metals (La, Pr, and Nd)	41

CHEMICAL TECHNOLOGY

<i>D.A. Abdushukurov, G.B. Anvarova, D.A. Zheltov, A. Kodirov, S.G. Lennik, V.P. Solodukhin, F.I. Shaimuradov.</i> Hydrochemistry of the upper river Zarafshon part 1: heavy metals dissolved in water	46
<i>D.S. Davlatov, H.Y. Ashurov, S.K. Khodjiev.</i> Physical and chemical composition of water "Vostochnaya" mine	52
<i>F.S. Laloenov, Sh.R. Samikhow.</i> Enrichment of copper-antimony-silver polymetallic ores	56
<i>KH. Y. Ashurov, D.S. Davlatov, S. K. Hojiev.</i> Purification of mine water from heavy metals with the use of ferric sulfate as a coagulation	60
<i>D. Abdushukurov, G. Anvarova, A. Qodirov, S.G. Lennik, V.P. Solodukhin, J.Niyazov.</i> Geochemistry of the mountain part of central asia's Zarafshon river	64

TRANSPORTATION

<i>M.A. Abdulloev (Mamadamon Abdullo).</i> The impact of climate change on the efficiency of the transport sector and ways to reduce it	69
<i>O. K. Bobobekov.</i> Methodology of optimizing placement of mobile car service stations in sparsely populated areas	74
<i>A.M. Umirzokov, M. Yu. Yunusov, A.L. Berdiev.</i> Theoretical background for justification of car tire wear	78
<i>F.S., Bodurbekov, M.Y. Yunusov, A. Toshmahmadzoda.</i> Influence of rheological properties of engine oil on starting qualities of the engine of mining dump trucks	82
<i>M.H. Saidov.</i> Kinematic analysis of planetary mechanisms	84

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

<i>A. Kurbonov, V. Mitasov, A.J. Rahmonzoda.</i> The application of the finite element method for modeling reinforced concrete elements with organized pre-cracks	87
<i>A. R. Ruziev.</i> Calculation of bases for deformations on subsident soils	91
<i>A.R. Fazilov, D.S. Khayrov.</i> Insulation of air noise with light fences	96
<i>A.D. Rahmonzoda, I. Rahmonzoda, F. Fayziev.</i> Features of the construction of reinforced concrete bridges in the Republic of Tajikistan	101
<i>A.Sharifov, N.N.Shohion, N.Alimov, K.K. Davlatzoda.</i> Technical and economic efficiency of the use of modified cements in the composition of concrete	105
<i>K.R. Rabiev, N.K. Faizullozoda, F.N. Khasanov.</i> Architectural and construction design of buildings and structures on loessy subsidence soils in conditions of difficult relief	111
<i>J.N.Nizomov, I.K.Kalandarbekov, Sh.Sh.Sharipov, I.I.Kalandarbekov.</i> Dynamic characteristics of reinforced concrete high-rise structures	117
<i>M.A. Suleimanova, D.H.Khudoyulov.</i> Estimation of the stability of railway slopes under seismic impact	
<i>M.R. Dzhurakulov, M.N. Khasanov.</i> Arbolite materials based on rvc using cotton stems	123

<i>O.R. Numanov, M.Sh. Nabizoda, A.S. Sanginov.</i> Calculation of flat shells according to the torque-free theory	126
<i>O.R. Numanov, A.S. Sanginov, M.Sh, Nabizoda.</i> Materials for spatial coating structures	131
<i>R. R. Saidov.</i> Calculation of the pressure weakened by the openings of the stiffening diaphragms by the method of concentrated deformations	137
<i>Kh. Kamidonov, B.R. Bozhiev, M.S. Naimov, N.M. Nazirov, S. Kalilzoda.</i> Water use in agriculture and determination of irrigation costs	141
<i>T.R. Kholmuratov, K. Komronov.</i> Mathematical model of liquid movement on pipes	144
	148



## КОРКАРДИ ЧОРАБИНОҲИ ТАШКИЛИИ ИДОРАКУНИИ СИФАТИ ЭНЕРГИЯИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР СИСТЕМАИ БАРҚТАЪМИНКУНИИ ЧСК «ШАТ»

*А.С. Амирханов*

*Донишкадаи энергетикӣи Тоҷикистон*

*Дар мақола масъалаҳои сохтани сохтори идораи сифати энергияи электрикӣ дар мисоли корхонаи ширкати алюминии Тоҷик дар асоси мониторинги сифати энергияи электрикӣ бо муайян намудани нуқтаҳои гузоштани таҷҳизотҳои ченкунандаи статсионарию дар СЭЭ бо муайян намудани вазифаҳои ташикливу техникаи сохтор оварда шудааст.*

**Калимаҳои калидӣ:** сохтори идораи, сифати энергияи электрикӣ, ширкати алюминий, воситаҳои ченкунӣ, нуқтаҳои интихобӣ.

Идоракунии сифати энергияи электрикӣ дар системаи барқтаъминкунии корхонаҳои саноатӣ ба фаъолияти самараноки системаҳои барқӣ, сохтани шароити мусоиди электрромагнитӣ барои кори сермаҳсули воситаҳои электротехникаи истеъмолкунандагони асосӣ ва иловагии корхона мусоидат мекунад. Таъминоти сифати энергияи электрикӣ – ин шартҳои зарурии бехатарии ҳаёт ва саломатии аҳолӣ, инчунин фаъолнокии бозғамимодӣ дастгоҳҳои барқӣ ба ҳисоб меравад. Ҳар сол бо мақсади таъмини сифати энергияи электрикӣ дар ҳамаи сатҳҳои идоракунии хоҷагии энергетикӣ сармоягузориҳои зиёде ба масраф мерасанд.

Таҳқиқотҳои таҷрибавии гузаронидашудаи нишондодҳои сифати энергияи электрикӣ дар солҳои 2011, 2015, 2016 ва 2018 нишон доданд, ки сарчашмаҳои асосии пайдоиши ҷараёни гармоникҳои оӣ (ЧГО) - технологияи истеҳсоли алюминий, аниқтараш ваннаҳои электролизӣ ба ҳисоб мераванд, ки бо ҷараёни доимӣ кор мекунад. Ҷараёни доимӣ аз ҳисоби табдилдиҳандаҳои росткунандаи диодии пурқувват гирифта мешаванд. Аз рӯи натиҷаҳои таҳлили системаҳои барқтаъминкунии завод барои кам кардани сатҳи ЧГО ва монеаҳо ҷораҳои пешбиникардасуда басанда нестанд.

Ҷараёни гармоникҳои оӣ аз ҳисоби речаи кории ваннаҳои электролизӣ ҳосилшуда ба элементҳои шабакаҳои барқӣ паҳн шуда, талафоти иловагиро ба вучуд меоранд ва қисмҳои ҷараёнгузарро гарм намуда, шароити тез шудани раванди қухнашавии оикҳоро ба миён меоранд.

Муҳим будани масъалаҳои гузошташуда аз рӯи натиҷаҳо, ки дар ҳолати гузаронидани ченкуноҳои духафтаина дар 10 нуқтаи шиддатҳои

6-220 кВ-и системаҳои барқии ҚТ ва бевосита дар исқанҷаҳои 10 кВ-и трансформаторҳои зернерӯгоҳи асосӣ ЧСК “ШАТ” бо ёрии воситаҳои маҳсули ченкунии нишондодҳои сифати энергияи электрикӣ ба даст омадаанд, тасдиқ карда мешаванд.

Системаи мониторинги СЭЭ воситае мебошад, ки ба воситаи он чунин корхоро метавон таъмин кард: [2, 3, 4]: ченкунии мурағтаб барои ҳамаи масъалаҳои интихоби параметрҳои ченкунанда; аёнӣи равандҳо, ки дар система ба амал меоянд; фавран дарёфти маълумотҳо; принципҳои умумии идоракунии речаҳо аз рӯи СЭЭ; тартибдиҳии таъсиротҳои идоракунӣ, ки барои беҳтаркунии СЭЭ равона шудааст.

### **1. Итиҳоби нуқтаи санҷиши бефосилаи сифати энергияи электрикӣ барои коркади системаи мониторинги СЭЭ**

Интиҳоби нуқтаи санҷиши барои насби воситаҳои ченкунӣ бояд муносиб карда шавад. Амалан дар як вақт насби ВЧ дар ҳамаи гиреҳҳои шабакаҳои барқӣ мумкин аст, аммо аз ҷиҳати иқтисодӣ мақсаднок нест. Масалан ҳаҷми хоси маблағгузорӣ дар як воҳиди ченкунӣ 6000 доллари ШМА (нархи моҳи октябри с. 2018) ташикл медихад.

Ду роҳи ҳалли ин масъала вучуд дорад:

1. Бо дарназаргирии баҳои ҳолати электрромагнитии системаи электрикӣ.
2. Бо таҳлили нишондодҳои сифати энергияи электрикӣ.

Дар ҳолати яқум таҳлили речаҳои системаи электрикӣ ва элементҳои он (генераторҳо, трансформаторҳо, хатҳои интиқоли барқӣ, батареяҳои конденсаторӣ ва борҳои электрикӣ) гузаронида мешавад. Барои ин кор маълумотҳои иловагӣ оид ба ҳолати электрромагнитии шабака дар умум ҷамъоварӣ карда шудааст (ҷадвали 1)

Таҳлили рӯйхати параметрҳои иловагии элементҳо, ки ба сифати энергияи электрикӣ ва речаҳои кории ҳамин қабулкунакҳо таъсир мерасонад, имкон медихад чунин меъёрҳои интиҳоби нуқтаҳои санҷишӣ ва ҷойи насби ВЧ-и НСЭ дода шавад [1, 4, 5, 7]:

Маълумот оид ба элементҳои системаи электрикӣ.

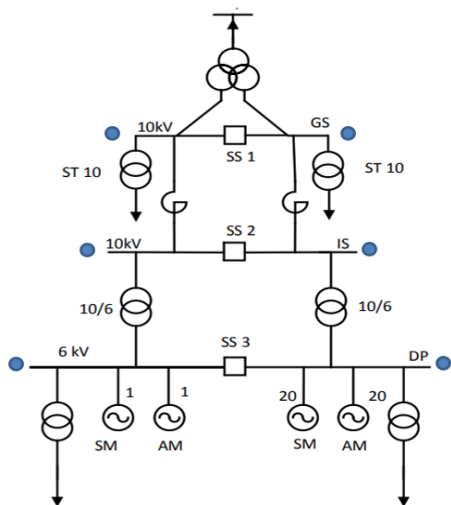
Элементҳои объектҳои системаи электроэнергетикӣ	Маълумот оид ба мавҷуд будани воситаҳои танзимкунӣ
Таҷҳизотҳои трансформаторӣ	Мавҷуд будан набудани танзимкунандаи автоматики шиддат. Ҳолати кори олотҳои автоматика (ТАШ), РПН, тавоноии гузошташуда, зарби серборӣ дар речаҳои максималӣ ва минималии бор. Графики солони тағйирёбии тавноӣ (P Q).
ХИБ	Масофа, шиддат дар речаи зиёдтарин ва камтарини бор. Маълумот оид ба хуручи раъду барқ ва тағйирёбии мавсими солони ҳарорат дар маҳалае, ки равиши (трасса) ХИБ аз он ҷо мегузарад. Зарби серборӣ дар речаҳои ЗТ ва КТ–и бор графики солони тағйирёбии бор (P,Q)
Батареяҳои конденсаторӣ реакторҳои шунтӣ	Тавоноӣ, ҷараён ва шиддат дар речаҳои зиёдтарин ва камтарини бор, такроршавандагии бастукушо дар фосилаҳои вақт (сол, квартал, моҳ, шабонарӯзӣ), нақшаҳои пайвасти батареяҳои конденсаторӣ ва реакторҳо
Истеъмолкунандагон	Мавҷуд будан/набудани истеъмолкунандагоне, ки ба шабака -- монеаҳои бандкунандаи СЭЭ-ро ворид мекунанд. Мавҷуд будан/набудани истеъмолкунандагони ба монеаҳо таъсирпазир ё ин ки қабулқунакҳои қувваи барқ. Маълумот оид ба дараҷаи эътимоднокӣ

Трансформаторҳо интиҳоб карда мешавад, ки речаи танзимкунии он (трансформаторҳои ЗР –и гузаранда). Трансформаторҳои нисбатан пуриқтидор интиҳоб карда мешавад, ки дар речаҳои бори камтарин ва зиёдтарин қор мекунад ва гармоникҳои 3-юмро дар шабака ҳосил мекунанд. Охири ХИБ интиҳоб карда мешавад, ки дар масири ин хат таъсири раъду барқ ва сузиши ҳаво дар атрофи симҳо бавучуд меоянд, ки ба сифати энергияи электрикӣ таъсир мерасонанд. Батареяҳои конденсаторӣ ҳамчун элементҳои ҳасос ба монеаҳо, ки ҳангоми кори борҳои камшудаи пуриқтидор ба вучуд меояд ва гармоникҳои ҷараёни олиро ҳосил мекунад, интиҳоб карда мешавад. Гиреҳҳои интиҳоб карда мешавад, ки ба онҳо манбаҳои монеаҳо пайваст шудаанд. Манбаи гармоникҳои ҷараёни оли корхонаҳои саноатӣ, ки қабулқунакҳои ғайрихаттӣ доранд (табдилдиҳандаҳо, ҳаракатовараҳои барқӣ тиристорӣ дар асоси (базаи) муҳаррики вентелӣ, печакҳои барқии камонӣ, кафшерҳои барқии камонӣ ва тамосӣ ва ғайра) зеристгоҳҳо барои барқтаъминкунии нақлҳои барқиқунонидашуда (трамвайҳо, троллейбусҳо ва қатораҳои барқӣ) мебошад. Гиреҳҳои интиҳоб карда мешавад, ки қабулқунакҳои барқии ҳасос доранд: биноҳои бузурге, ки дар онҳо дастгоҳҳои иттилоотӣ, телекоммуникатсионӣ ва воситаҳои алоқавӣ насб

шудаанд. Фидери зернерӯгоҳҳо интиҳоб карда мешаванд, ки бо системаи энергетикӣ давлатҳои ҳамсоя ё дар ҳудуди лавозимотҳои мувозинати субектҳои электроэнергетикӣ қарордошта алоқаи энергетикӣ доранд.

Масъалаи дуҷум вақте ҳал карда мешавад, ки агар пешакӣ маълумот оид ба нишондодҳои сифати энергияи электрикӣ дар гиреҳҳои системаи электроэнергетикӣ вучуд дошта бошад. Натиҷаҳои ченкунии СЭЭ қоркард карда шуда, баъдан шартан “харитаи СЭЭ” дар тахтасими зернерӯгоҳи системаи энергетикӣ таҳқиқшаванда бо нишон додани вайроншавии зоҳиршудаи талаботҳои ҳуҷҷатҳои меъёрӣ аз рӯи НСЭ дар шабака сохта мешавад ва сабабҳои пайдошавии мушкилотҳо аз рӯи чунин нишондиҳандаҳо муайян карда мешавад: майлкунӣ басомад майлкунӣ муқарраршудаи шиддат, лапишхӯрии шиддат (суръатгирии тағйирёбии шиддат, ҳаҷми флюк), ғайрисинусоидалии шиддат (зарби нодурустии синусоидалии шиддати қачхатта), шиддати ғайрисиметрӣ (ғайрисиметрии шиддат аз рӯи пайдарпайии баргашт ва сифрӣ), афтиш ва имплуси шиддат ва фузуншиддати муваққатӣ.

Барои сохтани харитаи шартии СЭЭ бояд барои ҳар як пайвастагиҳо чадвали намунавӣ пур карда шавад. Ин имконият медиҳад, то нуктаи санҷиши бефосилаи СЭЭ – ро барои гиреҳҳо дар макони таҳқиқшаванда муайян кунем ва хароҷоте, ки барои асбобҳои ченкунандаи НСЭЭ, интиқоли маълумотҳо, қоркард, нигоҳдорӣ, хизматрасонии нуктаҳои санҷишӣ сарф мешавад, хоҳиш диҳем.



● - ҷойи насби ВЧ НСЭЭ

Расми 1. Нақшаи барқи рамзии содакардашудаи якхаттаи якто ГТ ҚСК “ШАТ”.

Ҳангоми интихоби ҷойи насби ВЧ НСЭЭ, бояд ки миқдори ВЧ маҳдуд бошад. Истифодабарии дилхоҳ усулҳои муайянкунии нуктаҳои санҷиши миқдори ВЧ бояд ба он оварда расонад, ки шумораи ВЧ нисбат ба миқдори гиреҳҳои шабакаи таҳқиқшаванда кам бошад.

$$K_{усл} = \frac{N_{си}}{M_{усл}} \leq 1 \quad (1)$$

Маълумот оид ба интихоби ҷой ва миқдори ВЧ ҳозиразамони маконии нишондодҳои СЭЭ дар нақшаи барқтаъминкунии ҚСК “ШАТ” дар ҷадвали 2 оварда мешавад.

Ҷадвали 2.

Ҷойи насби ВЧ НСЭЭ ҚСК “ШАТ” дар умум.

Номгӯи гиреҳҳо	Номгӯи асбоб	Миқдор, адад
Даромади ШБ 220кВ трансформатори ТА	Тест-электро	1x10=10
Даромади ШП 10кВ трансформатори ТА	Тест-электро	1x16=16
Тахтасими бахши ОТК 10кВ	Тест-электро	6x2=12
Тахтасими бахшии ЗТ 6кВ	Тест-электро	17x2=34
Ҷамъ	Тест-электро	72

Барои амалигардонии мониторинги нишондодҳои СЭЭ 72 - то асбоби таҳлилии интихоб карда шуд, ки имкон медиҳад ченкунии НСЭЭ – ро дар шароити вақти воқеӣ ба роҳ монд.

Робитаи раёсати энергетика асосӣ ва директори техникӣ бо мақсади идоракунии умумии раванди таъмини СЭЭ ба роҳ монда мешавад. Шӯъбаи идоракунии СЭЭ дар назди сохторҳои дар боло қайдшуда доир ба корҳои анҷомдода оиди таъмини СЭЭ ҳисобот медиҳад. Шӯъбаи автоматика бо шӯъбаи танзимкунии автоматикии шиддат дар трансформаторҳои ТА ва ОТВ ва бо танзимкунии речаҳои кории филтрҳои фаъл барои кам кардани сатҳи ҷараёнҳои ГО алоқаманд мебошанд. Сеҳи электрикӣ вазифаи истифодабарӣ ва таъмири дастгоҳҳои электротехниро ба роҳ мемонад. Истифодабарии дастгоҳҳои барқӣ бо роҳи ниғаҳдорӣ ҳолати техникӣ трансформаторҳои гуногункиддор, ХИБ – и кабелӣ ва ҳавой, ноқилҳои ҷараёнгузари ҷараёни доимии таҷҳизотҳои тағйирдиҳанда, муҳаррикҳои синхронӣ ва асинхронӣ бо роҳи чен кардан ва санҷидани параметрҳои асосӣ ва иловагии реча амалӣ карда мешавад. Коргарони сеҳи электрикӣ тағйирдиҳии бастукушоиро барои тағйир додани нақшаҳои рамзии корхона дар рафти истифодабарӣ иҷро мекунад. Робитаи шӯъбаи ИСЭЭ бо сеҳи электрикӣ барои гирифтани натиҷаҳои ченкунӣ ва санҷишӣ бо мақсади муқаррар намудани таъсири сатҳи ҷараёнҳо ва шиддати ГО ба речаи кории дастгоҳҳои электрикӣ ва қабулкунакҳои барқ асосӣ ба шумор меравад. Дар сурати ошкор шудани ягон мушкилӣ тадбирҳои техникӣ оиди коҳиш додани ин таъсирҳо дида мешавад.



Расми 2. Робитаи дохилаи шӯъбаи идоракунии СЭЭ дар ҳайати сохтори таъмили идоракунии энергетика асосӣ.

Вазифаи танзимгар аз санчиш ва назорати параметрҳои асосӣ ва иловагии СЭЭ иборат мебошад. Маълумот аз воситаи ченкунӣ тавассути канали иттилоотӣ ба компютери танзимгар ворид мешавад ва натиҷаҳои ченкунӣ дар интерфейси барномаи комплексӣ инъикос мегардад. Муҳандис–электроник вазифаи хизматрасонӣ ва таъмири воситаҳои ченкунии НСЭЭ – ро иҷро мекунад. Мутахассис оид ба коркарди натиҷаҳои ченкунии НСЭЭ коркарди статикӣ натиҷаҳои ченкуниро барои намоишдиҳии қуллай ба иҷро мерасонад. Муҳандис–электрик хизматрасонии асбобҳо ва таҷҳизотҳои барқиро, ки барои беҳтарсозии сифати энергияи электрикӣ таъин шудааст, ба ӯҳда дорад. Муҳандиси СИА аз ҳолати системаи махсуси алоқаи байни сатҳҳои мониторинги НСЭЭ назорат мекунад.

Маслиҳатчи-ҳангоми ҳолатҳои мушкил муҳокима ва муайян намудани сабабҳои паст шудани сифати энергияи электрикӣ ва ефтани роҳи ҳалли баланд бардоштани он.



Расми 3. Сохтори ташкилии шуъбаи идоракунии сифати энергияи электрикӣ ҶСК “ШАТ”.

Муҳандис–электроник вазифаи хизматрасонӣ ва таъмири воситаҳои ченкунии НСЭЭ – ро иҷро мекунад. Мутахассис оид ба коркарди натиҷаҳои ченкунии НСЭЭ коркарди статикӣ натиҷаҳои ченкуниро барои намоишдиҳии қуллай ба иҷро мерасонад. Муҳандис–электрик хизматрасонии асбобҳо ва таҷҳизотҳои барқиро, ки барои беҳтарсозии сифати энергияи электрикӣ таъин шудааст, ба ӯҳда дорад. Муҳандиси СИА аз ҳолати системаи махсуси алоқаи байни сатҳҳои мониторинги НСЭЭ назорат мекунад. Маслиҳатчи-ҳангоми ҳолатҳои мушкил муҳокима ва муайян намудани сабабҳои паст шудани сифати энергияи электрикӣ ва ефтани роҳи ҳалли баланд бардоштани он. Идоракунии СЭЭ дар шуъбаи

РСЭЭ аз ҳисоби таъсири алоқаҳои технологияи органҳои идоракунанда ба роҳ монда мешавад, ки дар раванди коркард, интиқол ва тақсими энергияи электрикӣ бо сифати лозима ба истеъмолкунандагон ширкат меварзад. Зарурати муайян намудани уҳда дорихи маркази СЭЭ ва хизматрасониҳо, шуъбаҳо, ки бо маркази РСЭЭ робитаи технологӣ доранд, бо мақсади баҳодихӣ, идоракунӣ ва таъмини СЭЭ бо талаботи ҳуҷҷатҳои меъёрӣ чой дорад [8]. Индикаторе, ки муайянкунандаи сатҳи таъмини СЭЭ мебошад, нишондодҳои он ба ҳисоб меравад, ки сатҳи он аз рӯи ҳуҷҷатҳои меъёрӣ гузошта мешавад (8). Вазифаи Маркази РСЭЭ аз таҳлили нишондодҳои СЭЭ–и меъёрӣ ва ғайримаъёрӣ ва муайянкунии мушкилотҳои алоқаманд бо ин ё он намуди нишондоди СЭЭ, ҳамчунин коркарди чораҳои методӣ, техникӣ ва ташкилӣ иборат аст.

Сипас робитаи шуъбаи РСЭЭ бо сохтори дохилаи ҶСК “ШАТ” оварда мешавад.

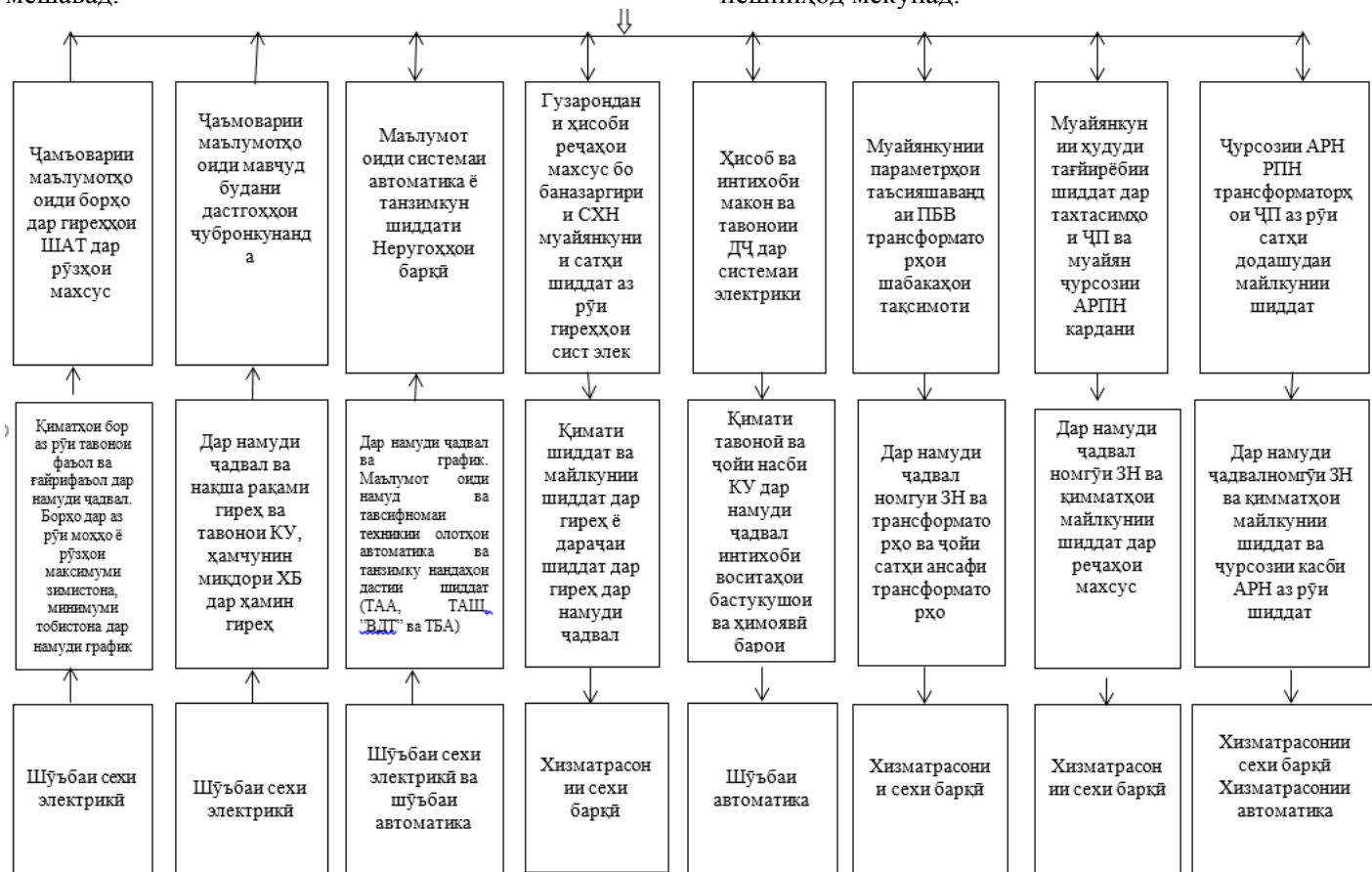
Масъалаҳои таъмини СЭЭ – ро ба назар гирифта, бояд чунин чораҳои зарурӣ дида шавад: Муътадил намудани майлкунӣ муқараршудаи шиддат дар шабакаҳои шиддати баланд ва аз ҳад баланд. Муътадил намудани сатҳи чараёнҳо ва шиддати гармоникаи олӣ (аз рӯи зарби ғайрисинусоидалӣ ва зарби n – то ташкилдихандаи гармоникӣ). Ба танзим даровардани системаи назоратӣ, чамъоварии маълумотҳои статикӣ оиди афтиш, импульсо ва фузуншиддатӣ, ҳамчунин муайянкунии сабабҳои бавучудой ва пешгирии ин монеаҳо. Пас аз масъалаҳои асосии идоракунӣ СЭЭ, ки аз рӯи натиҷаҳои ченкунӣ ва таҳлили НСЭЭ муайян карда шуданд ва зарурати коркарди алгоритми воситаҳо бо иштироки хизматрасониҳо ва шуъбаҳои дар боло номбаршуда, ки дар рафти ҳалли ин масъалаҳо робитаи наздик доранд, тақсими масъалаҳои умумии идоракунии СЭЭ байни Маркази РСЭЭ ва шуъба оиди ҳалли ҳар як масъалаҳои гузошташуда, ба миён меояд. Дар расми 4 масъалаҳои асосии МРСЭЭ барои таъмини СЭЭ дар шабакаҳои барқии ҶТ нишон дода шудааст.

Мувофиқи расми 4, ШРСЭЭ барои таъмини СЭЭ дар базаи мониторингӣ чунин масъалаҳоро ҳал мекунад: ченкунии сифати энергияи электрикӣ дар нуқтаҳои санчиши бефосила ва коркарди ин натиҷаҳо; шиддат; муътадилкунии сатҳи чараёнҳо ва шиддати ГО; танзимнамоии системаи назорати чамъоварии маълумотҳои статикӣ оиди

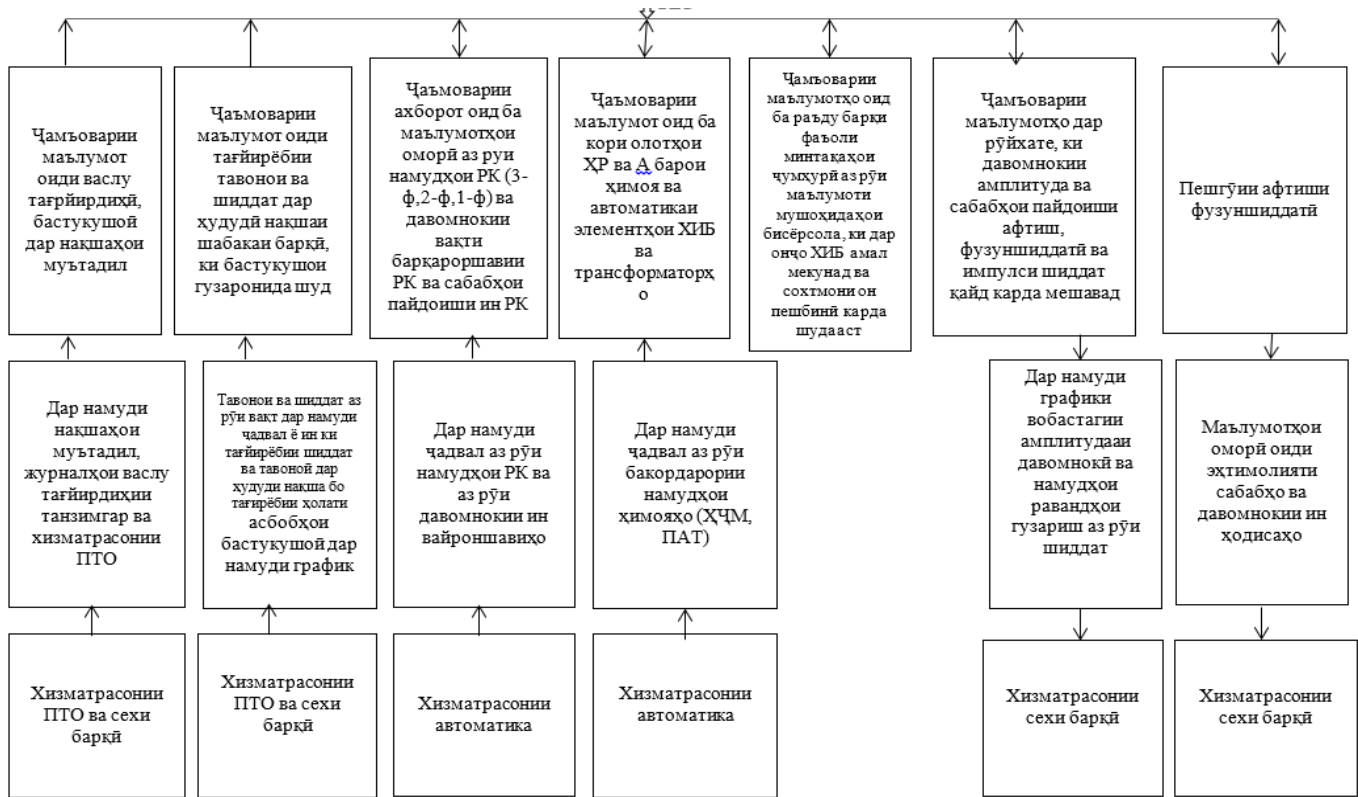
афтиш, импульсо ва фузуншиддатӣ, ҳамчунин муайянкунии сабабҳои пайдоиш ва пешгирии ин монеаҳо. Робитаи байни маркази РСЭЭ ва шӯӯбаҳое, ки дар рафти идоракунии СЭЭ иштирок мекунад, барои пешгирӣ кардани ҳолатҳои вазнин ҳангоми иҷрои масъалаҳои гузошташуда ҳислати тавсиявӣ – машваратӣ дорад. Маркази РСЭЭ диққати махсусро барои таъмини дараҷаи шиддат дар шабакаҳои тақсимоти 10/0,4 кВ равона кардааст (нигаред ба расми 4 а), чунки меъёри майлкунии шиддат дар исканҷаҳои қабулкунакҳои барқ гузошта шудаанд, на дар шабакаҳои 35 кВ ва аз он боло. Барои гиреҳҳои шиддати дараҷаҳои баланд ба хотири нигоҳдории муназзамии он қимати шиддате, ки сатҳи ҷозизии муътадил ва интиҳои майлкунии шиддатро дар гиреҳҳои шабакаҳои тақсимотӣ ё дар исканҷаҳои қабулкунакҳои барқ таъмин мекунад, тавсия дода мешавад.

Барои муътадил кардани сатҳи ҷараёнҳо ва шиддат Маркази РСЭЭ бо шӯӯбае, ки нигоҳдории ҳолати техникий шабакаҳои барқиро ҳангоми рушди система ба ӯҳда дорад, зич ҳамкорӣ мекунад. Дар ин маврид Маркази РСЭЭ дар ҳолати баҳодиҳии сатҳи ҳиссаҳои ҷозизӣ ва воқеӣ барои маҳдуд кардани сатҳи дарназардоштаи монеаҳои кондуктиви аз ҷониби истеъмолкунандагони аз сари нав пайвастшуда ёрии методӣ пешниҳод мекунад (нигаред ба расми 5 б), ҳамчунин дар ҳалли масъалаҳои баҳсноки муайянкунии гунаҳгори бад шудани СЭЭ дар шабака кӯмак мерасонад.

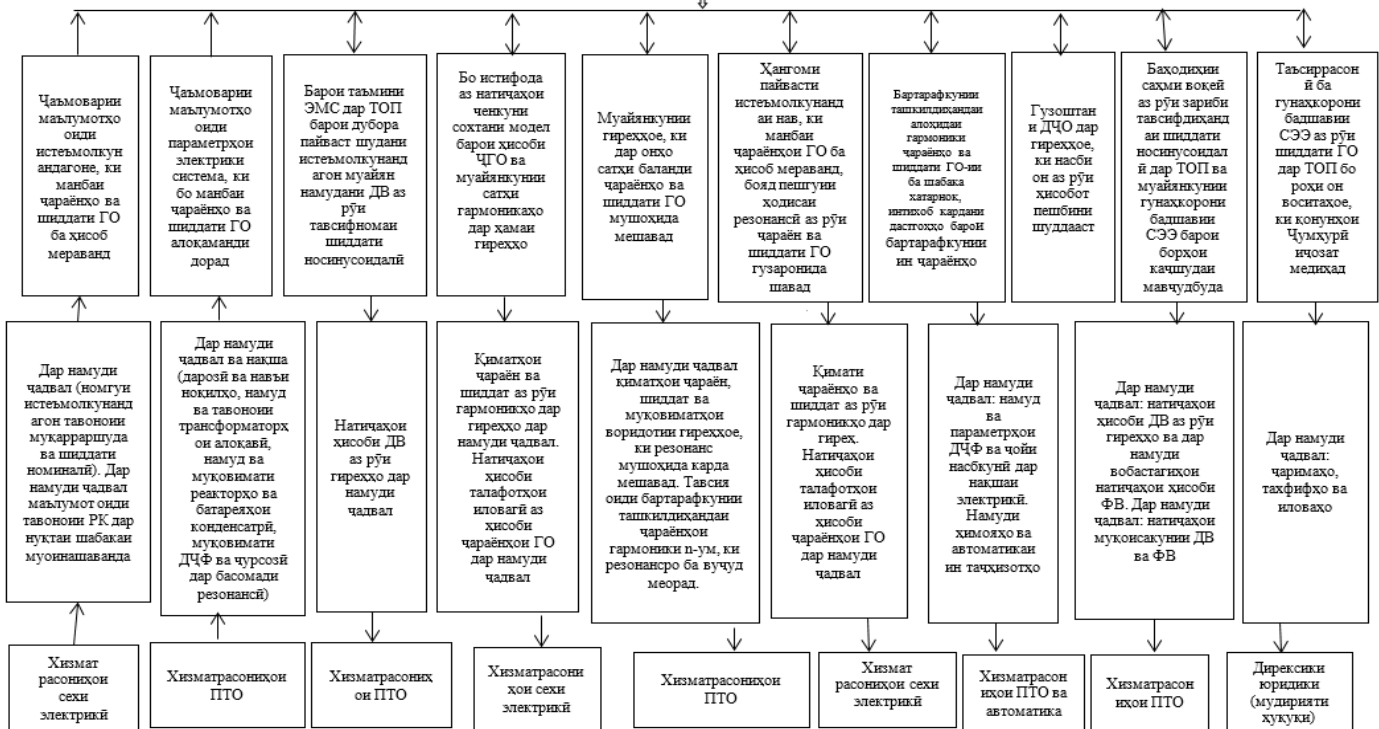
Ин марказ дар масъалаи баҳодиҳии сатҳи монеаҳои кондуктивӣ дар гиреҳҳои системаи электрикӣ ёрӣ мерасонад ва ба хотири муътадил кардани сатҳи ҷараёнҳо ва шиддати ГО усулу тарзҳои беҳтарро барои коҳиши ин монеаҳо пешниҳод мекунад.



Расми 5. – а Ҷорабиниҳои таъкилӣ-техникии танзимкунии шиддат бо иштироки хизматрасониҳои ҶСК "ШАТ".



Расми 5. б а Чорабиниҳои ташкилӣ-техникии аз рӯи муътадилкунии сатҳи ҷароёнҳо ва шиддати ГО иштироки хизматрасониҳо ва ишӯбаҳои ҚСҚ "ШАТ".



Расми 5. в а Чорабиниҳои ташкилӣ-техникии аз рӯи бароҳмонии системаи назорат ва ҷамъоварии маълумотҳои оморӣ оиди фузуншиддати, афтши ва импулси шиддат бо иштироки хизматрасониҳо ва ишӯбаҳои ҚСҚ "ШАТ".

Системаи мониторингӣ ва чамъоварии маълумотҳо оиди афтиш ва импулси шиддат, фузуншидатӣ бо мақсади дар оянда пешгӯӣ ва кам кардани ҳодисаҳои бо ин нишондодҳо алоқаманд, гузаронида мешавад (нигаред ба расми 5 в).

#### Хулоса

1. Баҳодиҳии захираҳои воситаҳои ченкунии ҳозиразамони нишондодҳои сифати энергияи электрикии истеҳсоли Русия ва дигар кишварҳои хориҷӣ барои сохтани системаи мониторингӣ оварда шудааст.

2. “Усул” ба интиҳоби нуқтаи санҷиши СЭЭ–и системаи мониторингӣ дар мисоли ҚСҚ “ШАТ” пешниҳод карда шудааст.

3. Чораҳои ташкили техникаи системаи идоракунии барои маркази идораи СЭЭ дар сохтори ҚСҚ “ШАТ” коркард карда шудаанд.

4. Алгоритми интиҳоби чорабиниҳо оиди таъмини системаи идоракунии СЭЭ бо иштироки хизматрасониҳо ва шӯъбаҳои ҚСҚ “ШАТ” коркард карда шуд.

#### Адабиётҳо:

1. Управление качеством Электрической энергии: учебное пособие для вузов / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; под ред. Ю. В. Шарова. -2-е изд., перераб. и доп.-М.: Издательский дом МЭИ, 2008. -354, [2]с.: ил.

2. Шидловский А.Л., Жаркин А.Ф. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях. Издательство: Науковадумка, Киев, 2005.

3. Power quality monitoring in the Romanian high voltage grid. Doina Ilisiu. 9<sup>th</sup> International conference. Electrical Power quality and utilization. Barcelona, 9-11 October 2007.

4. Power quality monitoring in Australia. V.J. Gosbell, P.K. Muttik. University of Wollongong and Alstom Australia. Session 2002. CIGRE.

5. International standard. Electromagnetic compatibility-testing and measurement techniques-power quality measurement methods. ReferencenumberCEI/IEC 61000-4-30:2003.

6. Приборы для контроля и анализа качества электроэнергии И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов/ Мир измерение №4/ 2002г.

7. Antonio Moreno-Mucoz (Ed.) Power Quality Mitigation Technologies in a Distributed Environment.:Springer-Verlag London Limited 2007.

8. Управление качеством электроэнергии в ЕНЭС, Олег БОЛЬШАКОВ, Владимир ВОРОНИН, Роман ШАМОНОВ, к.т.н ОАО «ФСК ЕЭС», Владимир ТУЛЬСКИЙ, к.т.н ГОУВПО МЭИ ТУ, «Передача и распределения электроэнергии», №1(10) январь-февраль, 2012.

#### РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОАО «ТАЛКО»

*А.С. Амирханов*

В статье изложены вопросы разработки структуры управления качеством электрической энергии на примере предприятия Таджикской алюминиевой компании на основе мониторинга показателей качества электрической энергии с определением точек проставления статического измерительного прибора в СЭЭ с определением организационно-технических задач структуры.

**Ключевые слова:** структура управления, качество электрической энергии, алюминиевая компания, измерительные приборы, выборочные точки.

#### DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL MEASURES FOR MANAGING THE QUALITY OF ELECTRICITY IN THE POWER SUPPLY SYSTEM OF JSC "TALCO"

*A. S. Amirkhanov*

The article describes the issues of developing a structure for managing the quality of electric energy on the example of an enterprise of the Tajik Aluminum Company on the basis of monitoring the quality indicators of electric energy with the determination of the points of affixing a static measuring device in the SEE with the definition of the organizational and technical tasks of the structure.

**Keywords:** management structure, electric energy quality, aluminum company, measuring devices, sample points.

#### Маълумот оиди муаллиф

Амирханов Алишер Сайвалиевич – унвонҷӯи кафедраи “АНР ва Э” – и ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, E-mail: amir\_1991@mail.ru

## МАЛАЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ОКТЯБРЬСКАЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

*А. Я. Абдурахманов<sup>1</sup> Д. Н. Холмирзоев<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup>Институт энергетики Таджикистана

*Республика Таджикистан богата гидроэнергетическими ресурсами. Наиболее перспективно использование возобновляемых источников энергии, из которых малые гидроэнергетические ресурсы.*

*Правительство Республики Таджикистан уделяет большое внимание развитию Возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в частности возобновляемые источники энергии - МГЭС. Одним из таких МГЭС является Октябрьская МГЭС, которая была спроектирована и построена в 1948 году с установленной мощностью 75 кВт. В 70 - ых годах 20 - го столетия в связи с укрупнением производств, строительство и эксплуатация малых ГЭС практически отпало и перестали работать.*

*После реконструкции МГЭС Октябрьская установленная мощность увеличится примерно до 150 кВт.*

*Проектный перепад канала составляет 7 м. При ширине канала 7 м и глубине 2 м подача воды производилась в размере 18 м<sup>3</sup> в секунду. Реконструкция МГЭС Октябрьская позволяет выработать электроэнергию в объеме до 150 кВт.час за счет увеличения напора воды (за счет выпрямления изгиб поворотов подачи воды).*

**Ключевые слова:** гидроресурсы Таджикистана, малая гидроэнергетика, электроснабжение отдаленных населённых пунктов.

Республика Таджикистан богата гидроэнергетическими ресурсами, оценивающими в более 500 млрд кВт час в год и по гидроэнергетическим ресурсам Таджикистан в мире занимает 8-ое место, а в Азиатском секторе первое место. Гидроэнергетический потенциал Таджикистана составляет около 4% всего мирового гидроэнергетического потенциала. Наиболее перспективным является использование возобновляемых источников энергии, из которых малые гидроэнергетические ресурсы составляют более 180 млрд кВт час в год.

Таджикистан отличается низким уровнем обеспеченности природным газом и нефтепродуктами, но располагает огромными ресурсами гидроэнергии и каменного угля. Прогнозные запасы угля оцениваются в 4,5 млрд

тонн, из которых добывается незначительная часть для ТЭЦ 2 (Теплоэлектростанция) в г. Душанбе.

Правительство Республики Таджикистан уделяет большое внимание развитию возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в частности в развитие малых гидроэнергетических электростанций (МГЭС). Использование ВИЭ для выработки электроэнергии в Республике Таджикистан объявлено национальным приоритетом, и он станет возможностью для достижения снижения уровня бедности и целей экономического развития, путем предоставления надежного доступа к электроэнергии для всех граждан. Это также подтверждается различными законодательными и стратегическими документами, утвержденными Правительством Республики Таджикистан, в том числе:

"Всесторонняя целевая программа для повсеместного использования ВИЭ, таких как энергия малых рек, солнца, ветра, биомассы, источников подземных вод" (утверждено за № 41 Правительством РТ, от 2-го Февраля, 2007 года);

Долгосрочная программа построения/строительства малых ГЭС на период 2009 - 2020 (утверждено за № 73 Правительством РТ, от 2-го Февраля, 2009 года);

"Национальная Экологическая Программа Республики Таджикистан на период 2009 - 2010" (утверждено за № 602 Правительством РТ, от 31-го октября 2009 года);

В 2010 году принят Закон Республики Таджикистан об Использовании возобновляемых источников энергии.

В Республике Таджикистан «Долгосрочной программой строительства малых электростанций на период 2009-2020 годов» предусмотрено строительство 189 малых гидроэлектростанций (МГЭС) с установленной мощностью более 103 МВт, и выработкой электроэнергии в год – 641645,9 тыс. кВт\*час.

Таджикистан горная страна, где протекает множество крупных и малых рек. Республика занимает восьмое место в мире, после Китая, России, США, Бразилии, Заира, Индии и Канады – по общим запасам потенциальной энергии. Второе – на душу населения (87,8 тыс. кВт\*ч. в год) и первое – на единицу территории (3,62 млн. кВт\*час



в год). Уже сегодня наши гидроэлектростанции вырабатывают ежегодно свыше 21 млрд. кВт·час электроэнергии что больше, чем в Молдавии и в Грузии [3].

“В Таджикистане более 1200 больших и малых рек с суммарной длиной 14316 км, из которых реки длиной 10-25 км отнесены к категориям малых” [4].

Таблица.1.

Возобновляемые ресурсы в Таджикистане (млн. тонн у.т. в год.)[2].

Ресурсы	Валовый потенциал	Технический потенциал	Экономический потенциал
Гидроэнергия, общая	179.2	107.4	107.4
В т.ч. малая	62.7	20.3	20.3
Солнечная энергия	4790.6	3.92	1.49
Энергия биомассы	4.25	4.25	1.12
Энергия ветра	163	10.12	5.06
Геотермальная энергия	0.045	0.045	0.045
Всего (без крупных ГЭС)	5020.595	38.635	27.955

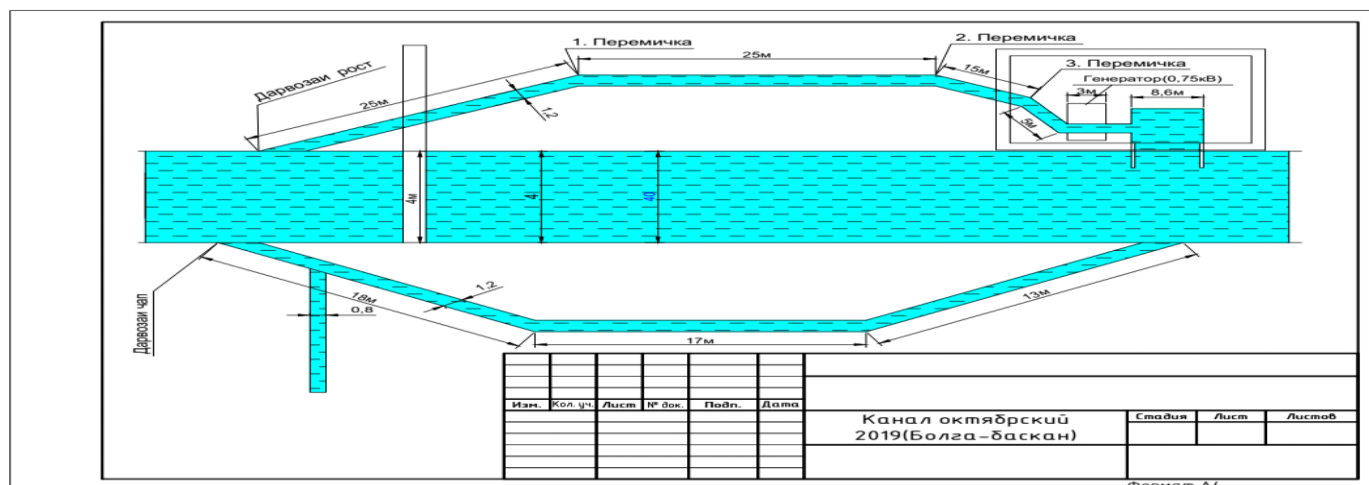


Рис 1. План расположения МГЭС Октябрьская.

Одной из таких МГЭС является “Октябрьская”, которая была спроектирована и построена в 1948 году с установленной мощностью 75 кВт и которая предназначалась для полива водой сельских земельных участков населенных пунктов Дмитрова и Коминтерна Вахшского региона Республики Таджикистан (Рис.1). Кроме того, электростанция “Октябрьская” использовалась в качестве резервной мощности для областной больницы им. Вахидова, находящаяся недалеко от данной МГЭС.

В 70–ых годах 20-го столетия, в связи с развитием промышленности, строительство и эксплуатация малых ГЭС практически отпало и самое главное- существующие МГЭС после строительства Нурекской ГЭС перестали работать. После 1990 года, после реконструкции, МГЭС

“Октябрьская” обеспечивала электроэнергией строительно-передвижную механизированную колонну (СПМК-150), населенный пункт, резервным питанием электроэнергией участок МВД бригады быстрого реагирования, а также как резервным питанием областную больницу им. Вахидова, также МГЭС служит для распределения воды по хлопковым полям, населенным пунктам, расположенным ниже данной ГЭС.

Долгие годы МГЭС перестали работать и только после 1990 года, когда стал ощущаться дефицит электроэнергии, МГЭС Октябрьская начала работать. Октябрьский канал «Болга-босган», питающий водой МГЭС и сам агрегат МГЭС устарели, и станция могла вырабатывать электроэнергию только в размере до 22 кВт. При

ширине канала 7 м и глубине 2 м подача воды производилась в размере 18 м<sup>3</sup> в секунду. По этому каналу орошались земельные участки колхоза Карла Маркса, совхоза Туркменистан и частично Вахшский район. Далее МГЭС Октябрьская была приобретена частным лицом - предпринимателем, который стал заниматься реконструкцией МГЭС. Реконструкция МГЭС "Октябрьская" позволяет выработать электроэнергию в объеме до 150 кВт·час за счет увеличения количества воды, а также за счет реконструкции самой ГЭС с увеличением перепада воды до 7 м.

При этом реконструкция Октябрьской МГЭС позволит:

- упростить схему работы МГЭС и сделать её без обслуживающего персонала;
- выдавать электроэнергию в изолированную сеть;
- широко регулировать частоту и напряжение генератора, что позволит выполнить суточное и недельное регулирование напряжения, а при отсутствии нагрузки работать на балластное сопротивление;
- увеличением перепада давления воды на 16,6% и выпрямлением потока воды увеличить мощность МГЭС более чем на 50%.

Важную роль в Октябрьской МГЭС играет пропускная способность канала «Болга босган», который был построен в 1950 году и он предназначался, прежде всего, для орошения земельных участков колхоза имени Карла Маркса. Проектная мощность МГЭС была 78 кВт, но фактически она развивала 48 кВт мощности. Как

видно из рисунка (Рис.1) канал подводки воды к МГЭС имеет два изгиба и сама МГЭС установлена в конце канала на изгибе подачи воды, поэтому напор воды на МГЭС составлял порядка 6,0 м, что позволяло вырабатывать электрическую энергию в объеме до 22 кВт·час, что было связано с использованием устаревшего оборудования и снижением количества и напора воды в канале.

При заполнении канала водой до 1,5 м и шириной канала 2,0 м

общий объем воды поступающей на МГЭС при скорости воды до 0,5 м/сек может составить 1,56 м<sup>3</sup> (с учетом потерь напора) в секунду и МГЭС может развивать мощность:

$$P=9,81QH/\eta=9.81*1,56*6/0,8=110,36 \text{ кВт}\cdot\text{час}$$

За счет реконструкции канала «Болга босган» и установки самой МГЭС в соответствии со схемой рис.2, где все изгибы в пути подачи воды исключены и соответственно увеличена скорость подачи воды и за счет схемы установки МГЭС создан напор воды в размере 7,0 м. Реконструкция водовода и схемы установки МГЭС позволяет увеличить скорость воды до 0,7 м/сек при напоре воды 7,0 м и в данном случае мощность МГЭС может составить:

$$P=9,81QH/\eta=9.81*0,7*3.7/0,8=180,26 \text{ кВт}$$

Реконструкция МГЭС Октябрьской позволяет выработать электрическую энергию в течении одного часа 180,26 кВт·час. Таким образом, реконструкция малой ГЭС Октябрьская позволит выдавать электрическую энергию в объеме 4,326 МВт·час в течении года.

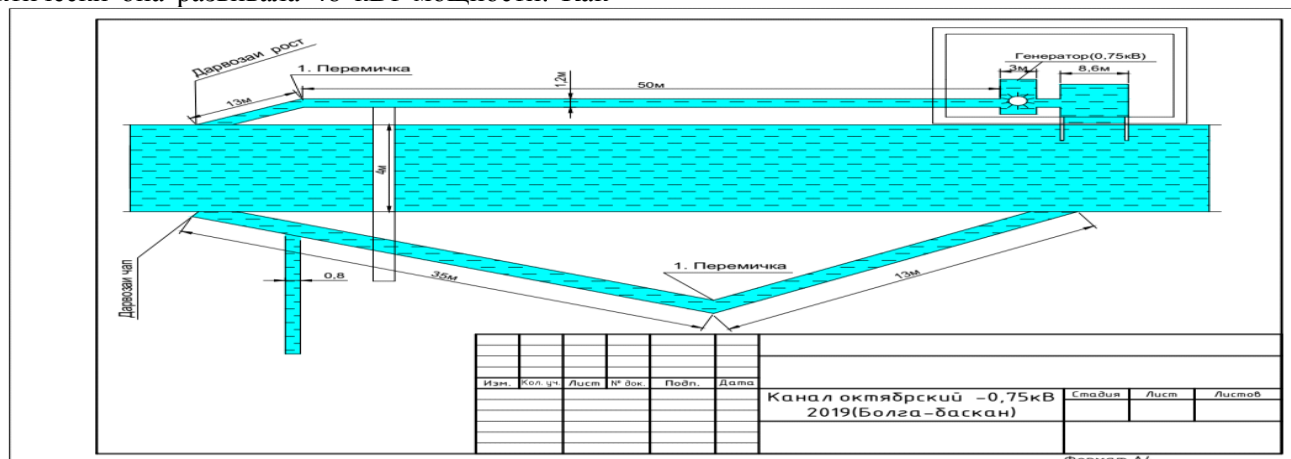


Рис 2. Внешний вид обводного канала после реконструкции.

### Выводы

Развитие строительства малых ГЭС в Республике Таджикистан неуклонно растет и в настоящее время выработка электрической энергии на них может составить более 25,5 МВт·час.

Реконструкция МГЭС Октябрьская позволяет выработать электрическую энергию в объеме более 4,0 МВт·час в год и снабжать электроэнергией населенный пункт, расположенный вблизи ГЭС, а также Строительно-передвижную механизированную колонну (СПМК-150), гостиницу и как резервное питание больницы им Вахидова.

### Литература:

1. Абдуллаева Ф.С., Баканин Г.В. Гидроэнергетические ресурсы Таджикской ССР. - Л.: Метеоиздат, 1965. - 658 с;
2. Исмоилов М. М., Махадёров Б. Х. Энергетические ресурсы Таджикистана: использование в совместных интересах // сайт Википедия
3. Архивные данные Главтаджикгидромета о наблюдениях за поверхностными водными ресурсами Таджикистана за 1936-2001 гг.
4. Выступление Президента Республики Таджикистан на открытии Рогунской ГЭС.

## НЕРУГОҲИ ХУРДИ ОБИИ “ОКТЯБРСКАЯ” ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

*А. Я. Абдурахманов, Д. Н. Холмирзоев*

Ҷумхури Тоҷикистон захираҳои бойи гидроэнергетики дорад. Барои пешрафти манбаҳои барқароршавандаи энергия ва инчунин неругоҳи барқи хурд аз захираҳои гидроэнергетики истифода мешавад.

Роҳбарияти Ҷумхурии Тоҷикистон диққати худро ба он равона кардаанд, ки барои пешрафти манбаҳои барқароршавандаи ғайриананавии энергия ва алалхусус манбаи барқароршавандаи энергия - неругоҳи барқии хурд яке аз онҳо ба шумор меравад. Неругоҳи барқии хурди Октябрьский, ки соли 1948 банахшагирифта шудааст ва сохташудааст, ба иқтидори 75 кВт баназар гирифта шуда буд.

Дар солҳои 70 уми асри 20 -ум бо сабабҳои, ки талаботҳои энергияи электрикӣ зиёдшуда ба қоронаҳои саноатӣ, сохтмон ва ба нақшагирии

неругоҳи хурди оби барқи амалан истифодабарии онҳо аз қор монда буданд.

**Калимаҳои калидӣ:** захираҳои оби Тоҷикистон, гидроэнергетикаи хурд, таъминоти барқ ба нуктаҳои аҳолинишини дурдаст.

## SMALL HYDRO POWER PLANT OCTOBERSKAYA IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

*A. Y. Abdurakhmanov, D. N. Kholmirezoev*

The Republic of Tajikistan is rich in hydropower resources. One of the most perspective resources is the use of renewable energy sources, and these small hydropower resources are available.

The Government of the Republic of Tajikistan pays great attention to the development of Renewable Energy sources ( V & E), in particular renewable energy sources-SHPP. One such SHPP is the Oktyabrskaya SHPP, which was designed and built in 1948 with an installed capacity of 75 kW. In the 70s of the 20th century, due to the consolidation of production, the construction and operation of small hydroelectric power plants practically disappeared and stopped working.

After the reconstruction of the SHPP Oktyabrskaya installed capacity will increase to about 150 kW.

The design drop of the channel is 7 m. With a channel width of 7 m and a depth of 2 m, water was supplied at a rate of 18 m<sup>3</sup> per second. The reconstruction of the Oktyabrskaya SHPP makes it possible to generate electricity in the amount of up to 150 kW.hour by increasing the water pressure (by straightening the bend turns of the water supply).

**Keywords:** hydro resources of Tajikistan, small hydropower, power supply of remote settlements.

### Сведения об авторах:

Абдурахманов Абдукарим Якубович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматизированный электропривод и электрические машины» ТТУ имени академика М.С. Осимй. Тел: (+992) 918800664, Email: up\_energy@mail.ru

Холмирзоев Дустмахмад Нурмахмадович - старший преподаватель кафедры «Автоматизированный электропривод» Института энергетики Таджикистана. Тел: (+992) 937131302, Email: kholmirezoev1989@mail.ru

## СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПАНЕЛИ

*А.К. Киргизов*

*Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими*

*Преобразование солнечной энергии в электрическую является важнейшим направлением в решении энергетических, экологических и экономических проблем современного мира. Представлен фотоэлектрический способ получения электроэнергии, который является наиболее эффективной формой и экологически чистым видом использования солнечной энергии. Так как поступление солнечной радиации на поверхность панели зависит от многих внешних факторов, то ее вырабатываемая мощность имеет не постоянную величину. В работе предложен метод прогнозирования выдачи электрической энергии, полученной от солнечной панели. Концепция основана на стохастической модели прогнозирования выработки электроэнергии от солнечной панели, отличающейся от известной детерминистической модели тем, что учитываются случайные отклонения (флуктуации) солнечной радиации на различных временных интервалах от годового до суточного, а также непостоянность нагрузки потребителей. Предложенный стохастический метод представляет собой более общий и универсальный случай прогнозирования выдачи электроэнергии фотоэлектрическим способом, отвечающим реальным физическим процессом. Методика учитывает также температурный режим фотоэлектрической панели и дана оценка их коэффициента полезного действия.*

**Ключевые слова:** *Стохастическая модель, солнечная энергия, фотоэлектрические панели, коэффициент полезного действия, температурный режим.*

### **Введение**

Развитие экономики быстроразвивающихся стран и повышение уровня жизни населения, как правило приводит к увеличению спроса на электроэнергию. При этом с каждым годом запасы углеводородного топлива снижаются, кроме того собственные источники полезных ископаемых распределены крайне неравномерно во всем мире. Проблемы с экологией побуждают ученых и исследователей все шире использовать альтернативные источники энергии. Наряду с

этим, принятая конвенция по снижению выбросов парниковых газов в атмосферу земли также дала толчок к более активному использованию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Следует отметить, что среди альтернативных и возобновляемых источников энергии солнечная энергия считается наиболее приемлемым источником электроэнергии, так как она наиболее доступна, бесплатна и для многих регионов мира имеется в изобилии. Принято считать, что Земля получает от Солнца энергию, которая в 10000 раз превосходит общую потребность планеты в энергии [2].

Фотоэлектрические преобразователи работают днем, а также в утренних и вечерних сумерках (с меньшей эффективностью). Причем пик электропотребления приходится именно на вечерние часы. Кроме этого, произведенная ими электроэнергия может резко и неожиданно колебаться из-за изменений погоды. Для преодоления этих недостатков на солнечных электростанциях используются эффективные электрические аккумуляторы. На сегодняшний день эта проблема решается созданием единых энергетических систем, объединяющих различные источники энергии, которые перераспределяют производимую и потребляемую мощность [3].

Сегодня цена солнечных панелей сравнительно высока, но с развитием технологии и ростом цен на ископаемые энергоносители этот недостаток постепенно преодолевается. Поверхность фотопанелей и зеркал (для тепломашинных ЭС) очищают от пыли и других загрязнений. Эффективность фотоэлектрических панелей падает при их нагреве (в основном это касается систем с концентраторами), поэтому возникает необходимость в установке систем охлаждения, обычно водяных. В фотоэлектрических панелях для охлаждения используют преобразование теплого излучения в излучение наиболее согласовано с поглощающим материалом фотоэлектрического элемента (так называемый *up-conversion*) [1,2].

Солнечные фотоэлектрические панели имеют нелинейную характеристику, и генерация электроэнергии в них подчиняется вероятностной модели. Их выходная генерируемая мощность

изменяется в зависимости от метеорологических факторов и условий окружающей среды. В процессе решения задачи определения генерируемой мощности фотоэлектрической панели применены методы детерминированного и стохастического факторного моделирования.

### Математическая модель

Выходные параметры солнечных фотоэлектрических панелей, предлагаемые заводами изготовителями, принимаются при постоянстве различных факторов, влияющих на выходную мощность солнечных панелей. На рисунках 1 и 2 представлены характеристики зависимости тока от напряжения, мощности от напряжения при постоянстве солнечного излучения и температуры [3].

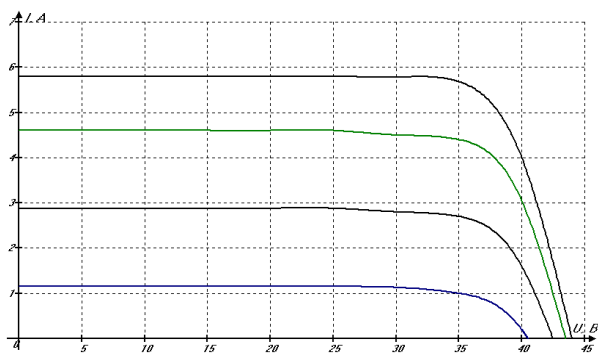


Рис. 1. Зависимости тока от напряжения панели при постоянстве солнечного излучения.

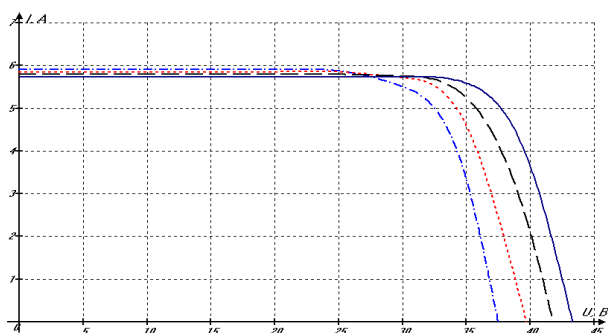


Рис.2. Зависимости мощности от напряжения панели при постоянстве солнечного излучения.

На рисунке 3 показаны зависимости мощности от напряжения при постоянстве солнечного излучения и меняющейся температуре. Как видно при повышении температуры, выходная мощность панели уменьшается.

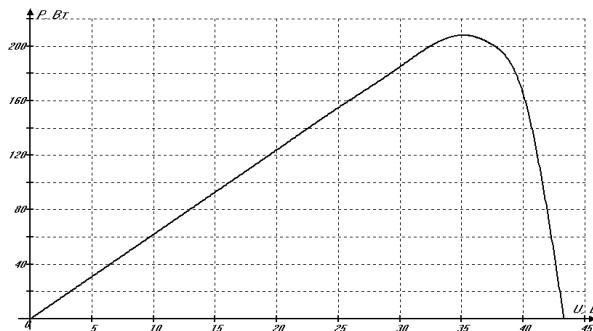


Рис.3. Зависимость мощности от напряжения при разных температурах окружающей среды.

В реальных условиях эти параметры не могут быть постоянными, поэтому выдаваемая мощность фотоэлектрической панели будет зависеть от всех параметров одновременно. Так как солнечная радиация имеет вероятностный характер, то выходная мощность панели тоже подчинена этому закону. Предлагается вероятностная модель для определения мощности, вырабатываемой фотоэлектрической системой за счет солнечной инсоляции. Неопределенность модели связана с неопределённостью интенсивности солнечной радиации, а также с вероятностным характером электропотребления электроприемников [4].

Простым способом определения выходной мощности солнечной панели является способ определения с помощью детерминистского моделирования, который учитывает только один фактор. Детерминистическая модель может быть описана следующим образом. Выходная мощность фотоэлектрической панели и выработки электроэнергии связаны не только с интенсивностью солнечного воздействия, но также с неопределенностью, такой как температура. На этом основании детерминистская модель может быть сформулирована следующим образом

$$P_{дет.СЭС} = (1 - \alpha \eta_{СЭС}) P_{устСЭС}; \quad (1)$$

$$\alpha = \alpha_{ref} \left( \frac{T}{T_{ref}} \right), \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент идеальности;  
 $\alpha_{ref}$  – температурный коэффициент;  
 $\eta_{СЭС}$  – коэффициент полезного действия;  
 $P_{устСЭС}$  – установленная мощность панели;  
 $T$  – заданная температура;

$T_{ref}$  – эталонная температура панели для стандартных условий;

Температурный коэффициент удельного сопротивления может быть определен следующим образом

$$\alpha_{ref} = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}$$

Эта величина определяет зависимость между электрическим сопротивлением преобразователя солнечной энергии (панели) и температурой.

Для большинства металлов температурный коэффициент  $\alpha_{ref}$  принимается постоянным в диапазоне температур от 0 до 25<sup>0</sup>С. Для чистых металлов температурный коэффициент сопротивления принимается равным

$$\alpha_{ref} \approx \frac{1}{273} \approx K^{-1}.$$

В этом случае коэффициент полезного действия будет равен

$$\eta_{сэс} = \eta_0 (1 - 0,0045 \cdot (T_{панел} - 25)), \quad (3)$$

где  $\eta_{сэс}$  — КПД солнечной фотоэлектрической установки, %;

$\eta_0$  — кпд солнечной панели при температуре 25<sup>0</sup>С, %;

$T_{панел}$  — температура поверхности солнечной панели, 0<sup>0</sup>С.

Поскольку КПД солнечных панелей зависит от параметров излучения и рабочей температуры, то при точном расчёте электроэнергии, вырабатываемой солнечными панелями в реальных наземных условиях переменного солнечного излучения из-за облачности и различного времени суток, а также переменных температур окружающей среды, то следовало бы учитывать изменения КПД [6.5].

При этом температура поверхности панели определяется следующим образом:

$$T_{панел} = T_{возд} + E_i / 800 (T_{п.экс} - 20^{\circ}C), \quad (4)$$

где  $T_{панел}$  – температура поверхности солнечной панели, 0<sup>0</sup>С;

$T_{возд}$  – температура окружающей среды в расчетной точке, 0<sup>0</sup>С;

$E_i$  – величина солнечной радиации;

$T_{п.экс}$  – температура поверхности солнечной панели для конкретного солнечного дня определенного месяца при эксплуатации [7.8].

В реальной действительности, представленная выше детерминистическая модель, не учитывает потери активной мощности в сопротивлении устройства преобразования солнечной энергии. Если предполагать, что солнечная батарея генерирует только активную мощность, что соответствует реальной действительности, то активная мощность электропотребителя  $P$  равна

$$P = U \cdot I,$$

где:  $U$  – напряжение источника генерации, В;

$I$  – ток электропотребителя, А.

Так как напряжение источника поддерживается постоянным  $U = const$ , то отклонение мощности электропотребителя от номинального значения, например, на суточном интервале времени приводит к изменению тока [9].

Выходная мощность солнечной панели зависит от многих факторов и их взаимосвязью между собой и для его определения подходит стохастическое моделирование. Стохастические методы основываются на вероятностном характере прогнозирования более точно подходящие для прогнозирования получения энергии от возобновляемых источников. Вероятность расчета точной выходной мощности установок ВИЭ определяется объемом входных данных, используемых при прогнозировании.

Можно считать, что случайные отклонения мощности электропотребителя во временном интервале и, следовательно, тока подчиняются нормальному закону распределения вероятности, особенно это хорошо согласуется в режимах максимального электропотребления (часы пик). Тогда коэффициент полезного действия солнечного устройства – фотоэлектрической панели определяется более точной стохастической формулой

$$P_{sto,сэс} = \left( 1 - \alpha \cdot \left( 1 - \frac{\Delta P_{Dст\Sigma}}{P} \right) \right) P_{уст,сэс}, \quad (5)$$

где  $\Delta P_{Dст\Sigma}$  – суммарные потери активной мощности в электрическом сопротивление солнечной панели (джоулевы потери);

$P$  – потребляемая активная мощность.

В вероятностной постановке задачи при стохастической вариации тока нагрузки потери активной мощности возрастают с учетом дополнительных потерь от вариации (дисперсии) тока и равны

$$\Delta P_{\Sigma sto} = M[I^2]R + D_I R = (\bar{I}^2 + D_I)R, \quad (6)$$

где  $M[I] = \bar{I}$  – математическое ожидание тока нагрузки;

$D_I = \sigma^2$  – дисперсия тока нагрузки,  
 $\sigma = \sqrt{D}$  – среднеквадратическое отклонение тока.

В итоге стохастическая модель выходной мощности солнечной фотоэлектрической панели может быть записана в следующем виде:

$$P_{sto.СЭС} = \left[ 1 - \alpha \cdot \left( 1 - \frac{\Delta P_{\Sigma}}{P} \right) \right] \cdot P_{устСЭС} = \left[ 1 - \alpha \cdot \left( 1 - \frac{(\bar{I}^2 + D_I)R}{P} \right) \right] \cdot P_{устСЭС} \quad (7)$$

Полученное выражение позволяет уточнить выдаваемую мощность солнечной фотоэлектрической панели с учетом флуктуации тока и температуры на любом интервале времени. Снижение КПД вызвано линейным падением напряжения холостого хода из-за резкого экспоненциального роста обратного тока насыщения и соответствующим уменьшением коэффициента заполнения.

### Выводы

Анализируя разработанную математическую модель можно заключить:

1. Реальный КПД солнечной установки с учетом колебаний нагрузки несколько ниже, чем он принимается в идеализированной технической системе, так как флуктуация тока нагрузки, характеризуемая величиной дисперсии тока, повышает потери в резисторной схеме.

2. Величина солнечной радиации (инсоляции)  $E_i$  в реальной действительности является случайной величиной, которая подчиняется закону Бета-распределения ( $\beta$ ) вероятностей третьего рода, что позволяет сделать модель еще более достоверной, одновременно более сложной. Для решения задач прогнозирования в области солнечной энергетики важное значение имеют не только средние величины сумм потоков солнечной энергии, но и их изменения из года в год, что в первую очередь характеризуется многолетними среднеквадратичными отклонениями величин. Суммарный годовой приход солнечной энергии более устойчив из года в год чем месячный, а тем более суточный, что вполне объяснимо значительным объемом статистических данных в первом случае.

3. Показано, что детерминистическая модель является частным случаем более общей стохастической модели. Недостатком этого подхода является то, что он не полностью охватывает тот факт, что существует целый ряд возможных результатов, и некоторые из них более вероятны, а некоторые меньше.

4. Применение стохастической модели, когда необходимо точно определить на какую выходную мощность рассчитывать. Детерминированное моделирование с различными сценариями не дает точной информации о гарантированной мощности от солнечной панели. Это связано с тем, что детерминированное моделирование не учитывает все факторы, которые могут влиять на конечную мощность получаемой от солнечной панели. Стохастическое моделирование встраивает все изменения (случайность) в симуляцию и, следовательно, обеспечивает лучшее определение выходной мощности солнечной панели от всех внешних факторов, действующих на него в временном интервале.

### Литература:

1. Манусов В.З. Оптимизация энергоэффективности ветровых ресурсов дальнего востока на основе алгоритма роевого интеллекта / В.З. Манусов, Н Хасанзода // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2018. № 19-21 (267-269). С. 12-22.
2. Иноятов М.Б. К вопросу об использовании малой гидроэнергетики применительно к условиям Республики Таджикистан / М.Б. Иноятов, А.К. Киргизов // Вестник Таджикского технического университета. 2008. Т. 2. № 2. С. 38-42.
3. Русина А.Г. Модели статистического анализа при планировании электропотребления и графиков нагрузки/ А.Г. Русина, Е.А. Совбан, Т.А. Филиппова., Д.Х. Худжасаидов // В сборнике: Мы продолжаем традиции Российской статистики Сборник докладов I Открытого российского статистического конгресса. Российская ассоциация статистиков; Федеральная служба государственной статистики РФ; Новосибирский государственный университет экономики и управления "НИНХ". 2016. С. 134-140.
4. Киргизов А.К. Влияние местности на определение потенциала возобновляемых источников энергии / А.К. Киргизов, З.С. Ганиев, Р.А. Джалилов // Политехнический вестник.

Серия: Инженерные исследования. 2018. № 1 (41). С. 34-46.

5. Киргизов А.К. Потенциал нетрадиционных источников энергии в Таджикистане / Р.С. Расулов, А.К. Киргизов, Л.С. Касобов, У.У. Касымов // В сборнике: Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность. Материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции. 2012. С. 99-101.

6. Кабутов К. Перспективы использования альтернативных источников энергии в Таджикистане. / К. Кабутов – Душанбе: – 15 с.

7. Arnold. M. Model- Based Predictive Control Applied to Multi-Carrier Energy Systems / M. Arnold, R. R. Negenborn, G. Andersson and B. De Schutter // In Proceedings of the IEEE PES General Meeting, Calgary, Canada, 2009.– Paper 09GM1452

8. Лукутин Б.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении / Б.В. Лукутин, О.А. Суржикова, Е.Б. Шандарова - Москва: Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.

9. Обухов С.Г. Оценка эффективности регионального использования возобновляемых энергоресурсов / С.Г. Обухов, Б.В. Лукутин, М.И. Яворский. – Технологии ТЭК. Москва – 2003. – № 2. – С. 65-71.

### МОДЕЛИ СТОХАСТИКИ ПЕШБИНИИ ИСТЕҲСОЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ БО ЁРИИ ПАНЕЛИ ОҒТОБӢ

*А.К. Қирғизов*

Табдили энергияи офтоб ба энергияи электрики муҳимтарин самти ҳалли масъалаҳои энергетикӣ, экологӣ ва иқтисодии ҷаҳони муосир мебошад. Усули пешниҳодшудаи фотоэлектрики тавлиди нерӯи барқ шакли самарабахши табдили энергия аҳ ҷиҳати экологӣ тоза аз энергияи офтоб мебошад. Азбаски расидани радиатсияи офтоб дар сатҳи болоии панели офтоби аз бисёр омилҳои беруна вобаста аст, қувваи тавлидшудаи он доимӣ нест. Дар мақола усули пешгӯии истеҳсоли нерӯи барқ, ки аз панели офтобӣ гирифта мешавад, пешниҳод карда шудааст. Фарзи қор асоси модели стохастикӣ пешгӯии тавлиди нерӯи барқ, ки аз модели детерминистии маълум бо он фарқ мекунад, ки дар он радиатсияҳои тасодуфӣ (тағирёбии) радиатсияи офтоб дар фосилаҳои гуногуни вақт аз сол то рӯз ва инчунин тағирёбанда будани сарбории истеъмолкунандагон ба назар гирифта мешавад. Усули пешниҳодшудаи

стохастикӣ як ҳолати умумӣ ва универсалии пешгӯии истеҳсоли нерӯи барқ бо усули фотоэлектрикӣ мебошад, ки ба раванди воқеии физикӣ мувофиқ аст. Усули пешбинишуда инчунин речаи ҳароратии панели фотоэлектрикиро ба назар мегирад ва ба самаранокии онҳо баҳо дода мешавад

**Калимаҳои калидӣ:** Модели стохастикӣ, энергияи офтоб, панелҳои фотоэлектрикӣ, самаранокӣ, ҳарорат

### STOCHASTIC MODEL FOR PREDICTING THE GENERATION OF ELECTRICITY FROM A SOLAR PHOTOVOLTAIC PANEL

*A. K. Kirghizov*

The conversion of solar energy into electrical energy is the most important direction in solving the energy, environmental and economic problems of the modern world. It is presented the photovoltaic method of generating electricity, which is the most efficient form and environmentally friendly form of using solar energy. As the input of solar radiation to the surface of the panel depends on many external factors, its generated power is not constant. It is suggested a method for predicting the output of electrical energy received from a solar panel. The concept is based on a stochastic model for predicting electricity generation from a solar panel, which differs from the well-known deterministic model in that it takes into account random deviations (fluctuations) of solar radiation at various time intervals from annual to daily, as well as the variability of the load of consumers. The proposed stochastic method is more general and universal case of predicting the output of electricity by a photovoltaic method that corresponds to a real physical process. The method also takes into account the temperature regime of the photovoltaic panel and estimates their efficiency.

**Keywords:** Stochastic model, solar energy, photovoltaic panels, efficiency, temperature regime.

### Сведения об авторе:

Киргизов А.К. – к.т.н., и.о. доцента каф. «Электрические станции» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. E-mail: alifbek@mail.ru



## АНАЛИЗ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВАРЗОБСКОГО РАЙОНА И ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЕЁ РЕКОНСТРУКЦИИ

*М. Д. Додхудоев, М.М. Вохидов*

*Таджикский технический университет им. акад. М. С. Осими*

*В статье обосновывается целесообразность реконструкции РЭС путём сокращения количества трансформаторов на трансформаторных подстанциях и уменьшения их мощности, предназначенные для электроснабжения потребителей приравненных к электроприёмникам третьей категории, питающихся по одноцепным воздушным линиям в высокогорных условиях. Приводятся существующая и предложенная схемы РЭС.*

**Ключевые слова:** *электроснабжение, реконструкция, подстанция, электрические сети, ущелья, коэффициент загрузки.*

Основными условиями при проектировании, сооружении и эксплуатации электрических сетей систем электроснабжения является соблюдение требований ПУЭ и ПТЭ [1, 2]. Соблюдение этих правил гарантирует как требуемую надёжность, так и оптимальный режим работы систем электроснабжения. Обеспечения экономических требований возможно только при правильном выборе конфигурации электрических сетей, количества трансформаторных подстанций районных электрических сетей (РЭС), количества и мощности трансформаторов подстанций, коэффициент загрузки трансформаторов и соответствия сечения проводов или жил кабелей расчётным электрическим нагрузкам. Исходя из этих позиций, и должен производиться анализ любой схемы электроснабжения.

Система электроснабжения Варзобского района реально называется Варзобские районные электрические сети, которые являются подразделением Центральные предприятия электрических сетей (ЦПЭС) Открытой акционерной холдинговой компании (ОАХК) «Барки Точик». В её состав входят электрические сети напряжений – 0,4 – 110 кВ.

Источником электроснабжения РЭС, является подстанция «Северная», расположенная в северной части г. Душанбе. Существующая схема РЭС приведена на рис. 1.

Питающая сеть выполнена одноцепной линией напряжением 35 кВ по габариту напряжения 110 кВ, до подстанции «Пугус», длиной 26,5 км.

К данной участки сети, присоединены четыре понижающих трансформаторных подстанций

напряжением 35/6-10 кВ. Это подстанции: «Варзоб», «Кондара», «Ходжа Оби гарм», «Такоб» и повышающая подстанция «Пугус» напряжением 35/110/10 кВ. Напряжение 10 кВ этой подстанции предназначено для электроснабжения населённого пункта Пугус, а напряжения 110 кВ и 35 кВ используется для электроснабжения других потребителей, расположенных в других ущельях, разветвляющихся от основного Варзобского ущелья.

Для анализа схемы РЭС на основе имеющихся среднегодовой потребляемой электроэнергии определены среднегодовые потребляемые активная и полная мощности и соответствующим им коэффициенты загрузки трансформаторов трансформаторных подстанций (табл.1).

Анализ коэффициента загрузки трансформаторов трансформаторных подстанций показывает, что коэффициент загрузки только четырёх трансформаторных подстанций – подстанции «Пугус», одного трансформатора трансформаторной подстанции «Сафедорак», подстанции «Кондара» и повышающего трансформатора напряжением 6/10 кВ подстанции «Ходжа оби гарм» находятся в пределах близких к допустимым значениям. Трансформаторы других трансформаторных подстанций, за исключением подстанции «Южный портал», имеют коэффициент загрузки от 12 до 30 % номинальной мощности трансформаторов. Трансформатор трансформаторной подстанции «Южный портал» работает почти на холостом ходу из-за отсутствия для неё электрической нагрузки. Однако положение с подстанцией «Южный портал» объяснимо. Она обусловлена тем, что эта подстанция была сооружена для строительства дорожного автомобильного тоннеля «Истиклол» под Анзобским перевалом, которая была сдана в эксплуатацию в 2006 году, без установок систем проветривания и освещения. Поэтому трансформатор этой подстанции временно нагрузку не имеет и работает почти вхолостую. Только в 2020 году намечено проектирование системы вентиляции, освещения, пожаротушения и надзора за безопасностью, а также монтаж перечисленного оборудования. В будущем для этой подстанции электрическая нагрузка будет обеспечена.

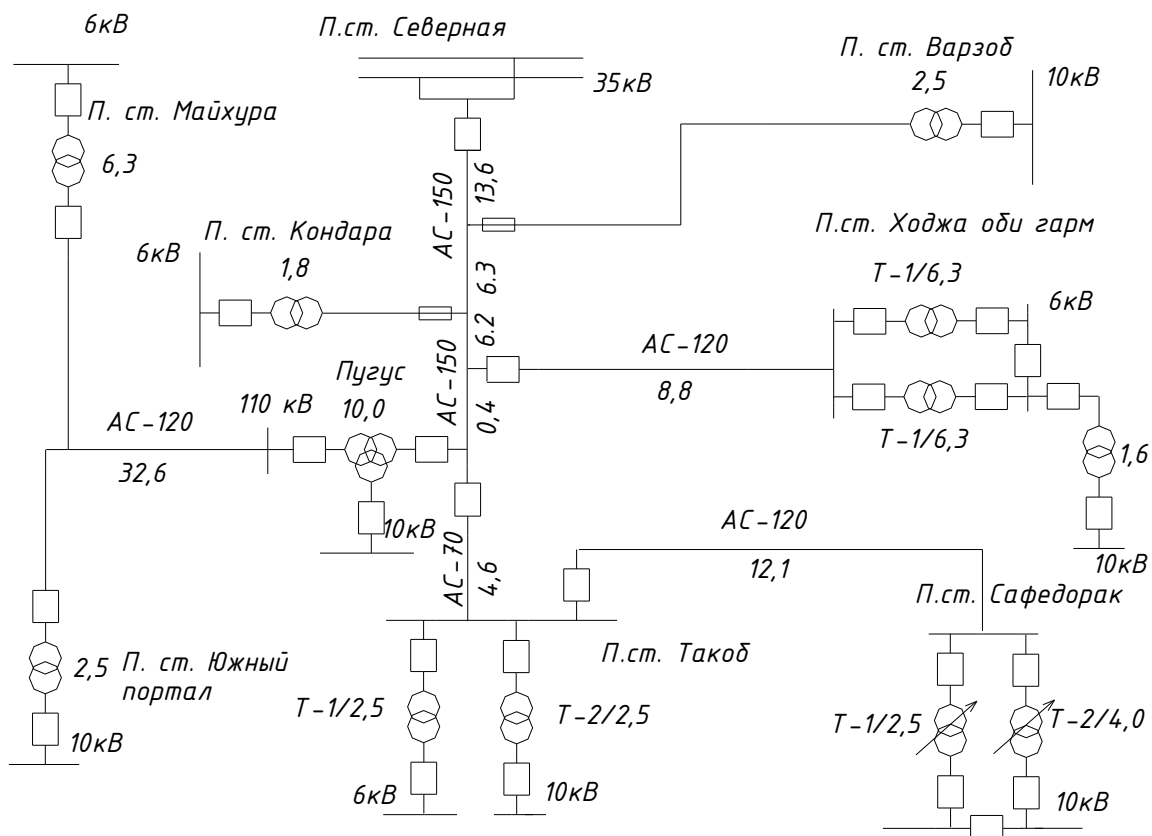


Рис. 1. Существующая схема электроснабжения Варзобских РЭС.

Таблица 1.

Коэффициент загрузки трансформаторов Варзобских РЭС ЦПЭС.

Наименование подстанции	Тип и номинальная мощность трансформатора, МВ.А	Среднегодовое потребление активной энергии, кВт*ч	Среднегодовая потребление активная мощность, кВт	Среднегодовая полная мощность, кВ.А	Среднегодовой коэффициент загрузки
Варзоб	ТМ-2,5/35/10	16400000	1872,15	1910,35	0,764
Кондара	ТМ – 1,8/35/6	14531788,8	1658,88	1728	0,96
Майхура	ТМ-6,3/110/10	2614800	298,5	304,59	0,04
Южный портал	ТМ- 2,5/110/6	3000	0.3400	0,347	0,00
Пугус	ТМТН-10/110/35/10	6480000	6387	6517,35	0,65
		49468000			
Ходжа оби гарм	2хТМ-6,3/35/6	14600000	1666,66	1700,67	0,27
	ТМ-1,6/6/10	12400000	1415,5	1444.39	0,90
Такоб	ТМ-2,5/35/10	5700000	650.68	663,96	0,27
	ТМ-2,5/35/6	3600000	410.95	419,34	0,17
Сафедорак	ТМ-4,0/35/10	-	-	-	-
	ТМ-2,5/35/6	13168000	1503.2	1533,88	0,61

Поскольку трансформаторы трансформаторных подстанций имеют незначительную нагрузку, линии электропередачи всех напряжений, выбранные исходя из механической прочности в высокогорных условиях, также недогружены и работают почти на холостом ходу. Низкий коэффициент загрузки трансформаторов при коэффициенте включения равной единице характеризует низкий коэффициент использования всех элементов схемы РЭС.

Для повышения коэффициента использования всех элементов РЭС и снижение потерь мощности, необходимо сократить количества трансформаторов на подстанциях. Возможно также снижение мощности трансформаторов в соответствии с нагрузкой подстанций, путём их взаимозаменяемости на разных подстанциях, а также в пределах ЦПЭС [3, 4]. Полная замена мощности трансформаторов трансформаторами меньшей мощности на подстанциях целесообразно только при переводе их с напряжения 6 кВ на напряжения 10 кВ вторичной обмотки трансформаторов. В таком случае потребуются замены трансформаторов потребительских трансформаторных подстанций напряжением 6/0,4 кВ на трансформаторы 10/0,4 кВ. При этом возможны значительные затраты на реконструкцию всех ПТП, питающихся от них. То есть трансформатор большей мощности на меньшей мощности на подстанции может производиться только в том случае, если такая мощность демонтируется на одной из этих подстанций, а также на подстанциях с вторичным напряжением 10 кВ. Такая предложенная нами схема приведена на рис.2.

Как видно из схемы (рис.1) по совершенно не понятным причинам головной участок сети от подстанции «Северная» до подстанции «Пугус» работает на напряжение 35 кВ, а вторая половина участка подстанция «Пугус» - подстанция «Майхура» и «Южный портал» работает на напряжение 110 кВ путём установки для этого повышающего трансформатора. Условия для работы первой части схемы на напряжения 110 кВ значительно лучше, чем для второй части схемы, линия электропередачи которой проложена на большей высоте над уровнем моря в относительно узком горном ущелье.

С учётом того, что участок линии 35 кВ от подстанции «Северная» до подстанции «Пугус» (рис.1), имеет габарит линии напряжением 110 кВ, напряжение 35 кВ заменяется напряжением 110 кВ. Для этой цели на подстанции «Северная» эта линия демонтируется с РУ 35 кВ и подключается к РУ напряжением 110 кВ. Такую перестановку возможно

осуществить почти без затрат, так как требуется только перенос линии с РУ 35 кВ на РУ 110 кВ обслуживающим персоналом ЦПЭС.

На подстанции «Пугус» конец начального участка линии присоединяется к началу второго участка линии напряжением 110 кВ, как продолжение (рис. 2), и создаётся общая линия напряжением 110 кВ длиной 59,1 км. К этой линии присоединёнными остаются подстанции «Пугус», «Майхура» и «Южный портал» (рис. 2). При этом на подстанциях «Варзоб» и «Кондара» трансформаторы напряжением 35/10 и 6 кВ заменяются трансформаторами мощностью по 2,5 МВ.А на напряжение 110/10-6 кВ.

Подстанция «Ходжа оби гарм» присоединяется к шинам 35 кВ подстанции «Пугус». При этом длина линии увеличивается на 0,4 км (рис. 2).

Согласно рис. 1. и рис. 2. и в соответствии с имеющихся нагрузкой существующих подстанций количества трансформаторов на них сокращено без ущерба для надёжности питания электроприёмников третьей категории. Мощности трансформаторов уменьшены и приведены к соответствующим нагрузкам подстанций.

На подстанции «Сафедорак» вместо двух трансформаторов оставить один трансформатор мощностью 2500 кВ.А. При этом для обеспечения бесперебойного питания электроприёмников горнолыжного комплекса, часть из которых нужно отнести к электроприёмникам первой категории взамен трансформатора мощностью 4000 кВ.А, на подстанции необходимо установить дизельный агрегат мощностью 250 кВт с автоматическим пуском в случае потери питания от основного источника.

На подстанции «Ходжа оби гарм» демонтируются все три трансформатора и устанавливается один трансформатор мощностью 2500 кВ.А, демонтируемый на подстанции «Такоб». Повышающий трансформатор напряжением 6/10 кВ заменяется трансформатором 35/10 кВ той же мощности. Поблизости санатории «Ходжа оби гарм», как резервный источник питания, устанавливается дизельный агрегат мощностью 100 кВт с автоматическим пуском в случае потери питания от основного источника. Тем самым на подстанциях «Сафедорак» и подстанции Ходжа оби гарм» реально обеспечивается бесперебойность питания потребителей приравненных к электроприёмникам 1 и 2 категории.

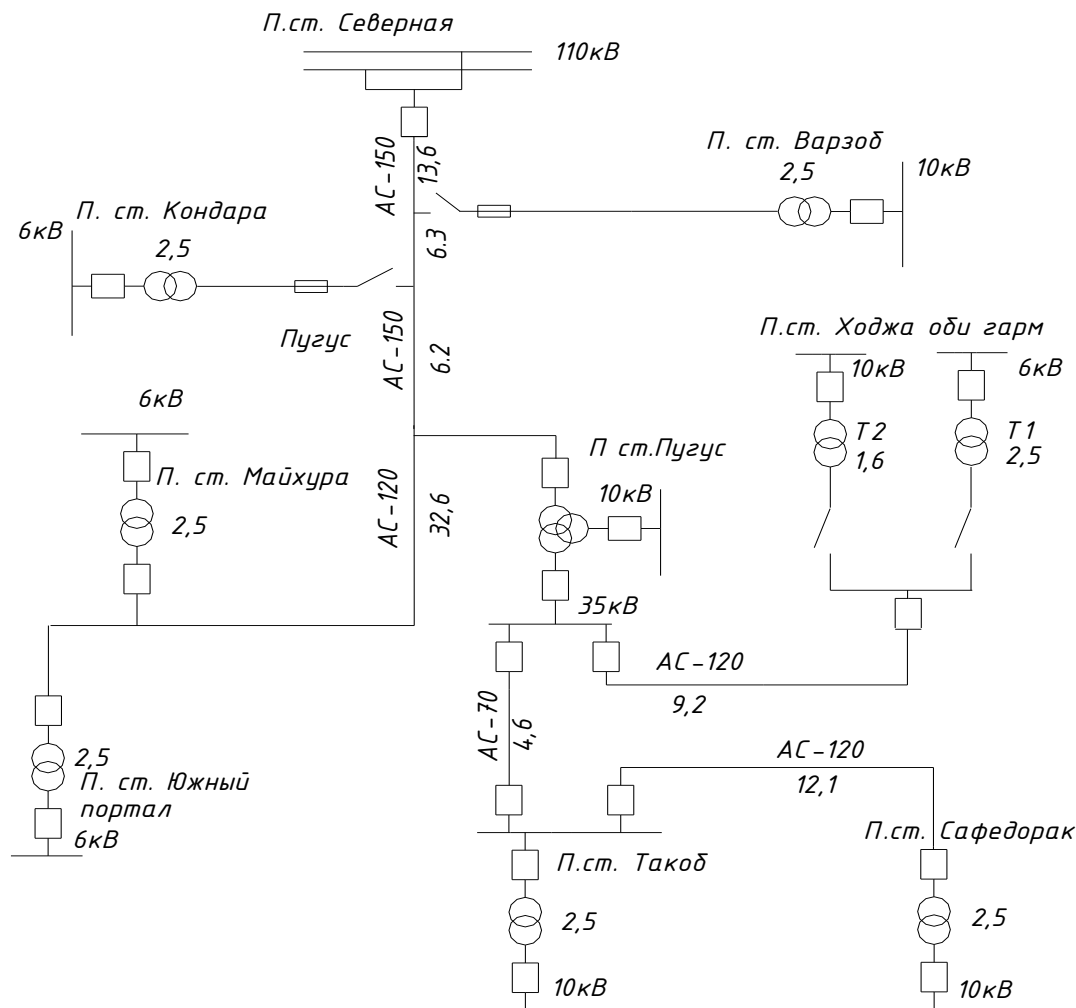


Рис. 2. Предлагаемая схема РЭС для реконструкции.

На подстанции «Такоб» демонтажу подлежит один трансформатор со вторичным напряжением 6 кВ, который был предназначен для питания рудника, ныне не работающего, а один трансформатор мощностью 2500 кВ.А оставляется для электроснабжения населённых пунктов.

Выполнение такой рекомендации приводит к сокращению трансформаторов в количестве четырёх единиц, а выключателей в количестве десяти единиц с сокращением распределительных устройств на высоком напряжении на трёх трансформаторных подстанциях. При этом обеспечивается простота в обслуживании всей схемы электроснабжения. Мертво лежащие трансформаторы и выключатели могут быть использованы по назначению в других местах тех же ЦПЭС. Не требуется дополнительное доказательство, того что значительно снижаются потери мощности, а соответственно

электроэнергии в трансформаторах трансформаторных подстанций и линий электропередачи районных электрических сетей Варзобского района. Тем самым возможно осуществить частичную реконструкцию систем электроснабжения Варзобского района с наименьшими затратами.

#### Литература:

1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с. : ил.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд. Перераб. и доп., с изменениями. Утв. Главгосэнергонадзором СССР 21.12. 1984 г.
3. Мираков О.А., Додхудоев М.Д., Таваров С.Ш. Возможности энергосбережения в системе электроснабжения Республики Таджикистан. //

Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования. № 2 (42). 2018. С. 27-31.

4 Практические мероприятия по снижению потерь электроэнергии в электроэнергетической системе Республики Таджикистан / М. Д. Додхудоев [и др.] // «Перспективы развития науки и образования Ч.1.». Мат. VII Междунар. научн.-практ. конф. 22 окт. 2014 г., Душанбе, 2014. С. 74-78.

**АНАЛИЗИ СХЕМАИ  
ЭЛЕКТРОТАЪМИНКУНИИ НОҲИЯИ ВАРЗОБ  
ВА АСОСНОК НАМУДАНИ МУВОФИҚИ  
МАҚСАД БУДАНИ ТАҶДИДИ ОН**

*М.Д. Додхудоев, М.М. Вохидов*

Дар мақола ба мақсад мувофиқ будани таҷдиди ШНЭ бо роҳи кам кардани адади трансформаторҳо ва тавоноии онҳо дар зернерӯгоҳҳои трансформаторӣ, ки барои электротатаъминкунии истеҳмоқунандаҳои аз ҷиҳати бефосилагии электротатаъминкунӣ ба қабулкунакҳои гурӯҳи 3 баробар буда, ки бо занҷирҳои якхатаи ҳавой дар шароити баландкӯҳ чойгир карда шудаанд, дида баромада шудааст. Схемҳои пештара ва барои таҷдид таклиф намудаи ШНЭ оварда шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** электротатаъминкунӣ, таҷдид, зернерӯгоҳ, шабакаҳои электрикӣ, дараҳо, зариби бор.

**ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ  
(НА ПРИМЕРЕ УДАЛЕННЫХ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН)**

*Х.С. Сангов*

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

В статье предложен алгоритм выбора оборудования энергоустановок малой энергетики на основе солнечных фотоэлектрических установок для энергоснабжения удаленных высокогорных регионов Республики Таджикистан. На примере группы сельских потребителей, которые получают электроэнергию в ограниченном объеме и в ограниченное время. Обоснованы графики потребления электрической энергии потребителями, выступающими в качестве нагрузки фотоэлектрических установок. Представлены результаты анализа экономической эффективности инвестиционного проекта по созданию генерирующих мощностей: за счет интеграции традиционных энергоисточников с фотоэлектрической станцией.

**ANALYSIS OF THE POWER SUPPLY  
SCHEME OF THE VARZOB DISTRICT AND  
ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF ITS  
RECONSTRUCTION**

*M. D. Dodkhudoev, M. M. Vohidov*

The article deals with the expediency of the reconstruction of RPS by reducing the number of transformers at transformer substations and reducing their capacity, intended for the power supply of consumers equated to electric receivers of the third category, powered by single-chain overhead lines in high-altitude conditions. It is presented the existing and proposed RPS schemes.

**Key words:** power supply, reconstruction, substation, electrical networks, gorges, load factor.

**Сведения об авторах:**

Додхудоев Мамадризо Додхудоевич – к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение» Таджикского технического университета им. академика М. С. Осими. Тел. + (992) 939444518, E-mail: rizo-1917@mail.ru

Вохидов Миробид Мирвохидович – к.т.н., и.о. доцента кафедры «Электроснабжение» Таджикского технического университета им. академика М. С. Осими. Тел. + (992) 93 565 37 37

**Ключевые слова:** энергоэффективность, малая энергетика, возобновляемые источники энергии, фотоэлектрические станции, технико-экономическое обоснование.

**Введение**

Из-за географических и естественно-климатических условий, а также особенностей структуры и функционирования электроэнергетического комплекса в осенне-зимний период, в Республике Таджикистан (РТ) существует дефицит мощности. Так, с одной стороны, не хватает достаточного количества воды в водохранилище Нурекской гидравлической электрической станции (ГЭС) для производства необходимого количества электрической энергии, с другой стороны, отсутствуют другие источники энергии для энергоснабжения городских,

промышленных и сельских потребителей [1]. Особенно проблематична сложившаяся ситуация для сельских потребителей, расположенных в высокогорных регионах РТ: значительная часть потребителей населённых пунктов получает электроэнергию в ограниченном объеме и в ограниченное время, что сдерживает социально-экономическое развитие отдельно взятых регионов и РТ в целом [2].

В этой связи, в РТ одним из перспективных направлений по обеспечению электроэнергией сельских потребителей, удаленных от источников энергии и центров ее распределения, является использование энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), наиболее перспективным из которых является солнце [3].

Во многих странах владельцам жилых домов и предприятиям, имеющим собственные генерирующие установки на ВИЭ, которые синхронизированы с централизованными электрическими системами, разрешено поставлять выработанную возобновляемыми источниками энергии (солнца и ветра) в централизованную сеть [4].

Электричество, выработанное с помощью ВИЭ в частности солнечными фотоэлементами и поставленное в централизованные сети, компенсируется различными способами. Например, владелец источника вырабатываемой электроэнергии "чистым способом", т.е. на основе ВИЭ, получает компенсацию за объем поставленной в сеть энергии (если в течение месяца система питает централизованную сеть в размере 300 кВт·ч в сеть и 100 кВт·ч потребляет из сети, владелец источника будет получать компенсацию за выработанные 200 кВт·ч.).

Таким образом, внедрение энергоустановок на основе ВИЭ в частности солнечных фотоэлектрических станций (ФЭС) для энергоснабжения сельских потребителей, расположенных в высокогорных регионах РТ, оказывают положительное влияние на развитие "Зеленой энергетики" в РТ согласно действующими законодательствами – Закон РТ от 19.09.2013 г. № 1018 «Об энергосбережении и энергоэффективности» [5] и Закон РТ от 12 января 2010 г. «Об использовании возобновляемых источников энергии» [6].

В Таджикистане, где 93% территорий занимают горы, существуют потенциально пригодные

территории для реализации проектов ФЭС: географическое положение, площадь, естественно-климатические условия, а также развитая инфраструктура. Можно выделить высокогорный Мургабский район (МР), Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО) РТ, потенциально выгодный для реализации энергоустановок на основе ВИЭ, а именно ФЭС [7-10].

Проблемы электроснабжения высокогорного МР, ГБАО следующие [10]: На высокогорном МР одна малая ГЭС, мощностью 1,5 МВт: фактическая ее выработка в летний период 1300 кВт/ч или 11 388 000 кВт в год (670 кВт ч/чел. год); фактическая выработка в летний период 750 кВт/ч или 6 570 000 кВт в год (386 кВт ч/чел. год); потребность в электроэнергии 31 748 480 кВт в год; дефицит электроэнергии 13 790 480 млн кВт (56 %).

В ходе проведения энергетического обследования подбирался объект для пилотного проекта применения синхронизируемой ФЭС без накопителей, что должно было удешевить пилотный проект и снизить финансовые риски. Основной задачей было выбрать объект, график потребления электроэнергии у которого был бы максимально приближен к графику солнечной активности.

Наиболее полно этому соответствует хозяйственно бытовой комплекс в поселке «Мургаб». Для его электроснабжения была подобрана фотоэлектрическая система. Поселок «Мургаб» находится в МР ГБАО РТ и расположен в 230 километрах к северо-востоку от административного центра ГБАО –Хорог. Координаты: 38.12.16.11 северной широты, 73.58.27.01 восточной долготы. Местность, относится к полупустыне и характеризуется средней ветряной активностью. Это позволяет прогнозировать эффективность использования энергии солнца.

Поселок «Мургаб» активно развивается, планируется значительное увеличение производственных мощностей за счет потенциалов ВИЭ. В поселке серьёзное внимание уделяется повышению энергетической эффективности и экологии. Указанные факты явились побудительным мотивом к оценке эффективности пилотного проекта строительства в поселке «Мургаб» солнечной фотоэлектрической станции по производству электрической энергии.

#### **Цели внедрения ФЭС и работы в целом**

Снизить затраты предприятия на электроснабжение и получить опыт внедрения и

эксплуатации энергообъектов альтернативных и возобновляемых источников энергии, для дальнейшего использования и увеличения доли возобновляемых энергоисточников в энергобалансе поселок «Мургаб», района и в целом в компании «Памир Энерджи».

#### Задачи ФЭС и работы в целом

1. Обеспечить повышение эффективности электроснабжения объекта за счёт возобновляемого источника электроэнергии.

2. Иметь возможность наращивания и поэтапного внедрения ФЭС.

3. Не иметь отрицательного влияния на надёжность электроснабжения ответственных и технологических потребителей.

4. Наиболее полно соответствовать пилотному характеру проекта – иметь энергетическую ценность и окупаемость, а также презентабельность для распространения опыта внедрения и эксплуатации ФЭС.

#### Выбор объекта внедрения ФЭС

Объектом снабжения электрической энергией, в параллель с сетью 0,4 кВ, выбран проектируемый поселок Мургаб.

Преимущества выбора поселка в качестве объекта внедрения ФЭС:

5. удобное расположение объекта на возвышенности, для эффективного использования;

6. наличие электротехнического помещения, в котором может быть размещено преобразовательное оборудование и система управления ФЭС;

7. электроснабжение поселка осуществляется от нескольких трансформаторных подстанций, которые неспособны обеспечить стабильное электропотребление домохозяйств, комплексом зданий и сооружений.

#### Анализ солнечного потенциала места размещения потребителя

Географическое расположение объекта позволяет эффективно использовать солнечную энергию (рис. 1) [11, 12]. Солнечное излучение, достигающее поверхности Земли, разделяют на прямое и рассеянное. Прямое солнечное излучение поступает непосредственно от солнца, рассеянное – часть солнечного излучения, которое преломляется в атмосфере Земли. Данные о мощности солнечного излучения падающего в течение года на площадь 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности и поверхности перпендикулярной солнечным лучам по данным сайта NASA [12] для местности с координатами,

соответствующими населенному пункту «Мургаб» приведены на (рис. 2).

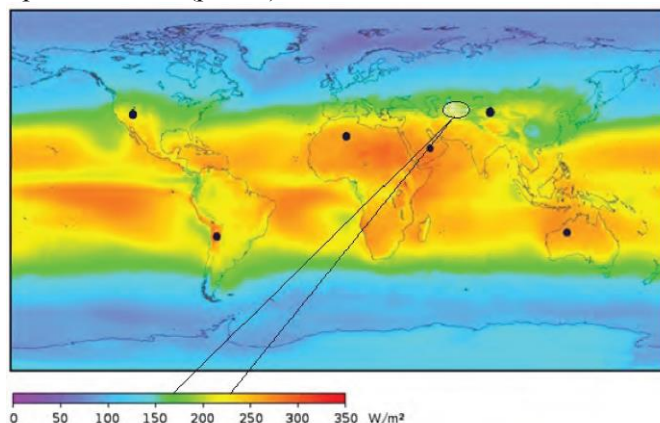


Рис. 1. Распределение солнечной радиации на поверхности земли [12].

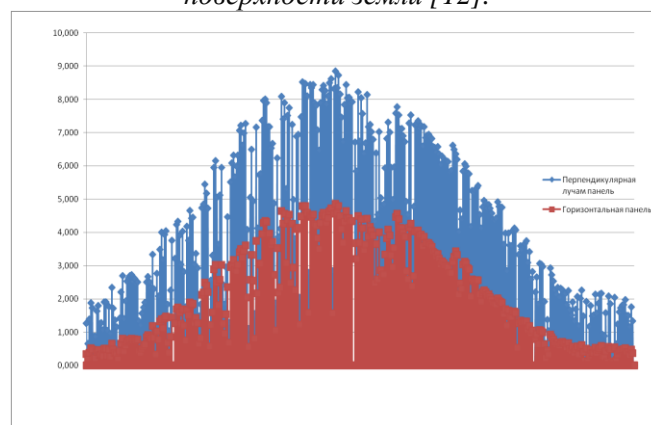


Рис. 2. График зависимости мощности от погодных условий в течении года в МР ГБАО.

Техническое решение предусматривает создание солнечной генерирующей системы, состоящей из 60 солнечных фотоэлементов (фотопанелей) установленных неподвижно под углом 48° к горизонту т.к. оптимальный угол наклона солнечных батарей с жестким креплением, принимается ориентировочно равным значению широты местности. Солнечные фотоэлементы соединяются между собой и подключаются к инвертору в электрощитовой.

#### Оценка характеристик потребителя

Объектом снабжения электрической энергией, в параллель с сетью 0,4 кВ, выбран поселок Мургаб. Поставка электрической энергии поселка осуществляется от малой ГЭС «Таджикистан», принадлежащей компанией «Памир Энерджи». Электроснабжение поселка осуществляется от ОРУ – 10кВ МГЭС через 29 трансформаторных

подстанций (ТП) различных мощностях (160 кВА – 13 шт, 100 кВА – 15 шт, 63 кВА – 1шт). Поэтому в работе рассмотрим работы СФЭУ вырабатывающей электроэнергию параллельно с сетью на примере одного ТП – 160 кВА. Установленная мощность силового оборудования составляет 129,1 кВт, установленная мощность освещения составляет 32,9 кВт, общая – 96,2 кВт.

Расчетное потребление электроэнергии силового и осветительного оборудования населенного пункта на примере ТП – 160 кВА в год:

$$\sum W_{\text{расч}} = 1130,9 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч.} \quad (1)$$

В работе [13] приведен анализ графиков потребления электрической энергии сельскохозяйственными потребителями и объектами, расположенными на сельских территориях и выступающими в качестве нагрузки ФЭС. Выполненные изыскания в [13] справедливо и для сельских потребителей высокогорного Мургаба. На рис. 3 представлен характер изменения графиков электрической нагрузки сельских потребителей Мургаба. Из графика (см. рис. 3) очевидно, что максимум суточного электропотребления – 100% наступает в 18<sup>00</sup> зимой, 19<sup>00</sup>-осенью и в 20<sup>00</sup> и 21<sup>00</sup> соответственно весной и летом. Наиболее суточное электропотребления наблюдается в 8<sup>00</sup> независимо от времени года и составляет относительно максимума электропотребления 60-70% зимой, 40-50% летом. После этого явно наблюдается уменьшения электропотребления, которое продолжается по времени до 17<sup>00</sup> и сопровождающейся снижением потребляемой электроэнергии до 30% в одной семье и 50% в населенном пункте. Изменения графиков для летнего и осеннего периода совпадает по времени до 16<sup>00</sup>, что видно на рис. 3 а) и до 19<sup>00</sup> - рис. 3 б).

В этой связи, рассвет в осенне-весеннее время наступает в 7<sup>00</sup>, а зимой в 21<sup>00</sup>, то первый максимум нагрузки для населенного пункта, а также ни один из вечерних всплесков потребления электроэнергии не может быть обеспечен её выработкой от ФЭС. Кроме того, если выделить на графиках период работы ФЭС, то вырабатываемая ею мощности может покрыть нагрузку, которая изменяется в пределах 30-50% от номинальной мощности.

Таким образом, солнечная энергетическая система, предлагаемая к реализации в поселке Мургаб, планируется для покрытия базовой

нагрузки собственных нужд домохозяйств без передачи электроэнергии в сети централизованного электроснабжения, вся выработанная энергия будет израсходована на технологические нужды потребителей, данная фотоэлектрическая система предназначена для снижения затрат на потребляемую электроэнергию.

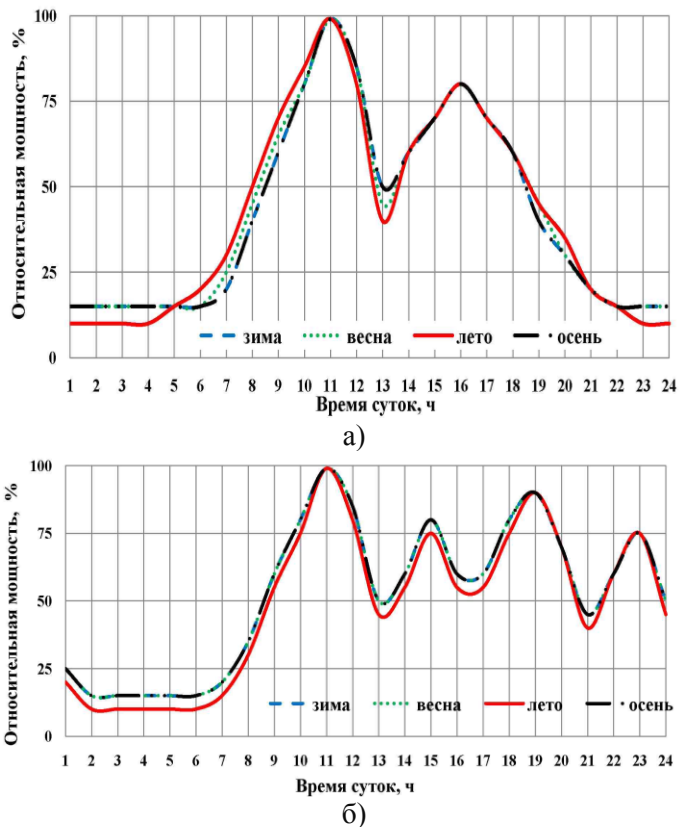


Рис. 3. Суточный график потребления электрической энергии сельских потребителей Мургабского района.

### Выбор функциональной схемы солнечной фотоэлектрической станции

Существуют два основных типа фотоэлектрических систем:

1. Автономная фотоэлектрическая электростанция
2. Фотоэлектрическая электростанция синхронизирующаяся с сетью

Автономная ФЭС состоит из: солнечных элементов, оборудования для сбора и передачи выработанной энергии солнечными фотоэлементами, аккумуляторные батареи, зарядное устройство аккумуляторных батарей, инвертор преобразующий постоянный ток в переменный (рис. 5).



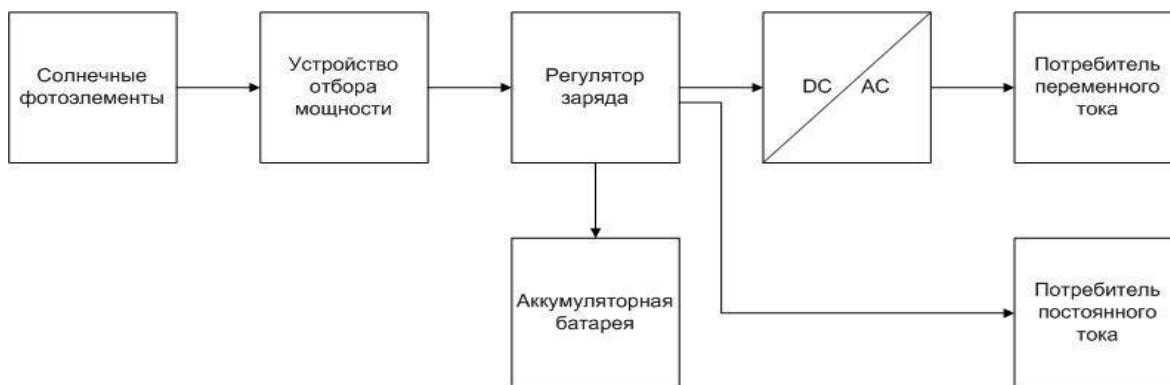


Рис. 4. Функциональная схема автономной фотоэлектрической станции.

Автономные ФЭС применяются в основном для обеспечения бесперебойности питания удаленного от централизованной сети и находящегося труднодоступных районах, различного технологического оборудования (связи, метеостанций и т.п.) для этого ФЭС комплектуется аккумуляторными батареями. Эксплуатация аккумуляторных батарей предъявляет высокие требования к температурно-влажностному режиму помещения, в котором находятся, имеют ограниченный срок эксплуатации (5-8 лет), стоимость комплекта батарей может в отдельных случаях достигать 100% стоимости оборудования фотоэлектрической электростанции. Высокие

эксплуатационные издержки автономной фотоэлектрической системы ограничивают область ее применения. Поэтому данное схемотехническое решение в работе не рассматривается.

Принципиальная схема автономной фотоэлектрической станции. Фотоэлектрическая станция, синхронизирующаяся с сетью состоит из: солнечных элементов, оборудования для сбора и передачи выработанной энергии солнечными фотоэлементами, синхронизирующегося с сетью инвертора и счетчика электрической энергии.

Принципиальная схема ФЭС, синхронизирующейся с электрической сетью предприятия представлен на рис. 4 [14].



Рис. 5. Функциональная схема ФЭС, синхронизирующейся с сетью.

Фотоэлектрическая станция, синхронизирующаяся с сетью лишена основного недостатка автономной системы ввиду отсутствия аккумуляторных батарей. Синхронизирующаяся система за счет встроенных контроллеров в инверторах изменяет выходное напряжения и токи в соответствии с характеристиками централизованной сети. Отсутствие в высокогорном Мургабе экономических стимулов и специальных субсидированных тарифов, обязательства крупных потребителей покупать возобновляемую энергию не позволяет вводить большие мощности ФЭС.

Из полученных в высокогорном Мургабе данных, выбран объект для внедрения ФЭС – населенный пункт Мургаб. В качестве пилотного проекта и для эффективного использования электроэнергии выработанной солнечной системой, выбрана

станция, вырабатывающая в период активного солнечного излучения 9 кВт·ч, в сеть Мургаб.

#### Анализ и оценка технико-экономической эффективности ФЭС с синхронизирующимся инвертором

Планируемая ФЭС номинальной мощностью 9 000 Вт. Выбор ФЭС проведем на основании модельного ряда производителя Renogy входящая в группы компаний Alpha Group (США-Канада), выпускающей системы последнего поколения по выработке электрической энергии.

Универсальные электростанции Renogy являются высокотехнологичными настраиваемыми по разнообразным параметрам тока, напряжения, входных и выходных параметров. Солнечные системы Renogy просты в обслуживании и эксплуатации, настройки оборудования включая: инверторы, преобразователи DC, выключателей,

сигналы тревоги, батареи и солнечных контроллеров таких систем для работы, полностью автоматизировано.

При помощи инновационных технологий Outback и при наличии компьютерного интерфейса, включение и отключение, а также и мониторинг таких систем может быть осуществлено

дистанционно. Инверторная система Outback имеет возможность расширения при увеличении мощности солнечной системы.

Предварительно выбираем ФЭС модели Renogy мощностью 9000 Вт, данные о стоимости комплекта оборудования ФЭС приведены в табл. 1 [15]:

Таблица 1.

Технические данные и стоимостные показатели ФЭС [15].

№	Наименование	Кол-во, шт	Стоимость, \$
1	Монохромная солнечная панель с черной рамой Renogy 250 Вт, RNG-250M	36	
2	Outback, Инвертор батареи Radian GS8048, 8000 Вт, 120/240 В переменного тока, 50 Гц, 50 А Xfer,311-0035	1	
3	Outback, Контроллер заряда MPPT FM80-150VDC, 80А, 520-0055	2	
4	Outback, Нагрузочный центр GS с предварительным подключением Radian с инверторными разъединителями на 175 А, GFDI и PV-разъединителями для двух контроллеров заряда, FLEXnet DC с 3 шунтами, байпас инвертора 120/240 В переменного тока, два входа переменного тока, GSLC175-PV-120 / 240,341-0100	1	
5	Outback, FlexWare Charge Control Боковой кронштейн для 2 MX60, FM60, FM80 или x, FWCCB2,500-0024	1	
6	Midnite Solar, Комбайнер, 120 А для 6 фотоэлектрических выключателей, 510-0006, MNPV6	2	
7	Midnite Solar - Автоматический выключатель, на DIN-рейку, 15 А, 150 В постоянного тока, 530-0031	12	
8	Кабель USE-2, 10 AWG, 7-жильный с MC4, 600 В постоянного тока, 100 футов, 550-0050, STG.HRJ. 10MC4.100	12	
9	Outback, Боковой кронштейн FLEXware MATE3 – с монтажными винтами и втулкой, FW-MB3,550-0357	1	
10	Строительно-монтажные работы (СМР)		3500
<b>Итоговая стоимость ФЭС</b>			<b>25 479, 95</b>

#### Расчет

При оценке экономической эффективности ФЭС с синхронизирующимся инвертором вводятся следующие исходные данные и допущения:

1. для реализации проекта по созданию ФЭС используются средства компании «Памир Энерджи», все цены указываются в долларах США;
2. техническое обслуживание ФЭС осуществляется собственными инженерными службами компанией «Памир Энерджи»;

3. ФЭС работает в номинальном режиме работы с заданными естественно-климатическими условиями;

4. данные о стоимости ФЭС и ей комплектующими получены с официального сайта, каталога компанией-производителем и от продавца [15];

5. курсы валют учитывались на 20.11.2020 по данным Национального Банка РТ: 1 \$=11,30 таджикских сомони;

Стоимость системы ФЭС с количеством панелей: 36 шт. 25 479, 95 \$.

Количество выработанной электрической энергии в год [7]:

$$W_{\text{ФЭС}} = P_{\text{ФЭС}} \cdot T_{\text{эл.эн}} \cdot N / 1000 = 39,42 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч}$$

Экономия от внедрения ФЭС в год:

$$\mathcal{E}_{\text{ФЭС}} = W_{\text{ФЭС}} \cdot t = 8,774 \text{ тыс. сомони или } 0,776 \text{ тыс. \$}.$$

где:

$P_{\text{ФЭС}}$  - номинальная мощность фотоэлектрической системы, кВт;

$N$  - количество календарных дней в году, шт;

$t$  - тариф на электроэнергию в базовом 2020 г. для населения Мургаба составляет 0,2226 сомони/кВт·ч (~0,0196 \$/кВт·ч);

$T_{\text{эл.эн}}$  - среднее время работы ФЭС в сутки, равно 12 час. (согласно рис. 2).

#### Простой срок окупаемости

При стоимости солнечной системы мощностью 9,0 кВт: 25 479, 95 \$.

$$T_{\text{ФЭС}} = \frac{C}{\mathcal{E}_{\text{ФЭС}}} = \frac{25,48}{0,776} = 32,8$$

Срок окупаемости ФЭС около 33 лет.

#### Результаты расчета.

Результаты расчета демонстрируют, что внедрение ФЭС с синхронизирующимся инвертором, в качестве дополнительного источника питания для потребителей поселка Мургаба является неэффективным ввиду: достаточно низкая стоимость электроэнергии (~0,0196 \$/кВт·ч): при увеличении стоимости электроэнергии в 15 раз срок окупаемости проекта составит ~ 6-7 лет.

Таким образом, реализация предлагаемого проекта ФЭС с экономической точки зрения нецелесообразна, но достаточно актуальна с социальной точки зрения ввиду дефицита мощности в осенне-зимний период в Мургабе (ограничение, лимиты и отключение электроэнергии).

#### Выводы

Для решения проблем дефицита мощности при помощи создания проекта ФЭС необходимо, чтобы определенная часть первоначальных капиталовложений была субсидирована «Памир Энерджи». С другой стороны, для повышения привлекательности инвестиционных проектов по сооружению ФЭС в значительной степени должны

вырасти тарифы на электроэнергию для потребителя.

Корректный и обоснованный выбор комплекта оборудования ФЭС значительно влияет на технико-экономические показатели, уменьшает срок окупаемости, стабилизирует энергетические характеристики солнечных панелей и повышает число часов выработки электроэнергии ФЭС.

Практическая реализация схмотехнических решений ФЭС для электроснабжения потребителей в определенной мере позволит решить проблему дефицита электроэнергии поселка Мургаба, и поспособствует развитию сельского хозяйства в целом.

#### Литература:

1. Додхудоев М.Д., Сангов Х.С., Мираков О.А., Давроншоев Ш.Р. Нетрадиционная ветроэлектрическая установка // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Экономическое развитие энергетики в Республике Таджикистан». Курган-Тюбе. 2015. С. 66-71.
2. Мираков О.А., Додхудоев М.Д., Таваров С.Ш. Возможности энергосбережения в системе электроснабжения Республики Таджикистан // Политехнический вестник. Серия: инженерные исследования. 2018. Т.1. № 2 (42). С. 27–32.
3. Петров Г. Н., Ахмедов Х. М., Каримов Х. Возобновляемые источники энергии Таджикистана и их оценка по категориям. Материалы республиканской научно-практической конференции "Экономика и перспективы развития возобновляемых источников энергии в республике Таджикистан ". Худжанд, 12-13 ноября 2015 г. 11 стр.
4. Чижма С.Н., Молчанов С.В. Алгоритм выбора оптимальной конфигурации автономной энергоустановки на возобновляемых источниках энергии // Промышленная энергетика. – 2018. – № 5. – С. 58-64.
5. Закон Республики Таджикистан «Об энергосбережении и энергоэффективности» 2013 г. – №1018. – 9 с.
6. Закон Республики Таджикистан «Об использовании возобновляемых источников энергии» 2010 г. – №1. – 11 с.
7. Лозенко В.К., Лопатин Д.В., Михеев Д.В. Сравнительный технико-экономический анализ генерирующих установок на базе ВИЭ (на примере республики Казахстан) // Микроэкономика. – 2015. – №5. – С. 77-88.

8. Ахророва А.Д. Энергетика Таджикистана: современные тенденции и перспективы устойчивого развития. / А.Д. Ахророва, Р. М. Амиджанов, К.А. Доронкин, под общей ред. Ахроровой А.Д. Душанбе: изд. ООО РИА «Статус», 2005. – 225 с.

9. Сангов Х.С., Цырук С.А., Михеев Д.В., Шарафеддин К.Ф. Экономическая эффективность использования ветроэнергетической установки для электроснабжения отдаленных сельских потребителей Республики Таджикистан // В сборнике: Фёдоровские чтения - 2019. Под общей редакцией Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной. 2019. С. 330-344.

10. Сангов Х.С., Исмоилов Ф.О. Обеспечение электроэнергией труднодоступных, малонаселенных и удаленных регионов Республики Таджикистан // В сборнике: L Международная научно-практическая конференция с элементами научной школы (Москва, 17-20 ноября 2020 г.) / под общ. ред. Ю.В. Матюниной. — М.: Издательский дом МЭИ, 2020. С. 403-413.

11. Matthias Loster. Total Primary Energy Supply – From Sunlight 2010 [Electronic source] // Homepage of Matthias Loster. – Access mode: [http://www.ez2c.de/ml/solar\\_land\\_area/](http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/) (дата обращения: 20.09.2020).

12. Surface meteorology and Solar Energy [Electronic source] // NASA. Atmospheric Science Data Center. – Access mode: <http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?+s01#s01> (дата обращения: 20.09.2020).

13. И.В. Юдаев., Ю. В. Даус., Д.А. Десятниченко. Оценка графиков потребления электрической энергии объектов на сельских территориях как нагрузки солнечной электростанции. Вестник аграрной науки Дона. 2018. С. 10-17.

14. Сангов Х.С. Проектирование систем электроснабжения на базе ветроэнергетических установок // Материалы IX Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи – 2018». Казань. 2018. – С. 157 – 160.

15. Renogy 9000 Watt Solar Kit, Outback Inverter, Trojan Battery, Roof Mounted [Electronic source] // <http://www.advantage-solar.com/solar-kits/off-grid/renogy/9000-og-rm-36ren250-iro3x12p/> (дата обращения: 20.09.2020).

## ИСТИФОДАБАРИИ ДАСТГОҶҶОИ ФОТОЭЛЕКТРИКИИ ОҒТОБӢ ДАР ШАБАКАҶОИ ТАЪМИНИ БАРҚИ ИСТЕЪМОЛКУНАНДАГОНИ ДЕҲОТ

*Х.С. Сангов*

Дар мақола алгоритми интиҳоби таҷҳизот барои нерӯгоҳҳои хурд дар асоси дастгоҳҳои фотоэлектрикии оғтобӣ барои таъмини нерӯи барқи ноҳияҳои дурдасти баландкӯҳи Ҷумҳурии Тоҷикистон пешниҳод карда мешавад. Дар мисоли гурӯҳи хурди истеъмолкунандагони деҳот, ки дар минтақаи таъминоти ғайримутамакказ ҷойгиранд, хусусиятҳои истеъмолкунанда бо истифода аз пойгоҳҳои маълумоти метеорологӣ асоснок карда мешаванд. Натиҷаҳои таҳлили самаранокии иқтисодии лоиҳаи инвестисионӣ оид ба ташкили иқтидорҳои тавлиди пешниҳод карда мешаванд: тавассути дар яққоягӣ истифода намудани манбаъҳои анъанавии энергия бо дастгоҳҳои фотоэлектрикии оғтобӣ.

**Калимаҳои калидӣ:** самаранокии энергия, нерӯгоҳи хурд, манбаъҳои барқароршавандаи энергия, нерӯгоҳҳои фотоэлектрикӣ, асосноккунии техникӣ-иқтисодӣ.

## APPLICATION OF SOLAR PHOTOVOLTAIC INSTALLATIONS IN POWER SUPPLY SYSTEMS FOR RURAL CONSUMERS (ON THE EXAMPLE OF REMOTE REGIONS OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN)

*H. S. Sangov*

The article deals with an algorithm for selecting equipment for small-scale power plants based on solar photovoltaic installations for power supply to remote high-altitude regions of the Republic of Tajikistan. On the example of a group of rural consumers who receive electricity in a limited volume and at a limited time. It is based the graphs of electric energy consumption of consumers acting as the load of photovoltaic installations. It is presented the results of the analysis of the economic efficiency of the investment project for the creation of generating capacities: by integrating traditional energy sources with a photovoltaic plant.

**Keywords:** energy efficiency, small energy, renewable energy sources, photovoltaic plants, feasibility study.

### Сведения об авторе:

**Сангов Хушдил Саидович** – к.т.н., старший преподаватель кафедры «Электроснабжение» Таджикского технического Университета имени академика М.С. Осими. Тел: (+992) 939-90-16-00, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru

## КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВОГО СПЛАВА АМг4, ЛЕГИРОВАННОГО ПРАЗЕОДИМОМ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

*С.Ж. Иброхимов*

*Таджикский технический университет имени академика М. Осими*

*В работе методом термогравиметрии исследована кинетика окисления алюминиево-магниевого сплава АМг4, содержащего празеодим, в атмосфере воздуха в твердом состоянии. Установлены кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплавов и идентифицированы продукты их окисления.*

**Ключевые слова:** *сплав алюминия АМг4, празеодим, термогравиметрия, — кинетика окисления, продукты окисления.*

### Введение

К сплавам системы магналии Al-Mg, относится большая группа широко используемых в промышленности сплавов: АМг1, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, АМ6, АМг61 и др. За счет содержания магния улучшаются механические свойства данного сплава. Плиты из алюминиевых сплавов АМг2 и АМг3 нашли применение в изготовлении гидравлического оборудования в авиапромышленности. Сплавы АМГ4, АМГ5 и АМГ6 используются в кораблестроении и машиностроении (например, в производстве топливных баков). Кроме того, алюминиевые плиты АМг могут применяться в производстве различных деталей и заготовок, в качестве отдельных элементов сооружений, а также для изготовления полуфабрикатов методом горячей или холодной деформации [1-5].

Согласно диаграмме состояния системы Al-Mg, при температуре эвтектики (450°C) в алюминии растворяется 17.4% Mg. При понижении температуры растворимость уменьшается.

В рамках данной работы исследована кинетика окисления алюминиевого сплава АМг4, легированного празеодимом, так как празеодим является наиболее стойким к окислению среди редкоземельных металлов. Поэтому изучено окисление алюминиево-магниевого сплава АМг4, легированного празеодимом.

Методика исследования кинетики окисления алюминиевых сплавов приведены в работах [6-11].

Окисление алюминиевого сплава АМг4 с празеодимом исследовано при температурах 673 К, 773 К и 873 К в атмосфере воздуха. Концентрация легирующего компонента—празеодима регулировалась от 0.01 до 0.5 мас. %. Результаты исследования представлены в таблице 1 и на

рисунке 1. В качестве примера на рисунке 1 приведены кинетические кривые окисления сплава АМг4, содержащего 0.01÷0.5 празеодима при температуре 773 К. Все кинетические кривые окисления в начале процесса характеризуются интенсивным взаимодействием с кислородом воздуха.

Кинетическим кривым окисления сплавов, содержащих 0.1 и 0.5 мас.% празеодима, свойственен более растянутый характер, чем сплавам, содержащим 0.01 и 0.05 мас.% празеодима. Алюминиевый сплав АМг4, легированный максимальным количеством празеодима (0.5 мас.%), имеет наименьшее приращение удельного веса, чем все остальные, и соответственно этот сплав имеет наименьшую окисляемость. Процесс взаимодействия сплавов с окислительным компонентом заканчивается приблизительно к 20-30 минутам.

Результаты исследования процесса окисления твердого сплава АМг4, легированного празеодимом, представлены в таблице.

Скорость окисления вычисляли по касательным, проведенным к нескольким точкам кинетических кривых окисления сплавов (рисунок), а значение кажущейся энергии активации вычисляли по тангенсу угла наклона зависимости  $\lg K-1/T$ , результаты которой представлены в таблице.

Наименьшей окисляемостью обладает сплав, легированный 0.5 мас.% празеодимом. Если значение скорости окисления сплава, легированного 0.01 мас. % празеодима при температуре 873 К составляет  $6.29 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>2</sup>·сек., то при этой же температуре скорость окисления сплава, легированного 0.5 мас.%, равняется  $5.59 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>2</sup>·сек (таблица).

С целью выявления общих закономерностей исследование сплавов проведено при одинаковых температурах. Кривые окисления алюминиевого сплава АМг4, построенные при температурах 673, 773 и 873 К, характеризуются линейной скоростью окисления в начале процесса (5-10мин), затем, по мере роста толщины оксидной пленки переходят в параболическую (рисунок). С ростом температуры наблюдается увеличение привеса образца, который после 20 мин приобретает постоянное значение. Истинная скорость окисления исходного сплава в зависимости от температуры изменяется от  $5.2 \cdot 10^{-4}$  до  $6.3 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>2</sup> ·сек. Кажущаяся энергия активации процесса окисления составляет величину 102.3 кДж/моль (таблица).

Таблица 1.

Кинетические и энергетические параметры процесса окисления алюминиевого сплава АМг4, легированного празеодимом в твердом состоянии.

Содержание Празеодима в сплаве, мас. %	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления, $\text{К} \cdot 10^4$ $\text{кг/см}^2 \cdot \text{сек}$	Кажущаяся энергия активации, кДж/моль
0.0	673	5.2	102.3
	773	5.9	
	873	6.3	
0.01	673	3.97	112.8
	773	5.2	
	873	6.29	
0.05	673	3.74	122.6
	773	4.68	
	873	6.14	
0.1	673	3.36	127.7
	773	4.24	
	873	5.81	
0.5	673	2.97	137.5
	773	3.91	
	873	5.59	

Что касается влияния температуры, то необходимо отметить, что окисление всех сплавов при 673; 773 и 873 К протекает, по-видимому, по механизму толстых плёнок, так как в начальных стадиях не наблюдается явный линейный ход кривых окисления. Однако при более высокой температуре кривые характеризуются линейным повышением удельной массы образцов.

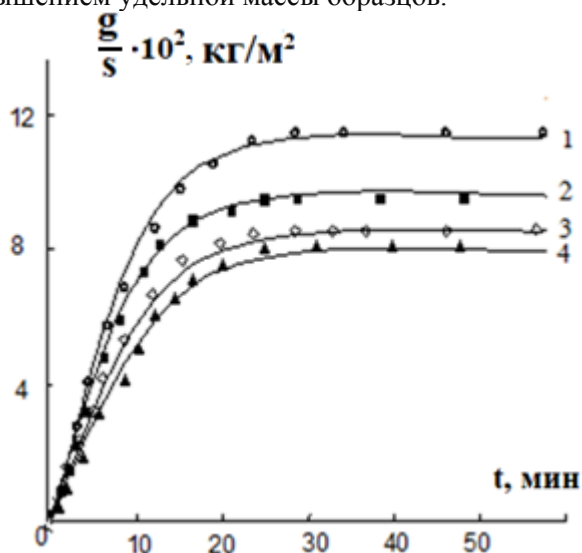


Рис1. Кривые окисления алюминиевого сплава АМг4, легированного празеодимом мас. %: 0.01(1), 0.05(2), 0.1(3), 0.5(4), при  $T=773\text{K}$ .

При добавке празеодима в количестве 0.01 мас. % наблюдается незначительное снижение скорости окисления исходного сплава. Дальнейшее повышение концентрации празеодима в пределах исследованных составов также снижает скорость окисления сплава АМг4. Если при легировании сплава АМг4 0.05 мас. % празеодимом при температуре 773 К скорость окисления составляет  $4.68 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{сек}$ , то при этой же температуре и увеличении концентрации легирующей добавки в два раза, скорость окисления несколько снижается (таблица). Эту закономерность можно отслеживать и по величинам кажущейся

энергии активации, так как она обратно пропорциональна скорости окисления.

Продукты окисления сплавов изучали методом рентгенофазового анализа на дифрактометре Дрон-3 (скорость вращения счётчика 2 градуса в мин, Ураб.=36 кВ,  $I=20 \text{ мА}$ ). Идентификация дифрактограмм показала, что основными продуктами окисления сплавов являются  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  и оксиды сложного состава  $\text{LaAlO}_3$ ,  $\text{PrAlO}_3$ ,  $\text{NdAlO}_3$ .

### Выводы

1. Термогравиметрическим методом исследована кинетика окисления алюминиево-магниевого сплава AMg4 с празеодимом при температурах 673, 773, 873 К, в атмосфере воздуха, в твердом состоянии.

2. Установлено положительное влияние празеодима как добавки снижающее окисляемость исходного сплава AMg4.

### Литература:

1. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминиевые сплавы (состав, свойств, технология, применение). Справочник. - Под общ. ред. акад. И.Н. Фридляндера. — Киев: КОМИНТЕХ, 2005. — 365 с. 6.

2. Chen. X.G. Growth mechanisms of intermetallic phases in DC cast AA1XXX alloy/ Essential in Light Metals/ Volume 3/Cast Shop for Aluminum of Production. 2013.P. 460-465/

3. Строганов Г.Б., Ротенберг В.А., Гершман Г.Б. Сплав алюминия с кремнием /М.: Металлургия. 1977. 272 с.

4. Исследование механизма и кинетики кристаллизации сплавов эвтектического типа /Моск. ин-т цветных металлов и золота. М. Л.1935. С.81.

5. Миркин, Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов / Л.И. Миркин. – М.: Гос. изд. физ.-мат. лит.,1979. – 863 с.

6. Умаров М.А., Ганиев И.Н, Бердиев А.Э. Кинетика Окисления сплава AMg 0.2 слантаном, празеодимом, и неодимом, в твердом состоянии / Известия Санкт-Петербургского государственного технического института (технологического университета). 2018. №44 (70). С.35-39

7. Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б. Окисление твёрдого алюминиево-магниевого сплава AMg4, легированного иттрием / Материалы Республиканской научно-практической конференции Перспективы Развития Естественных Наук посвященной реализации “Программы развития естественных, математических и технических наук на 2010-2020 годы и Государственная программа экологии в Республики Таджикистан на 2009-2019 годы” (Душанбе, 29 марта 2018г.) стр. 40-46.

8. Назаров Ш.А., Ганиев И.Н, Эшов Б.Б., Ганиева Н.И. Кинетика окисления сплава Al+6 мас. %Li, модифицированного церием /Металлы. 2018. №3. С 33-38.

9. Ганиев И.Н, Ганиева Н.И., Эшова Д.Б. Особенности окисления алюминиевых расплавов с редкоземельными металлами /Металлы. 2018. №3. С 39-47.

10. Бердиев А.Э., Ганиев И.Н., Гулов С.С., Сангов М.М. Кинетика окисления твердого сплава АК7М2, легированного германием / Известия высших учебных заведений

11. Иброхимов С.Ж., Ганиев И.Н, Эшов Б.Б., - Окисление твёрдого алюминиево-магниевого сплава AMg4, легированного скандием, Доклады Академии Наук Республики Таджикистан 2013, том 56, №6

### КИНЕТИКА И ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ АЛЮМИНИЙ-МАГНИЙ АМg4, КИ ДАР ҲОЛАТИ САХТ БО ПРАЗЕОДИМ ҶАВҲАРОНИДА ШУДА

*С.Ҷ. Иброҳимов*

Дар кори мазкур бо усули термогравиметрия кинетикаи оксидшавии хӯлаи алюминий-магний АМg4, ки дорои иловаи празеодим мебошад, дар ҳолати сахт дар ҳавои атмосфера таҳқиқ карда шудааст. Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаҳо ва маҳсули оксидшавии онҳо муайян карда шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** хӯлаи алюминии АМg4, празеодим, термогравиметрия, – кинетикаи оксидшавӣ, маҳсулоти оксидшавӣ.

### KINETICS OF OXIDATION OF ALUMINUM-MAGNESIUM ALLOY AMg4 DOPED WITH PRASEODYMIUM IN THE SOLID STATE

*S.Zh. Ibrokhimov*

The kinetics of oxidation of the aluminum-magnesium alloy AMg4 containing praseodymium in an air atmosphere in a solid state was investigated by the method of thermogravimetry. The kinetic and energy parameters of the oxidation process of alloys have been determined and their oxidation products have been identified.

**Key words** - aluminum alloy AMg4, praseodymium, thermogravimetry, — kinetics of oxidation, oxidation products.

### Сведения об авторе:

Иброхимов Сухроб Жанайдуллоевич - к.т.н., и.о. доцента кафедры “ТММС и И”, Таджикский технический Университет имени М. С. Осими.  
E-mail: suhrob-73@list.ru

## СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Ti, ЛЕГИРОВАННЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ (La, Pr и Nd)

Т.М. Умарова<sup>1</sup>, А.Ю. Ахроров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Филиал МГУ имени М.В.Ломоносова в г. Душанбе

<sup>2</sup> Физико-технический институт им. С.Умарова НАНТ

В работе приведены результаты экспериментального исследования влияния редкоземельных металлов (Nd, Pr и La) на фазовый состав и физико-химические свойства сплавов бинарной системы алюминий-титан. Представлены результаты исследования рентгенофазового, микроструктурного анализов сплавов указанных систем, легированных РЗМ в содержании до 0.10% (по массе). В работе также приведены результаты электрохимического исследования сплавов системы Al-Ti-Ln (La, Pr и Nd) в среде 3%-ного раствора NaCl.

**Ключевые слова:** алюминиевый сплав, редкоземельный металл, лантан, празеодим, неодим, микроструктура, электрохимический анализ, потенциал.

Сплавы на основе титана и алюминия являются перспективными высокопрочными, жаростойкими материалами, востребованными в авиационной и космической технике, прецизионном оборудовании и узлах ответственного назначения.

Анализ публикаций различных авторов показывает, что за последние 20 лет были предприняты многочисленные попытки собрать существующие данные о фазовой диаграмме Al-Ti. Так, например, авторы [1] в своём критическом подходе представляют три варианта фазовой диаграммы Ti-Al.

Диаграмма состояния Ti-Al характеризуется наличием широких областей твёрдых растворов на основе  $\alpha$ - и  $\beta$ -Ti, образованием эвтектики при температуре 665° С при концентрации 0.15% Ti, (по массе) (рисунок 1).

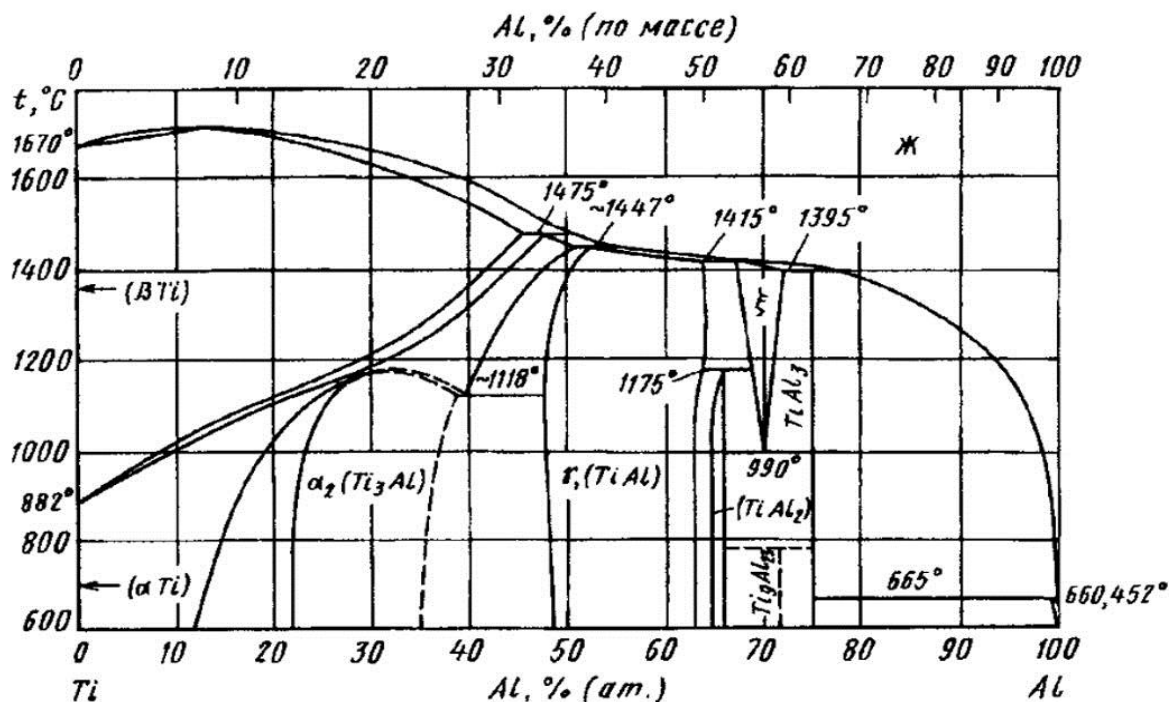


Рис. 1. Диаграмма состояния системы Al-Ti [6].

Особенностью данной диаграммы является наличие целого ряда интерметаллических соединений, два из которых отличаются широкими областями гомогенности, это Ti<sub>3</sub>Al ( $\alpha_2$ ) (с тетрагональной структурой типа Ni<sub>3</sub>Sn) и TiAl

( $\gamma$ ) – (с тетрагональной структурой типа AuCu), и два с узкими областями гомогенности, это ИМС: TiAl<sub>2</sub> – с объёмно-центрированной структурой типа HfGa<sub>2</sub> и TiAl<sub>3</sub> – с тетрагональной структурой собственного типа, а также отмечается



существование не одного, как отмечалось в ранних публикациях, и нескольких метастабильных соединений:  $Ti_5Al_3$ ,  $Ti_9Al_{23}$  и  $Ti_5Al_{11}$  [1-6], у которых отмечаются значительные затруднения в определении положения границ фазовой области.

Образующийся твёрдый раствор и наличие гетерогенных структурных составляющих синтезированных составов сплавов, во многом определяют их физические, химические и технологические свойства. Легирующие элементы, как известно, при достаточно высокой температуре полностью растворяются в жидком алюминии, растворимость в твёрдом состоянии с образованием твёрдого раствора для легирующего компонента ограничена.

На основе алюминия синтезируются разнообразные сплавы, отличающихся низкой плотностью, высокой прочностью, жаропрочностью, коррозионной стойкостью, тепло- и электропроводностью, хорошей светоотражательной способностью. Перспективным способом улучшения свойств конструкционных материалов является микролегирование металлами группы лантаноидов, которые благодаря эффекту модифицирования, значительно повышают физико-химические, механические и

технологические свойства сплавов. Именно поэтому, применение металлов данной группы было и будет экономически оправдано.

Целью данной работы является изучение влияния некоторых РЗМ, а именно La, Pr и Nd, на физико-химические свойства сплавов системы алюминий-титан эвтектического состава. Данная работа является продолжением общей темы изучения влияния РЗМ на алюминиевые сплавы [7-10].

С точки зрения применения, сплавы бинарной системы Al-Ti в области богатой алюминием, мало изучены. Большой интерес привлекают сплавы тройных систем на основе алюминия. В качестве третьего компонента выбраны редкоземельные металлы, т.к. добавка лантаноидов к алюминиевым сплавам приводит к нейтрализации влияния железа, измельчению зерна в структуре сплава и, как следствие, к повышению физико-химических свойств.

Для получения сплавов были использованы: металлический алюминий марки А8, 10%-ая алюминиево-титановая лигатура, редкоземельные металлы, которые вводились в виде лигатур: 2%-ая лигатура Al-La и 10% -ые лигатуры Al-Pr и Al-Nd. Состав синтезированных сплавов представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Состав синтезированных сплавов тройных систем Al-Ti-La, Al-Ti-Pr и Al-Ti-Nd.

№	Ti	La*	№	Pr*	№	Nd*
	% вес.			% вес.		(% вес.)
1.	0	0.01	7.	0.01	13.	0.01
2.	0.10	0	8.	0	14.	0
3.	0.10	0.01	9.	0.01	15.	0.01
4.	0.20	0.02	10.	0.02	16.	0.02
5.	0.50	0.05	11.	0.05	17.	0.05
6.	1.00	0.10	12.	0.10	18.	0.10

\* остальное - алюминий

Методы исследования. Синтез сплавов с РЗМ связан с определенными сложностями из-за разницы температур плавления металлов и высокой химической активности лантаноидов. С целью предотвращения окисления и угара сплавы получали в условиях вакуума. В работе была использована камерная печь KS 400/10 (DDR), вакуумный пост. Навески сплавов помещали в кварцевые ампулы, с которых откачивали воздух и запаивали (рис.2).

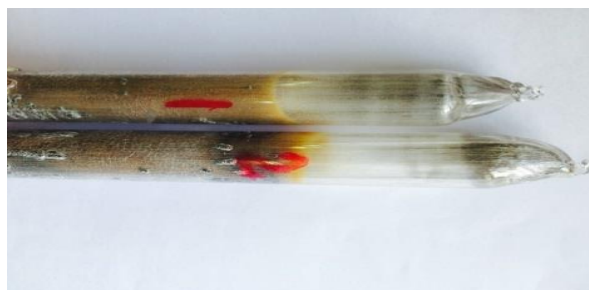


Рис.2. Кварцевые ампулы с синтезированными сплавами систем Al-Ti-Ln.

Далее были проведены следующие физико-химические методы анализа:

- рентгенофазовый анализ порошков синтезированных сплавов с помощью дифрактометра BRUKER D2 Phaser;

- металлографический (с помощью микроскопа NIKON SMZ 670 (x 200);

- электрохимический анализ с помощью импульсного потенциостата ПИ-50-1.1 потенциостатическим методом со скоростью развертки 2 мВ/с с выходом на программатор ПР-8.

Сравнение полученных дифрактограмм образцов с разным соотношением легирующих компонентов и Al показывают, что во всех образцах ярко выражено пики алюминия и все положения пиков соответствуют их положению в карточке этих веществ из банка данных PDF и вид их дифрактограмм. На рис. 3 выборочно представлена дифрактограмма сплав системы Al –Ti–Nd. Результаты РФА показали наличие ИМС Al<sub>2.5</sub>Ti<sub>1.5</sub>.

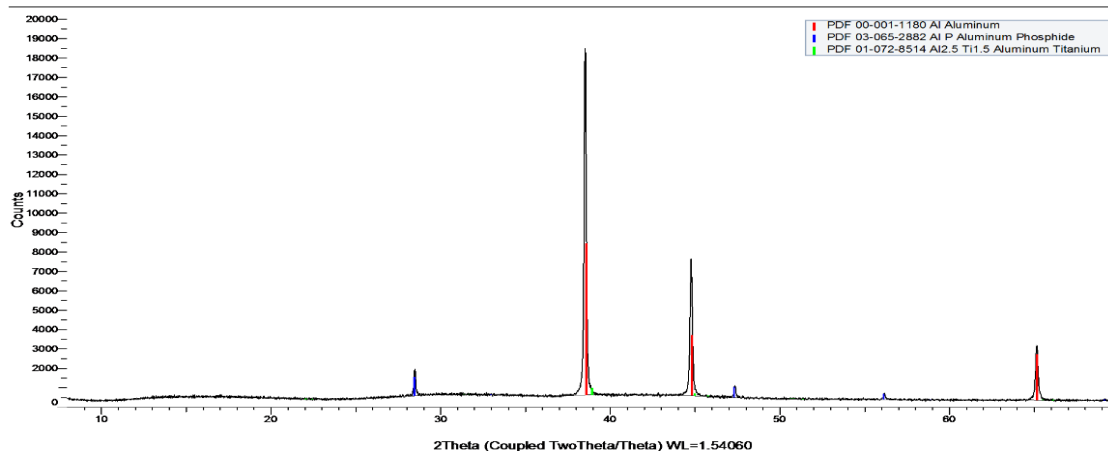
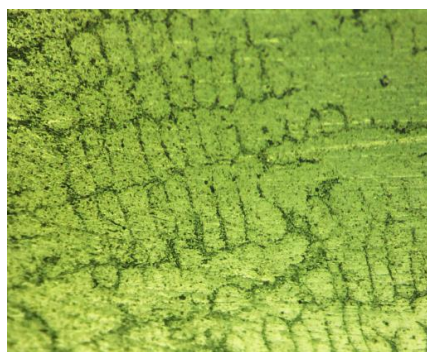


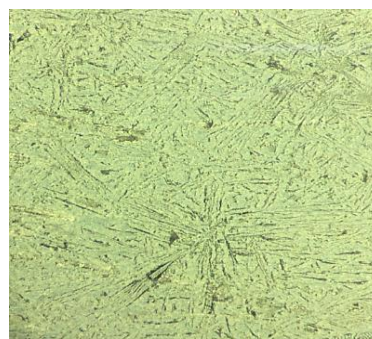
Рис. 3. Дифрактограмма сплава состава Al –0.1% Ti – 0.05%Nd.

Подготовка образцов к металлографическим исследованиям проводилась по методике, описанной авторами [11], что позволяет наблюдать изменение микроструктуры в зависимости от химического состава легирующих компонентов. Для выявления микроструктуры исследуемые образцы подвергались травлению различными реактивами в зависимости от состава и наличия присутствующей фазы.

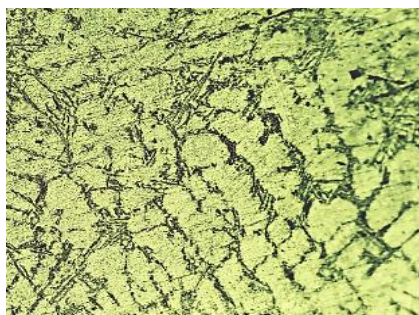
Завершающей стадией механической обработки поверхности являлось полирование с применением алмазной пасты для получения зеркальной поверхности. На рисунке 4 представлены микроструктуры сплавов систем Al-Ti-Ln (La, Pr, Nd). Макроструктурный анализ удалось видеть лишь у одного образца сплава системы Al –0.1% Ti– 0.01%Nd (рис. 5).



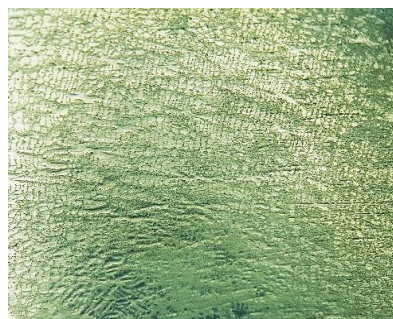
а) Al –0.1%Ti



б) Al –0.1%Ti – 0.01%La



в) Al –0.1%Ti – 0.01%Pr.



г) Al – 0.01%Nd



д) Al –0.1% Ti – 0.01%Nd



е) Al –0.1% Ti – 0.05%Nd

Рис. 4. Микроструктуры сплавов систем Al–Ti–Ln (Nd, Pr, La) (x150).



Рис. 5. Макроструктурный анализ сплава систем Al –0.1% Ti– 0.01%Nd.

Полученные результаты микроструктурного анализа свидетельствуют об эффективности модифицирования алюминиево-титанового сплава эвтектического состава лёгкими металлами цериевой подгруппы, а именно лантаном, празеодимом и неодимом. Особо заметно влияние лантана (0.01%), сравнивая первые две фотографии видно, что структура меняется с зернистой на игольчатую с мелкими включениями твёрдых фаз.

Необходимо отметить, что из всех синтезированных составов сплавов данных систем, единственный сплав, у которого можно видеть макроструктуру – это сплав состава Al –0.1% Ti– 0.01%Nd с более ярко выраженной зернистой структурой по сравнению с бинарной основой (Al – 0.1%Ti).

Далее были проведены коррозионно-электрохимические исследования сплавов

указанных выше систем. Образцы синтезированных сплавов поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении в исследуемый раствор ( $E_{св.кор.}$ ) до значения потенциала, соответствующего плотности тока не более  $2A/m^2$ . Затем согласно установленной программе на ПР-8 ход кривой меняли в обратном направлении до достижения потенциала  $-1.6V$ . Таким образом, определяли следующие электрохимические параметры:  $E_{св.кор.}$  – потенциал свободной коррозии;  $E_{реп.}$  – потенциал репассивации;  $E_{п.о.}$  и  $E'_{п.о.}$  – потенциалы питтингообразования до и после катодной поляризации, соответственно;  $E_{н.п.}$  – потенциал начала пассивации и  $\Delta E_{пас}$  – пассивная область (мВ).

Результаты электрохимических исследований приведены в табл. 2.

Таблица. 2.

Электрохимические параметры сплавов системы Al-Ti-Ln.

Система	-E <sub>ст.</sub>	-E <sub>п.о.</sub>	-E <sub>реп</sub>	-E <sub>кор.</sub>	-E' <sub>п.о.</sub>	- E <sub>н.п.</sub>	ΔE <sub>пас.</sub>
	мВ						
Al - 0.1% Ti	0.64	0.55	0.68	0.75	0.58	1.20	0.62
Al - 0.1% Ti - 0.01% La	0.65	0.24	-	0.74	0.70	1.40	0.70
Al - 0.1% Ti - 0.01% Pr	0.62	0.42	0.70	0.77	0.55	1.20	0.65
Al - 0.1% Ti - 0.01% Nd	0.64	0.60	0.70	0.78	0.64	1.18	0.54

### Выводы

Анализ полученных результатов микроструктурного и электрохимического исследований сплавов системы Al-Ti эвтектического состава, легированных микродобавками редкоземельных металлов (La, Pr, Nd), позволяет заключить, что:

- любой из рассмотренных в работе редкоземельных металлов можно использовать в качестве модификатора;

- несмотря на схожесть свойств неодима и празеодима (теоретически), на практике они ведут себя по-разному, что заметно по результатам микроструктурного анализа, более того, увеличение содержания неодима в 5 раз (от 0.01 до 0.05%) не приводит к положительному результату;

- наилучшим модификатором для получения высокоррозионного сплава бинарной системы Al-Ti эвтектического состава является лантан.

### Литература:

1. D. Batalu, G.Coşmeleață, A. Aloman. Critical analysis of the Ti-Al Phase Diagrams. U.P.B. Sci. Bull., Series B, Vol. 68, No. 4, 2006, - p.77-90.
2. V. V. Evstigneev, V.Yu. Filimonov, K.B. Koshelev. Mathematical Model of Phase-Formation Processes in a Binary Mixture of Ti and Al Powders in the Regime of a Nonadiabatic Thermal Explosion / Combustion, Explosion, and Shock Waves, 2007, Vol. 43, No. 2, - pp. 170–175.
3. Massalski T. B. et. al. Binary alloy phase diagrams. Vol. 1-3. Materials Park, Ohio, ASM International, 1990.
4. Kainuma R., Sato J., Ohnuma I., Ishida K. Phase stability and interdiffusivity of the L 10-based ordered phases in Al-rich portion of the Ti-Al binary system. Intermetallics, 2005, - 13, - pp. 784–791.
5. Sahu P. Lattice imperfections in intermetallic Ti-Al alloys: an X-ray diffraction study of the

microstructure by the Rietveld method. Ibid., 2006, - 14, - pp.180–188.

6. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. Лякишева Н.П. Машиностроение, 1996-2000г. - С. 144-146.

7. Umarova T.M. Influence of micro alloying (including REM) on the phase composition and properties of aluminum alloys // (Japan) Journal: Materials Science and Engineering Technology. 2016, - Vol.890, - pp.331-338.

8. Умарова Т.М., Ганиев И.Н. Анодные сплавы алюминия с марганцем, алюминием и редкоземельными металлами. (Монография). Изд-во: Дониш, Душанбе. 2008. – 273 с.

9. Умарова Т.М., Нормакмедов О. Влияние самария и европия на фазовый состав и микроструктуру сплава Al+1.9%Mn.//Труды XXI Международной научно-практич. конференции «Металлургия: технологии, инновации, качество». «Металлургия - 2019». / Россия, г. Новокузнецк, СибГИУ, 23-24 октября 2019 г., - т.2., - с. 313-317.

10. Умарова Т.М., Хакимов А.Х., Ганиев И.Н. Анодные сплавы алюминия с железом и редкоземельными металлами. //Германия: Academic Publishing, 2012. - 90 с.

11. Баранова Л.В., Демина Э.Л. Металлографическое травление металлов и сплавов. Справочник. - М.:Металлургия, 1986, - 256 с.

### СИНТЕЗ ВА ТАҶҚИҚОТИ ФИЗИКИЮ ХИМИЯВИИ ХУЛАҶОИ СИСТЕМАИ Al-Ti-и БО МЕТАЛЛҶОИ КАМЁФТИ ЗАМИНИЙ (La, Pr и Nd) ҶАВҲАРҚАРДАШУДА Т.М.Умарова, А.Ю.Ахроров

Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқотҳои таҷрибавии таъсири металлҳои камёфти заминӣ (Nd, Pr ва La) ба таркиби фазавӣ ва хосиятҳои физикию химиявии хулаҷои системаи дуоми алюминий-титан оварда шудааст. Натиҷаҳои таҳқиқоти фазаи рентгенӣ,

таҳлилҳои микроструктурии ҳулаҳои системаҳои номбаршуда бо металлҳои камёфти аминӣ таркибашон то 0.10% (аз рӯи вазн) омехта шудааст. Инчунин натиҷаҳои таҳқиқоти электрохимиявии ҳулаҳои системаи Al-Ti-Ln (La, Pr ва Nd) дар муҳити маҳлули 3%-аи NaCl оварда шудааст.

**Қалимаҳои калидӣ:** ҳулаи алюминӣ, лантан, празеодим, неодим, микроструктура, таҳлили электрохимиявӣ, потенциал.

**SYNTHESIS AND PHYSICO-CHEMICAL STUDIES OF ALLOYS OF THE Al-Ti SYSTEM DOPED WITH RARE EARTH METALS (La, Pr, and Nd)**

*T. M. Umarova, A. Yu. Akhrorov*

The article deals with the results of an experimental study of the effect of rare earth metals (Nd, Pr, and La) on the phase composition and physicochemical properties of alloys of the aluminum-titanium binary system. It is

presented the results of the study of X-ray phase and microstructural analyses of alloys of these systems doped with REM in the content up to 0.10% (by weight) . It is also given the results of an electrochemical study of Al-Ti-Ln (La, Pr, and Nd) alloys in a 3% NaCl solution.

**Key words:** aluminum alloy, rare earth metal, lanthanum, praseodymium, neodymium, microstructure, electrochemical analysis, potential.

**Сведения об авторах:**

Умарова Татьяна Мухсиновна – д.т.н., доцент, главный специалист отдела науки, инноваций и международных связей Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе. тел. +992 987-08-77-45. E-mail: umarova04@mail.ru

Ахроров Ахмад Юсуфович – аспирант 3 года обучения Физико-технического института имени С.Умарова НАНТ. тел. +992 918872700, E-mail: akhrorov.akhmad@mail.ru

**ГИДРОХИМИЯ ВЕРХОВИЙ РЕКИ ЗАРАФШОН  
ЧАСТЬ 1: ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, РАСТВОРЕННЫЕ В ВОДЕ**

*Д.А. Абдушукуров<sup>1</sup>, Г.Б. Анварова<sup>2</sup>, Д.А. Желтов<sup>3</sup>, А. Кодиров<sup>4</sup>,  
С.Г. Ленник<sup>5</sup>, В.П. Солодухин<sup>6</sup>, Ф.И. Шаймурадov<sup>7</sup>*

<sup>1,2,4,7</sup>*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии,  
Национальной Академии Наук Таджикистана*

<sup>1</sup>*Физико-технический институт им. С.У.Умарова Национальной Академии Наук Таджикистана*  
<sup>3,5,6</sup>*Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан*

*Описаны результаты элементных анализов токсичных металлов, растворенных в поверхностных водах горной части бассейна реки Зарафшон. Выявлены гидрогеохимические аномалии в бассейне реки. Это избыточное содержание сурьмы, вызванное воздействием Анзобского ГОКа и мышьяка в зонах разработки золоторудных месторождений. Показано, что наиболее загрязненными являются низовья реки Джиджикрут, реки Ягноб и Фондарё. Рассчитаны лимитирующие показатели вредности воды для рек бассейна Зарафшон.*

**Ключевые слова:** Зарафшон, Фондарё, Ягноб, токсичные металлы, сурьма, мышьяк, ПДК, лимитирующий коэффициент вредности воды.

Одно из красивейших мест в Таджикистане Фанские горы образуются между двумя хребтами Гиссарским и Зарафшонским. В долинах этих гор протекают несколько рек, притоков реки Зарафшон. Наиболее полноводной является река Ягноб, которая сливаясь с Искандарьей, образует реку Фондарё.

Фондарё в свою очередь является левым притом Зарафшона.

В горной части бассейна реки Зарафшон активно развивается горнорудная промышленность, связанная с добычей и переработкой цветных и благородных металлов. На базе Джиджикрутского месторождения в 1950 годы был построен Джиджикрутский горно-рудный комбинат, который в 1967 году был преобразован в Анзобский горно-обогатительный комбинат (АГОК).

В настоящее время американская компания “Консап Комодитиз Инк”, владеет 100% пакетом акций АГОКа, она же вложила инвестиции в строительство металлургического завода на базе АГОКа.

В 2017 и 2018 году начались работы по созданию двух новых горнорудных предприятий в поселке Канчоч, выше озера Искандеркуль и на притоке Фондарё Верхний Кумарг.

В последнее время правительство РТ приняло решение о строительстве 3 новых металлургических

комбинатов в бассейне реки Зарафшон. Нагрузка на окружающую среду в бассейне реки Фондарё возрастает.

Целью настоящей работы является изучение чистоты воды в бассейне Зарафшона, в части наличия токсичных металлов растворенных в водах

рек бассейна и поиск источников загрязнений окружающей среды.

Летом 2020 года была проведена экспедиция по отборы образцов воды в реках бассейна Зарафшон, координаты точек отбора образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Координаты точек отбора образцов и их высота над уровнем моря.

№	Дата и время	Место отбора проб	Обоз.	С.Ш.	В.Д.	Высота над у.м.
1	15.07.2020, 12:55	Ягноб1	Fan1	39 <sup>0</sup> 09,067	068 <sup>0</sup> 39,087	2355
2	15.07.2020, 13:22	Джиджикрут-2	Fan2	39 <sup>0</sup> 11,972	068 <sup>0</sup> 37,992	1772
3	15.07.2020, 13:35	Джиджикрут-3	Fan3	39 <sup>0</sup> 11,986	068 <sup>0</sup> 38,428	1772
4	15.07.2020, 13:50	Ягноб-2	Fan4	39 <sup>0</sup> 12,057	068 <sup>0</sup> 37,095	1759
5	15.07.2020, 15:11	Ягноб-3	Fan5	39 <sup>0</sup> 11,264	068 <sup>0</sup> 32,424	1683
6	15.07.2020, 16:10	Искандардарьё-2	Fan6	39 <sup>0</sup> 16,595	068 <sup>0</sup> 32,743	1561
7	16.07.2020, 07:31	Фондарё	Fan7	39 <sup>0</sup> 22,841	068 <sup>0</sup> 46,412	1520
8	16.07.2020, 13:53	Чоре	Fan8	39 <sup>0</sup> 25,080	068 <sup>0</sup> 15,894	1923
9	17.07.2020, 08:30	Верхний Кумарг	Fan9	39 <sup>0</sup> 31,234	068 <sup>0</sup> 33,347	2677
10	17.07.2020, 09:30	Кумарг	Fan10	39 <sup>0</sup> 26,439	068 <sup>0</sup> 32,481	1749
11	17.07.2020, 09:51	Зарафшон-2	Zar1	39 <sup>0</sup> 25,110	068 <sup>0</sup> 30,625	1365
12	17.07.2020, 15:00	Калахона	Zar2	39 <sup>0</sup> 21,878	068 <sup>0</sup> 02,202	1353
13	18.07.2020, 07:57	Шахристон-2	Zar3	39 <sup>0</sup> 31,535	067 <sup>0</sup> 26,215	888
14	19.07.2020, 07:56	Шахристон-3	Zar4	39 <sup>0</sup> 29,338	067 <sup>0</sup> 42,979	984
15	19.07.2020, 09:16	Зарафшон-3	Zar5	39 <sup>0</sup> 18,944	067 <sup>0</sup> 46,207	1244
16	19.07.2020, 11:48	Киштуд	Zar6	39 <sup>0</sup> 18,969	067 <sup>0</sup> 46,337	1253
17	20.07.2020, 16:10	Шинг-2	Zar7	39 <sup>0</sup> 21,837	068 <sup>0</sup> 33,668	1398
18	20.07.2020, 16:32	Могиев-1	Zar8	39 <sup>0</sup> 18,339	068 <sup>0</sup> 32,015	1459
19	20.07.2020, 16:40	Могиев-3	Zar9	39 <sup>0</sup> 18,329	068 <sup>0</sup> 32,031	1458
20	20.07.2020, 17:07	Зарафшон-4	Zar10	39 <sup>0</sup> 11,184	068 <sup>0</sup> 32,102	1612

На местах отбора проб производились измерения физико-химических характеристик воды, и производился отбор пробы воды для элементных анализов, в объеме 0,5 литров. В лаборатории ИВПГиЭ воды фильтровались, закислялась азотной кислотой и упаковывалась в посуду 0,05 литров, для отправки в Алматы. Согласно проекту МНТЦ Тj-2409 в ИЯФ МЭ РК производился элементный анализ воды.

Элементный анализ исследованных проб воды проводился по методикам:

- масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (MSA-ISP). Использовался масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой ELAN-9000 (Perkin Elmer SCIEX). Стандартное отклонение выходного сигнала составляет максимум 6%, разрешение составляет от 0,6 атомных единиц

массы (а.е.м.) до 0,8 а.е.м. при высоте пика 10%, диапазон масс составляет от 2 до 270 а.е.м.

- атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (AES-ICP). Использовался атомно-эмиссионный спектрометр с двойным обзором с индуктивно связанной плазмой OPTIMA-8000 (Perkin Elmer Inc.), с оптическим диапазоном 166-900 нм, с пиковым половинным разрешением 0,008 нм при 200 нм.

Для элементного анализа поверхностных природных вод с низкой соленостью использовались неразбавленные пробы (для AES-ICP) или предварительно разбавленные пробы максимум 5 раз 1% азотной кислотой (для MSA-ICP). Для корректировки инструментального дрейфа и влияния матрицы во все измеряемые образцы и калибровочные растворы вводились внутренние

стандарты Rh 5 мкг/л (для MS-ICP) и Sc 0,25 мг/л (для AES-ICP).

При необходимости, дополнительно разбавленные пробы воды использовались (20 или 50 раз с 1% азотной кислотой) для анализа некоторых аналитов с высоким содержанием (Na, Ca, Mg) методом AES-ICP. Бидистиллированная вода ( $\leq 0,2$  мкСм) представляющая собой контрольный раствор (инструментальный ноль) для неразбавленных образцов, 1% азотная кислота - для разбавленных образцов.

Для приготовления калибровочных растворов использовались растворы стандартных образцов (СС) металл-ионного состава Perkin Elmer (США): N9300232, N9300233, N9300235 с номинальным аттестованным значением содержания металлов 10 мг/л, с погрешностью аттестованного значения 0,5% ( $k = 2$ ).

Для калибровки спектрометров использовали калибровочные растворы аналитов 10 мкг/л и 100 мкг/л (MS-ICP), 100 мкг/л, 200 мкг/л, 1000 мкг/л и 4000 мкг/л (AES-ICP), приготовленные с использованием 1% азотной кислоты. Приемлемость градуировочной характеристики определялась критерием  $R^2 \geq 0,999$ , где  $R^2$  - значение достоверности аппроксимации линейной функции, рассчитанной стандартным программным

обеспечением масс-спектрометра ELAN-9000. При необходимости максимум одна точка «раскрывающегося списка» исключалась из диаграммы калибровки для достижения условия  $R^2 \geq 0,999$ .

Для подготовки образцов для контроля правильности (подтверждения) калибровочной характеристики использовался СС состав металлов Inorganic Ventures IV-STOCK-21, IV-ICP-MS-71B, CMS-1 (Inorganic Ventures, США).

В составе проанализированных элементов были 6 макроэлементов (породообразующих): Al, Ca, Fe, K, Mg и Mn, а также 24 микроэлемента: Ag, As, B, Ba, Ce, Co, Cu, La, Li, Mo, Nd, Ni, P, Pb, Sb, U, V и Y. По условиям проекта мы производили исследования только токсичных металлов, к которым относятся следующие 12 элементов: **Ag, As, Ba, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, U.**

Токсичные металлы распределены крайне неравномерно и имеют несколько аномальных точек накопления. Вид распределения токсичных металлов в водах бассейна Зарафшон показан на рисунке 1.

Особо неравномерно распределены мышьяк и сурьма. На рисунке 2 показано распределение мышьяка в водах рек бассейна.

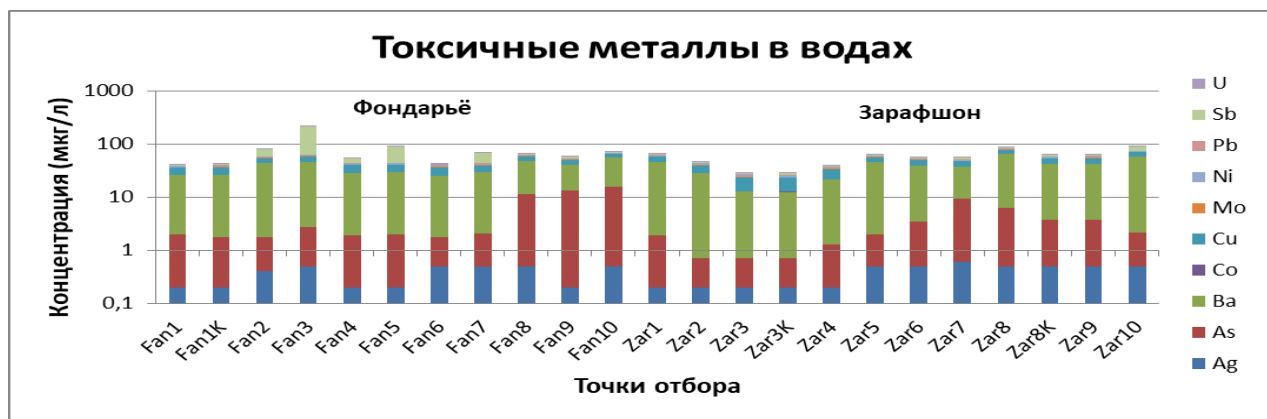


Рис. 1. Распределение токсичных металлов в водах бассейна Зарафшон

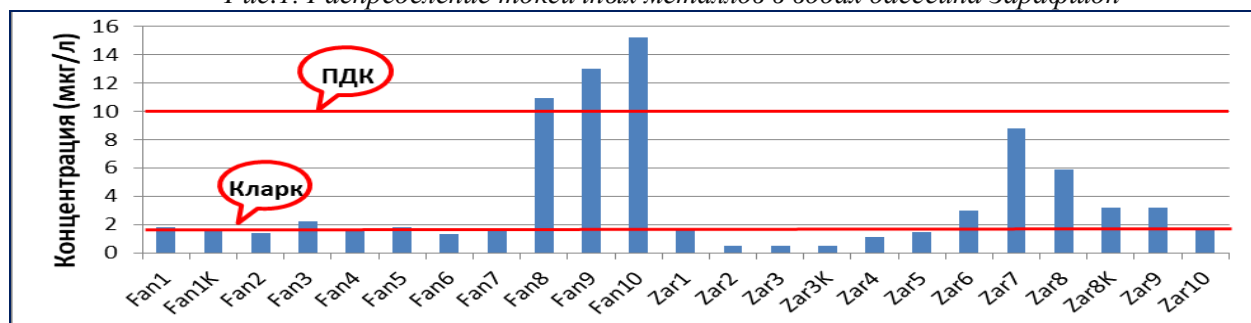


Рис. 2. Распределение мышьяка в водах бассейна.

Особо выделяются точки отбора Fan8, Fan 9, Fan10, это ручьи Чоре, Верхний Кумарг и Кумарг. На реке Зарафшон это Zar7, Zar8 и Zar9 точки Шинг, Могиен1 и Могиен3. Все эти точки находятся на реках в бассейнах, в которых осуществляется интенсивная добыча золота. Мышьяк присутствует в качестве примеси в рудах.

В местечке Чоре находятся 4 старые, но не законсервированные геологические штольни, из которых вытекают шахтные воды. В бассейне ручья

Верхний Кумарг находятся штольни для подземной добычи руды. На верхних горизонтах ручья Кумарг вырыт котлован для открытой добычи руды. Вода Кумарга используется для водоснабжения южной части поселка Айни, (больница) предполагается, что в дальнейшем эта вода будет использована для водоснабжения всего поселка Айни.

В распределении сурьмы также отчетливо видна геохимическая аномалия.



Рис. 3. Распределение сурьмы в водах бассейна Зарафшон.

В июле 2020 года наибольшая концентрация сурьмы была зарегистрирована в точке Fan3 (Джиджикрут3) перед слиянием с рекой Ягноб. Точка находится ниже Анзобского ГОКа.

Повышенное содержание сурьмы может иметь несколько источников. Первое это наличие угольных месторождений вдоль реки, о чем свидетельствует повышенный фон в точке Fan2, выше Анзобского рудника. Угольные пласты, которые находятся в геологической зоне Джиджикруто-Скального сурьмяно-ртутного месторождения, активно впитали в себя сурьму. Второе, могут быть шахтные воды, истекающие из штолен Анзобского рудника. Третье, протечки технологической воды, в связи с износом оборудования, на самом комбинате. Четвертое, донные отложения Джиджикрута накопили в себе большое количество хвостов обогащения. В начале 90-ых годов на ГОКе был прорыв шламоводов и отходы комбината на протяжении ряда лет сбрасывались непосредственно в реку Джиджикрут. Донные отложения в результате десорбции могут выделять в воду сурьму.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования представлены в гигиенических нормативах ГН 2.1.5.689-98 [1].

ПДК РФ: Ag (50), As (10), Ba (700), Cu (1000), Fe (300 (1000)), Mn (100), Mo (250), Ni (100), Pb (30), Sb (5), U (100). В скобках показаны концентрации элементов в мкг/л.

Представленные ПДК РФ отличаются от ПДК Всемирной организации здравоохранения [2]. ПДК ВОЗ: Ag (2), As (10), Ba (700), Cu (2000), Fe (2000), Mn (400), Mo (70), Ni (70), Pb (10), Sb (20), U (30).

Эти ПДК сильно отличаются для некоторых элементов и в первую очередь для сурьмы, так в ПДК РФ для сурьмы равна 5, а в ПДК ВОЗ 20 мкг/л.

Содержание сурьмы в водах бассейна Зарафшон составила 21, 153, 11, 24 и 14 мкг/л для точек Fan2, Fan3, Fan5, Fan7 и Zar10 соответственно. Это точки Джиджикрут2 (до рудника АГОКа), Джиджикрут3 (после АГОКа), Ягноб3 и Фондарё (до Чоре) и Зарафшон4 (кишлак Саразм). Согласно ПДК РФ эти концентрации составят 4, 30, 2, 4 и 3 ПДК, а ПДК ВОЗ 1, 8, 0,5, 1 и 0,5 ПДК. Как видно сильная разница. Пробоотбор на точках Ягноб3 и Фондарё из-за плохих метеоусловий был произведен в разное время.

В последнее время АГОК осуществлял сброс воды из хвостохранилищ непосредственно в реку Ягноб. Вода сбрасывалась по мере накопления, и преимущественно в ночное время. Во время нашего пробоотбора вода из хвостохранилищ не сбрасывалась.



Для наиболее важных точек произведены расчеты К/К отношений, численно равными отношением концентрации элементов к их кларкам в речных водах. Кларки элементов в речной воде представлены в работах Виноградова и Алесенко [3]. Это отношение позволяет определять аномальные зоны и месторождения полезных

ископаемых. На рисунке 4 показано распределения для аномальной точки Джиджикрут3, а рисунке 5 для фоновой зоны Калахона (Старая Матча).

В воде Джиджикрута3 с большим избытком обнаружены Sb (К/К=153), U (16), Cu (8), Pb (6), Ni (5), Mg (4) и другие элементы.

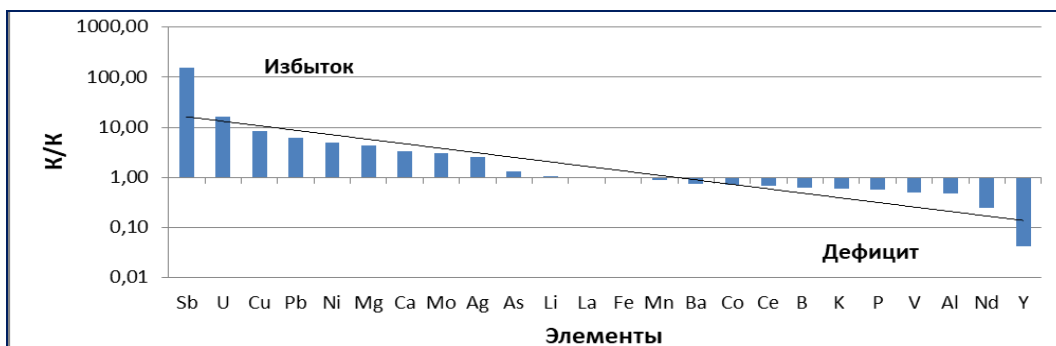


Рис. 4. Распределение К/К отношения для точки отбора Джиджикрут 3.

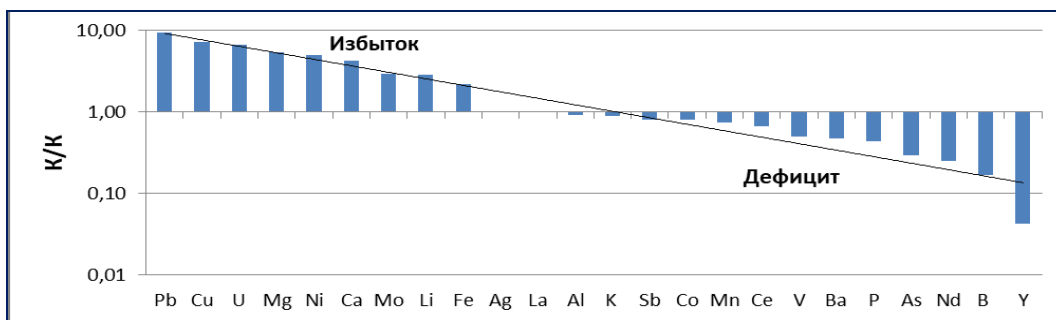


Рис.5. К/К отношение для воды в точке Калахона.

В фоновой точке отбора Калахона в воде с избытком встречаются элементы Pb (10), Cu (7), U (7), Mg (5), Ca (4) и другие элементы. Как не странно, но геохимически оба образца имеют много сходства. За исключением сурьмы, которая имеет антропогенное происхождение, остальные элементы совпали. Внизу, в точке отбора Калахона ручей окружен сланцами, но выше по течению в составе Зарафшонского хребта встречаются известняки и интрузии.

При наличии в водах нескольких токсичных металлов производят расчет Лимитирующего коэффициента вредности воды (ЛКВВ), который численно равен сумме отношений концентраций элементов к их ПДК. В нашем случае, сумме отношений 12 элементов к их ПДК. Результаты расчетов при использовании ПДК ВОЗ показаны на рисунке 6.



Рис. 6. Лимитирующий коэффициент вредности воды при использовании ПДК ВОЗ.

В соответствии с Санитарными правилами при ЛКВВ <1 вода считается чистой, при ЛКВВ <3 слабозагрязненной и при ЛКВВ >6 вода загрязненной, а при ЛКВВ >10 сильно загрязненной.

### Выводы

Проведены элементные анализы воды на масспектрометре в ИЯФ НЯЦ РК. В составе проанализированных элементов были 6 макроэлементов (породообразующих): Al, Ca, Fe, K, Mg и Mn, а также 24 микроэлемента: Ag, As, B, Ba, Ce, Co, Cu, La, Li, Mo, Nd, Ni, P, Pb, Sb, U, V и Y.

В июле 2020 года наибольшая концентрация сурьмы была зарегистрирована в точке Fan3 (Джиджикрут3) перед слиянием с рекой Ягноб. Точка находится ниже Анзобского ГОКа.

Повышенное содержание сурьмы может иметь несколько источников. Первое - это наличие угольных месторождений вдоль реки, о чем свидетельствует повышенный фон в точке Fan2, выше Анзобского рудника. Угольные пласты, которые находятся в геологической зоне Джиджикруто-Скального сурьмяно-ртутного месторождения, активно впитали в себя сурьму. Второе - это могут быть шахтные воды, истекающие из штолен Анзобского рудника. Третье - протечки технологической воды, в связи с износом оборудования, на самом комбинате. Четвертое, донные отложения Джиджикрута накопили в себе большое количество хвостов обогащения. В начале 90-ых годов на ГОКе был прорыв шламоводов и отходы комбината на протяжении ряда лет сбрасывались непосредственно в реку Джиджикрут. Донные отложения в результате десорбции могут выделять в воду сурьму.

Считаем, что геохимические исследования на реке Зарафшон необходимо продолжить для выявления источников загрязнений.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта МНТЦ Тj-2409. Авторы благодарят Эксклюзивного директора МНТЦ Дэвида Клива, СПМ проекта Бурхарда Эндрулада и коллег-исследователей проекта Нигеля Лайтфуда и Мориса Лерой.*

### Литература:

1. В.А. Алексеев, М.С. Панин, Б.М. Дженбаев. Геохимическая экология. Понятия и законы. Бишкек. Махprint, 2013, 310С.

2. ГН 2.1.5.689-98: Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде

водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

3. World Health Organization (2011) Guidelines for drinking water quality, 4th end. World Health Organization, Geneva, 564p.

### ГИДРОХИМИЯ И ДАРЁИ БОЛООБИ ЗАРАФШОН

#### ҚИСМИ 1: МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ДАР ОБ ХАЛ ҚАРДА ШУДА

*Ҷ.А. Абдушукуров, Г.Б. Анварова, Д.А. Желтов,  
А.Қодиров, С.Г. Ленник, В.П. Солодухин,  
Ф.И. Шаймуродов*

Натиҷаҳои таҳлили элементҳои металлҳои захролуд, ки дар обҳои рӯизаминии қисми кӯҳии ҳавзаи дарёи Зарафшон гудохта шудаанд, тавсифи қарда мешаванд. Дар ҳавзаи дарё норасоии гидрогеохимиявӣ ошкор қарда шуданд. Ин миқдори барзиёди сурма мебошад, ки аз таъсири КҚМ Анзоб ва маргимуш дар минтақаҳои азхудкунии конҳои маъдани тилло ба вучуд омадааст. Нишон дода шудааст, ки аз ҳама бештар ифлосшавандаи поёноби дарёи Чичикурут, дарёҳои Ягноб ва Фондарё мебошанд. Нишондиҳандаҳои маҳдуди хатарии обҳои дарёҳои ҳавзаи Зарафшон ҳисоб қарда шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** Зарафшон, Фондарё, Ягноб, металлҳои захролуд, сурма, маргимуш, КҚМ, коэффисиенти маҳдудкунондаи об.

#### HYDROCHEMISTRY OF THE UPPER RIVER ZARAFSHON PART 1: HEAVY METALS DISSOLVED IN WATER

*D.A. Abdushukurov, G.B. Anvarova, D.A. Zheltov,  
A. Kodirov, S.G. Lennik, V.P. Solodukhin,  
F.I. Shaimuradov*

It is described the results of elemental analyses of toxic metals dissolved in the surface waters of the mountainous part of the Zarafshon River basin. Hydrogeochemical anomalies have been detected in the river basin. This is an excess antimony content caused by exposure to Anzob mining and arsenic in gold mining areas. It is shown that the lower reaches of the Jijikrut River, the Yagnob River and the Fondare River are the most polluted. It is calculated the limiting indicators of water harmfulness for the rivers of the Zarafshon basin.

**Key words:** Zarafshon, Fondare, Yagnob, toxic metals, antimony, arsenic, MPC, limiting coefficient of water harmfulness.

**Сведения об авторах:**

Абдушукуров Джамшед Алиевич – к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии и Физико-технического института Национальной академии наук Таджикистана. Тел: 992919000832.

E-mail: abdushukurov.dj@gmail.com

Анварова Гульнора Бахадуровна – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Тел: +992903330001,

Email: anvarova.gulnora@mail.ru

Желтов Дмитрий Анатольевич - начальник группы элементного анализа Республиканского государственного предприятия «Институт ядерной физики» Министерства энергетики Республики Казахстан, г. Алматы. Email: d.zheltov@inp.kz

Кодиров Анвар Саидкулович – к.т.н., старший научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной

академии наук Таджикистана. Тел: +992938301983. E-mail: dr.kodirov@mail.ru

Ленник Светлана Геннадьевна – к.ф.-м.н., заведующая Лабораторией ядерно-физических методов анализа Республиканского государственного предприятия «Институт ядерной физики» Министерства энергетики Республики Казахстан, г. Алматы. Email: lennik\_s@inp.kz

Солодухин Владимир Петрович - д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Республиканского государственного предприятия «Институт ядерной физики» Министерства энергетики Республики Казахстан. Тел.: (+7 727) 3866846

E-mail: solodukhin@inp.kz

Шаймурадов Фирдавс Иноятович – к.т.н., заведующий лабораторией «Качество воды, гидро и био-геохимии» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. Тел: +992 888 88 82 20. E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ ШАХТЫ «ВОСТОЧНАЯ»**

*Д.С. Давлатов, Х.Ё. Аиууров, С.К. Ходжиев*

*Горно-металлургический институт Таджикистана*

*В статье приведены результаты исследования физико-химического состава воды шахты «Восточная». Используются современные приборы для определения физико-химического состава воды. Показаны повышенные показатели воды и их причина существования в шахтной воде.*

**Ключевые слова:** шахтная вода, физико-химический состав, анионы, катионы, тяжелые металлы.

Самое распространённое вещество на нашем планете - вода. На первый взгляд она кажется простым веществом, но её изучение даёт необычные результаты [1].

Природная вода может иметь различный физико-химический состав. Он зависит от концентрации присутствующих примесей, которые связаны с местностью водного объекта, послужившего источником.

Численность населения Земли растёт год от года, и проблема рационального потребления воды встаёт особенно остро. Несмотря на это, промышленные предприятия в процессе своей деятельности активно загрязняют источники чистой воды [2]. Главным источником загрязнения водных ресурсов тяжелыми и радиоактивными металлами являются добывающие предприятия горнорудного сектора [3].

ОАО «Ленинабадский комбинат редких металлов» был основан в 1948 году. До 1981 года предприятие являлось горнорудным, а с 1989 года, в связи с закрытием горно-обогажительного цеха, оно полностью перешло на порошковую металлургию. Этот комбинат расположен в поселке городского типа Чорукдаррон Согдийской области Республики Таджикистан [4].

В результате многолетней деятельности ОАО «Ленинабадский комбинат редких металлов» образовалось множество шахт, и в последнее время они затоплены водой. В настоящее время эти шахты используются в качестве источника воды. Именно к таким источникам и относится шахта «Восточная», расположенная в месторождения «Шурале» пгт. Чорукдаррон. В свое время в этой шахте велась добыча вольфрама из минерала вольфрамат кальция (CaWO<sub>4</sub>). Вольфрамат кальция или шеелит является достаточно ценным минералом, и по сей день не потерял своей ценности.

Вода шахты «Восточная» используется для орошения земель, а также в процессе функционирования завода по производству щебня. С целью уточнения физико-химического состава воды шахты «Восточная», из неё были отобраны пробы, которые затем были проанализированы с использованием химического, атомно-

абсорбционного и фотометрического методов. Концентрацию некоторых тяжелых и радиоактивных металлов в пробах измеряли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием спектрометра AAnalyst 800 с графитовым атомизатором производства Perkin Elmer, США [5] и методом фотометрии с использованием фотометра SQ 118 производства Merck, Германия [6].

На основе полученных данных (таблица 1) можно сказать, что содержание примесей и почти все физико-химические показатели превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) [7]. Причина повышенной концентрации компонентов заключается в том, что эти компоненты выщелачивались пластовыми водами, которые затем и накапливаются в шахте.

Таблица 1.

Результаты анализа проб воды шахта «Восточная».

№ п/п	Физико-химические показатели	Фактическое значение	ПДК
1	Жесткость, мг-экв/л	17,4	7
2	Ca, мг/л	257	100
3	Mg, мг/л	63,4	50
4	K, мг/л	15	12
5	Na, мг/л	172	200
6	Fe, мг/л	0,1	0,3
7	U, мг/л	0,15	0,03
8	NH <sub>4</sub> , мг/л	0,021	0,5
9	CO <sub>3</sub> , мг/л	7,3	-
10	HCO <sub>3</sub> , мг/л	200,7	30
11	Cl, мг/л	84	350
12	SO <sub>4</sub> , мг/л	705,8	500
13	NO <sub>3</sub> , мг/л	79	45
14	O <sub>2</sub> окисл., мг/л	0,63	5
15	Сух. ост., мг/л	1707,4	1000
16	Взвешенные вещества, мг/л	2,21	0,25
17	Al, мг/л	0,087	0,5
18	Pb, мг/л	1,4243	0,03
19	As, мг/л	0,6132	0,05
20	Zn, мг/л	0,7461	5
21	Cu, мг/л	1,3542	1
22	Ni, мг/л	0,3133	0,1
23	Mn, мг/л	4,3217	0,1

На основе химической классификации природных вод по аниону можно сказать, что воды шахты «Восточная» относятся ко второму классу и называются сульфатно-бикарбонатными [8].

Для определения физико-химических свойств воды был использован современный прибор - YSI

556 MPS (Multi-Probe System) [9]. Прежде всего, прибор был откалиброван по всем определяемым параметрам с применением стандартных растворов, а затем было проведено измерение шахтной воды. Полученные результаты на весенний сезон представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2.

Физико-химические показатели проб воды шахта «Восточная».

№	DateTime	Temp	SpCond	DO Conc	pH	pHmV	ORP	Salinity	TDS	Resistivity	DO%	Cond
	M/D/Y	°C	mS/cm	mg/L		mV	mV	ppt	mg/L	KOhm.cm	%	mS
1	04.23.20 09:12:19	11.43	1.879	10.47	8.27	-77.3	221	0.96	1221.5	0.72	96.4	1.392
2	04.23.20 09:12:39	11.23	1.879	10.45	8.26	-76.8	221	0.96	1221.6	0.72	95.9	1.385
3	04.23.20 09:12:59	11.16	1.880	10.43	8.26	-76.7	221	0.96	1221.7	0.72	95.5	1.383
4	04.23.20 09:13:19	11.09	1.880	10.42	8.26	-76.5	221	0.96	1221.7	0.72	95.2	1.380
5	04.23.20 09:13:39	11.02	1.879	10.41	8.25	-76.3	222	0.96	1221.6	0.73	95.0	1.378
6	04.23.20 09:13:59	10.96	1.879	10.41	8.25	-76.2	222	0.96	1221.5	0.73	94.9	1.375
7	04.23.20 09:14:19	10.90	1.879	10.39	8.25	-76.0	222	0.96	1221.5	0.73	94.6	1.373
8	04.23.20 09:14:39	10.83	1.879	10.38	8.24	-75.8	222	0.96	1221.5	0.73	94.4	1.371
9	04.23.20 09:14:59	10.77	1.879	10.37	8.24	-75.6	222	0.96	1221.5	0.73	94.1	1.369
10	04.23.20 09:15:19	10.71	1.879	10.36	8.24	-75.4	222	0.96	1221.5	0.73	93.9	1.366
11	04.23.20 09:15:39	10.65	1.879	10.36	8.23	-75.2	222	0.96	1221.6	0.73	93.7	1.364
12	04.23.20 09:15:59	10.59	1.880	10.34	8.23	-75.0	222	0.96	1221.7	0.73	93.4	1.362
13	04.23.20 09:16:19	10.54	1.880	10.33	8.23	-74.8	223	0.96	1221.7	0.74	93.2	1.360
14	04.23.20 09:16:39	10.48	1.880	10.33	8.22	-74.6	223	0.96	1221.7	0.74	93.1	1.358
15	04.23.20 09:16:59	10.42	1.880	10.32	8.22	-74.4	223	0.96	1221.7	0.74	92.9	1.356
16	04.23.20 09:17:19	10.37	1.879	10.31	8.22	-74.3	223	0.96	1221.6	0.74	92.7	1.354
17	04.23.20 09:17:39	10.31	1.879	10.30	8.21	-74.1	223	0.96	1221.5	0.74	92.5	1.352
18	04.23.20 09:17:59	10.26	1.879	10.28	8.21	-73.9	223	0.96	1221.4	0.74	92.2	1.350
19	04.23.20 09:18:19	10.21	1.879	10.28	8.21	-73.7	223	0.96	1221.3	0.74	92.1	1.348

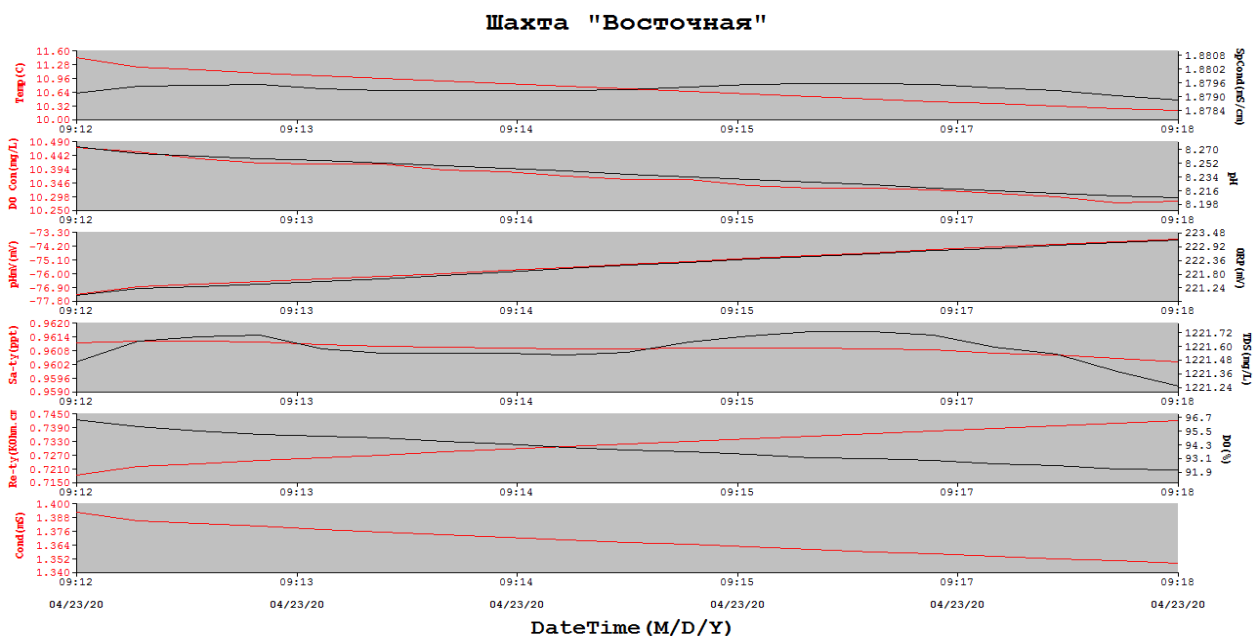


Рис.1. Изменение физико-химических показателей по времени.

Для уточнения физико-химического состава воды шахты «Восточная» пробы для измерения отбирались по сезонам года.

Таким образом, на основе полученных сезонных результатов можно сделать вывод, что воду из шахты «Восточная» следует подвергнуть очистке от тяжелых и радиоактивных металлов, а также других загрязняющих факторов.

#### Литература:

1. Линевиц, С.Н. Коагуляционный метод водообработки / С.Н. Линевиц, С.В. Гетманцев. ОАО «АУРАТ». –М.: Наука, 2007. -230с.
2. Лин, М.М. Разработка технологии очистки сточных вод от тяжелых металлов методами наночистоты и ионного обмена / М.М. Лин. – Москва, 2018. –117 с.
3. Ботаханов, Е.К. Разработка технологических схем очистки воды с учетом антропогенных загрязнений источников водоснабжения в Республике Казахстан / Е.К. Ботаханов, Е.Т. Тогабаев. Материалы Центральноазиатской международной научно-практической конференции «МКВК навстречу 4 Всемирному водному форуму: местные действия для предотвращения водного кризиса». Алматы, - 2005. –С. 171-173.
4. Информационно-познавательный портал о Таджикистане. – Режим доступа: <https://www.tajik-gateway.org/wp/industry/gornodobyvayushhaya-promyshlennost/leninabads kij-kombinat-redkih-metal/>

5. Атомно-абсорбционный спектрометр AAnalyst 800. Графитовая печь с автодозатором AS-800. Руководства по использованию, 2008. -103 с.
6. Ручной фотометр SQ 118, 2010 г. - 133 с.
7. СанПиН 2.1.4.004-07. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.
8. Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий горной промышленности [Электронныйресурс]: справочное пособие / Л.Ф. Долина. – Д.: Молодеж. комиссия, 2000. –Электронно-библиотечная система – Режим доступа: <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/788/1/mini ning.pdf>.
9. Руководство по эксплуатации YSI 556 MPS (Multi-Probe System).

#### ТАРКИБИ ФИЗИКО-ХИМИЯВИИ ОБИ ШАХТАИ «ВОСТОЧНАЯ»

**Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов, С.К. Ҳоҷиев**

Дар мақола натиҷаҳои таркиби физико-химиявии оби шахтаи «Восточная» оварда шудаанд. Таҷҳизотҳои замонавӣ барои муайян кардани таркиби физико-химиявии об истифода бурда шудаанд. Нишондодҳои аз меъёр зиёд будаи об ва сабабҳои мавҷудияти онҳо дар оби шахтаи нишон дода шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** оби шахта, таркиби физико-химиявий, анионҳо, катионҳо, металҳои вазнин.

## PHYSICAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE WATER OF THE VOSTOCHNAYA MINE

*D. S. Davlatov, Kh. E. Ashurov, S. K. Khodzhiyev*

The article deals with the following issues: the results of a study of the physical and chemical composition of the water of the Vostochnaya mine. Modern devices have been used to determine the physical and chemical composition of water. It was shown that concentration of heavy metals in the water exceeds admissible limits and reasons of that were explained.

**Keywords:** mine water, physical and chemical composition, anions, cations, heavy metals.

## Сведения об авторах:

Давлатов Давлатмахмад Сангинович - начальник центра регистрации и тестирования Горно-металлургического института Таджикистан.

Тел.: 92-950-44-33, E-mail: davlat-ds@mail.ru

Ашуров Хайруддин Ёрович - старший лаборант лаборатории анализа воды Горно-металлургического института Таджикистана. Тел: 92-773-99-98, E-mail: zukhal86@gmail.com

Ходжиев Саидмукбил Косимович - кандидат технических наук, заведующий лабораторией анализа воды Горно-металлургического института Таджикистана. Тел.: 92-732-08-41, E-mail: saidmukbil@mail.ru

## ОБОГАЩЕНИЕ МЕДНО-СУРЬМЯНО-СЕРЕБРЯНЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

*Ф.С. Лалоев, Ш.Р. Самихов*

*Таджикский национальный университет*

*В статье представлены результаты опытов обогащения полиметаллических руд Акджилгинского месторождения. Путем коллективной флотации комплексно извлекается медно-сурьмяно-серебряный коллективный концентрат. Ценные ископаемые тетраэдрит, халькопирит инкрустировано располагаются в форме мелких и тонких гранул, однако их структура достаточно сложная. Основные металлические элементы, медь и сурьма, образуются в форме сульфидов или оксидов. Основным жильным минералов является кварц. При условии тонкости измельчения руды, рекомендованной для эксперимента 90,3% -0,074 мм используется технология коллективной флотации, в ходе которой получают медно-сурьмяно-серебряный коллективный концентрат и хвосты. Хвостами коллективной флотации являются отвалы хвосты.*

**Ключевые слова:** полиметаллические руды, флотация, химические реагенты, медно-сурьмяно-серебряный концентрат, извлечения металла.

Основным источником получения серебра являются полиметаллические руды цветных металлов: медные, медно-висмутовые, свинцово-цинковые и полиметаллические. Серебро в основном находится в ассоциации с сульфидными минералами (галенитом, сфалеритом, халькопиритом, пиритом, халькозином и пирротином), а также в свободном состоянии в виде серебросодержащих минералов (аргентита, цераргирита, аргентоярозита и пираргирита). Нерудные минералы обычно представлены кварцем,

хлоритом, серицитом. Руды часто характеризуются тонким взаимопрорастанием сульфидов между собой, а также с минералами пустой породы [1-4].

Основной технологией извлечения благородных металлов из руд коренных месторождений является цианистый процесс, посредством которого добывается до 90% золота и значительное количество серебра. Существует, однако категория так называемых упорных руд, прямое цианирование которых либо вообще невозможно (без применения дополнительных дорогостоящих технологических операций), либо характеризуется низкими показателями извлечения. К числу упорных относятся и золотые, серебряные, медистые руды, месторождения которых достаточно распространены в мире, в том числе в РФ [5-7].

Руда Акджилгинского месторождения представлена сернистыми осиленными коллективными залежами медно-сурьмяно-серебряных полиметаллических сернистых руд. Главным образом выделяются две залежи: длина залежи №1 115 м, средняя толщина 0,5 м, средняя проба серебряной руды 2087,8 г/т; длина залежи № 2 также 115 м, средняя толщина 0,46 м, средняя проба серебряной руды 2351,7 г/т.

Промышленный тип руд, перерабатываемых на обогатительной фабрике, главным образом представлен полиметаллическим сернистым окисленным тетраэдритом, степень окисления руд

достаточно высокая. Естественный тип руд представлен коллективным минерализованным комбинированным типом, который подразделяется на тетраэдрит, теннантит, халькопирит, халькозин, ковеллин, малахит, броханит и самородную медь, частично встречается минерализация халькопирита и парагенезис минерализации пирита. Вторичная минерализация малахита, азурита, ковеллин.

Масштабы обнаруженных на месторождении медно-сурьмяных руд неоднородны, толщина минимального залегания 0,3 м, тянется вдоль простирания пласта на 115 м, толщина максимального залегания более 3 м, содержание руд в залежах разное, обычно составляет 0,15-2,5%. Залежи медных руд главным образом сконцентрированы в центральной части с уклоном на север, их распределение достаточно централизовано, все залежи имеют жилистую форму, руды залегают в тектонических зонах разлома или сбоку, в межпластовых трещинах, зонах контакта интрузивных и вмещающих пород, направление их размещения четко predetermined тектоникой и интрузивными массами.

На основании химического анализа в руде Акджилгинского месторождения были определены нижеследующие компоненты (таблица 1).

Таблица 1.

Результаты химического анализа исходной руды.

Компоненты	Содержание, %
Cu	0,75
Pb	0,03
Zn	0,03
Sn	0,12
Cd	0,001
Ag (г/т)	1051
Bi	0,061
Sb	0,47
W	0,001
S	0,44
Fe	23,53
As	0,145
SiO <sub>2</sub>	27,85
MnO <sub>2</sub>	3,62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,001
CaF <sub>2</sub>	0,087

Измельченная руда размером -0,074 мм с тонкостью до 90-92% подвергается процессу

флотации; проходит одиночный технологический процесс коллективной флотации, процесс флотации представлен одной грубой, тремя тонкими и тремя контрольными флотациями, в результате чего получается коллективный концентрат из меди, сурьмы, серебра и хвосты. Концентрат песочным насосом поднимается в сгуститель для обогащения, вода перелива поступает в отстойник, откуда после осаждения возвращается в воду для производственной системы. Осажденный песок идет в керамический фильтр для дегидратации, фильтрат поступает в отстойник, кек упаковывается в мешки для концентрата и отправляется на реализацию. Флотационные хвосты являются отвальными хвостами горно-обогатительного комбината. В ранние периоды они по закрытым трубопроводам самотеком проходят к хвост хранилищу, находящемуся на расстоянии более 500 м. В последующие периоды из-за повышения уровня набросной дамбы, в соответствии с потребностями развития или за счет увеличения давления в шламовом насосе хвосты перекачиваются в хвост хранилище.

В целях превращения результатов испытаний в производительные силы в ходе испытаний применяется общепотребительный экологический обогащающий реагент, передовое и отвечающее реальной ситуации добычи исходной руды. На Акджилгинском месторождении технологическое решение обогащения руды, для обогащения и регенерации меди, сурьмы, серебра и других ценных элементов используется технология коллективной флотации. Технологию загрузки экспериментального реагента замкнутого типа и качественно-количественную схему испытаний представлена на рисунке 1 и таблице 2.

Результаты флотационной испытаний показывают, что за счет тонкого измельчения и усиления управления технологическим процессом для освоения данных ресурсов рядовых руд можно получить достаточно хорошие показатели сепарации, путем эксперимента замкнутого типа получен медно-сурьмяно-серебряный коллективный концентрат.

Согласно результатам качественных и эмпирических исследований установлено, что для данного исследования используется технология коллективной флотации. Расход реагентов в процесс флотации представлена на таблице 3.



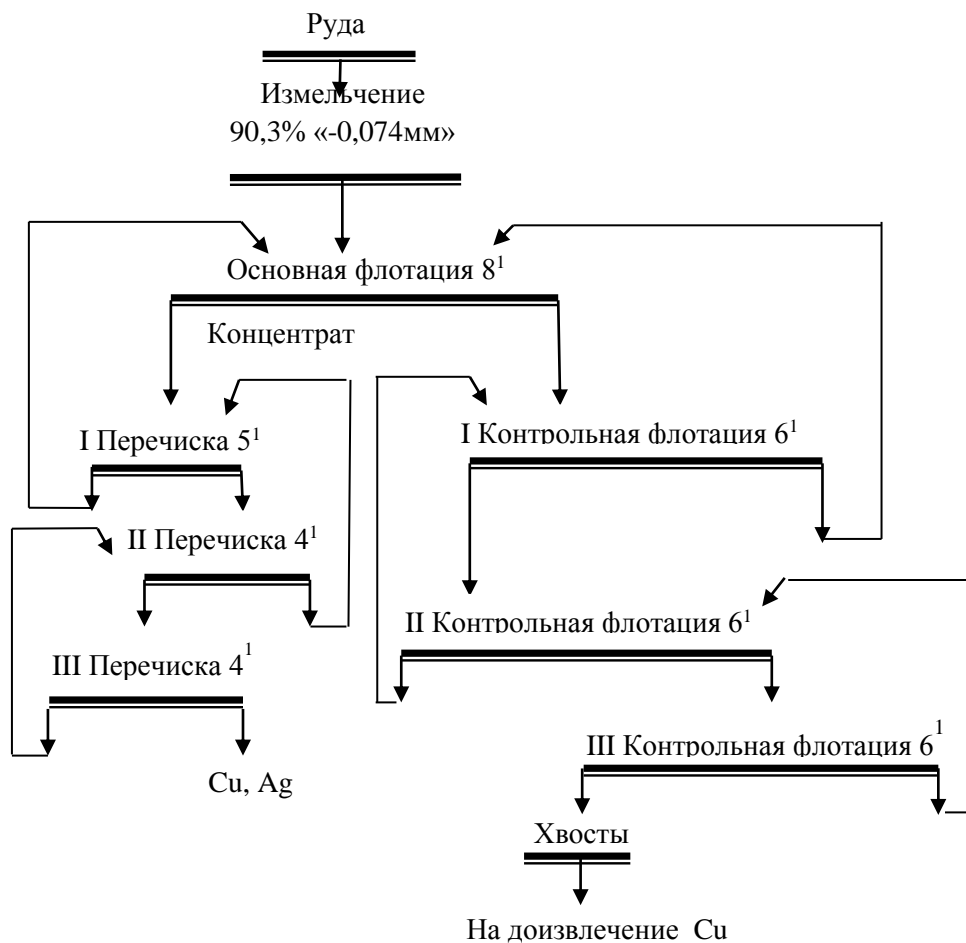


Рис. 1. Технологическая схема обогащения полиметаллической руды месторождения Акджилга.

Таблица 2.

Результат флотации в замкнутом цикле с тремя перечистками концентрата.

Наименование продуктов	Выход (γ), (%)	Содержание компонентов, %			Извлечение металлов, (%)		
		Cu	Ag (г/т)	Sb	Cu	Ag	Sb
Исходная руда	100,00	0,75	1051,0	0,47	100,00	100,00	100,00
Медный концентрат	3,11	18,22	32144,0	7,68	75,48	95,11	50,67
Хвосты	96,89	0,19	53,0	0,24	24,52	4,89	49,33

Таблица 3.

Расход реагентов в процессе флотации.

Название операции	Название подаваемого реагента	Суммарный расход (г/т)
Бак песочного насоса циклона	Безводный карбонат натрия	1000
Классифицированный перелив	Сульфид натрия	250
Основная флотация	Дитиосфат 25 <sup>#</sup>	20
	Z-200	20
	Масло 2 <sup>#</sup>	20
	Смешанный реагент-собиратель	300
	Диэтилдитиокарбамат	100
	Жидкое стекло	1000
Третий бак грубого смешивания	Смешанный реагент-собиратель	100
	Диэтилдитиокарбамат	50
Коллективная контрольная флотация 1	Дитиосфат 25 <sup>#</sup>	10
	Z-200	10
	Масло 2 <sup>#</sup>	10
	Смешанный реагент-собиратель	150
	Диэтилдитиокарбамат	50
	Безводный карбонат натрия	300
	Сульфид натрия	100
Коллективная контрольная флотация 2	Z-200	5
	Смешанный реагент-собиратель	80
	Диэтилдитиокарбамат	30
	Сульфид натрия	50
Коллективная контрольная флотация 3	Смешанный реагент-собиратель	40

**Литература:**

1. Соложенкин П.М. Обогащение руд на обогатительных фабриках Таджикской ССР / Издательство «Дониш», Душанбе 1984. - 80 с.

2. Самихов Ш.Р., Зинченко З.А., Исаева А.Т. Технология флотации полиметаллических руд месторождения большой Канмансур / Вестник Таджикского национального университета, 2017. № ¼. С.163-168.

3. Давыдова Л.А., Малютин Т.А. Селективная флотация колчеданных свинцово-цинковых и полиметаллических руд на зарубежных обогатительных фабриках / М.: ЦНИИ цветмет экономики и информ. - 1982. - 44 с.

4. Самихов Ш.Р., Бадалов Дж.Н. Оптимизация показателей обогащения свинцово-цинковых руд месторождения «Зарнисор» путем повышения

содержания класса – 0,074 мм в пульпе / Вестник Таджикского технического университета, 2019. № 1 (45). С.109-112.

5. Самихов Ш.Р., Бобохонов А.Б., Зинченко З.А. Технология разработки окисленной золото-,медно-, мышьяксодержащей руды месторождения Тарор / Вестник Таджикского национального университета, 2014. № 1/1 (126). С. 114 – 119.

6. Патент № ТЖ 1088 Республика Таджикистан. Способ флотационного обогащения полиметаллических руд / Ш.Р. Самихов, А.Т. Исоева. – № 1901328; заявлено 02.07.2019; опубл. 06.06.2020.

7. Majzlan, J., Chovan M., Andras P., Newville M., Wiedenbeck M.N. The nanoparticulate nature of invisible gold in arsenopyrite from Pezinok/ Jb. Miner. Abh., 187/1. 2010. -P. 1-9.

**ГАНИГАРДОНИИ МАЪДАНИ  
ПОЛИМЕТАЛЛИИ  
МИС-СУРМА ВА НУКРАДОР  
Ф.С. Лалоенов, Ш.Р. Самихов**

Дар мақола натиҷаи таҷрибаҳои ганигардони маъдани полиметаллии кони Акдчилга тавассути флотатсияи коллективӣ комплекси концентрати коллективии мис-сурма-нукрадор ҷудо карда мешаванд. Минералҳои киматбаҳои тетраэдрит, халкопирит дар шаклҳои хурд ва донабандии тунук доро буда, вале структураи онҳо хеле мушкил мебошад. Элементҳои металлии асосӣ ин мис ва сурма, ки дар шакли сулфидҳо ё оксидҳо бавҷуд омадаанд. Аз ҳама қабати минералӣ ин кварс мебошад. Дар шароити тунук майдакунии маъдан ба рои гузаронидани таҷриба 90,3% -0,074 мм тавсия дода технологияи флотатсияи коллективӣ истифода шуда, ки дар натиҷа концентрати коллективии мис-сурма-нукрадор ва партов ҳосил мешавад, ки партови флотатсияи коллективӣ тӯдаи партов мебошад.

**Калимаҳои калидӣ:** маъдани полиметаллӣ, флотатсия, реагентҳои химиявӣ, концентрати мис-сурма-нукрадор, ҷудокунии металл.

**ENRICHMENT OF COPPER-ANTIMONY-SILVER POLYMETALLIC ORES**

*F. S. Laloenov, Sh. P. Samikhov*

The article deals with the results of experiments on the enrichment of polymetallic ores of the Akdzhilginsky deposit. By collective flotation, the copper-antimony-silver collective concentrate is extracted in a complex manner. Valuable minerals tetrahedrite, chalcopyrite are encrusted in the form of small and thin granules, but their structure is quite complex. The main metallic elements, copper and antimony, are formed in the form of sulfides or oxides. The main vein mineral is quartz. Under the condition of the ore grinding fineness recommended for the experiment of 90.3% -0.074 mm, the technology of collective flotation is used, during which a copper-antimony-silver collective concentrate and tailings are obtained. The tailings of collective flotation are dump tails.

**Keywords:** polymetallic ores, flotation, chemical reagents, copper-antimony-silver concentrate, metal extraction

**Сведения об авторах:**

Самихов Шонавруз Рахимович – д.т.н., и.о. профессора кафедры «Технология химического производства» ТНУ. Тел.: (+992) 900-19-95-72  
E-mail: samikhov72@mail.ru,

Лалоенов Фарид Санговчиевич - соискатель, химик-технолог обогатительной фабрики Якджилгинского месторождения. Тел.: (+992) 93 512 60 60., E-mail: farid.laloenov@bk.ru

**ОЧИСТКА ШАХТНОЙ ВОДЫ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУЛЬФАТА ЖЕЛЕЗА В КАЧЕСТВЕ КОАГУЛЯТА**

*Х.Ё. Ашуоров, Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев*

*Горно-металлургический институт Таджикистана*

*В статье приведены результаты очистки тяжелых металлов воды шахты «Мармар» с использованием сульфата железа в качестве коагулянта. Изучена зависимость степени очистки тяжелых металлов от продолжительности процесса коагуляции воды и от дозы сульфата железа. Показаны оптимальные условия процесса коагуляции воды шахты «Мармар».*

**Ключевые слова:** очистка шахтных вод, тяжелые металлы, коагуляция воды, сульфат железа.

Горнодобывающие предприятия занимают значительное место в экономике нашей страны. Одним из таких предприятий является ОАО «Ленинабадский комбинат редких металлов». Однако, в результате деятельности этого комбината остались заброшенные шахты, затопленные водой, в частности, шахта «Мармар», которая оказывает

масштабное негативное воздействие на окружающую среду. Свидетельством этому является сброс загрязненных шахтных вод в объеме 0,57 млн. м<sup>3</sup> в год.

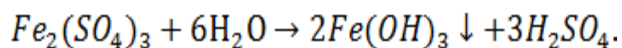
Основным загрязнителем воды шахты «Мармар» являются тяжелые металлы, наличие которых непосредственно связано с шахтными работами. Обогащение воды данного объекта этими металлами происходит в процессе выщелачивания горных пород [1]. В ходе анализов воды шахты «Мармар» по сезонам года были определены концентрации тяжелых металлов. Концентрации их по всем сезонам года превышали ПДК. В связи с этим мы поставили задачу изучить технологию очистки воды шахта «Мармар» от тяжелых металлов.

В настоящее время одним из приоритетных методов очистки шахтных вод является метод коагуляции, в частности, коагуляция с

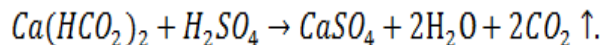
использованием сульфата железа в качестве коагулянта. Одним из преимуществ сульфата железа в этом качестве является его коагулирующая способность при низкой температуре воды [2]. Поэтапная очистка шахтных вод от всех загрязнителей обеспечивает качество очищенной воды, удовлетворяющее требованиям санитарных норм и правил.

В качестве коагулянта для очистки воды шахты «Мармар» от тяжелых металлов использовался 10% водный раствор сульфата железа.

Известно, что при добавлении к воде сульфата железа происходит реакция гидролиза, которая протекает по формуле:

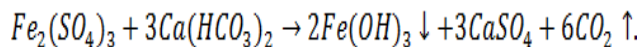


В исходной пробе воды в значительном количестве присутствовали бикарбонатные ионы (200-300 мг/л). Из-за присутствия этих ионов в воде протекает реакция нейтрализации серной кислоты:



Как видно из формулы, в результате реакции выделяется углекислый газ, который является коррозионно-агрессивным.

Объединяя оба выражения, суммарную реакцию можем выразить в следующем виде:



Значение pH для гидроксида железа находится в интервале 3,5-6,5 или 8-11 [2-4]. При этом она образует коллоидный раствор, который является неустойчивым, и в дальнейшем эта неустойчивая система коагулирует все коллоидные примеси воды, в том числе токсичные и радиоактивные частицы [5].

Многочисленные опыты по коагуляции воды проводились на Flocculator 2000 (Kemira, Helsingborg, Sweden) с использованием программного управляемого флокулятора. В установке использовался литровый стеклянный стакан. Условия проведения опытов:

1. Флокулятор был запрограммирован на 60-секундное быстрое перемешивание (400 об/мин) и медленное перемешивание от 10 до 50 минут (75 об/мин). Мензурка была наполнена 1 л исследуемой воды;

2. Перед запуском программы в мензурку при перемешивании добавлялась рассчитанные дозы сульфата железа;

3. Как только программа перемешивания была закончена, проба отстаивалась в течение 10 минут, а затем была перенесена на фильтрующую установку и отфильтрована (диаметр отверстий фильтра - 0,45 мкм);

4. Температура проведения опытов для сульфата железа составила 25-26 °С;

5. Был подготовлен 10% раствор сульфата железа из его соли с дистиллированной водой. Прежде всего, дистиллированную воду трижды отфильтровали через фильтр (диаметр отверстий - 0,2 мкм), получив воду нулевой мутности.

Нами была изучена зависимость степени очистки воды шахты «Мармар» от продолжительности процесса коагуляции при дозе сульфата железа в 200 мг/л. На рисунке 1 видно, что с ростом продолжительности процесса степень очистки воды от тяжелых металлов увеличивается, т.е. их концентрации становятся все меньше по сравнению с концентрациями в исходной пробе воды. В ходе проведения опытов были найдены оптимальные условия для коагуляции воды, продолжительность процесса коагуляции при которых составила 50 минут. В фильтрате при этом условии содержание железа составило 0,28 мг/л, что не превышает ПДК для питьевой воды.

Полученные результаты показывают, что эффективность очистки по Pb, As, Zn, Cu, Ni и Mn составляет 76-86%.

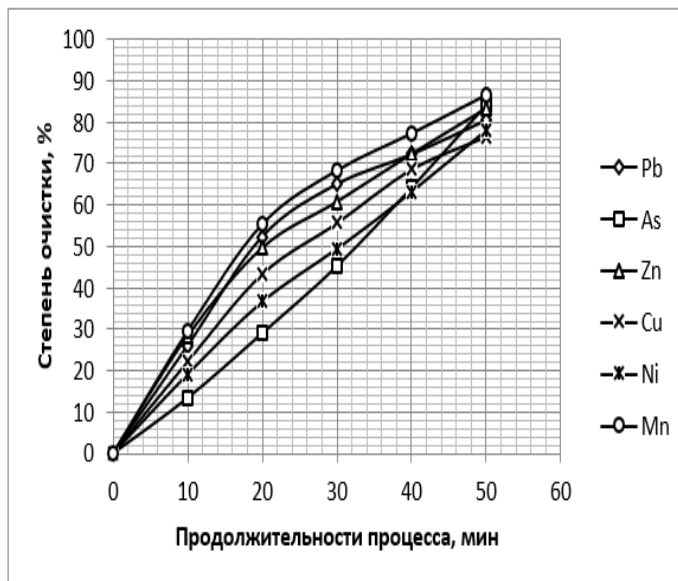


Рис.1. Зависимости степени очистки по Pb, As, Zn, Cu, Ni и Mn от продолжительности процесса коагуляции при дозе сульфата железа в 200 мг/л.

Концентрацию тяжелых металлов в исходной пробе и пробах после коагуляции воды измеряли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием спектрометра AAnalyst 800 с графитовым атомизатором производства Perkin Elmer, США [6] и методом фотометрии с использованием фотометра SQ 118 производства Merck, Германия [7].

Прежде всего, приборы были откалиброваны по всем определяемым элементам с применением стандартных растворов и тестов, а затем были

проведены измерения исходной пробы и фильтратов.

Для определения оптимальной дозы коагулянта была проведена серия опытов. Дозы сульфата железа при этом брались от 100 до 500 мг/л. Продолжительность процесса коагуляции при температуре 25-26 °С составляла 50 минут. Результаты опытов приведены на рисунке 2.

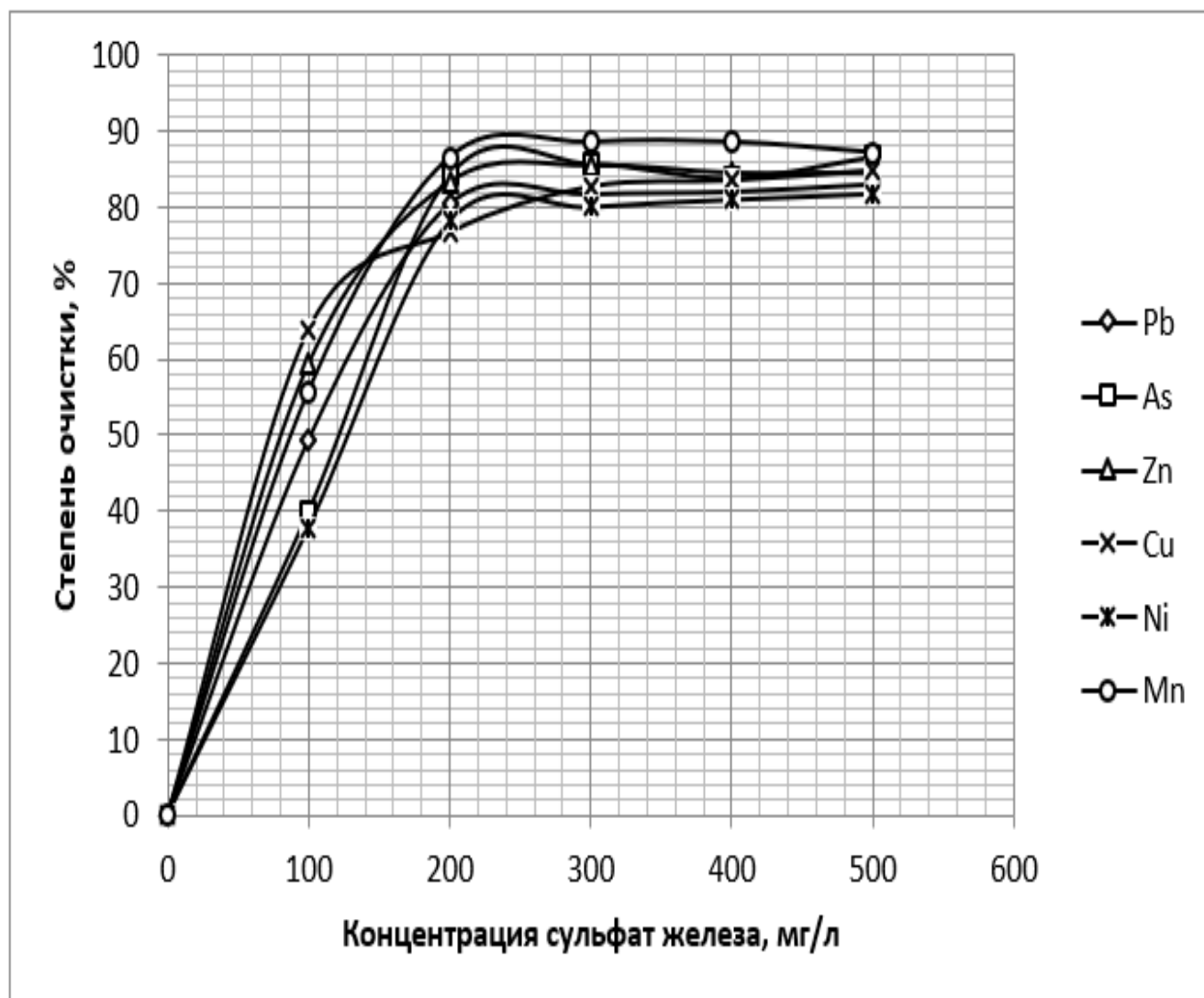


Рис.2. Зависимости степени очистки по Pb, As, Zn Cu, Ni и Mn от дозы сульфата железа при продолжительности процесса коагуляции 50 мин.

Как видно из рисунка 2, с повышением дозы коагулянта от 100 до 200 мг/л степень очистки от тяжелых металлов резко увеличивается, а после 200 мг/л с повышением дозы коагулянта степень очистки изменяется незначительно. Это связано с pH коагулирующих растворов, который при дозе коагулянта 300-500 мг/л стал ниже 3,5. В этом случае интенсивность процесса разложения гидроксида железа превосходит интенсивность процесса его образования.

Таким образом, на основе полученных данных можно сделать вывод, что основными загрязнителями воды шахты «Мармар» являются тяжелые металлы, наличие которых может быть связано с выщелачиванием горных пород.

Также можно сделать вывод, что сульфат железа (III) является хорошим коагулянтом для очистки тяжелых металлов воды шахты «Мармар» при дозе 200 мг/л, температуре 25-26 °C и продолжительности процесса 50 мин. При этих условиях степень очистки воды данного объекта от тяжелых металлов находилась в интервале 76-86%, и остаточная концентрация железа в фильтрате составила 0,28 мг/л.

#### Литература:

1. Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий горной промышленности и методы их очистки: Справочное пособие. Днепропетровск, 2000. -60 с.
2. Качалова Г. С. Коагуляционно-сорбционная очистка сточных вод. Вода и экология: проблемы и решения, 2019, № 2 (78), с.32-39.
3. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. - М.: Издательство МЭИ, 2003. - 310 с.
4. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. Л.: Химия, 1987. – 208.
5. Черкашина Г.А. Коагуляция воды. - Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – 16 с.
6. Атомно-абсорбционный спектрометр АAnalyst 800. Графитовая печь с автодозатором AS-800. Руководства по использованию, 2008. – 103 с.
7. Manual Photometer SQ 118, 2010. – 133 p.

## ТОЗАКУНИИ ОБИ ШАХТА АЗ МЕТАЛҲОИ ВАЗНИН БО ИСТИФОДАБАРИИ СУЛФАТИ ОҶАН БА СИФАТИ ДУРДАБАНД

*Х.Ё. Ашуров, Д.С. Давлатов, С.К. Ҳоҷиев*

Дар мақола натиҷаҳои тозакунии металҳои вазнини оби шахтаи «Мармар» бо истифодабарии сульфати оҳан ба сифати дурдабанд оварда шудаанд. Дарачаи тозакунии металҳои вазнин аз давомнокии раванди дурдабандии об ва аз дозаи сульфати оҳан омӯхта шудааст. Шароитҳои муносиби дурдабандии оби шахтаи «Мармар» нишон дода шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** тозакунии обҳои шахта, металҳои вазнин, дурдабандии об, сульфати оҳан.

## PURIFICATION OF MINE WATER FROM HEAVY METALS WITH THE USE OF FERRIC SULFATE AS A COAGULATION

*Kh. Y. Ashurov, D.S. Davlatov,  
S. K. Hojiev*

The article presents the results of treatment of «Marmar» mine water of heavy metals using ferric sulfate as a coagulant. Dependency of purification degree from the duration of the process and from the dose of ferric sulfate was studied. Optimal conditions for coagulation process of the «Marmar» water are shown.

**Key words:** treatment of mine waters, heavy metals, coagulation of water, ferric sulfate.

#### Сведения об авторах:

Ашуров Хайруддин Ёрович - старший лаборант лаборатории анализа воды Горно-металлургического института Таджикистана. Тел: 92-773-99-98, E-mail: zukhal86@gmail.com

Давлатов Давлатмахмад Сангинович - начальник центра регистрации и тестирования Горно-металлургического института Таджикистана.

Тел.: 92-950-44-33, E-mail: davlat-ds@mail.ru

Ҳоҷиев Саидмукбил Косимович - кандидат технических наук, заведующий лабораторией анализа воды Горно-металлургического института Таджикистана. Тел.: 92-732-08-41, E-mail: saidmukbil@mail.ru

## GEOCHEMISTRY OF THE MOUNTAIN PART OF CENTRAL ASIA'S ZARAFSHON RIVER

*D. Abdushukurov*<sup>1</sup>, *G. Anvarova*<sup>2</sup>, *A. Qodirov*<sup>3</sup>, *S.G. Lennik*<sup>4</sup>,  
*V.P. Solodukhin*<sup>5</sup>, *J.Niyazov*<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,6</sup>*Institute of Water Problem, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan*

<sup>1</sup>*S.U. Umarov Physical technical Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan*

<sup>4,5</sup>*Institute of Nuclear Physics, Ministry of Energy, Republic of Kazakhstan*

*Results of processing and interpretation of data on the elemental composition of dissolved fraction of geochemistry of bottom sediments and surrounding soils obtained during the study of the upper reaches of the Zarafshon River in Tajikistan have been described. Some geochemical anomalies were identified in the rivers bed.*

**Key words:** *geochemistry, elemental composition, processing databases, Zarafshon River.*

### 1. Introduction

Zarafshon River in ancient times was a tributary of the Amu Darya, but in the late of 19th century, according to the Russian travelers, the river only reached Karakul oasis where divided on a sleeves and got lost in the oasis and in the surrounding sands. Zarafshon plays an important role in the water supply of a number of regions of Uzbekistan, and information on geochemistry of the river can be useful for environmental studies, as well as for the geochemical mapping of mountain region of river.

Modern Zarafshon River has length 877 kilometers. The total basin area is 41,860 km<sup>2</sup>, of which the mountainous part (the territory on Tajikistan); forming a drain, has 17,710 km<sup>2</sup>. Average annual water inflows, measured below the mouth of the Magiyan River is 162 m<sup>3</sup>/s. Most full flowing of river occur in July (250-690 m<sup>3</sup>/s), the least full flowing in March (28-60 m<sup>3</sup>/s) [1].

Zarafshon originates from the Zarafshon glacier, formed by the junction of the Turkestan and Zarafshon ranges, at a height of 2775 m [1]. Initial flow length, approximately 300 km, runs in a narrow and deep valley. River flowing between Turkestan (in the north) and Zarafshon ranges (in the south). To the left of the River receives significant inflows: Fandarya, Kshtut and Magiyan. Geologically, entire of Zarafshon basin in its main part extremely monotonous. This is geochemically "neutral" graptolite shale (sometimes containing an increased amount of scattered syngenetic pyrite in black shales)

by Silurian period and overlying carbonate (dolomite and limestone) column Devon Carboniferous age, mainly in the southern side of the valley throughout the Zarafshon district. Against this background, significant anomalies of major- and trace elements create local ore sites with factories for processing of ore, gypsum-salt accumulations of Mesozoic deposits along the river and places with specific composition of intrusive rocks outputs: alkaline and nephelinesyenite, sometimes with small displays of carbonates [4,10].

This paper is devoted to the data handling of the results of elemental analysis of samples: water, bottom sediment and surrounding soil sampled in the inflows in upper reaches of the Zeravshan (Mountain Matcha Valley), in tributary Magiyan and in the Zarafshon River. Interpretation of the results made it possible to evaluate of the ecological state of the river and identify some of the geochemical features of the Zeravshan gorge in Tajikistan.

### 2. Research methodology

The objects of research are the coastal soils of the Zarafshon river basin. 20 soil samples were taken along the Zarafshon River and its side tributaries.

Soils were sampled on the main tributaries of the basin. Unfortunately, it was not possible to take soil samples everywhere, as in, the lower reaches of the Sarvod, Iskanderdarya, Dzhidzhikrut rivers and up to the Anzob village, soils are practically absent. These areas belong to the highly arid zone. The soil based on sandstone formed during the weathering of the surrounding rocks. There is practically no vegetation on the rocks surrounding the river. All soils brought from other regions are suitable for agriculture.

Designated sampling points and their geographical coordinates are given in Table 1 and Figure 2, produced on base of satellite maps "Google Earth" (Google Earth).

In the some sampling points due to the complexity of the relief, we could not take away samples of water and sediments. Only the selection of soil samples was carried out in those points.



Fig. 2. Map of the sampling points in mountainous part of Zarafshon river.

Table 1.

Sampling points, their GPS coordinates, altitude.

Date and time	Place of sampling	Designation	N.L.	E.L.	Altitude above sea level
1	2	3	4	5	6
15.07.2020, 12:26	Jijikrut-1	FanS1	39° 06,592	068° 41,252	2658
15.07.2020, 12:55	Jijikrut-2	FanS2	39° 09,067	068° 39,087	2355
15.07.2020, 13:35	Yagnob-1	FanS3	39° 11,986	068° 38,428	1772
15.07.2020, 14:14	Gabirud	FanS4	39° 10,503	068° 34,577	1839
15.07.2020, 15:11	Yagnob-3	FanS5	39° 11,264	068° 32,424	1683
20.07.2020, 16:10	Kumarg	FanS6	39° 21,837	068° 33,668	1398
16.07.2020, 05:52	Zoosun	ZarS1	39° 23,416	068° 36,627	1477
16.07.2020, 06:14	Tomin	ZarS2	39° 23,383	068° 38,649	1483
16.07.2020, 07:13	Rarz	ZarS3	39° 22,836	068° 45,221	1576
16.07.2020, 09:09	Veshab	ZarS4	39° 24,605	068° 56,204	1787
16.07.2020, 10:33	Shamtuch	ZarS5	39° 24,058	068° 00,085	1762
16.07.2020, 12:24	Obburdon	ZarS6	39° 24,657	068° 05,641	1885
16.07.2020, 12:51	Comadon	ZarS7	39° 25,401	068° 10,020	1915
16.07.2020, 13:23	Pastigave	ZarS8	39° 25,050	068° 13,445	1902
17.07.2020,09:30	Shakhriston-3	ZarS9	39° 26,439	068° 32,481	1749
17.07.2020,09:51	Zarafshon-3	ZarS10	39° 25110	068° 30,625	1365
17.07.2020, 11:11	Rovut	ZarS11	39° 27,171	068° 11,439	1230
17.07.2020, 12:20	Artuch	ZarS12	39° 20,586	068° 03,921	1454
17.07.2020, 15:00	Kishtud	ZarS13	39° 21,878	068° 02,202	1353
18.07.2020, 07:57	Zarafshon -4	ZarS14	39° 31,535	067° 26,215	888

**3. Result of geochemistry of bottom sediments and surrounding soils**

The distribution of trace elements in soils looks rather complicated. When analyzing trace elements, we did not consider the content of rare earth elements, since their toxic effect on soils and plants are investigated poorly.

From the composition of trace elements, only toxic and heavy metals were selected. The concentrations of toxic and heavy metals in soil samples are shown in Table 2.

Among the analyzed trace elements for this work were selected toxic elements, as well as thorium and uranium. The last two elements are not classified as toxic elements, although their increased concentration in soils can cause an increased radioactive background (Figure 3).

The analyzed elements included: **As, Ba, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Sr, Th, U, V, and Zn.**

In practice, the Geo-accumulating index (Igeo), the pollution factor (CF) and the pollution loading index (PLI), described in the literature [12-15], are used to determine the degree of soil and bottom sediment pollution.

According to Miller, for the selected n elements, Igeo will be defined as:

$$I_{geo,i} = \log_{10} \left[ \frac{c_i}{1.5 \times B_i} \right] \tag{1}$$

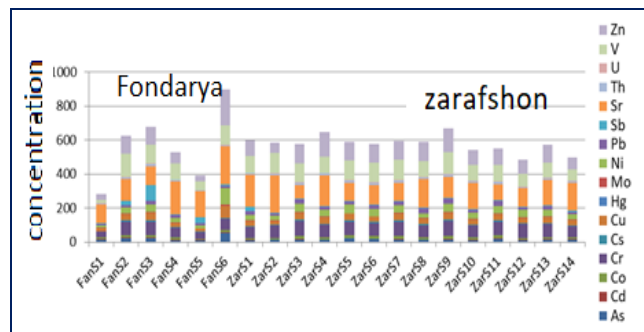


Fig.3. Concentration of toxic elements in sample samples.

where  $c_i$  is the experimentally determined content of the n element in the studied medium and  $B_i$  - is the geochemical background of the same element in the reviewed literature [15]. A factor of 1.5 is used to compensate for possible variations in lithological character in soils. Zero and negative values of the  $I_{geo}$  coefficient can be interpreted as the absence of contamination.

Figure 4 shows examples of the distribution of  $I_{geo}$  coefficients for 14 toxic elements sampled in the Zarafshon river basin.



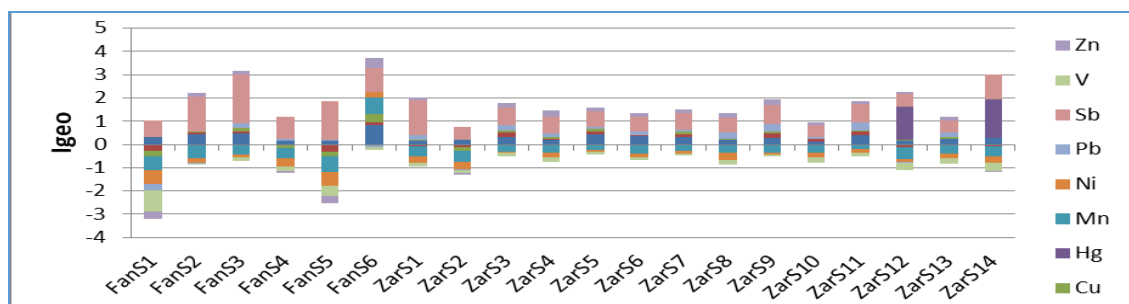


Fig.4. Distribution of the Igeo coefficient for the soils of the Zarafshon.

In the basin, the most polluted soils are concentrated at the Kumarg sampling points and at the Shahrستان pass. Contamination is mainly associated with the presence of arsenic and antimony. These zones are located in the places of development of ore zones or outcrops of intrusions. The cleanest zones are in the upper reaches of the rivers.

Shahrستان 3 sampling points are the most polluted in the Zarafshon sub-basin. Intrusions and carbonaceous shale outcrops are observed in these zones. All the soil in these places is colored in black. The cleanest places in the sub-basin are the upper reaches of the Marguzor lakes.

In some cases, it is more reasonable to compare substances with Clarkes, since Clarkes describe the average content of substances in the earth's crust, in soils, in sea and river water. The equation takes the form:

$$/K = c_i / K_i \quad (2)$$

where  $c_i$  - is the concentration of  $i$ - elements in the substance in (mg / kg),  $K_i$  - is the clarke of the same element.

The maximum values of  $K/K$  and  $I_{geo}$  are inherent in the points of Dzhidzhikrut 2, Kumarg and Shahrستان. With an increased background of soil in the floodplain of the Zarafshon River.

Calculations of the ratios of the concentration of elements to their Clarkes in soils ( $K/K$  ratio) have been performed. For many trace elements, Clarkes in soils are not determined - these are gold, uranium, thorium, all rare earth elements, etc. In this case, one can use the Clarke for the earth's crust. These  $K/K$  ratios are important for geochemistry, as they allow the identification of geochemical anomalies.

A geochemical belt 300 km long and 35 km wide runs along the northern spurs of the Hissar ridge. The belt begins in Penjikent and continues to the Alay Valley in Kyrgyzstan. A feature of the geochemical belt is the increased concentration of the following elements: **As, Au, Ba, Hg**. These four elements are ubiquitous in the Fan Mountains.

Particularly high concentrations of arsenic have been reported in the Fondaryo sub-basin. At the Kumarg point, the concentration of arsenic was almost 53 mg / kg, which is 100 Clarkes, which is a very high concentration.

In the Mountain Matcha sub-basin, the soils are more or less pure, and in the Zarafshon sub-basin, soils are distinguished on the Shahrستان pass and the vicinity of the Taror-Dzhelau deposit, on the Shing and Mogiyan rivers. At the Shahrستان pass, there is an outcrop of intrusions and carbonaceous shales, all the soil is colored in black.

There is a lot of antimony in soils in the zones of antimony-mercury deposits. Concentration of 90 mg / kg was recorded in Yagnob 2 soils. All points are part of the Dzhijikrut-Skalny antimony-mercury deposit. The soils in these places are heavily contaminated with arsenic and antimony.

In the Zarafshon sub-basin, antimony is abundant in the Mogiyan river basin. Somewhat less on the Shahrستان pass. In the Zarafshon sub-basin, an increased content of heavy metals is observed in Shahrستان, Mogiyan, Sarazm and in the lands lying in the floodplain of the Zarafshon river.

For point Zarafshon 4, which carries information about all processes occurring in the valley of the Zarafshon river, the abundance of elements ( $K/K$ ) in soils is presented as follows: **Hg, Sb, Ca, U, As, Ba, Na, Th, Pb, Zn, K, Cu, Sc, Co, Cs, La, Mo, Rb, Ce, Nd, Pr, Yb, Tb, Ni, Hf, Fe, Ti, Nb, Cd, V, Zr, Sm, Mn, Sn, Sr, Y, Ta, Lu, Ga, Cr, Br** and **Eu**.

The concentrations of such elements as: **Co, Mn, Ni, V** and **Zn** are high and are associated with the lead-zinc ore occurrence, which is accompanied by an increased concentration of **Ag**.

The concentration of toxic metals in the basin is very different from the distribution of metals in the Kafirnigan river basin, located on the southern side of the Hissar ridge.

In the analysis of soils, the definitions are also widely used - the maximum permissible excess of MPP and the approximate permissible concentration of APC.

Table 2.

Concentration of toxic and heavy elements ( $\mu\text{g} / \text{g}$ ) and their Clarke in soils.

Sampling site	designit.	aAs, $\mu\text{g/g}$	aBa, $\mu\text{g/g}$	bCd, $\mu\text{g/g}$	aCo, $\mu\text{g/g}$	aCr, $\mu\text{g/g}$	aCs, $\mu\text{g/g}$	bCu, $\mu\text{g/g}$	aHg, $\mu\text{g/g}$	bMo, $\mu\text{g/g}$	bNi, $\mu\text{g/g}$	bPb, $\mu\text{g/g}$	aSb, $\mu\text{g/g}$	bSr, $\mu\text{g/g}$	aTh, $\mu\text{g/g}$	aU, $\mu\text{g/g}$	bV, $\mu\text{g/g}$	bZn, $\mu\text{g/g}$
Dzhijikrut -1	FanS1	16	217	3,9	6,5	34	2,6	17	0,3	2,4	16	8	3,8	110	4,5	2,5	18	36
Dzhijikrut -2	FanS2	21	852	4,0	13,7	80	9,1	35	0,3	2,7	38	14	24,0	127	11,9	4,4	135	106
Yagnob-1	FanS3	22	633	3,7	14,5	81	6,1	44	0,3	3,7	44	24	91,0	110	11,6	4,8	112	105
Gabirud	FanS4	11	479	3,5	11,5	59	5,3	22	0,3	1,5	27	17	7,2	191	8,8	2,5	94	65
Yagnob-3	FanS5	11	260	3,4	6,0	38	2,7	18	0,3	1,4	16	16	35,0	150	5,0	2,2	54	35
Kumarg	FanS6	53	727	4,2	15,0	66	4,9	68	0,3	7,6	100	12	7,9	224	6,6	2,9	112	214
Zoosun	ZarS1	11	787	3,5	10,0	64	4,9	32	0,3	2,6	31	23	26,0	187	8,2	2,9	98	96
Tomin	ZarS2	12	1166	3,6	9,3	71	5,4	21	0,3	3,5	29	13	2,6	223	9,1	3,5	117	63
Rarz	ZarS3	16	1225	3,6	18,0	88	8,9	38	0,3	2,2	52	25	4,2	79	14,1	3,0	110	115
Veshab	ZarS4	12	961	4,0	12,5	73	6,9	39	0,3	2,4	38	20	4,0	181	10,8	2,7	96	144
Shamtuch	ZarS5	21	1002	3,6	15,4	80	8,8	38	0,3	2,4	51	19	3,4	107	12,6	2,5	115	111
Obburdon	ZarS6	17	1539	3,5	13,8	76	8,5	30	0,3	2,2	44	20	3,2	118	13,0	3,5	112	112
Comadon	ZarS7	15	1198	3,5	15,9	86	8,8	39	0,3	2,7	47	19	3,7	108	13,3	2,8	118	109
Pastigave	ZarS8	12	1087	4,0	11,7	70	7,2	33	0,3	1,8	30	29	3,2	168	10,7	2,8	90	116
Shakhriston-3	ZarS9	14	1141	3,7	18,5	87	10,1	39	0,3	2,6	51	31	4,7	122	14,4	3,7	128	141
Zarafshon -3	ZarS10	10	1408	3,2	15,5	67	7,3	31	0,3	1,4	38	18	2,5	154	9,8	2,6	92	91
Rovut	ZarS11	19	1121	3,3	17,0	79	12,0	34	0,3	1,5	45	32	5,0	91	12,2	3,7	99	95
Artuch	ZarS12	11	345	3,6	9,5	83	4,1	31	0,4	1,7	46	13	2,9	111	6,5	2,6	73	86
Kishtud	ZarS13	13	520	3,5	11,0	78	6,0	35	0,3	1,9	39	25	2,5	152	9,1	3,3	89	105
Zarafshon -4	ZarS14	14	895	3,4	10,0	66	6,2	29	0,7	2,1	32	15	8,4	161	9,2	2,9	66	73
Average		17	878	3,6	12,8	71	6,8	34	0,3	2,5	41	20	12,3	144	10,1	3,1	96	101
Maximum		53	1539	4,2	18,5	88	12,0	68	0,7	7,6	100	32	91,0	224	14,4	4,8	135	214
Minimum		10	217	3,2	6,0	34	2,6	17	0,3	1,4	16	8	2,5	79	4,5	2,2	18	35
Clarke		5	500	*5	8,0	200	5,0	20	0,0	2,0	40	10	*0,5	300	6,0	1,0	100	50

<sup>a</sup>- according to NAA, <sup>b</sup>- according to RFA \* - clarke for the crust.

The values of MPC and APC depend on the type of soil and the form of occurrence of metals, increase for neutral and slightly alkaline soils and decrease for mobile forms of metals. Almost all soils in Central Tajikistan are neutral or slightly alkaline with a pH > 7.

#### 4. Conclusion

The existing antimony-mercury deposits strongly influence the composition of soils in the lower reaches of the Dzhijikrut, in the Upper Kumarga. In addition to anthropogenic impact, natural pollutants also affect, especially in the areas of Yagnob, Shakhristan. Near geological objects, it is necessary to limit agricultural activities and livestock grazing.

Any agricultural crops can be cultivated on moderately hazardous soils, but control over the purity of agricultural products is necessary. For a more accurate mapping of soil purity, it is necessary to carry out work on the geochemical zoning of farmland.

During the research, the concentrations of 10 toxic elements of 1 and 2 hazard classes were analyzed, and these are: **As, Ba, Co, Cr, Hg, Mn, Ni, Sb, Sr, V** and **Zn**. Elements **As** and **Hg** belong to the 1st hazard class, and the rest to the 2nd class.

Almost all elements have anomalous accumulation zones, these zones are mainly confined to the deposits of non-ferrous metals. These are the antimony-mercury deposits of Kanchocha, Dzhijikrut, and the lead-zinc deposits of Chore. At the same time, there are clean zones, mainly in the upper reaches of the Fan Mountains.

The average **Sb** concentration in the Zarafshon basin is 1288 mg / kg. The spatial distribution of **Sb** forms two anomalous points with high concentrations: downstream

of the MPP Anzob at point Dzhijikrut 3, and in the tailings at the tailing dump in Gabirud. The anomaly at point Dzhijikrut 3 was formed because in the late 90s and early 2000s, an accident occurred at the plant, and MPP for a number of years dumped flotation waste into the Dzhijikrut River. The lowest concentration is at the Zarafshon point 3 - 2.5 mg / kg.

The average **Zn** concentration in the sub-basin was 80 mg / kg, which is higher than the Clarke values. The maximum concentration is noted at the Shakhristan pass, the minimum in the MPP Anzob tailing dump. The minimum value in Dzhijikrut 2, above the coal deposits.

Despite the excessively high concentration of toxic metals in the Dzhidzhikrut River, their concentration in bottom sediments after MPP Anzob (Yagnob 3 and Fondaryo) does not differ much from the overlying points along the Yagnob River (Yagnob 1 and Yagnob 2). This can be explained by the fact that during floods and especially mudflows, river bottom sediments are washed downstream and accumulate in reservoirs and in the lower reaches of rivers. The tailing dump has accumulated a large amount of **Sb** (4605 mg / kg) and **Hg** (166 mg / kg).

Antimony has accumulated due to the MPP Anzob enrichment technology. The beneficiation technology based on sulfide flotation of antimony and mercury, and about 30% of antimony presented in an oxide form, which is difficult to float and, together with chamber products, is transferred to tailings.

#### Literature:

1. Shultz V.L. Rivers of Central Asia, 2nd edit., Parts 1-2 / V.L. Schultz. - L: Gidrometeoizdat, 1965. - 692.

2. Abdushukurov D.A., "Heavy metals in the waters of Tajikistan's Rivers", International Journal of Scientific & Engineering Research, (ISSN 2229-5518), Volume 7, Issue 10, 2016, pp-63-73.

3. Abundance in Earth's Crust of the elements (2017), <http://periodictable.com/Properties/A/CrustAbundance.v.log.html>

4. Atlas of Tajik SSR. (1968), Eds.: Narzikulov I.K., Stanyukovich K.V. Moscow-Dushanbe, 1968. 200 p.p.

5. Drainage basin of the Aral Sea and other transboundary water in Central Asia (2016), [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/assessment/English/G\\_PartIV\\_Chapter3\\_En.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/assessment/English/G_PartIV_Chapter3_En.pdf)

6. Element abundance in River water (2016), [http://www.knowledgedoor.com/2/elements\\_handbook/element\\_abundances\\_in\\_river\\_water.html](http://www.knowledgedoor.com/2/elements_handbook/element_abundances_in_river_water.html)

7. Google Earth, [http://www.Google\\_earth](http://www.Google_earth)

8. Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in water bodies for drinking, cultural and community water use according to the Russian hygienic standards (GN 2.1.5.1315-03), 2003, (in Russian).

[http://www.ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/41/41363/index.php](http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/41/41363/index.php)

9. Subdivisions of stratified and intrusive rocks of Tajikistan.(1976), Chief editor: R.B.Baratov, Donish:Dushanbe, 1976. 268 p.p.

10. Taylor S.R., (1964), Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table, «Geochimica et CosmochimicaActa», v. 28. p. 1273-1285.

11. Vinogradov P.D., "Tien Shan folded region" / Vinogradov P.D., Dovzhikov A.E., Zubtsov E.I., Ognov V.N.// In the book Geological structure of the USSR, volume 3, Tectonics. Gosgeoltekhizdat, M., 1958, pp. 94-105.

12. Markert B, Fränze S, Wünschmann S (2015) Chemical evolution. The biological system of the elements. Springer, Heidelberg.

13. Muller G. (1981) Die Schwermetallbelastung der Sedimente des Neckars 418 und seiner Nebenflüsse: Eine Bestandsaufnahme. Chemiker-Zeitung

14. Hakanson L. (1980) An ecological risk index for aquatic pollution control sediment ecological approach. Water Res.14, 751001.422

15. Tomlinson DL, Wilson JG, Harris C R, Jeffrey D W (1980), 423 the assessment of heavy metals levels in estuaries and the formation of 424 pollution index, Helgolnd. Meeresunt. 33, 566575

### **ГЕОХИМИЯ ГОРНОЙ ЧАСТИ РЕКИ ЗАРАФШОН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

*Д. Абдушукуров, Г. Анварова, А. Кодиров,  
С.Г. Ленник, В.П. Солодухин, Дж. Ниязов*

Приведены результаты обработки и интерпретации данных об элементном составе растворенной фракции и геохимии донных отложений и вмещающих грунтов, полученных при изучении

верховья реки Зарафшон в Таджикистане. В русле реки выявлены геохимические аномалии.

**Ключевые слова:** геохимия, элементный состав, обработка баз данных, река Зарафшон.

### **ГЕОХИМИЯИ ҚИСМИ КҶҶИИ ДАРӢИ ЗАРАФШОН ДАР ОСИӢИ МАРКАЗӢИ**

*Ҷ. Абдушукуров, Г. Анварова, А. Кодиров,  
С.Г. Ленник, В.П. Солодухин, Ҷ. Ниёзов*

Натиҷаҳои коркард ва тафсири маълумот дар бораи таркиби элементҳои фраксияи ғудохташуда ва геохимияи таҳшинҳои поёнӣ ва хокҳои атроф, ки хангоми омӯзиши маҷрои болооби дарёи Зарафшон дар Тоҷикистон ба даст оварда шудаанд, пешниҳод шудаанд. Дар маҷрои дарё аномалияҳои геохимиявии муайян карда шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** геохимия, таркиби элементӣ, коркарди пойгоҳи додаҳо, дарёи Зарафшон.

### **Information about authors:**

Abdushukurov Djamshed Alievich - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher at the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology and S.U.Umarov Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Tel: 992919000832. E-mail: [abdushukurov.dj@gmail.com](mailto:abdushukurov.dj@gmail.com)

Anvarova Gulnora Bakhadurovna – Researcher of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Tel: +992903330001, Email: [anvarova.gulnora@mail.ru](mailto:anvarova.gulnora@mail.ru)

Kodirov Anvar Saidkulovich - Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, E-mail: [dr.kodirov@mail.ru](mailto:dr.kodirov@mail.ru)

Lennik Svetlana Gennadievna - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, head of the Laboratory of Nuclear Physics Methods of Analysis of the Republican State Enterprise "Institute of Nuclear Physics" of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, Email: [lennik\\_s@inp.kz](mailto:lennik_s@inp.kz)

Solodukhin Vladimir Petrovich - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Chief Researcher of the Republican State Enterprise "Institute of Nuclear Physics" of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, tel.: (727) 3866846, E-mail: [solodukhin@inp.kz](mailto:solodukhin@inp.kz)

Niyazov Jafar Bakhodurovich - PhD, Head of laboratory "Climatology and Glaciology" of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, tel.: + 992-37 2222320, E-mail: [niyazovjafar@mail.ru](mailto:niyazovjafar@mail.ru)

## THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE EFFICIENCY OF THE TRANSPORT SECTOR AND WAYS TO REDUCE IT

*M.A. Abdulloev (Mamadamon Abdullo)*

*Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi*

*The aim is to review the impact of climatic manifestations on the indicators of the transport sector and analyze ways to reduce it. Transport is one of the most weather-dependent sectors of the national economy. All sorts of climate change, whether high or low, in one way or another negatively affect the performance of the transport sector and additional sources of funding are required to reduce their impact. The transport sector has traditionally been predominantly publicly funded area. This is due to the strategic importance of the transport infrastructure for the socio-economic development and the defense capability of the country. Today the main sources of funding are subsidies and subventions from the state budget, tax revenues and additional (alternative) sources. One of the mechanisms for raising funds can be public-private partnerships and legislative consolidation of tax benefits for recipients of donations to the transport sector. Among the representatives of private capital there is a number of entrepreneurs who are directly interested in the development of transportation as a part of their business.*

**Keywords:** *transport, infrastructure, climate, efficiency, public-private partnership.*

Of all sectors of the economy, transport is one of the most dependent on climatic conditions, and it is vulnerable not only to extreme events, but also to the so-called “slow-moving” adverse processes [1].

All climatic manifestations in one way or another negatively affect the efficiency of the transport sector. The most significant are:

- ✓ heavy rains;
- ✓ fog;
- ✓ snow drifts;
- ✓ snow avalanches;
- ✓ blizzards;
- ✓ sandstorms, etc.

On the other hand, heavy rainfall affects the condition:

- ✓ roads and railways;
- ✓ bridges;
- ✓ tunnels;
- ✓ drainage systems.

The Republic of Tajikistan is characterized by the following factors affecting the efficiency of the transport sector;

✓ frequent temperature changes destroy the road surface;

✓ heat waves and very hot days can cause thermal expansion of joints in bridges, warping of road surfaces and deformation of railway tracks.

✓ high summer temperature causes softening of the asphalt pavement, and also lead to restrictions on the take-off weight of air transport, especially in high-altitude airports with insufficient runway lengths, that leads to flight cancellations or reduced payloads;

✓ warming in the mountains can lead to the melting of glaciers, which in turn can cause mudflows and the destruction of transport communications;

✓ heavy rainfall in the form of snow or rain can overload drainage systems, wash roads, damage railway embankments and cause landslides. It can also lead to the failure in the mode of operation of the entire transport sector;

✓ overall reduction in precipitation can exacerbate drought and put infrastructure at risk of forest fires and, as a result, landslides. Visibility at airports close to fire hazard areas will decrease.

Weather and climatic factors (for example, negative phenomena) affect the condition of roads and traffic conditions as follows:

✓ The coupling qualities of the coating are reduced, the interaction of the vehicle with the road is changing, the evenness of the coating is deteriorating under the influence of precipitation, ice, fog, high humidity and other factors.

✓ Resistance to movement increases due to deposits of snow, dirt, roughnesses on the road, as a result of which the free power of the car engine is reduced.

✓ The shape and appearance of the carriageway and roadsides, the parameters of the transverse profile due to snow deposits and the formation of coastlines change, which leads to a change in the perception of the road by the driver.

✓ The meteorological visibility during the period of fogs, precipitation, snowstorm, dust storms, blinding action of the sun is reduced, which leads to a change in the perception of driving conditions by drivers.

✓ The operational and technical qualities of vehicles are deteriorating, especially systems that provide comfort and safety, which include the brake system, steering, visibility, and the alarm system.

The main impacts of hazardous geocryological processes on objects of transport infrastructure can be divided into three groups [2] [3]:

1) pressure on the perceiving surface of transport structures, due to shifts of large tracts of soil (landslides, curums, etc.);

2) the formation of voids in the soil, which leads to a significant change in the stress-strain state of the transport object or its foundation (thermokarst, erosion processes, karst, etc.);

3) violation of the road and railroad tracks, aerodrome coatings, infrastructure of sea and river ports (ice, flooding, etc.).

Transport is one of the most weather-dependent sectors of the economy. This is especially true for air transport, which requires the most complete, detailed weather information, both about what is observed and what is expected from the forecast, to ensure normal operation. The specificity of transport requirements for meteorological information lies in the breadth of weather information - the routes of air, sea vessels and automobile cargo transportation have a length measured in many hundreds and thousands of kilometers; in addition, weather conditions have a decisive influence not only on the economic performance of vehicles, but also on traffic safety; life and health of people often depend on weather conditions and the quality of information about it.

Natural disasters affecting the functioning of transport:

1. Avalanche - fast descent or collapse (collapse) of snow cover from a steep mountain slope.

2. *Sel* is a stream of stones, mineral particles and rock fragments, descending from the hills due to the rapid melting of snow or prolonged rainfall. In common parlance, the mudflow is called a "mud stream".

3. A landslide is the separation and fall of large masses of rocks on the steep and steep slopes of the mountains.

4. Rockfalls. Separation of scree - accumulation of stones on the slopes of mountains and rocks, as well as accumulation of rock fragments of various sizes on the slopes or at the foot of mountains and hills.

5. Flooding - water flooding of the area adjacent to the river and other significant water sources. Because of floods, significant material damage is caused, damage to human health, including death.

6. A hurricane is violent storm with a circular winds of at least 120 km per hour.. The

destructive power of hurricanes is created by a very high-speed wind, which carries significant masses of water, mud and sand.

7. Tornadoes, in contact with the surface of the earth, cause the same damage as severe hurricanes, but in much smaller areas.

8. Dust storms caused by the wind, with a speed of 62–101 km. per hour, cover fields, settlements and roads with a layer of dust and sand.

9. A blizzard is one of the varieties of a hurricane, characterized by significant wind speeds, which contributes to the movement of huge masses of snow through the air, has a relatively narrow range (up to several tens of kilometers). During a storm, visibility sharply deteriorates, both intercity and intercity transport communications may be interrupted.

The most typical natural disasters for the conditions of the Republic of Tajikistan are: avalanches; sat down; landslides; rockfalls and floods.

To protect the transport infrastructure from the negative impact of emergency situations, a series of measures are being taken to prevent damage to airports, roads, structures at them and vehicles to ensure convenient and safe traffic.

Preventive measures for protection against mudflows include:

1. Prohibition of blasting in the area of possible mudflows (when laying roads and railways);

2. Prohibition of quarrying for the extraction of sand, clay, stone in the mudflow zone with blasting;

3. Prohibition of civil and military-technical construction of buildings and structures in the mudflow zone;

4. Monitoring the condition of the slopes;

5. Protection of mountain pastures, forest stands (trees, shrubs) and grass on the slopes;

6. Installation of warning signs and inscriptions in and near the mudflow zone.

7. Planting trees and shrubs with a powerful root system directly in the mudflow zone and around the perimeter of its upper part;

8. The construction of special engineering and hydrotechnical facilities that either delay the mass of rocks or divert them away from buildings and roads.

There is a set of means to protect roads from avalanches. Most of them should be provided at the design stage and implemented during its construction. All structures, devices and means of

protecting roads from avalanches by their purpose can be divided into five groups:

1. The first (way of solution) group of means is designed to prevent snow from getting during the blizzards to the avalanche slope, to keep it on the approach to the slope (for this purpose snow-holding forest stands or fences on mountain plateaus suitable for steep slopes are arranged).

2. The second (way of solution) group of funds is designed to prevent snow deposits on the top of the avalanche hazardous slope, to remove snow from this site (for this purpose, fences of snow-transmitting or snow-blowing action are arranged).

3. The third (way of solution) group of tools is designed to keep the snow on the slope, to prevent or slow down its slipping (for this purpose they arrange terraces, earthen ramparts and dams, install snow-retardant fences, kolktafely, planted on the slope of afforestation).

4. The fourth (way of solution) group of means is intended to reduce the mass and energy of a descending avalanche, to divide it into parts and to direct their movement in different directions, to reduce the speed of movement, to take the impact of an avalanche on oneself (for this purpose avalanche cutters, fenders and fenders with snow protection dams).

5. The fifth (way of solution) group of tools is designed to let an avalanche flow over the road (for this purpose, avalanche galleries, canopies and tunnels are built).

Measures to prevent and reduce damage from landslides, rockfalls and landslides.

1. Observations of the condition of the slopes;

2. Prohibition of construction in areas of possible landslides and landslides;

3. Protection of mountain pastures, plantations and grass on the slopes;

4. Planting trees with a branched root system and deeply penetrating roots in combination with shrubs. Such plantings in zones dangerous for landslides and landslides give a double effect: firstly, they strengthen the soil with roots, and secondly, they actively absorb water, preventing overmoistening;

5. The construction of special engineering and hydrotechnical facilities in order to avoid the descending mass of landslides and landslides over the road (galleries, canopies and tunnels).

Important measures to protect transport communications from floods are:

1. The construction of special flood-control reservoirs that are used to redistribute the maximum runoff of their useful volumes;

2. The construction of enclosing dams (shafts);

3. Carrying out channel straightening works;

4. Plowing land across slopes and planting forest shelterbelts in river basins;

5. Terracing of slopes, preservation of woody and shrubby vegetation;

6. Construction of mountain roads at a considerable height from the level of rivers.

As follows from the above analysis, in order to reduce the negative impact of climate change on the transport sector, it is necessary to take appropriate measures that require significant investment.

– International cooperations play an important role in mitigating the effects of climate change, contributes to the implementation of the main provisions of the National Program at the national level and includes:

– increasing the country's potential in climate change activities;

– expanding cooperations with foreign and international partners on the implementation of measures developed by the UNFCCC to reduce emissions of GHG (greenhouse gases);

– attracting foreign investments to adapt the transport sector to climate change.

The transport sector has traditionally been an area mainly funded by public funds. This is due to the strategic importance of transport infrastructure for socio-economic development and the country's defense.

Today, the main sources of financing are subsidies and subventions from the state budget, tax revenues and additional (alternative) sources.

In addition to allocations from the state fund, financial support is provided from private capital, external investments, income from toll roads, bond loans and voluntary donations.

One of the mechanisms for raising funds may be public-private partnerships and legislative fixation of tax benefits for recipients of donations to the transport sector. Among representatives of private capital there is a layer of entrepreneurs who are directly interested in the development of transportation, as part of their business.

Total spending for the medium term from 2015 to 2030 is projected at \$ 6671.5 million. Medium-term expenses until 2030 are distributed as follows: roads require \$ 2,400 million, railways require \$ 3,400 million, and civil aviation require \$ 680 million. The state's contribution in this period is estimated at \$ 3,760 million, which will be spent on: roads - \$ 1,600 million (including \$ 912 million for maintenance), and \$ 2,100 million for railways (including 42 million US dollars for maintenance),

for civil aviation - 240 million US dollars, for the development of container terminals and logistics centers for multimodal transportation - 60 million US dollars [4].

It is estimated that the remaining \$ 2,900 million will be financed from external funds until the establishment of self-sufficiency mechanisms.

Long-term expenses are associated with the construction of strategic railways, the establishment of unmanned aerial vehicles in the Republic of Tajikistan, the restoration and construction of airfields and container terminals, the further development of road, rail and air transport, the construction of the subway in Dushanbe.

Risks of climate change for transport communications

1. Climate change risks for transport communications in our country may arise as a result of:

- increase in temperature;
- changes in precipitation;
- changes in wind speed;
- increase water levels in rivers, floods;
- changes in solar radiation;
- melting glaciers;
- excessive snowfall,
- avalanches;

- sat down and landslides.

Climatic risks can become apparent during the implementation and operation of the project, lead to losses for the infrastructure, reduced productivity, or lead to higher maintenance requirements and costs.

2. Extreme climatic events can increase the risk of stopping the transportation process.

3. A change in flow direction due to changes in precipitation can have a serious impact on road infrastructure. There may be direct damage during and immediately after precipitation. They can generate problems for the structural integrity and maintenance of roads, bridges, drainage systems and tunnels, which necessitates more frequent repairs and reconstruction.

4. Frequent temperature changes destroy the road surface. An increase in the frequency and severity of hot days can lead to a rut on the roads, as well as the outflow of liquid asphalt (flushing and flow) on the pavement of old or poorly constructed roads. The increase in frost-thaw cycles in the mountainous regions of the country can increase road degradation.

5. Climate change is a reality and the motor transport sector with its infrastructure, as the main sector of the country's transport sector, must be resistant to climate change.

Table 1.

Hazards, vulnerabilities and adaptive capacity of Tajikistan's transport sector to climate change.

Climate change	Dangers	Sector vulnerability	Adaptation potential
Warming in Central Asia is above global average	The increase in average temperature in the lowland regions from 0.5 to 0.8 ° C and temperature in the mountainous regions from 0.3 to 0.5 ° C over a period of 60 years	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melting glaciers;</li> <li>• Rural landslides</li> </ul>	A very limited understanding of exactly how these climate changes will affect people, life and livelihoods in Tajikistan. Poor understanding coupled with limited resource problems has led to poor adaptability to climate change. These problems are compounded by the fact that in almost all areas there is very little scientific evidence and data, which makes the adoption of adequate adaptive measures impossible.
An increase in the frequency and severity of hot days and a decrease in summer precipitation	The number of hot days increased but decreased with precipitation.	An increase in the frequency and severity of hot days can lead to a rut on the roads, as well as the outflow of liquid asphalt (flushing and flow) on the pavement of old or poorly constructed roads.	Gaps in the main institutional structures include: - Lack of climate change risk integration in the
temperature increase precipitation changes; changes in wind speed; rising water levels in rivers, floods; changes in solar radiation; melting glaciers; excessive snowfall,	Expert estimates of expected climate change suggest an increase of 5-14 percent, as well as fumes of 10-20 percent	Inadequate availability of water for agricultural production.	

Climate change	Dangers	Sector vulnerability	Adaptation potential
avalanches; sat down and landslides.			framework of national development strategies and sectoral investment plans.
Decrease in snow cover and ice	Long periods, for example, from 1970-1984, low rainfall.	Direct impact on the availability of water in rivers, the size of floods and the level of moisture in the soil, which leads to less available water, for other sectors - energy and agriculture	- Weakness of national systems for the collection and processing of meteorological and hydrological data, with serious consequences, so that the immediate and long-term climate change trend can be analyzed, as well as limited access to climate change information;
An increase in the frequency and intensity of extreme events, in particular, heavy rains causing landslides and severe floods	Heavy rains, floods caused by mudflows, high air temperatures, accompanied by droughts, strong winds and dust storms, frosts and extreme cold temperatures cause the greatest damage to agriculture.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficulties in agriculture, problems such as irreparable damage to the cotton crop, especially in spring.</li> <li>• Flood increase causes precipitation to fill irrigation infrastructure</li> <li>• Hail damages plants, breaks stems, reducing the quality and yield of crops</li> </ul>	- Low awareness of government officials, academic institutions, business and the public about the negative effects of the risks and impacts of climate change, as well as limited technical skills

### References

1. Транспорт и климат [Электронный ресурс] // Справочники от Автор24: [сайт]. [2019]. URL: [https://spravochnick.ru/geografiya/prirodno-klimaticheskie\\_usloviya/transport\\_i\\_klimaticheskie\\_usloviya/](https://spravochnick.ru/geografiya/prirodno-klimaticheskie_usloviya/transport_i_klimaticheskie_usloviya/). (дата обращения: 24.03.2019).
2. Анисимов О. А. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования. М.: Гринпис, 2010. 44 с.
3. Анисимов О. А., Кокорев В. А. Климат в арктической зоне России: анализ современных изменений и модельные проекции на XXI век // Вестн. МГУ. 2016. № 1. С. 61–69.
4. НАЦИОНАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА. Утверждено постановлением Маджлиси намояндагон Маджлиси Оли Республики Таджикистан, от 1 декабря 2016 года, №636. [http://www.mintrans.tj/sites/default/files/2017/gosudarstvennaya\\_celevaya\\_programma\\_razvitiya.pdf](http://www.mintrans.tj/sites/default/files/2017/gosudarstvennaya_celevaya_programma_razvitiya.pdf).

### ТАЪСИРИ ТАҒИРЁБИИ ИҚЛИМ БА ФАЪОЛИЯТИ БАХШИ НАҚЛИЁТ ВА РОҲҶОИ КОҲИШ ДОДАНИ ОН

*М.А. Абдуллоев (Мамадамон Абдулло)*

Мақсад асосим мақолаи мазкур, ин баррасии таъсири зуҳуроти иқлим ба нишондиҳандаҳои сектори нақлиёт ва таҳлили

роҳҳои коҳиш додани он мебошад. Нақлиёт яке аз соҳаҳои иқтисоди миллӣ мебошад, ки фаъолияти он аз иқлим вобастагии ҳаматарафа дорад. Тағйири иқлим, дар кадом шакле, ки набошад, ба ин ё он тарз, ба фаъолияти бахши нақлиёт таъсири манфӣ мерасонанд ва барои коҳиш додани таъсири онҳо манбаъҳои иловагии маблағгузорӣ талаб карда мешавад. Соҳаи нақлиёт таърихан, сохтори давлатӣ буда, асосан аз ҷониби давлат маблағгузорӣ мешавад. Ин ба аҳамияти стратегии инфрасохтори нақлиётӣ барои рушди иҷтимоӣ иқтисодӣ ва қобилияти мудрофиавии кишвар вобаста аст. Имрӯз манбаъҳои асосии маблағгузорӣ, субсидияҳо ва субвенсияҳо аз ҳисоби бучети давлатӣ, даромадҳои андоз ва манбаъҳои иловагӣ (алтернативӣ) мебошанд. Яке аз механизмҳои ҷалби маблағ ин шарикӣ давлат бо сармоягузори хусусӣ ва консолидатсияи қонунгузорӣ андар имтиёзҳои андоз барои гирандагони хайрия дар бахши нақлиёт мебошад. Дар байни намояндагони капитали хусусӣ як қатор соҳибкороне ҳастанд, ки бевосита ба рушди нақлиёт ҳамчун як қисми тичорати худ манфиатдоранд.

**Калимаҳои калидӣ:** нақлиёт, инфрасохтор, иқлим, самаранокӣ, шарикӣ давлат ва бахши хусусӣ.



## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО СЕКТОРА И ПУТИ ЕГО СНИЖЕНИЯ

*М.А. Абдуллоев (Мамадамон Абдулло)*

Основная цель – обзор влияние климатических проявлений на работоспособность транспортного сектора и анализ пути его снижения. Транспорт - одна из наиболее зависимых от погоды отраслей народного хозяйства. Все климатические проявления так или иначе отрицательно воздействуют на работоспособность транспортного сектора и для снижения их воздействия требуется дополнительные источники финансирования. Транспортная сфера традиционно является областью, преимущественно финансируемой за счет государственных средств. Это обусловлено стратегическим значением транспортной инфраструктуры для социально-экономического развития и обороноспособности страны. На сегодняшний

день основными источниками финансирования являются субсидии и субвенции из государственного бюджета, налоговые поступления и дополнительные (альтернативные) источники. Одним из механизмов привлечения средств может стать государственно-частное партнерство и законодательное закрепление налоговых льгот для адресатов пожертвований в транспортную сферу. Среди представителей частного капитала есть слой предпринимателей, которые напрямую заинтересованы в развитии транспортных перевозок, как составляющей своего бизнеса.

**Ключевые слова:** транспорт, инфраструктура, климат, работоспособность, государственно-частное партнерство.

### **Сведения об авторе:**

Абдуллоев Мамадамон А. - к.т.н., доцент кафедры “ЭАТ” ТТУ им. акад. М. С. Осими. Тел: +(992) 37 2270467

## METHODOLOGY OF OPTIMIZING PLACEMENT OF MOBILE CAR SERVICE STATIONS IN SPARSELY POPULATED AREAS

*О. К. Bobobekov*

*Tajik Technical University named after M.S.Osimi*

*The article deals with the development of a method of optimizing placement of mobile car maintenance stations (MMSs) in sparsely populated areas. The method includes the analysis of the territorial location of settlements, number of vehicles in those settlements, calculation of the MCSS travel time between settlements, determination of the optimum base site for MMS by a series of criteria.*

**Key words:** *method, mobile car service, optimizing, sparsely populated areas.*

**1. Introduction:** The necessity of the development of a method of optimizing placement of mobile car maintenance stations (MMSs) is caused by undercoverage of cars in sparsely populated areas with technical services, therefore, the number of road traffic accidents (RTAs) increases due to faulty condition of vehicles. One of the main measures to ensure operability of vehicles is carrying out scheduled maintenance including obligatory state maintenance [1]. In the Republic of Tajikistan, there are many sparsely populated areas, for example, to the Republic of Tajikistan, in which the creation of points maintenance is not economically feasible [7].

Therefore, creation of mobile maintenance stations makes sense, temporary base sites of which will be in direct proximity to the territorial placement of vehicles.

**2. Main text:** The territorial placement of mobile car maintenance stations base sites is defined by three factors:

- demand of the population for maintenance in mobile stations;
- territorial dispersion of settlements where vehicles are situated;
- technical capabilities of rendering this service by means of MMS.

When solving tasks of choice of the optimum territorial placement of service facilities, geoinformational technologies [1] and linear mathematical programming methods [2, 3] are applied.

Let us assume that according to the administrative territorial division, there are  $N$  districts in the region. Each district is the location of consumers — owners of vehicles, living in  $n$  settlements. Let us denote the time of accessibility to mobile car maintenance stations base site  $j$  for inhabitants of settlement  $i$  through  $t_{ij}$ . The total

time expenditures for movement to MMS site  $j$  and back for settlement  $i$  will make:

$$T_{ij} = 2 \cdot t_{ij} \cdot K_i \cdot \delta_i \quad (1)$$

where  $K_i$  — number of vehicles in settlement  $i$ ;  $\delta_i$  — some weighting coefficient. Choice of a place for territorial placement of MMS

The optimum placement a mobile car maintenance station must be characterized by the smallest value of the regional availability function [7]

$$L_{i,j} = \text{if}(i = j, 0, ka \cdot Re \cdot a \cos(\sin Y_i \cdot \sin Y_j + \cos Y_i \cdot \cos Y_j \cdot (X_j - X_i))) \quad (3)$$

where  $X$  and  $Y$  — latitude and longitude, grades.  $Re$  — Earth's radius, km;  $ka$  — access coefficient which takes into account the straightness of roads between settlements [7] (the average value for the district under consideration is 1.4);  $\text{if}$  — logical operator “if”;  $i, j$  — counters of point numbers horizontally and vertically, respectively.

The calculation of the latitude and longitude of a settlement in Excel environment is given in Fig. 1.

Calculation of the distance and time of movement of vehicles between settlements of

$$T_j = \sum_{i=1}^n 2 \cdot t_{ij} \cdot K_i \cdot \delta_i \rightarrow \min \quad (2)$$

Consider the territory of an area with the unconditional placement of settlements with latitude-longitude coordinates  $X_i$  and  $Y_j$  and with the number of residents  $I_i$ . To calculate the distance  $L_{i, j}$  at intervals on the surface of the Earth, an expression known in spherical geometry and geodesy is used [4, 7]:

Ayni district performed in Mathcade environment it is shown in Fig. 2, 3. It should be noted that this method of calculation has its own disadvantages. For example, there are settlements which it is impossible to reach by land or otherwise in warm seasons that is not reflected in the calculation. Therefore, the preliminary study of the district map is necessary before construction of routes for vehicle movement.

2	№	C	D	E	Longitude			Latitude				
					F	G	H	I	J	K	L	M
3			The population	The number of vehicles	Degrees	Minutes	Seconds	X	Degrees	Minutes	Seconds	Y
4	1	Blagojevo	2537	642	47	57	6	47,9510	63	25	27	63,4212
5	2	Mezhdurechensk	1280	324	48	33	0	48,5500	63	15	0	63,2500
6	3	Usogorsk	5272	1334	48	42	0	48,7000	63	26	0	63,4333
7	4	Glotovo	133	34	46	54	16	46,9027	64	4	14	64,0690
8	5	Bolshaya Pyssa	428	108	48	49	25	48,8208	64	10	2	64,1670
9	6	Butcan	255	65	49	5	57	49,0928	63	21	47	63,3578
10	7	Weigert	576	146	47	2	45	47,0408	64	0	41	64,0068
11	8	Vozhskaya	2774	702	49	18	21	49,3035	62	49	41	62,8235
12	9	Glotovo	372	94	49	28	46	49,4743	63	28	43	63,4738
13	10	Iodva	1366	346	48	52	39	48,8732	63	3	54	63,0590
14	11	Iortom	270	68	47	49	5	47,8175	63	32	50	63,5417
15	12	Koslan	2257	571	48	53	37	48,8895	63	27	32	63,4553
16	13	Chemutevo	437	111	48	38	27	48,6378	63	45	54	63,7590
17	14	Chim	377	95	48	15	0	48,2500	63	25	0	63,4167
18	15	Chuprovo	215	54	46	33	48	46,5580	63	13	29	63,2215
19		Total	18549	4693								

Fig. 1. Data on settlements of Ayni district of the Republic of Tajikistan <sup>†</sup>.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	49.6	52.2	124.1	130.6	80.2	110.7	133.1	106.3
2	49.6	0	30.4	170.9	144	41.5	157.4	85.1	73.3
3	52.2	30.4	0	158.5	114.6	29.8	145.1	104	54.3
4	124.1	170.9	158.5	0	131.3	187.3	13.5	256	199.8
5	130.6	144	114.6	131.3	0	127.4	123.7	211.9	116.9
6	80.2	41.5	29.8	187.3	127.4	0	174	84.5	32.1
7	110.7	157.4	145.1	13.5	123.7	174	0	242.5	187.1
8	133.1	85.1	104	256	211.9	84.5	242.5	0	102
9	106.3	73.3	54.3	199.8	116.9	32.1	187.1	102	0
10	85.8	37.4	59.5	208.3	172.6	49	194.8	47.7	77.1
11	20.9	68.4	63.6	103.4	119.2	93.3	90	153	115.6
12	65.6	39.8	13.6	166.8	110.9	20.8	153.6	102.6	40.8
13	70.9	79.5	50.9	128.2	64.8	70	116.1	152.9	73
14	20.8	33.4	31.5	137.6	123.3	59.5	124.1	118.5	85.7
15	102.2	139.7	153.3	134.1	214.6	178.7	126.8	203.6	207.4

Fig. 2. Matrix of distances (km) between settlements of Ayni district of the Republic of Tajikistan, constructed in Mathcade environment.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t =	1	0	1.1	1.2	2.8	2.9	1.8	2.5	3	2.4	1.9
	2	1.1	0	0.7	3.8	3.2	0.9	3.5	1.9	1.6	0.8
	3	1.2	0.7	0	3.5	2.5	0.7	3.2	2.3	1.2	1.3
	4	2.8	3.8	3.5	0	2.9	4.2	0.3	5.7	4.4	4.6
	5	2.9	3.2	2.5	2.9	0	2.8	2.7	4.7	2.6	3.8
	6	1.8	0.9	0.7	4.2	2.8	0	3.9	1.9	0.7	1.1
	7	2.5	3.5	3.2	0.3	2.7	3.9	0	5.4	4.2	4.3
	8	3	1.9	2.3	5.7	4.7	1.9	5.4	0	2.3	1.1
	9	2.4	1.6	1.2	4.4	2.6	0.7	4.2	2.3	0	1.7
	10	1.9	0.8	1.3	4.6	3.8	1.1	4.3	1.1	1.7	0
	11	0.5	1.5	1.4	2.3	2.6	2.1	2	3.4	2.6	2.3
	12	1.5	0.9	0.3	3.7	2.5	0.5	3.4	2.3	0.9	1.4
	13	1.6	1.8	1.1	2.8	1.4	1.6	2.6	3.4	1.6	2.4
	14	0.5	0.7	0.7	3.1	2.7	1.3	2.8	2.6	1.9	1.6
	15	2.3	3.1	3.4	3	4.8	4	2.8	4.5	4.6	3.7

Fig. 3. Matrix of the road time (in hours) of vehicles between the settlements of the Aininsky district of the Republic of Tajikistan, built in the Mathcad environment (an average speed of 45 km / h is recommended).

We will calculate the optimal base site that provides the minimum total interval (access time) between it and the settlement of the district. There are two options for hosting the base site:

- in a special place outside of a settlement;
- in a settlement.

As part of these two options, two types of calculations are possible:

- taking into account the number of inhabitants in the village;
- excluding the number of inhabitants in the village.

The first calculation option is basing of a mobile car maintenance stations in a settlement, when the number of inhabitants is not taken into account.

The optimality criterion is the minimum total distance to the MSSTI (mobile station of state technical inspection) base site from a settlement of the district is determined according to the following expression [7]:

$$\sum_{j=1}^n L_{i,j} \rightarrow \min \quad (4)$$

The results obtained are given in (Fig. 4, 5), coordinates (X, Y) of the optimum base site of MMS are obtained. It is Usogorsks, its index is 3 (see also Fig. 1).

The second calculation option is basing of a MMS in the village, taking into account the number of residents. The optimality criterion is the minimum total distance to the MSSTI base site for all residents [7]:

$$\sum_{j=1}^n L_{i,j} \cdot I_j \rightarrow \min \quad (5)$$

where -  $I_j$  is the number of residents in the  $j$  district. The result is shown in (Fig. 6), the coordinates (X, Y) of the optimal base MSSTI site are obtained. It is necessary to underline that such a coincidence rarely happens, although it is quite logical that the largest settlement was in the geographical center of the district. Option two gave better result - the average distance from each inhabitant to the MMS was 25 km less than the average distance (shown in Fig. 4) [1, 2, 7].

The next calculation is based on a MSSTI outside a settlement. Such option of basing is possible at enterprises, maintenance stations, subdivisions of the State Traffic Safety Inspectorate, etc. The total distance from the mobile car maintenance stations base site to a settlement of the district:

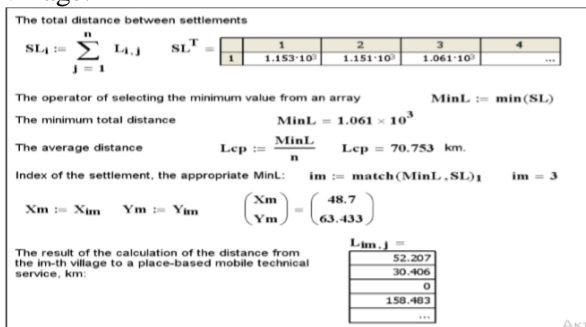


Fig. 4. Calculation in the Mathcad program of the minimum total distance to the mobile station of the STI base site.

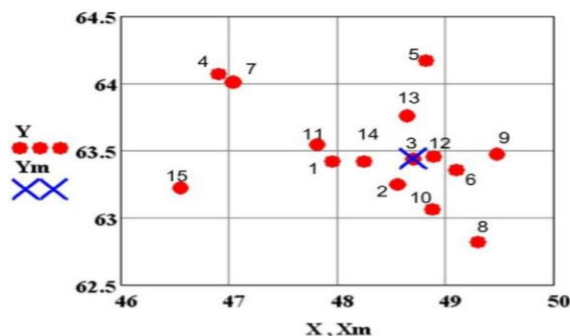


Fig. 5. Displaying the results of calculating the optimal base station of the workshop in the Mathcad environment on a coordinate grid without taking into account the number of inhabitants: X, Y — settlement coordinates; Xm, Ym — coordinates of the MMS basing site in a settlement.

$$SL3(x, y) = \sum_{j=1}^n \left( Re \cdot a \cos \left( \sin y \cdot \sin Y_j + \cos y \cdot \cos Y_j \cdot \cos (X_j - x) \right) \right) \quad (6)$$

where  $x$  and  $y$  — required optimum coordinates (latitude and longitude) of the MSSTI base site outside of a settlement.

The certificate of state registration of a computer program has been received for the developed algorithm and program of calculation in Mathcad environment [1].

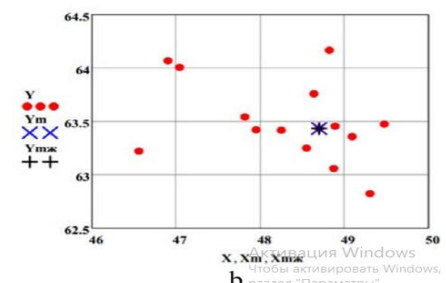
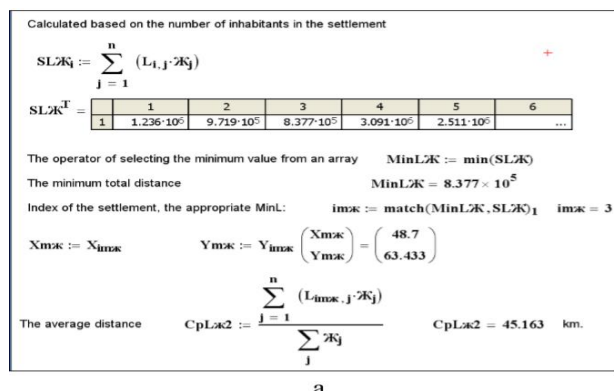


Fig. 6. Calculation in the Mathcade program: a - a fragment in the Mathcade environment; b - calculation results and graphical representation:  $Ym, Xm$  are the coordinates of the ideal home base.

**3. Conclusion:** Performing similar calculations for each KR district, we obtain mobile car maintenance stations route points. The route will be constructed using the methods of optimizing to obtain the maximum efficiency. The linear programming method under the name “travelling salesman problem” is the most applicable for our case.

**4. Acknowledgements:** The investigation was executed with financial support of the Republic of Tajikistan Humanitarian Science Foundation within the framework of the research project “Development of a Method of the Formation of Transport System Structural Elements by Economic and Reliability Criteria (Using the Example of Fleets of Transport and Technological Machines)”, project No. 15-02-00512.

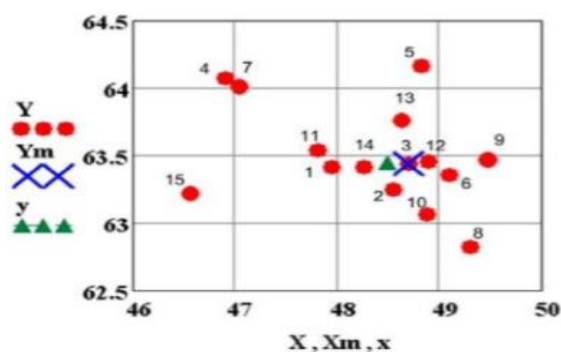


Fig. 7. Imaging on the coordinate grid of the calculation results of the optimum mobile car maintenance stations base site outside of a settlement in Mathcade environment:  $X, Y$  — settlement coordinates;  $Xm, Ym$  — coordinates of the mobile car maintenance stations base site in a settlement;  $x, y$  — coordinates of the mobile car maintenance stations base site outside a settlement.

**References**

1. Repin, S. V., Evtiukov, S. A., Golovko, V. A. (2016). Calculation of the optimum location for a mobile station of STI (MSSTI) according to coordinates of settlements [Raschet optimal'nogo mesta raspolozhenija mobil'nogo punkta GTO (MPGTO) po koordinatam naselennyh punktov]. Certificate of state registration of a computer program No. 20166114520, 04.03.2016.
2. Repin, S. V., Rulis, K. V., Zazykin, A. V., Krupin, S. A. (2012). Methodology of ensuring operability of transport and technological machines and complexes by means of operation [Metodologija obespechenija rabotosposobnosti transportno-tehnologicheskikh mashin i kompleksov sredstvami tehnichej jekspluatacii]. Monograph. Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, 218 p.
3. Shendrik, V., Druzhinin, P., Bobobekov, O., 2017. Evaluation of the effectiveness of the method for calculation of composite materials in the construction of the bridges in terms of their safety and reliability. Transportation Research Procedia 20, 596–601. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.096>.
4. Bobobekov, O., Druzhinin, P., 2018. Methods for formation of vehicle sets and determination of machinery requirements (a case study of Dushanbe). 13th International Conference "Organization and Traffic Safety Management in large cities", SPbOTSIC-2018, 27-29 September 2018, St. Petersburg, Russia. 56 - 62 p.

5. Евтюков, С.А., Репин С.В., Бобобеков О.К., Лутов Д.А. Принципы программно-целевого управления системы эксплуатации транспортно-технологических машин. Политехнический Вестник. №1 (33) - 2016. 41-46.

6. Бобобеков О.К. Разработка методики определения сроков службы наземных транспортно-технологических машин. СПбГАСУ. Вестник гражданских инженеров. 2018. № 3 (68). 147-152 с.

7. Репин С.В., Головкин В.А., Монгуш С.С. Решение задачи территориального размещения мест базирования мобильного пункта технического обслуживания транспортных средств. Вестник ТувГУ. 2016. № 3 (30). 130-139 с.

### **МЕТОДИКА И МУНОСИБКУНИИ ЧОЙГИР КАРДАНИ ХИЗМАТРАСОНИИ МОБИЛИИ АВТОМОБИЛӢ ДАР НОӢИЯӢОИ КАМАӢОЛӢ**

*О. Ч. Бобобеков*

Дар ин мақола коркарди методикаи муносибкунии чойгир кардани стансияи мобилии хизматрасонии техникии автомобилҳо (СМХТ) дар ноҳияҳои камаҳолӣ дида баромада мешавад. Ин метод дорои таҳлили чойгиршавии ҳудуди маҳалли аҳолинишин, шумораи воситаҳои нақлиёт дар ин маҳалли аҳолинишин, муайянкاردани вақти гузариши СМХТ байни маҳалли

аҳолинишин ва муайян кардани мавқеи чойгиршавии муносиб барои СМХТ бо якқатор меъёрҳои дар бар мегирад.

**Калимаҳои калидӣ:** метод, стансияи мобилии хизматрасонии техникии, муносибкуни, ноҳияҳои камаҳолӣ.

### **МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ АВТОСЕРВИСОВ В МАЛОНАСЕЛЕННЫХ РАЙОНАХ**

*О. Дж. Бобобеков*

В статье рассматривается разработка метода оптимизации размещения мобильных станций технического обслуживания автомобилей (МСТО) в малонаселенных районах. Метод включает анализ территориального расположения населенных пунктов, количества транспортных средств в этих населенных пунктах, расчет времени проезда МСТО между населенными пунктами, определение оптимального местоположения для МСТО по ряду критериев.

**Ключевые слова:** метод, мобильные станции технического обслуживания, оптимизация, малонаселенных районах.

**Маълумот оид ба муаллиф:**

Бобобеков Орифҷон Қобилович – номзади илмҳои техники, ассистенти кафедраи «ҚМ ва МСР» ДТТ ба номи М.С. Осимӣ, Тел. (+992) 90-344-13-35, E-mail: orifjon-1986@mail.ru

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ИЗНОСА АВТОМОБИЛЬНОЙ ШИНЫ**

*А.М. Умирзоков, М.Ю. Юнусов, А.Л. Бердиев*

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

В статье приведены теоретические предпосылки для определения износа автомобильной шины с учетом особенностей условий эксплуатации грузовых автомобилей. Предложена формула для определения износа автомобильной шины, учитывающая конструктивно-технологические, эксплуатационные и дорожно-климатические факторы. Для расчета износа шин грузовых автомобилей, эксплуатируемых в сложных условиях горных и высокогорных карьеров строительства гидротехнических сооружений, предложены и обоснованы безразмерные коэффициенты, учитывающие влияние, конструктивно-технологических,

эксплуатационных и дорожно-климатических факторов.

**Ключевые слова:** автомобильная шина, факторы, износ, ресурс шины.

Автомобильная шина считается дорогостоящим элементом автомобиля. Дороговизна автомобильных шин обуславливается всеми этапами их жизненного цикла и она, особенно, усугубляется сокращением срока службы, затратами на хранение, утилизацией и повторным использованием. Считается, что для нормальных условий эксплуатации затраты на шины для легковых автомобилей составляют 6-10%, для грузовых автомобилей 11-18% от общих

эксплуатационных затрат [1]. В условиях же строительства горных и высокогорных гидротехнических сооружений эти затраты в два и более раза превышают подобные затраты на эксплуатацию автомобильных шин в нормальных условиях. Экспериментальными исследованиями установлено, что в условиях строительства Рогунской ГЭС затраты на эксплуатацию автомобильных шин составляют: для легковых автомобилей 10-20%, а для грузовых автомобилей 20-30% от общих эксплуатационных затрат автомобиля. Эксплуатационные затраты на автомобильные шины являются немаловажным фактором, формирующим себестоимость грузоперевозок. Следовательно, вопросы оценки и предотвращения сокращения срока службы шин в горных и высокогорных условиях эксплуатации автомобиля являются весьма актуальными.

Срок службы автомобильной шины в числе множества факторов, является наиболее важным, определяющим эффективность грузоперевозок.

Все факторы, влияющие на срок службы автомобильной шины, можно разделить на три большие группы: конструктивно-технологические, эксплуатационные и дорожно-климатические. При эксплуатации грузовых автомобилей в сложных условиях строительства горных и высокогорных гидротехнических сооружений на срок службы автомобильной шины, так или иначе, влияют свыше сорока факторов [2]. Нужно отметить, что влияние названных факторов характеризуются непостоянством и варьируют в достаточно широких пределах. Более того, сочетание влияния большого разнообразия факторов, определяющих износ, следовательно, и срок службы шины также отличается изменчивостью и относится к событию, имеющего вероятностный характер с широкими пределами значений числовых характеристик [3]. Можно предполагать, что при определении износа протектора автомобильной шины невозможно учитывать влияние каждого из названных факторов в отдельности. Тем не менее, для этой цели в качестве наиболее важных факторов, определяющих износ автомобильной шины, можно выделить вертикальную нагрузку, скорость движения автомобиля и пробег автомобильной шины. Тогда упрощенная математическая модель для определения износа протектора автомобильной шины  $I_{ш}$  можно выразить следующим образом:

$$I_{ш} = P \cdot V \cdot L \cdot \xi \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \text{ мм} \quad (1)$$

где  $P$  – среднее значение вертикальной нагрузки, действующей на отдельную шину, Н;

$V$  – средняя скорость движения автомобиля, км/ч;

$L$  – пробег шины, км;

$\xi$  – переводной коэффициент, мм·ч/(кН·км<sup>2</sup>);

$k_1, k_2, k_3$ , безразмерные коэффициенты, учитывающие влияние, соответственно, конструктивно-технологических, эксплуатационных и дорожно-климатических факторов на интенсивность износа шины.

Числовое значение переводного коэффициента  $\xi$  зависит от среднего значения вертикальной нагрузки, действующей на отдельную шину  $P_{ш}$ , нормативного срока службы автомобильной шины до предельного износа рисунка протектора  $L_n$  и скорости движения автомобиля  $V$ .

Для определения коэффициента приведения  $\xi$ , необходимого для расчета износа шины автомобиля типоразмера 11.00R20 автомобиля-цементовоза DFZ5251A представлена номограмма (рис. 1, а) и схема пользования номограммой (рис. 1, б).

Среднее значение вертикальной нагрузки, действующей на отдельную шину  $P_{ш}$  определяется из выражения:

$$P_{ш} = \frac{\Sigma P}{n_k} \cdot \eta, \text{ кН} \quad (2)$$

где  $\Sigma P$  – суммарное значение вертикальной нагрузки, передаваемой от автомобиля к дорожному полотну, Н;

$\eta$  – коэффициент распределения веса автомобиля по осям, %;

$n_k$  – число колес автомобиля на каждой оси автомобиля, шт.

Суммарное значение вертикальной нагрузки  $\Sigma P$ , передаваемой от автомобилей-самосвалов, цементовозов, бензовозов и тому подобных грузовых автомобилей к дорожному полотну можно определить из выражения:

$$\Sigma P = (m_c + \frac{m_r}{2})g \cdot \eta, \text{ кН} \quad (3)$$

где  $m_c$  – полная снаряженная масса автомобиля, кг;  $m_r$  – масса груза, кг;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

Значения безразмерных коэффициентов определялись экспериментально и установлено, что в зависимости от условий эксплуатации и конструктивно-технологических факторов могут варьировать в достаточно широких пределах.

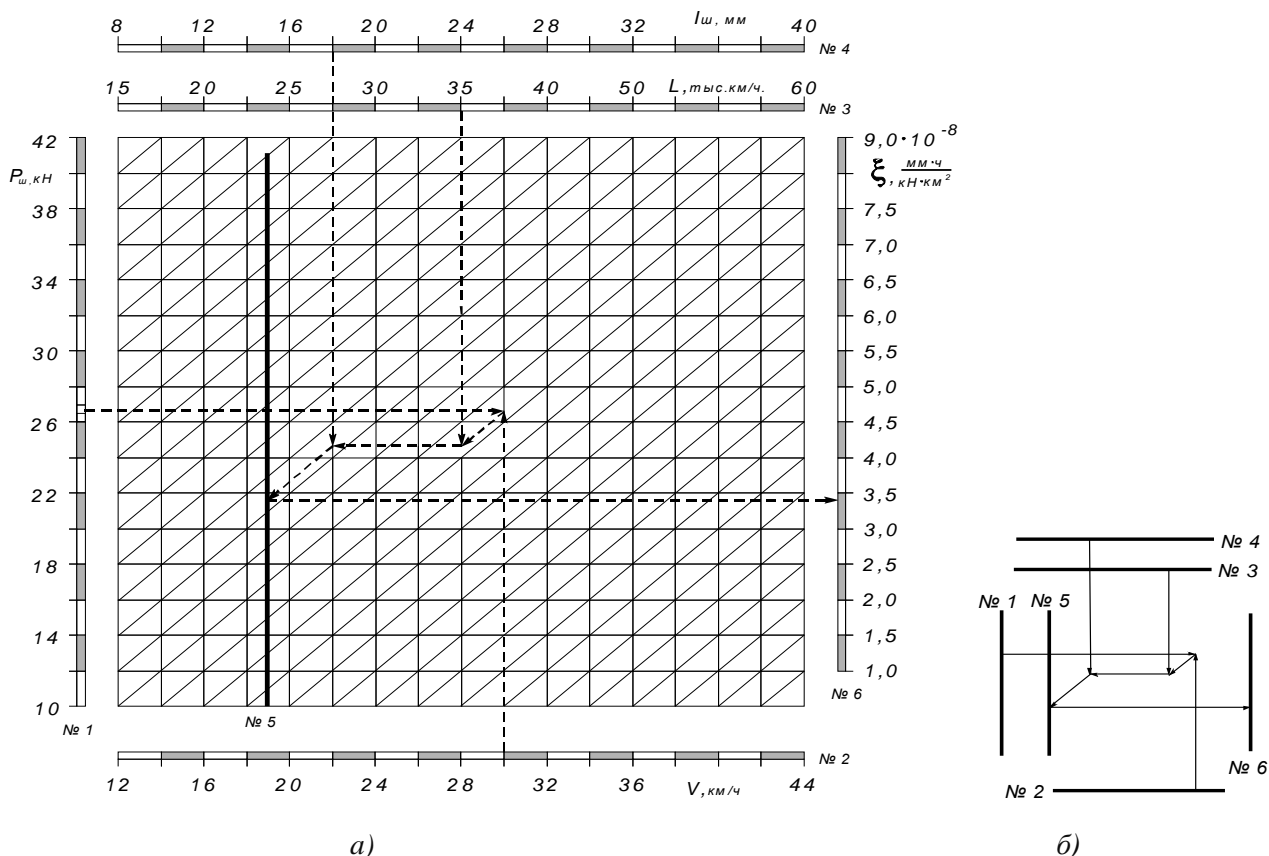


Рис.1. Номограмма (а) для расчета коэффициента приведения  $\xi$  для определения износа шин автомобиля DFZ5251A и схема (б) пользования номограммой.

Для Республики Таджикистан наиболее актуальным является нормирование срока службы (износа) шин грузовых автомобилей в сложных дорожно-климатических условиях на автомобильных дорогах с гравийным покрытием. Типичными примерами эксплуатации грузовых автомобилей в сложных дорожно-климатических условиях на территории Республики Таджикистан являются строительства горных и высокогорных гидротехнических сооружений, в частности строительство Рогунской ГЭС. На основе результатов многолетних экспериментальных исследований, проведенных сотрудниками кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» в тесном сотрудничестве с Технологическим парком Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими, были установлены следующие значения безразмерных коэффициентов, соответствующих для сложных, порой суровых горных и высокогорных условий строительства гидротехнических сооружений:

$$k_1 = 1,10 \dots 1,15;$$

$$k_2 = 1,25 \dots 1,35;$$

$$k_3 = 1,20 \dots 1,30.$$

На основе результатов экспериментальных исследований, проведенных в условиях строительства Рогунской ГЭС установлено, что средние значения интенсивности износа рисунка протектора шин типоразмера 10.00R20 трехосных грузовых автомобилей семейства DFZ для передних, задних и средних колес незначительно отличаются между собой и в зависимости от конструктивно-технологических, эксплуатационных и дорожно-климатических условий варьируют в пределах от 0,060 до 0,085 мм/(100 км). При этом меньшие значения интенсивности износа рисунка протектора автомобильной шины соответствуют менее нагруженным автомобилям марки DFZ5250, предназначенных для перевозки людей, а также бортовым грузовым автомобилям марки DFZ5250EQ1092F. Средние значения интенсивности износа рисунка протектора автомобильной шины соответствуют средненагруженным автомобилям-цементовозам DFZ5141 и жижевозам DFZ5141GXW. А большие значения интенсивности износа рисунка протектора автомобильной шины соответствуют

наиболее нагруженным автомобилям-самосвалам марки DFZ 5251A.

Результаты сравнительного анализа экспериментальных исследований и

предложенных теоретических предпосылок по оценке износа рисунка протектора шин типоразмера 10.00R20 грузовых автомобилей семейства DFZ представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Результаты сравнительного анализа экспериментальных исследований и предложенной математической модели по оценке износа рисунка протектора шин грузовых автомобилей.

№	Грузовой автомобиль		фирма-производитель	страна-производитель	Интенсивность износа рисунка протектора шины, мм/(100 км)		Относительная погрешность $\delta$ , %
	марка	тип			экспериментальная	теоретическая	
1	DFZ 3251 A	самосвал	Luao	КНР	0,085	0,082	3,5
2	DFZ 5251 A	АБС	Luao	КНР	0,080	0,078	2,5
3	DFZ 5254 A	цементовоз	Luao	КНР	0,067	0,068	1,5
4	DFZ 5141	цементовоз	Luao	КНР	0,068	0,066	3,0
5	DFZ 5141	цементовоз	Омскшина	РФ	0,064	0,063	1,6
6	DFZ 5230	бензовоз	Luao	КНР	0,062	0,063	1,6
7	DFZ 5230	бензовоз	Wefen, Taytong, Tayrex, HS 268, Huasheng, Green Dra-gon	КНР	0,058	0,056	3,4
8	DFZ 5141	цементовоз	Luao, Taytong, HS801Q	КНР	0,085	0,083	2,4
				КНР	0,077	0,079	2,6
				КНР	0,80	0,082	2,5
9	МАЗ	водовоз	Омскшина	РФ	0,063	0,061	3,2
10	DFZEQ1092F	борт.автом.	Омскшина, Кама	РФ	0,055	0,056	1,8

Как видно из сравнительного анализа оценки интенсивности износа рисунка протектора шин грузовых автомобилей результаты теоретических расчетов на основе предложенной математической модели и экспериментальных исследований хорошо согласуются между собой, а среднее значение относительной погрешности находится в пределах допустимого и составляет 2,96%.

### Выводы

1. На основе анализа обобщены результаты экспериментальных исследований по оценке интенсивности износов рисунка протектора шин грузовых автомобилей, эксплуатируемых в условиях строительства гидротехнических сооружений.

2. Предложена математическая модель оценки интенсивности износа рисунка протектора шин грузовых автомобилей, учитывающая конструктивно-технологические, эксплуатационные и дорожно-климатические факторы.

3. В предложенной математической модели, на основе экспериментальных исследований, установлены значения безразмерных коэффициентов, учитывающих влияние конструктивно-технологических, эксплуатационных и дорожно-климатических факторов на интенсивность износа шины.

4. Результаты экспериментальных и теоретических исследований по оценке износа рисунка протектора шин грузовых автомобилей хорошо согласуются между собой, а среднее значение относительной погрешности находится в пределах допустимого.

### Литература:

1. Кнороз В.И., Кленников Е.В. Шины и колеса. - М.: «Машиностроение», 975. - 184 с.
2. Захаров Н.С. Влияние условий эксплуатации на долговечность автомобильных шин. - Тюмень: ТюмГНГУ, 1997. - 139 с.
3. Умирзиков А.М. Вероятностно - статистическая оценка влияния факторов, влияющих на пробег автомобильных шин в условиях высокогорных карьеров / А.М.



Умирзоков, А.А.Соибов, А.Х. Аббаев, А.Л. Бердиев, Джобиров Ф.И./ Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых учёных и специалистов. Отв. ред. А.Н. Халин. 2018. Стр. 190-194. Издательство: Тюменский индустриальный университет (Тюмень)

4. Автомобильные шины: Устройство, работа, эксплуатация, ремонт / В. Н. Тарновский, В. А. Гудков, О. Б. Третьяков. - М.: Транспорт, 1990. - 272 с.

5. Умирзоков А.М. Влияние дорожных, климатических и эксплуатационных факторов на долговечность автомобильных шин/ А.М. Умирзоков, А.А.Соибов, М.А. Абдуллоев, Ф.И.Джобиров Ф.И./ Вестник ТТУ, №3(31), 2015. Научно-технический журнал ТТУ, с. 81-89.

6. Гудков, В. А. Прогнозирование пробега автомобильных шин в горных условиях эксплуатации / В. А. Гудков, В. Н. Тарновский, Р. М. Устаров // Каучук и резина. - 2011. - № 5. - С. 31-33.

7. Кубраков, В. И. Влияние режимов нагружения и дорожных факторов на износ шин: дисс. канд. техн. наук / В. И. Кубраков. - Волгоград, 1995. - 177 с.

#### **THEORETICAL BACKGROUND FOR JUSTIFICATION OF CAR TIRE WEAR**

*A.M. Umirzokov, M. Yu. Yunusov, A.L. Berdiev*

The article presents the theoretical prerequisites for determining the wear of a car tire, taking into account the peculiarities of the operating conditions of trucks. It is suggested a formula for determining the wear of a car tire, taking into account structural and technological, operational and road-climatic factors. To calculate the tire wear of trucks operated in difficult conditions of mountain and high-altitude quarries for the construction of hydraulic structures, it is proposed and based dimensionless coefficients

and taking into account the influence of structural and technological, operational and road-climatic factors.

**Keywords:** automobile tire, factors, wear, tire life.

#### **ЗАМИНАИ НАЗАРИЯВӢ БАРОИ АСОСНОККУНИИ ПӢШИДАНИ МОШИИ**

*А.М. Умирзоков, М.Ю. Юнусов, А.Л. Бердиев*

Дар мақола заминаи назариявӣ барои муаян намудани хурдашавии шинаҳои автомобилӣ бо дарназардошти хусусиятҳои хоси истифодабарии автомобилҳои боркаш оварда шудаанд. Формула барои муаян намудани хурдашавии шинаҳои автомобилӣ пешниҳод шудааст, ки дар он омилҳои конструктивӣ – технологӣ, истифодабарии ва роҳу иқлимӣ ба назар гирифта шудаанд. Дар раванди ҳисоби хурдашавии шинаҳои автомобилҳои боркаш барои шароитҳои вазнини роҳҳои корӣ сохтумони иншоотҳои гидротехникӣ дар минтақаҳои кӯҳсор ва баландкӯҳ зарифҳои беандоза пешниҳод шудаанд, ки онҳо таъсири омилҳои конструктивӣ – технологӣ, истифодабарии ва роҳу иқлимиро ба назар мегиранд.

#### **Сведения об авторах:**

Умирзоков Ахмад Маллабоевич – к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ТТУ им. акад. М.С. Осими.

Тел.+992911016096

E-mail: ahmad.umirzokov@mail.ru

Юнусов Мансурджон Юсуфович – к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими.

Тел. +992904434668. E-mail: m-yunusov@mail.ru

Бердиев Алишер Лугмонович – старший преподаватель кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел. +992906006676

E-mail: alik 0584@yandex.ru

#### **ВЛИЯНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОТОРНОГО МАСЛА НА ПУСКОВЫЕ КАЧЕСТВА ДВИГАТЕЛЯ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ**

*Ф.С.Бодурбеков, М.Ю. Юнусов, А. Тошмахмадзода*

*Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими*

*В статье приведены результаты исследования влияния реологических параметров моторного масла на пусковые качества дизельных двигателей при эксплуатации автомобилей в карьерных условиях.*

**Ключевые слова:** автомобиль, двигатель, пусковые качества, моторное масло.

Интенсивность изнашивания деталей, определяющая в конечном счете интенсивность изменения технического состояния автомобиля в

целом, зависит от трех групп факторов: материала детали, параметров среды и нагрузки на поверхность трения. Поэтому для автомобиля в заданных условиях работы необходимо установить закономерности изменения интенсивности изнашивания деталей в зависимости от температуры воздуха, состояния смазочного материала на поверхности трения в процессе эксплуатации автомобиля и закономерности изменения нагрузки на деталь при работе в заданных эксплуатационных условиях.

Эксплуатационные условия работы машин и механизмов, задействованных в строительстве Рагунской ГЭС, можно назвать экстремальными. Вследствии временного характера, автодороги на данном огромном гидротехническом сооружении невозможно соотнести к какой либо категории дорог по ныне действующей классификации. Климатические условия тоже специфичны и не характерны для Таджикистана, общепризнанного как регион с жарким климатом. Иногда в конце октября выпадает первый снег и холодная погода продлится до середины марта, в то время как на юге страны зафиксировано минимальное количество зимних дней, равное 45-48. Протяженность дорог внутри транспортных тоннелей данного сооружения составляет около 80 км и характеризуются сложностью рельефа, профиля дороги и состояния дорожного покрытия [1].

В указанных условиях эксплуатации одним из немаловажных факторов эффективности эксплуатации автотранспорта является пусковые качества двигателей внутреннего сгорания. При этом минимальная температура наружного воздуха, при которой должен обеспечиваться пуск, зависит от типа двигателя и моторного масла.

При прочих равных условиях для оценки пусковых свойств определенной марки двигателя, качество применяемого моторного масла является решающим фактором. Так, попытка произвести холодный пуск двигателя, при низкой температуре окружающей среды вызывает недопустимые перегрузки деталей из-за высокой вязкости масла. Для преодоления сопротивления смазочного материала энергия от сгорания рабочей смеси в камере сгорания ДВС должна быть настолько больше, чтобы двигатель после пуска работал устойчиво.

Сравнительные испытания моторных масел показали, что при использовании загущенного масла предельная температура надежного пуска

двигателя карьерного самосвала БелАЗ-540 на 7-8<sup>0</sup>С ниже по сравнению с применяемым маслом М14В (рис. 1).

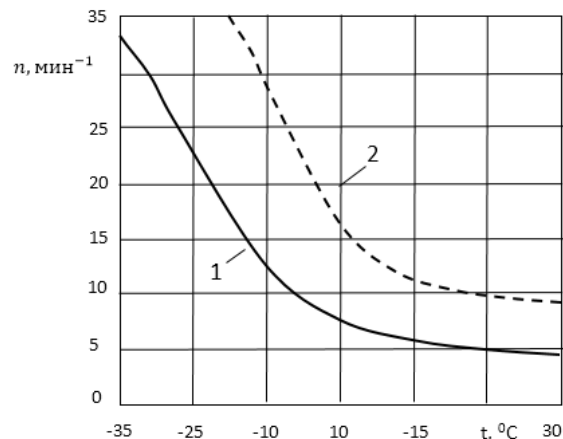


Рис. 1. Зависимость частоты вращения коленчатого вала двигателя от температуры окружающего воздуха:

1 – минимально необходимые для пуска обороты коленчатого вала при работе на традиционном моторном масле; 2 – то же на загущенном масле.

При вязкости масла в пределах  $(0,8-0,2) \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с при отрицательной температуре до -30<sup>0</sup>С возможен пуск ДВС стартером, обычно двигатель после пуска работает устойчиво.

После пуска холодного двигателя масло не сразу поступает к трущимся деталям. Даже при температуре -12<sup>0</sup>С смазочный материал поступает к подшипникам спустя 45 с после начала прокручивания холодного двигателя (рис. 2). Так, время запаздывания поступления масла в коренные подшипники коленчатого вала при температуре картерного масла 20<sup>0</sup>С составляет 6 с, а при -20<sup>0</sup>С уже 33 с.

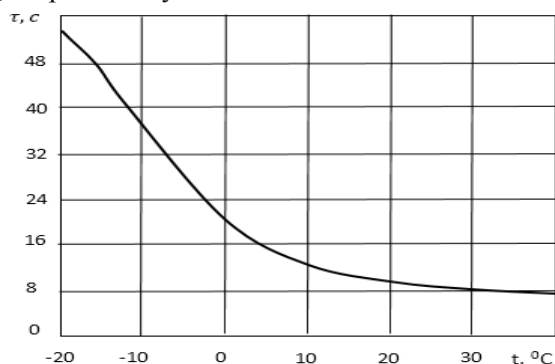


Рис. 2. Зависимость времени запаздывания поступления масла к подшипникам после пуска двигателя от температуры окружающего воздуха.

Прокачиваемость масла зависит от его вязкости, поэтому при низкой температуре окружающего воздуха должна быть обеспечена малая вязкость масла в системе смазки двигателя. Для облегчения пуска холодного двигателя существуют различные способы, которые можно разделить на две группы: использование пусковых подогревателей и разжижение масла путем применения углеводородов с относительно малой вязкостью, чем штатное моторное масло.

Однако, ввиду известных причин, наиболее приемлемым способом облегчения и повышения надёжности пуска двигателя при низкой температуре, в карьерных условиях эксплуатации является предложенная С.В.Венцелем методика разжижения масла бензином, так как при этом процесс пуска происходит быстрее и без каких-либо осложнений [2].

Таким образом, можно заключить, что пуск двигателя в холодных условиях эксплуатации в немалой степени зависит от значения реологических параметров моторного масла.

#### Литературы:

1. Юнусов М.Ю., Ахмадов Б.Р., Мажитов Б.Ж., Холов Д.Т. Изменение эколого-экономических характеристик автомобилей при эксплуатации в горных условиях. Кишоварз. №4(85) – 2019 г. Душанбе, изд. ТАУ. – С. 98 – 102.

2. Венцель С.В. Применение смазочных масел в автомобильных и тракторных двигателях. – М.: Химия, 1969. – 288 с.

#### ТАЪСИРИ ХОСИЯТҲОИ РЕОЛОГИИ РАВҒАНҲОИ МУҲАРРИКӢ БА НИШОНДИҲАНДАҲОИ БАКОРДАРОРИИ МУҲАРРИКОНИ АВТОМОБИЛҲОИ ХУДРЕЗИ КОНӢ

*Ф.С. Бодурбеков, М.Ю. Юнусов,  
А.Тошмахмадзода*

Дар мақола натиҷаҳои тадқиқоти таъсири хосиятҳои реологии равғани муҳаррикӣ ба нишондиҳандаҳои бақордарории муҳаррикон хангоми истифодабарии автомобилҳо дар шароити конӣ оварда шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** автомобил, муҳаррик, хосиятҳои реологӣ, нишондиҳандаҳои бақордарорӣ, равғани муҳаррикӣ.

#### INFLUENCE OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF ENGINE OIL ON STARTING QUALITIES OF THE ENGINE OF MINING DUMP TRUCKS

*F. S. Bodurbekov, M. Yu. Yunusov,  
A. Toshmakhmadzoda*

The article presents the results of the study of the influence of the rheological parameters of engine oil on the starting qualities of diesel engines when operating cars in quarry conditions.

**Keywords:** car, engine, starting qualities, engine oil.

#### КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

*М.Х. Саидов*

*Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими*

*В работе представлено кинематическое исследование планетарного механизма с двойным сателлитом. Определены передаточные отношения между ведущими и ведомыми звеньями механизма. Определение передаточных отношений между звеньями механизма позволяет повысить производительность работы механизма за счет переменных скоростных характеристик рабочих органов.*

**Ключевые слова** – кинематика, технические средства, дифференциальные уравнения, крутящий момент, планетарный механизм, динамика.

#### Введение

Республика Таджикистан считается горной страной, где 4% от всей территории составляет полевое и 3% богарное земледелие, а 93% площади в основном составляют горы. Развитие сельскохозяйственной отрасли республики в основном зависит от хлопководства, животноводства и зерно-кормопроизводства. Наряду с другими видами производства в нашей Республике развивается сельское хозяйство. Хлопок для нашей страны является стратегической культурой. Республика Таджикистан экспортирует сырье в СНГ, Азиатские и Европейские страны. Производство зерна и зернобобовых культур в нашей стране налажено с целью снабжения населения хлебом.

В Республике Таджикистан производство зерновых составляет 800-1000 тыс. т. Для обеспечения запаса на зерновых ежегодная закупка составляет 200 тыс. т. Важнейшей целью увеличения производства зерновых является обеспечение потребностей населения республики своим продовольствием.

Для достижения данной цели в нашей стране требуется оснащение отрасли новейшими техническими средствами, более рационального использования имеющейся техники и широкое внедрение достижений науки и передового опыта. Поскольку хлопок является стратегическим сырьем и имеет огромное значение для удовлетворения потребностей населения Республики, увеличение его производства является одной из важнейших задач сельскохозяйственного производства. Не менее важной задачей для агропромышленной отрасли страны считается увеличение производства зерновых.

Со стороны ученых ведутся огромные работы для разработки новых механизмов и модернизация существующих с целью повышения производительности механизмов и машин, замены ручной работы на механическую в процессе производства сельскохозяйственных культур.

Для механизмов и машин передача крутящего момента от силовых установок на рабочих элементах конструкции с наименьшей потерей является основным техническим требованием.

Разработка механизма привода с учетом технологических запросов должна быть направлена на то, чтобы кинематические параметры рабочих органов были функциями угла поворота передающих частей и с тем, чтобы была увеличена длина дуги рабочего органа в рабочей зоне. Это обеспечило бы лучшей работы механизмов и сохранило бы качество сельхозугодий. Для любых механизмов и машин, используемых в народном хозяйстве, необходимо, чтобы частота вращения рабочих органов в различных зонах была переменной и автоматически регулируема.

#### Методика проведения расчета

Для получения вышеназванных кинематических характеристик рабочих органов конструкции прилагается планетарный механизм с двойным сателлитом. Передаточное отношение данного механизма будет переменным, а значит, скоростные характеристики рабочих органов тоже становятся переменными.

Для кинематического анализа планетарных механизмов предлагается кинематическая схема (рис.1).

На данной схеме задаются все нужные для кинематического расчета планетарного механизма параметры всех элементов.

Точки, где касаются вращающиеся звенья и зубчатое колесо ( $P_1$  и  $P_2$  – внутреннее зацепление) с точкой  $O_2$  – опорой направляющих в механизме обозначим через радиус  $R = O_2P_1 = O_2P_2$ . Кроме того, имеется переменные радиусы, относящиеся к составным водилом ( $\rho_1$  и  $\rho_2$ ).

Для представленного планетарного механизма с двойным сателлитом предлагается формулы для определения переменных передаточных отношений:

$$\begin{cases} U_{C_1H_1} = \frac{\sqrt{(\omega_H \rho_1)^2 + (\rho_2)^2}}{\omega_H \cdot r}, \\ U_{C_2H_2} = \frac{\sqrt{(\omega_H \rho_2)^2 + (\rho_2)^2}}{\omega_H \cdot r}, \end{cases} \quad (1)$$

Для определения числом передачи вращающегося движения от ведущего звена на ведомые звенья предложенного механизма предлагается новый метод расчета:

$$\begin{cases} U_{C_1} = \frac{R \cdot \sqrt{(\omega_H \rho_1)^2 + (\rho_2)^2}}{r \cdot \sqrt{[\omega_H (\rho_1 - e)]^2 + (\rho_2)^2}}, \\ U_{C_2} = \frac{R}{r} \cdot \frac{\sqrt{(\omega_H \rho_1)^2 + (\rho_2)^2}}{\sqrt{[\omega_H (\rho_2 - e)]^2 + (\rho_2)^2}}, \end{cases} \quad (2)$$

где параметры ведомых звеньев планетарного механизма ( $\rho_1 = O_2B_1$ ,  $\rho_2 = O_2B_2$ ) определяются аналогично:

$$\begin{cases} \rho_1 = \sqrt{R_1^2 - a^2 \cdot \sin^2 \psi} - a \cdot \cos \psi + \ell, \\ \rho_2 = \sqrt{R_1^2 - a^2 \cdot \sin^2 \psi} + a \cdot \cos \psi + \ell \\ \rho_1 - \ell = \sqrt{R_1^2 - a^2 \cdot \sin^2 \psi} - a \cdot \cos \psi \\ \rho_2 - \ell = \sqrt{R_1^2 - a^2 \cdot \sin^2 \psi} + a \cdot \cos \psi \end{cases} \quad (3)$$

Для определения скоростных характеристик планетарного механизма используем

дифференцирование полученных уравнений по времени, так как угол между положениями ведомых звеньев и горизонтальной линии меняются по времени. После дифференцирование параметров этих звеньев получим следующие выражения:

$$\begin{cases} \dot{\rho}_1 = \left( a \cdot \sin \psi - \frac{a^2 \cdot \sin^2 \psi}{2\sqrt{R_1^2 - a^2 \cdot \sin^2 \psi}} \right) \cdot \dot{\psi}, \\ \dot{\rho}_2 = - \left( a \cdot \sin \psi + \frac{a^2 \cdot \sin^2 \psi}{2\sqrt{R_1^2 - a^2 \cdot \sin^2 \psi}} \right) \cdot \dot{\psi}, \end{cases} \quad (4)$$

Угловая скорость кулисной пары в предлагаемом планетарном механизме зависит от изменения угла наклона положения кулисной пары по отношению к горизонтальной линии. Для определения угловой скорости кулисной пары используем дифференциальный метод:

$$\dot{\psi} = \omega_H = \frac{d\psi}{dt}, \quad (5)$$

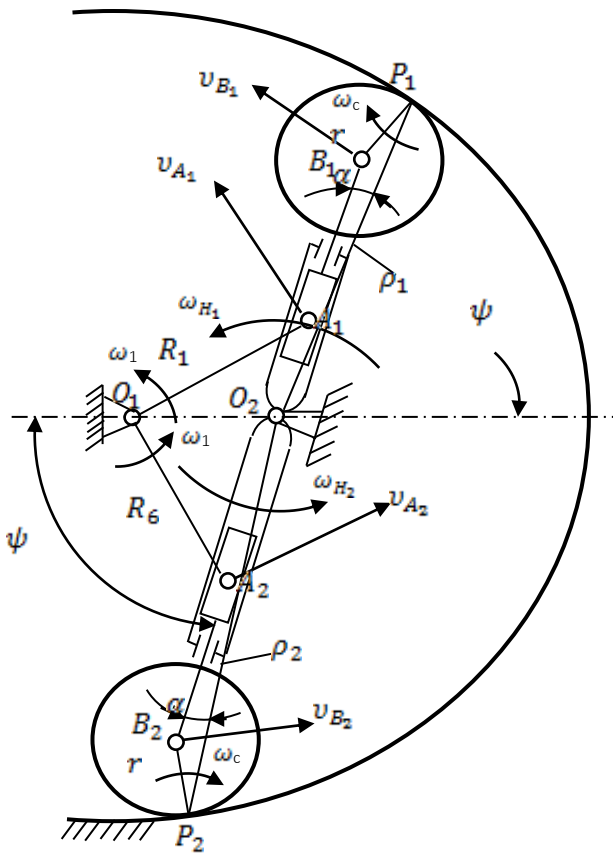


Рис.1. Кинематическая схема механизма.

Для величины расстояния от опоры кулисных пар до точки соприкосновения спутников с шестеренчатым колесом ( $\rho_1, \rho_2$ ) используем безразмерный аналог:

$$\begin{cases} S_1 = \sqrt{1 - P^2 \cdot \sin^2 \psi} - P \cdot \cos \psi + q, \\ S_2 = \sqrt{1 - P^2 \cdot \sin^2 \psi} + P \cdot \cos \psi + q, \end{cases} \quad (6)$$

Используем некоторые обозначения для преобразований полученных формул, чтобы в конечном итоге получают формулы для определения переменных передаточных отношений для планетарного механизма с двойным спутником:

$$\begin{aligned} \frac{a}{R_1} &= P < 1; & \frac{\ell}{R_1} &= q > 1, \\ \frac{\rho_1}{R_1} &= S_1; & \frac{\rho_2}{R_1} &= S_2, \\ \frac{R_1}{r} &= e > 1; & \dot{S} &= \frac{dS}{d\psi}. \end{aligned}$$

При дифференцировании полученных уравнении для безразмерных аналогов по углу наклона положения кулисных пар с горизонтальной линии ( $\psi$ ) будем получать выражения, использующие для определения переменных передаточных отношений для планетарного механизма с двойным спутником:

$$\begin{cases} \dot{S}_1 = P \cdot \sin \psi - \frac{P^2 \cdot \sin 2\psi}{2\sqrt{1 - P^2 \cdot \sin^2 \psi}} \\ \dot{S}_2 = -P \cdot \sin \psi + \frac{P^2 \cdot \sin 2\psi}{2\sqrt{1 - P^2 \cdot \sin^2 \psi}} \end{cases} \quad (7)$$

### Результаты расчета

В конечном итоге получаем формулы для определения переменных передаточных отношений для планетарного механизма с двойным спутником, которые можно использовать для проектирования таких механизмов:

$$\begin{cases} U_{C_1H_1} = e \cdot \sqrt{(S_1)^2 + (\dot{S}_1)^2}, \\ U_{C_2H_2} = e \cdot \sqrt{(S_2)^2 + (\dot{S}_2)^2}, \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} U_{c_{11}} = e \cdot \sqrt{\frac{(s_1)^2 + (\dot{s}_1)^2}{(s_1 - q)^2 + (\dot{s}_1)^2}}, \\ U_{c_{16}} = e \cdot \sqrt{\frac{(s_2)^2 + (\dot{s}_2)^2}{(s_2 - q)^2 + (\dot{s}_2)^2}}, \end{cases} \quad (9)$$

### Выводы

Полученные системы уравнения 8 и 9 для определения переменных передаточных отношении планетарного механизма с двойным сателлитом можно решать методом малого параметра Ляпунова-Пуанкаре, так как эти уравнения представляют дифференциальные уравнения первого порядка в квадратурах.

Эти уравнения дадут возможности спроектировать планетарный механизм с двойным сателлитом с переменными передаточными отношениями. Использование таких механизмов в технике повышает производительность работы за счет переменных скоростных характеристик рабочих звеньев и уменьшает динамические потери.

### ТАҲЛИЛИ КИНЕМАТИКИИ МЕХАНИЗМҶОИ САЁРАВӢ

*М.Ҳ. Саидов*

Дар ин кор таҳқиқоти кинематикии механизми саёравӣ бо сателлити дукарата пешниҳод шудааст. Адади гузариши байни звеноҳои баранда ва равандаи механизм муайян карда шудааст. Муайян намудани адади

гузариши байни звеноҳои механизм имконият медиҳад, ки маҳсулнокии кори механизм аз ҳисоби тавсифҳои сураъати қисмҳои корӣ баланд бардошта шавад.

**Калимаҳои калидӣ** – кинематика, таҷҳизотҳои техникӣ, муодилаҳои дифференсиалӣ, моменти тобхӯрӣ, механизми саёравӣ, динамика.

### KINEMATIC ANALYSIS OF PLANETARY MECHANISMS

*M. H. Saidov*

The paper deals with a kinematic study of the planetary mechanism with a double satellite. It is determined the gear ratio between the leading and driven links of the mechanism. The determination of the gear ratios between the links of the mechanism allows to increase the productivity of the mechanism due to the variable speed characteristics of the working bodies.

**Keywords:** kinematics, technical means, differential equations, torque, planetary mechanism, dynamics.

### Сведения об авторе:

Саидов Мансур Хамрокулович - к.т.н., и.о. доцента кафедры «Теоретическая механика и сопротивление материалов» Таджикского технического университета имени М.С. Осими. Тел: +(992) 919 03 26 29  
E-mail: mansur\_saidov@mail.ru

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ЗАРАНЕЕ ОРГАНИЗОВАННЫМИ ТРЕЩИНАМИ

*А. М. Курбонов, И. С. Муминов, А. Д. Рахмонзода*

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

Борьба с ранним образованием трещин и их дальнейшим развитием является одной из основных задач ученых проводящих исследования бетонных и железобетонных конструкций. Изучение проблем в данной области процесс весьма сложный, требующий продолжительного времени и материальных затрат. В этой связи, постоянно развивающиеся программные комплексы численного моделирования дают большие возможности получить результаты расчетов максимально близкие к экспериментальным, при этом значительно сокращая временные и материальные расходы. В данной статье рассматривается анализ результатов

моделирования поведения железобетонных элементов с заранее организованными трещинами под действием статических кратковременных нагрузок. Моделирование выполняется на платформе ПК Abaqus 6.14.

**Ключевые слова:** Организованная трещина, моделирование, метод конечных элементов, ПК Abaqus.

### Введение

Бетон как современный строительный материал является наиболее широко используемым. Так как бетон имеет ряд преимуществ, таких как, общедоступность, простота процесса изготовления, хорошая огнестойкость, более низкая стоимость и т.д.

Несмотря на это бетон все еще остается уязвимым к раннему трещинообразованию разной степени и различных форм в растянутой зоне в процессе эксплуатации и даже в процессе строительства, что уменьшает долговечность бетонной конструкции, с сокращением её срока службы.

В связи с этим как в России, так и за рубежом проводятся исследования, направленные на разработку и совершенствование методики расчета жесткости железобетонных изгибаемых элементов с трещинами в стадии эксплуатации [1, 2], изучается влияние ранее существующих трещин на прочность сцепления арматуры с бетоном [3, 4], ведется прогнозирование трещинообразования в железобетонных конструкциях [5].

Последние годы в Новосибирском государственном архитектурно-строительном университете в рамках энергетической теории сопротивления железобетона, ранее разработанной профессорами Митасовым В.М и Адищевым В.В, проводились несколько экспериментальных исследований с образцами, изготовленными по традиционной технологии и

технологии с заранее организованными трещинами [1, 6].

#### Материалы и методы экспериментальных исследований

Для проведения исследований изготавливались две серии железобетонных балок с кубами и призмами. Все образцы были выполнены с одинаковыми геометрическими размерами из мелкозернистого бетона с прочностью, соответствующей классу В15, и с одинаковой арматурой класса А400 диаметром 8 мм. Организованные трещины образованы установкой алюминиевых пластин толщиной 0.3 мм и высотой 35 мм в сечениях растянутой зоны элемента.

Объектами исследования являлись 6 балок, а именно три образца сплошного сечения, три – с одной организованной трещиной по середине пролета (Рисунок 1).

В качестве расчетной схемы при испытании изгибаемых образцов принята схема шарнирно-опертой однопролетной балки, нагруженной одной сосредоточенной силой  $F$ , приложенной в середине пролета. Процент армирования – 0.5 %, защитный слой – 35 мм.

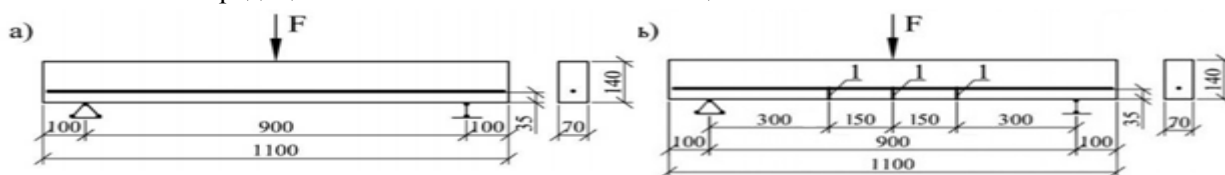


Рис.1. Железобетонные образцы для модельного эксперимента: а – балка сплошного сечения б – с 3-мя организованными трещинами; 1 – организованная трещина.

#### Нелинейное моделирование в программном комплексе Abaqus

В программном комплексе Abaqus при решении задач нелинейности учитываются следующие факторы нелинейности:

Физическая нелинейность; геометрическая нелинейность; нелинейность граничных условий. Также в данном программном комплексе используются модели бетона, учитывающие трещинообразование и разрушения бетона. Это размазанная модель – в которой происходит инициирование процесса трещинообразования в любой зоне элемента и когда напряжения в бетоне достигают одной из поверхностей либо в области двухосного растяжения и модель пластического разрушения бетона (CDP), которая является более известной и применяемой, в методе конечных элементов, и используется при однократном циклическом и динамическом нагружении.

Бетон моделировался объемным элементом C3D8R, а арматура в виде стержня элементом T3D2. Сцепление между бетоном и арматурой

смоделировано по технологии embedded, как жесткая связь, учитывающая коэффициент трения между бетоном и арматурой.

Моделировались железобетонные балки, размерами 1.1×0.14×0.07 м., без трещин (Рисунок 2) и с 3-мя начальными трещинами (Рисунок 3), размерами 0.01×0.035 м, проектируемыми в растянутой зоне балки.

Данные полученные по результатам численного моделирования сопоставимы с данными ранее проведенных экспериментов. Результаты также показали, что в балках с организованными трещинами напряженно-деформированное состояние качественно и количественно отличается от балки без трещин. При достижении напряжений в растянутой зоне 94% от  $R_{bt}$ , в балках без организованных трещин, возникает значительное количество стохастических трещин. А в балках с организованными трещинами стохастические трещины возникают только рядом с моделированными трещинами (Рисунки 4-5).

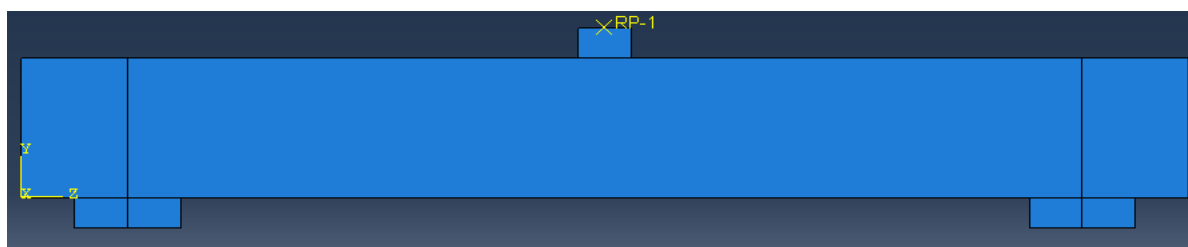


Рис.2. Железобетонная балка без трещины

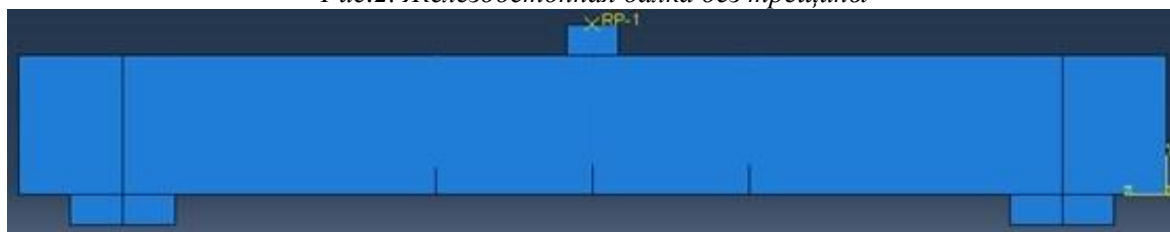


Рис.3. Железобетонная балка с 3-мя начальными организованными трещинами

### Анализ результатов численного моделирования

На Рисунках 6-7 показаны прогибы балок с организованными трещинами и без них. Как и ожидалось, прогиб балки с организованными трещинами оказался меньше прогиба балки без трещин (разница составила 22%). Такой результат вполне сопоставим с результатом физического эксперимента.

По итогам проведенного анализа были построены графики показателей прогибов (Рисунок 8), в том числе, для наблюдения развития прогибов во времени график  $f-t$ , с помощью функции «построить график» в Abaqus, для чего предварительно задавался период времени загрузки (Рисунок 8б). На этих графиках хорошо видно большее значение прогиба в балке без организованных трещин.

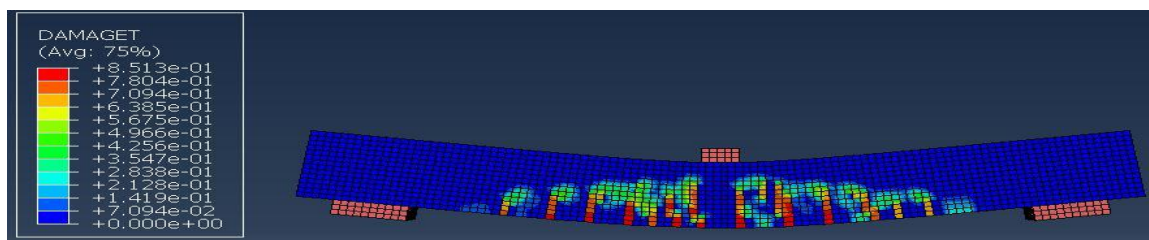


Рис. 4. Схема трещинообразования в балке без организованных трещин.

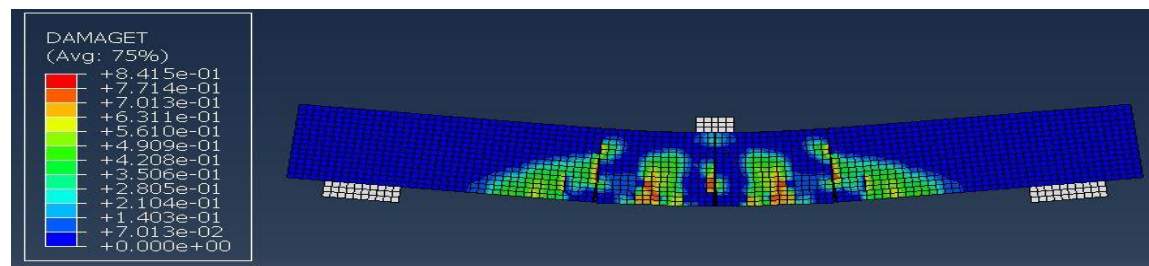


Рис. 5. Схема трещинообразования в балке с 3-мя организованными трещинами.

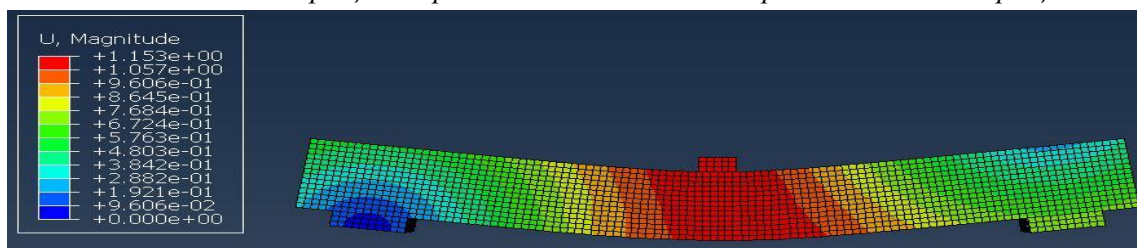


Рис.6. Прогиб в балке без организованных трещин.



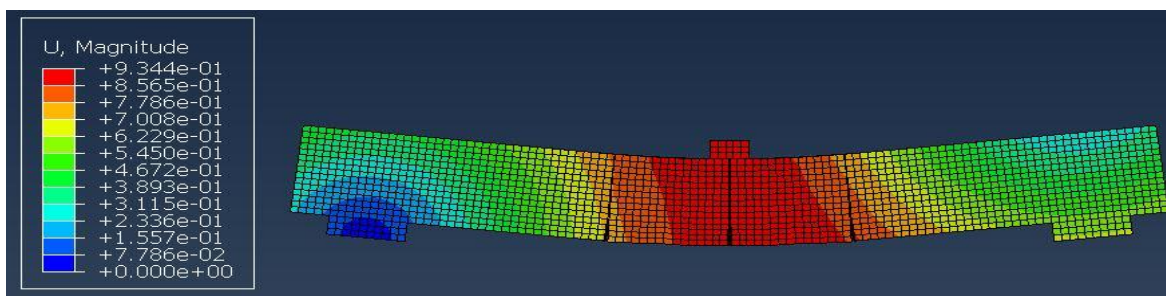
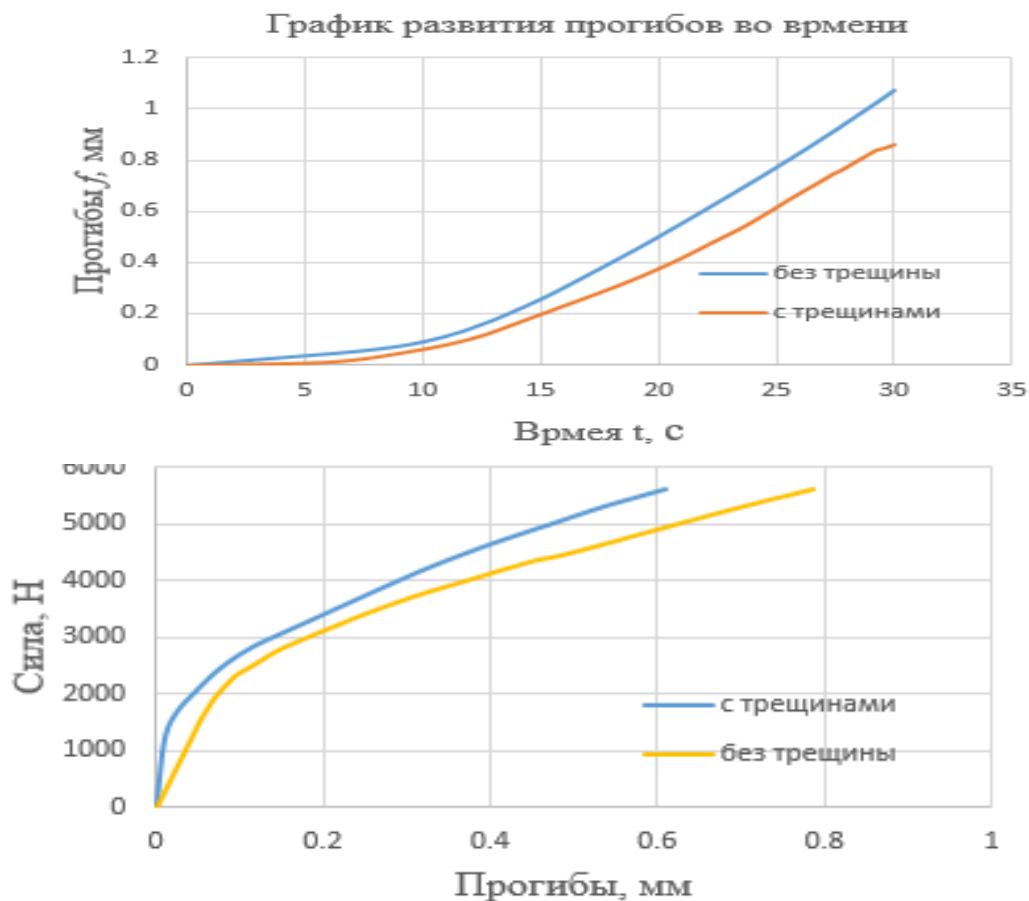


Рис.7. Прогиб в балке с 3-мя организованными трещинами.

а)



б)

Рис. 8. График показателей прогибов: а) кривые  $N-f$ ; б) кривые  $f-t$ .

### Выводы

Рассмотрен метод численного моделирования в программном комплексе Abaqus на примере деформирования железобетонных балок с организованными трещинами и без них. Исследование показало, что в данном программном комплексе, в сравнении с некоторыми другими программными комплексами по численному моделированию, такими как ANSYS, ЛИРА-САПР, SCAD, возможно наиболее точное

моделирование железобетонных элементов с организованными трещинами, с учетом их физических свойств и поведения при деформировании и трещинообразовании наиболее близко к характеристикам при проведении физического эксперимента.

По результатам численного моделирования можно сделать следующие выводы:

1) Балка с организованными трещинами показывает плавный характер зависимости прогибов от нагрузки.

2) В балке с организованными трещинами количество возникающих стохастических трещин заметно меньше, чем в балке без трещины.

#### Литература:

1. Митасов В.М. Основные положения теории сопротивления железобетона: монография. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2010. 158 с.
2. Darwin D., Dolan C.W., Nilson A.H. Design of Concrete Structures. 15th edition. NewYork: McGraw-Hill, 2016. 786 p.
3. Yuan J., O'Reilly M., Matamoros A., Darwin D. Effect of Simulated Cracks on Lap Splice Strength of Reinforcing Bars. SL Report 12-2. Kansas: University of Kansas Center for Research, inc. Lawrence, 2012. 235 p.
4. Yuan J., O'Reilly M., Matamoros A., Darwin D. Effect of Preexisting Cracks on Lap Splice Strength of Reinforcing Bars // ACI Structural Journal. 2016. Vol. 113, no. 4. P.801–812.
5. Carino N.J., Clifton J.R. Prediction of Cracking in Reinforced Concrete Structures. Gaithersburg: NISTIR 5634, NIST BFRL, 1995. 50 p.
6. Михайлова Н.С. Экспериментальные исследования железобетонных балок без трещин и с заранее намеченной трещиной // Известия вузов. Строительство. 2007. № 4. С. 117–120.
7. Abaqus 6.14. Dassault Systemes, 2014.

#### THE APPLICATION OF THE FINITE ELEMENT METHOD FOR MODELING REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH ORGANIZED PRE-CRACKS

*A. Kurbonov, V. Mitsov, A.J. Rahmonzoda*

The prevent against early cracks and their further development is one of the main tasks of scientists conducting research on concrete and reinforced concrete structures. The study of problems in this area is a very complicated process, requiring a long time and material costs. In this regard, the constantly evolving software complexes of numerical simulation provide great opportunities to obtain the results of calculations as close as possible to experimental ones, while significantly reducing the time and material costs. In this article, we analyze the results of modeling the behavior of reinforced

concrete elements with organized pre-cracks under the action of static short-term loads. Simulation is performed on a software – Abaqus version 6.14.

**Key words:** organized crack, modeling, finite element method, software Abaqus

#### ИСТИФОДАИ МЕТОДИ УНСУРҲОИ КАНОРӢ БАРОИ МОДЕЛСОЗИИ УНСУРҲОИ ОҲАНУБЕТОНӢ БО ТАРҚИШҲОИ ТАШКИЛШУДА

*А. М. Курбонов, В. М. Митасов, А. Ҷ. Раҳмонзода*

Мубориза бо пайдоиш ва ташаккули тарқишҳо яке аз вазифаҳои муҳим дар тадқиқоти конструксияҳои оҳанубетон мебошад. Омӯзиши масъалаҳо дар ин соҳа раванди мураккаб буда, масрафи зиёди вақт ва масолаҳо талаб менамояд. Инкишофи бо суръати барномаҳои моделсозии ададӣ имконият медиҳанд то натиҷаи ҳисобҳо, ки ба натиҷаи тадқиқотҳои эксперименталӣ наздиканд, ба даст овард. Ин дар ҳоле аст, ки масрафи вақту масолаҳо назаррас аст. Дар мақолаи мазкур ташхиси натиҷаи унсурҳои оҳанубетонӣ бо тарқишҳои ташкилшуда дар зери қувваҳои кӯтоҳмуддати статикӣ дида мешавад. Моделсозӣ дар барномаи Abaqus 6.14 иҷро карда шуда аст.

**Калимаҳои калидӣ:** тарқишҳои ташкилшуда, моделсозӣ, методи унсурҳои канорӣ, барномаи Abaqus

#### Сведения об авторах:

А. М. Курбонов – ассистент кафедры «Промышленное и гражданское строительство» Таджикского технического университета им. ак. М.С. Осими. E-mail: ajamy9009@gmail.com

И. С. Муминов – старший преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» Таджикского технического университета им. ак. М.С. Осими. E-mail: imuminov86@gmail.com

Раҳмонзода Ахмадҷон – к.т.н., и.о. доцента кафедраи «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им.ак. М.С. Осими. E-mail: nisttu@mail.ru

#### РАСЧЕТ ОСНОВАНИЙ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

*А.Р. Рузиев*

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

Излагаются специфические особенности лёссовых просадочных грунтов, а также методика расчета оснований по деформациям на основе требований норм строительства. Приведены примеры инженерного расчета

оснований по деформациям на просадочных грунтах.

**Ключевые слова:** лёссовый просадочный грунт, относительная просадочность, основание, фундамент, осадка, просадка, деформируемая зона.

В природе существуют определённый класс грунтов со специфическими свойствами, деформирование которых в силу особого их строения и состава может произойти не только под действием нагрузок (давлений), но и при воздействии некоторых дополнительных факторов. Такие грунты относятся к классу структурно-неустойчивых горных пород. Их основным представителем являются лёссовые породы. В соответствии с классификацией [1] лёссовые породы относятся к пылевато-глинистым грунтам, обладающим свойством пластичности и связности. Отличительная и специфическая особенность лёссовых грунтов заключается в их способности давать дополнительную осадку (просадку) при замачивании [1,2].

В лёссовом грунте главным породообразующим минералом является кварц (50-60%), а содержание глинистых частиц незначительно (15-20%). Глинистые частицы придают грунту пластичность, а пылеватые частицы, представленные минералами кварца, наоборот, снижают пластичность грунта. Содержание различных солей также снижет пластичность лёссовых грунтов. По минералогическому и гранулометрическому составу лёссовый грунт занимает промежуточное положение между пылеватыми песками и суглинками. По числу пластичности они относятся преимущественно к супесям и суглинкам.

Лёссовые грунты обладают низкой природной влажностью (4-8%) и высокой пористостью (50-55%) с наличием макропор размерами до 0,5-1,5мм, что свидетельствуют об их неуплотнённом состоянии. Несмотря на это лёссовый грунт при незначительной влажности обладает определенной структурной прочностью. Однако при повышении влажности лёссовый грунт резко теряет прочность, происходит нарушение структуры и, как следствие, просадка.

При предварительной оценке к просадочным относятся лёссовые грунты со степенью влажности  $S_r \leq 0,8$ , для которых величина показателя просадочности  $I_{ss}$  меньше табличных значений [2,3]. Показатель  $I_{ss}$ , который характеризует недоуплотненное состояние лёссового грунта, определяется по формуле

$$I_{ss} = (e_L - e) / (1 + e); \quad (1)$$

где:  $e$  – коэффициент пористости грунта природного сложения;

$e_L$  – то же, при влажности на границе текучести  $w_L$ .

Коэффициент пористости при влажности  $w_L$  определяется по формуле:

$$e_L = w_L \rho_s / \rho_w; \quad (2)$$

где  $\rho_s$  и  $\rho_w$  – соответственно плотность твердых частиц и воды.

Следует отметить, что показатель просадочности  $I_{ss}$  является лишь номенклатурным показателем и не позволяет окончательно оценить просадочность грунта и величину возможной просадки. Окончательная оценка о просадочности (или непросадочности) грунта дается по величине относительной деформации просадочности  $\epsilon_{st}$ . Просадочным считается толща грунта, в пределах которой относительная деформация просадочности при природном давлении (напряжение от собственного веса грунта) на соответствующей глубине составляет  $\epsilon_{st} \geq 0,01$  [2,3].

По величине относительной деформации просадочности  $\epsilon_{st}$  пылевато-глинистые грунты подразделяют на непросадочные ( $\epsilon_{st} < 0,01$ ), слабопросадочные ( $0,01 \leq \epsilon_{st} \leq 0,03$ ), среднепросадочные ( $0,03 < \epsilon_{st} \leq 0,07$ ), сильнопросадочные ( $0,07 < \epsilon_{st} \leq 0,12$ ) и чрезвычайно просадочные ( $\epsilon_{st} > 0,12$ ) [1].

Расчет оснований по деформациям производится исходя из условия [2,3].

$$S + S_{st} \leq S_u; \quad (3)$$

где:  $S$  – осадка фундамента (сооружения);

$S_{st}$  – просадка основания;

$S_u$  – предельная деформация основания.

Осадку  $S$  происходит в результате уплотнения грунта под действием веса сооружения и определяется без учета просадочных свойств грунта исходя из его деформационных характеристик при природной влажности. Просадка  $S_{st}$  происходит в результате уплотнения грунта при замачивании (увлажнении) под действием как внешних нагрузок, так и собственного веса грунта. Полное проявление просадки достигается лишь при полном замачивании ( $S_r > 0,8$ ) сверху больших площадей, ширина которых  $B_w$  должна быть больше мощности просадочного слоя  $H_{st}$ . При предельной деформации основания  $S_u$  обеспечивается нормальная эксплуатация сооружения. Для производственных и гражданских зданий с полным железобетонным каркасом  $S_u = 8см$  [2,3].

При расчете просадочная толща разбивается на отдельные слои  $h_i$ . При этом толщина каждого слоя должна быть не более 2 м, изменение суммарного давления ( $\sigma_{zgi} + \sigma_{zpi}$ ) от собственного веса грунта  $\sigma_{zg}$  и нагрузки фундамента  $\sigma_{zpi}$  в пределах каждого слоя не должно превышать 200 кПа, а количество слоев должно быть не менее двух. Среднее напряжение  $\sigma_i$  в середине каждого  $i$ -го слоя принимается как сумма ( $\sigma_{zgi} + \sigma_{zpi}$ ) дополнительного давления от нагрузки фундамента и собственного веса грунта. Распределение дополнительного давления принимается по теории линейно-деформируемого полупространства.

Просадочные грунты в зависимости от возможности проявления просадки от собственного веса грунта подразделяются на два типа [2,3]:

**I-тип** – грунтовые условия, в которых просадка возможна в основном от внешней нагрузки в верхней деформируемой зоне, а просадка от собственного веса грунта отсутствует или не превышает 5 см;

**II-тип** – грунтовые условия, в которых, кроме просадки в деформируемой зоне от внешней нагрузки, возможна просадка от собственного веса грунта величиной более 5 см и в нижней зоне.

Просадочные грунты I-типа менее просадочны, имеют незначительную толщину (3-5 м), обычно содержат гравийно-песчаные прослойки. Согласно классификации [1] грунты I-типа слабopосадочны. Строительство зданий и сооружений на таких грунтовых условиях не представляет особой трудности.

Просадочные грунты II-типа более просадочны, мощность которых достигает 25-30 м. Они средне- и сильнопросадочны и строительство на таких грунтах связано с трудностями, что приводят к удорожанию стоимости строительства до 20%.

Просадка грунтов основания определяется по формуле:

$$S_{sl} = \sum \varepsilon_{sl,i} \cdot h_i \cdot k_{sli}; \quad (4)$$

где  $\varepsilon_{sl,i}$  – относительная просадочность  $i$ -го слоя грунта;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя;

$k_{sli}$  – коэффициент, определяемый:

**a)** при ширине подошвы фундамента  $b \geq 12$  м принимается  $k_{sl} = 1,0$  для всех слоев грунта в пределах зоны просадки.

**б)** при  $b \leq 3$  м – вычисляется по формуле

$$k_{sli} = 0,5 + 1,5(p - p_{sl,i}) / p_0; \quad (5)$$

где:  $p$  – среднее давление под подошвой фундамента;

$p_{sl,i}$  – начальное просадочное давление грунта  $i$ -го слоя;

$p_0$  – давление, равное 100 кПа (1 кгс/см<sup>2</sup>).

**в)** при  $3\text{ м} < b < 12\text{ м}$  – коэффициент  $k_{sl,i}$  определяется по интерполяции между значениями, полученными при  $b=3\text{ м}$  (формула 3) и  $b=12\text{ м}$ .

Просадка основания учитывается только в тех слоях, в которых относительная просадочность при фактическом напряжении  $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$ .

Различают два вида просадок: от внешней нагрузки  $S_{slp}$  и от собственного веса грунта  $S_{slg}$ . Просадка от внешней нагрузки  $S_{slp}$  происходит в верхней (активной) зоне основания, в основном от веса сооружения. Просадка от собственного веса грунта  $S_{slg}$  происходит в нижней зоне основания, где давление от веса сооружения практически затухает.

Оба вида просадок определяются по выражению (4). Однако имеются некоторые отличия в их определении. При определении просадки от собственного веса грунта  $S_{slg}$ , во-первых, значения относительной просадочности  $\varepsilon_{sli}$  должны быть определены только при действии природного давления  $\sigma_{zgi}$ . Во-вторых, коэффициент  $k_{sli}$ , входящий в формулу (4) принимается  $k_{sli} = 1,0$  [2,3].

При определении просадки от внешней нагрузки  $S_{slp}$  относительная просадочность грунта  $\varepsilon_{sli}$  на соответствующей глубине от подошвы фундамента определяется при суммарном вертикальном давлении ( $\sigma_{zg} + \sigma_{zp}$ ) как от веса сооружения  $\sigma_{zg}$ , так и собственного веса грунта  $\sigma_{zp}$ .

**Пример 1.** Требуется определить осадку и просадку основания столбчатого фундамента с размерами подошвы 1,0x1,4 м, построенного на толще просадочных грунтов. Среднее давление под подошвой фундамента равно  $p_{cp} = 237$  кПа. Глубина заложения фундамента  $d = 2,0$  м. Основание представлено лёссовидными суглинками с числом пластичности 9-10%, обладающими просадочными свойствами от собственного веса. Значения влажности грунтов на пределах пластичности ( $w_p$ ) и текучести ( $w_L$ ) соответственно равны:  $w_p = 18-19\%$ ,  $w_L = 28-29\%$ . В таблице 1 приведены значения влажности и плотности грунтов. Начальное просадочное давление грунта равно  $p_{sl} = 90$  кПа. Данные компрессионного испытания методом двух кривых представлены на рис.1. Лёссовые грунты на глубине 17,0 м подстилаются непросадочными суглинками.

Таблица 1.

Глубина <i>m</i>	Природная влажность, <i>w<sub>0</sub></i> , %	Плотность грунта при <i>w<sub>0</sub></i> <i>ρ, т/м<sup>3</sup></i>	Плотность сухого грунта, <i>ρ<sub>d</sub></i> , т/м <sup>3</sup>	Плотность грунта при <i>w<sub>p</sub></i> <i>ρ, т/м<sup>3</sup></i>	Плотность грунта при <i>w<sub>L</sub></i> <i>ρ, т/м<sup>3</sup></i>	Природное давление при <i>w<sub>p</sub></i> <i>σ<sub>zgp</sub></i> , кПа	Природное давление при <i>w<sub>L</sub></i> <i>σ<sub>zgl</sub></i> , кПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1	14,8	1,53	1,33	1,57	1,70	15,7	17,0
2	13,6	1,52	1,34	1,58	1,71	31,5	34,1
3	12,0	1,50	1,34	1,58	1,72	47,3	51,3
4	9,5	1,48	1,35	1,59	1,73	63,2	68,6
5	8,4	1,47	1,36	1,60	1,74	79,2	86,0
6	7,8	1,48	1,37	1,61	1,75	95,3	103,5
7	7,3	1,48	1,38	1,63	1,77	111,6	121,2
8	6,8	1,48	1,39	1,64	1,78	128,0	139,0
9	6,9	1,51	1,41	1,66	1,80	144,6	157,0
10	7,4	1,54	1,43	1,69	1,83	161,5	175,3
11	7,3	1,57	1,46	1,72	1,87	178,7	194,0
12	7,6	1,59	1,48	1,75	1,89	196,2	212,9
13	7,3	1,62	1,51	1,78	1,93	214,0	232,2
14	8,1	1,65	1,53	1,80	1,96	232,0	251,8
15	8,4	1,69	1,56	1,84	2,00	250,4	271,8
16	8,7	1,72	1,58	1,86	2,02	269,0	292,0
17	9,0	1,76	1,62	1,91	2,07	288,1	312,7

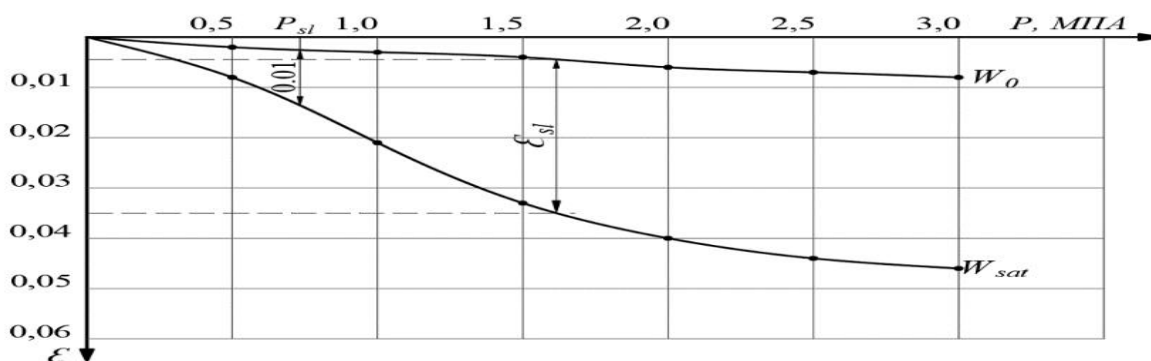


Рис. 1. Графики компрессионного испытания грунтов при влажности; природной ( $w_0$ ) и полного водонасыщения ( $w_{sat}$ ).

**Решение:** 1. Так как природная влажность грунта  $w_0$  меньше влажности  $w_p$ , следовательно, в расчет принимаются значения природного давления  $\sigma_{zgp}$  [2,3].

2. Природное давление на уровне подошвы фундамента при плотности грунта  $\rho=1,58\text{т/м}^3$  (см. табл.1) и глубине заложения фундамента  $d=2,0\text{м}$  составляет  $\sigma_{zg0} = 1,58 \cdot 10 \cdot 2 = 31,6\text{кПа}$ . Осадочное давление для нашего случая будет равно  $p_0 = p_{cp} - \sigma_{zg0} = 237 - 31,6 = 205,4\text{кПа}$ .

3. Осадка фундамента определена методом послойного суммирования [2,3]. При глубине сжимаемой толщи  $H_c=2,8\text{м}$  осадка составляет  $S=1,4\text{см}$ .

4. Округляя сжимаемую толщину до  $H_c=3,0\text{м}$ , основание фундамента разбиваем на три слоя толщиной по 1,0м. Находим сумму напряжений ( $\sigma_{zp} + \sigma_{zg}$ ) в середине каждого элементарного слоя (табл.2). С помощью графиков компрессионных испытаний (см. рис.1) определим значения  $\epsilon_{slp}$  (см. табл. 2).

Таблица 2.

Номера слоев	Глубина (м), от подошвы фундамента до середины слоя	Сумма давлений в середине слоя ( $\sigma_{zp} + \sigma_{zg}$ ), кПа	Относительная просадочность $\epsilon_{sl}$ , при $\sigma_{zg}$	Относительная просадочность $\epsilon_{slpi}$ при ( $\sigma_{zp} + \sigma_{zg}$ )
1	0,5	147+43=190	0,005	0,033
2	1,5	59+69=128	0,012	0,027
3	2,5	22+78=100	0,015	0,018

5. Просадку основания определяем по формуле (4). При ширине подошвы фундамента  $b=1$  м, входящую в формулу 4 коэффициент  $k_{sl}$  находим по формуле (5), принимая значение начального просадочного давления  $p_{sl} = 90$  кПа. При среднем давлении под подошвой фундамента  $237$  кПа по формуле (5) находим

$$k_{sl} = 0,5 + 1,5(p - p_{sl, i}) / p_0 = 0,5 + 1,5(237 - 90,0) / 100 = 2,7$$

Просадку фундамента определяем по формуле (4).

$$S_{sl} = 2,7 \cdot (0,033 \cdot 100 + 0,027 \cdot 100 + 0,018 \cdot 100) = 21 \text{ см.}$$

Проверяем условие (3). Сумма осадки и просадки составляет  $23,7$  см, что значительно превышает допустимую деформацию основания ( $S_u = 8$  см). Значит, при строительстве зданий и сооружений необходимо предусмотреть

искусственное основание, например грунтовую подушку в деформируемой зоне.

**Пример 2.** Требуется определить высоту зоны просадок от собственного веса грунта  $h_{sb,g}$  и веса сооружения (внешней нагрузки)  $h_{sb,p}$ , а также определить расчетную толщину грунтовой подушки при исходных данных примера 1.

**Решение: 1.** Составим схему расчета просадки от собственного веса грунта (рис. 2 а). Слева от оси построена эпюра природного давления  $\sigma_{zgwL}$ , а справа – эпюра изменения по глубине относительной просадочности  $\varepsilon_{slg} = f(h)$ . При расчете просадки учитываются только те слои, у которых относительная деформация просадочности  $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$ . Как видно (см. рис.2 а), просадка от собственного веса грунта происходит в интервале 4,4м – 14,7м. Следовательно, толщина зоны просадки от собственного веса грунта равна  $h_{sb,g} = 10,3$ м.

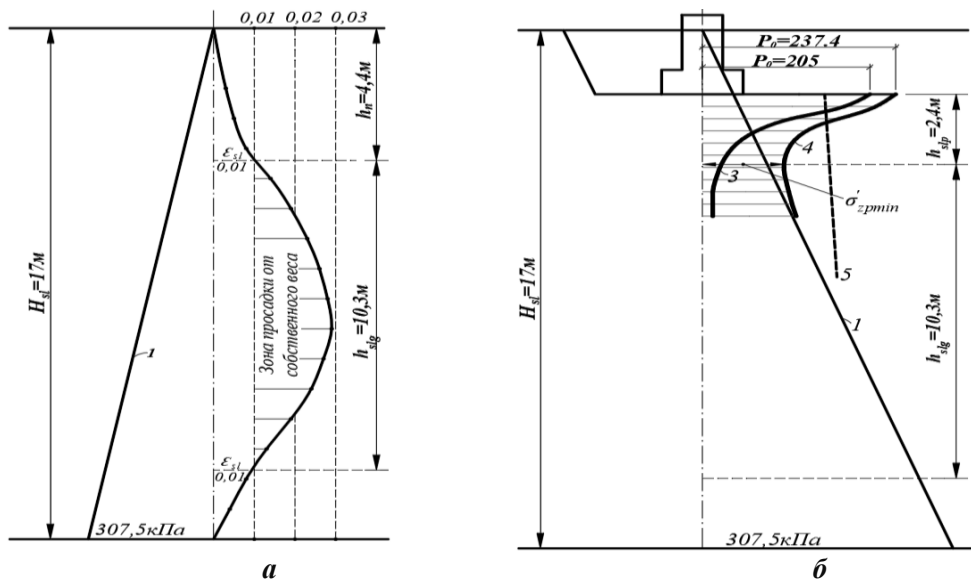


Рис. 2. Схемы к расчету просадки грунта от собственного веса (а) и внешней нагрузки (б)

1- эпюра изменения природного давления  $\sigma_{zgwL}$ ; 2- эпюра изменения  $\varepsilon_{slg}$ ; 3- эпюра изменения давлений от нагрузки фундамента  $\sigma_{zp}$ ; 4- эпюра суммарного давления  $\sigma_{zp}^1 = (\sigma_{zp} + \sigma_{zg})$ ; 5- эпюра изменение по глубине  $p_{sl}$ .

2. В соответствии с указаниями СНиП 2.02.01-83\* (п.16) составим схему к расчету просадки основания от совместного действия собственного веса грунта и внешней нагрузки  $\sigma_z = (\sigma_{zp} + \sigma_{zg})$  (рис.2 б). Справа от оси фундамента в одинаковом масштабе строим эпюры вертикальных напряжений от собственного веса грунта  $\sigma_{zgw}$  (1), дополнительного давления от нагрузки фундамента (3), суммы вертикальных напряжений  $\sigma_z = (\sigma_{zp} + \sigma_{zg})$  (4) и изменения с глубиной начального просадочного давления  $p_{sl}$  (5).

Как видно (см. рис.2 б), в нашем случае верхняя и нижняя зоны просадки сливаются, что свидетельствует об отсутствии нейтральной зоны. Толщина зоны просадки от совместного действия внешней нагрузки и собственного веса грунта  $\sigma_z = (\sigma_{zp} + \sigma_{zg})$  составляет  $h_{sb,p} = 2,4$ м, так как именно на этой глубине значение  $\sigma_z = (\sigma_{zp} + \sigma_{zg})$  минимально.

3. Исходя из высоты зоны просадки от веса сооружения (внешней нагрузки) расчетная толщина грунтовой подушки составит 2,4м.

### Выводы

При строительстве на просадочных грунтах одним из основных видов противопросадочных мероприятий является устройство послойно укатанной грунтовой подушки, толщина которой зависит от высоты активной зоны основания.

### Литература:

1. ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация».
2. СП 22.13330. 2011 «СНиП 2.02.01-83\* - Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция».
3. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). –М.: Стройиздат, 1986. -415 с.

### ҲИСОБИ ФУРЌНИШИНИ АСОСҲО ДАР ХОҚҲОИ ЛЁССИ ФУРЌРАВАНДА

*А. Р. Рузиев*

Дар мақола хусусиятҳои ҳоси ҳоқҳои лёсси фурӯраванда, ҳамчун асоси бинои иншоот, инчунин тарзи ҳисоби деформатсияи асосҳо дар ҳоқҳои фурӯраванда тибқи талаботҳои меъёрҳои сохтмонӣ оварда шудааст. Дар мисолҳои

мушаххас ҳисоби муҳандисии фурӯнишинӣ асосҳо дар ҳоқҳои фурӯраванда оварда шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** ҳоки лёсси фурӯраванда, фурӯрави нисбӣ, асос, таҳкурси, фурӯнишинӣ, фурӯравӣ, минтакаи фурӯравӣ.

### CALCULATION OF BASES FOR DEFORMATIONS ON SUBSIDENT SOILS

*A. R. Ruziev*

It is described the specific features of loess subsidence soils, as well as the method of calculating the bases for deformations based on the requirements of construction standards. And also it is given examples of engineering calculation of the bases on deformations on subsident soils.

**Key words:** loess subsidence soil, relative subsidence, foundation, foundation, sediment, subsidence, deformable zone.

### Сведения об авторе:

Рузиев Ахмадхон – к.т.н., доцент кафедры «Подземные сооружения, основания и фундаменты» ТТУ им. акад. М. Осими.  
E-mail: ruziev51@mail.ru

### ИЗОЛЯЦИЯ ВОЗДУШНОГО ШУМА ЛЕГКИМИ ОГРАЖДЕНИЯМИ

*А.Р. Фазилов, Д.С. Хайров*

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

В статье на основе рассмотрения изоляции воздушного шума легкими ограждениями с использованием различных способов закрепления перегородок к несущим конструкциям была рассчитана изоляция воздушного шума межквартирной перегородки из газоблока, производственного ОАО «Хишти сабук». Основной причиной ухудшения шумового режима в зданиях явилось значительное увеличение числа источников шума за счет все большего оснащения зданий инженерным, санитарно-техническим, а также разнообразным механическим бытовым оборудованием.

Колебательные процессы, происходящие в конструкциях зданий с последующим излучением воздушного шума, создают дискомфортные условия для жизнедеятельности людей. В настоящее время в зданиях широко применяется большое число облегченных перегородок, выполняемых как из традиционных каменных, так и листовых металлических, полимерных и других материалов, которые являются акустически однородным и обладают большой звукопроводимостью. При этом используют различные способы крепления перегородок к несущим конструкциям: от полного

замоноличивания стыков до размещения в них упругих прокладок. Введение упругих прокладок снижает собственную изоляцию ограждения в сравнении с монолитным соединением.

**Ключевые слова:** здание, конструкция, колебание, шум, изоляция, частота, ограждение, газоблок.

Снижение шума на производстве и в быту в течение многих лет является одной из важнейших проблем в формировании благоприятной внутренней и внешней среды для жизнедеятельности человека. Вредное влияние звука и звуковых вибраций не ограничивается только воздействием на человека. От них страдают технологические процессы в точном приборостроении, электронно-промышленности, в радио и телевидении и в других отраслях экономики. Все это показывает, что проблема борьбы с шумом весьма актуальна.

Современная практика борьбы с шумом располагает большим арсеналом средств, позволяющих выбирать наиболее целесообразное для каждого конкретного случая. В строительстве такими средствами являются планировочные мероприятия, звукоизоляция, виброизоляция и их сочетание. При применении

этих средств весьма важно уметь оценивать степень звуковых вибраций строительных конструкций, излучающих шум в помещение.

В строящихся и реконструируемых зданиях в настоящее время применяется большое число облегченных перегородок, выполняемых как из традиционных каменных, так и листовых металлических, полимерных и т. п. материалов. При этом используют различные способы крепления перегородок к несущим конструкциям: от полного замоноличивания стыков до размещения в них упругих прокладок. Введение упругих прокладок снижает собственную изоляцию ограждения в сравнении с монолитным соединением. Это необходимо учитывать при проектировании [1].

Основным критерием деления на упругое и жесткое соединение может служить частота собственных колебаний  $f_0$  системы из двух масс, соединенных безинерционной пружиной с линейной жесткостью  $K = \frac{E \cdot F}{h}$  вычисляемая по формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}}, \quad (1)$$

где  $E$ ,  $F$ ,  $h$  - соответственно модуль упругости, площадь и толщина материала упругой прокладки (пружины);  $M$  - колеблющаяся масса.

Такая модель пригодна для рассмотрения случая, когда два элемента ограждения разделены между собой третьим, роль которого при некоторых условиях играет пружина.

В модели все элементы представляются приведенными массами, значения которых подсчитываются по формуле:

$$\mu_i = \frac{b_i \cdot h_i \cdot \rho_i \cdot C_{(u)(np)i}}{g \cdot 2\pi f}, \quad (2)$$

где  $b_i$ ,  $h_i$ ,  $\rho_i$  - соответственно ширина, толщина и плотность материала рассматриваемого элемента;  $C_{(u)(np)i}$  - скорость распространения изгибных (продольных) волн в материале элемента;  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Если одна из масс приводится в колебание, например, переменной возбуждающей силой, которой является звуковое давление в падающей волне, то на частотах  $f \leq 1,4 f_0$  она передается второй массе так, как, если бы они жестко соединились друг с другом. На частотах  $f > 1,4 f_0$  колебания системы определяются упругими свойствами изолирующей прокладки, что и является определяющим для упругого закрепления [2, 3].

Предлагается универсальный метод расчета, который производится по следующей схеме:

1. Вычисляется частота волнового совпадения для рассматриваемого ограждения по формуле:

$$f_{ep} = \frac{C_0^2}{1,8 \cdot C_{(np)} \cdot h}, \quad (3)$$

где  $C_0 = 340$  м/с - скорость распространения звука в воздухе;  $C_{(np)}$  - скорость распространения продольной волны в конструкции.

2. Вычисляется частота собственных колебаний системы ограждение - прокладка - примыкающая конструкция по формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K \cdot (\mu_1 + \mu_3) \cdot t}{\mu_1 \cdot \mu_3}}, \quad (4)$$

3. Рабочий диапазон частот (100 - 3150 Гц) делится на следующие области:

- при жестком закреплении краев

$$1) f < f_{ep} \quad 2) f > f_{ep}$$

- при упругом закреплении краев

$$1) f \leq 1,4 f_0 \quad 2) 1,4 f_0 < f < f_{ep} \\ 3) f > f_{ep}$$

4. Звукоизоляция на частотах  $f < f_{ep}$  для жесткого закрепления и на частотах  $f \leq 1,4 f_0$  для упругого определяется законом массы, в также величиной частичного излучения на резонансных частотах по формуле:

$$R = 20 \lg mf - 36,6 - \Delta L, \text{ дБ}, \quad (5)$$

где  $m$  - поверхностная плотность ограждения;  $f$  - текущая частота;  $\Delta L$  - величина снижения изоляции воздушного шума на резонансных частотах.

Величина  $\Delta L$  рассчитывается по формуле:

$$\Delta L = 10 \lg \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{1 - a^m \cdot \beta} \cdot \frac{1 - a^{m/2}}{1 - a^{1/2}}, \quad (6)$$

где  $m$  - количество полуволн изгиба, укладываемых по ширине элемента ограждения;  $\beta$  - коэффициент отражения изгибных волн от краев ограждения;  $a = e^{-\eta l}$  - величина затухания изгибных колебаний на одну длину волны;  $\eta$  - коэффициент потерь на внутреннее трение в материале ограждения.

Коэффициент отражения для жесткого закрепления краев элемента ограждения определяется из выражения:

$$\beta = \frac{\mu_1 - \mu_3}{\mu_1 + \mu_3}, \quad (7)$$

где  $\mu_1$  и  $\mu_3$  - приведенные массы соответственно элемента ограждения и примыкающей конструкции.

Коэффициент отражения для упругого закрепления определяется по формуле:



$$\beta = \sqrt{1 - 0,1^{0,1R}}, \quad (8)$$

где  $R = 20 \lg \left| 1 - \left( \frac{f}{f_0} \right)^2 \right|$  - изоляция

колебательной системы масса - упругость - масса.

С приближением текущей частоты к частоте волнового совпадения наблюдается снижение изоляции, минимум которой приводится на частоту  $f_{ep}$ .

5. Область частот  $f > f_{ep}$  характеризуется ростом изоляции, которая с учетом снижения на резонансах определяется по формуле:

$$R = 20 \lg mf - 47,5 - \Delta L, \text{ дБ} \quad (9)$$

Значения коэффициентов отражения для жесткого соединения определяется по формуле (7), а для упругого - по формуле:

$$\beta = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_1 + \mu_2} \cdot \frac{\mu_2 - \mu_3}{\mu_2 + \mu_3}, \quad (10)$$

где  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  - соответственно приведенные массы ограждения, прокладке и примыкающей конструкции.

Предлагаемый метод расчета позволяет строить 1/3 октавный и октавный спектры изоляции, производить оценку звукоизолирующей способности легких ограждений.

По данной методике были проведены расчет и проверка изоляции воздушного шума газоблока, произведенного ООО «Хишти сабук», для которого авторы [4] определили теплозащитные качества как наружной ограждающей конструкции.

Для расчета была принята конструкция межквартирной перегородки из газоблока, толщиной 200 мм и плотностью  $\rho = 650 \text{ кг/м}^3$ .

Таблица 1.

Значения нормативного спектра изоляции воздушного шума [5].

Показатель	Среднегеометрические частоты 1/3-октавных полос, Гц															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Изоляция воздушного	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

По итогам расчёта была построена частотная характеристика изоляции воздушного шума, определен индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкции и выполнено сравнение расчетных с нормативными значениями.

Вычисление индекса изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией и вычисление суммы неблагоприятных отклонений построенной частотной характеристики

изоляции воздушного шума перегородки от нормативного спектра производится в табличной и графической форме:

Значение ординаты смещенного вниз нормативного спектра на 5дБ на частоте 500 Гц является величиной индекса изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией:  
 **$R_w = 47 \text{ дБ}$**

Таблица 2.

Результаты расчета звукоизоляции конструкции из стеновых газобетонных блоков.

№ п/п	Частота звука $f$ , Гц	Вычисленные значения звукоизоляции, $R$ , дБ	Значения нормативного спектра $R_n$ , дБ	Отклонения вычисленных значений от значений нормативного спектра, дБ	Значения нормативного спектра, смещенного вниз на 5 дБ,	Отклонения вычисленных значений от значений смещенного нормативного спектра, дБ
1	100	35	33	+	28	+
2	125	35	36	-1	31	+

3	160	35	39	-4	34	+	
4	200	35	42	-7	37	-2	
5	250	37	45	-8	40	-3	
6	315	39	48	-9	43	-4	
7	400	41	51	-10	46	-5	
8	<b>500</b>	<b>43</b>	<b>52</b>	<b>-9</b>	<b>47</b>	-4	
9	630	45	53	-8	48	-3	
10	800	47	54	-7	49	-2	
11	1000	49	55	-6	50	-1	
12	1250	51	56	-5	51	+	
13	1600	53	56	-3	51	+	
14	2000	55	56	-1	51	+	
15	2500	57	56	+	51	+	
16	3150	59	56	+	51	+	
				$\Sigma(\text{небл.откл.})=$ =-78 дБ			$\Sigma(\text{небл.откл.})=$ =-24 дБ

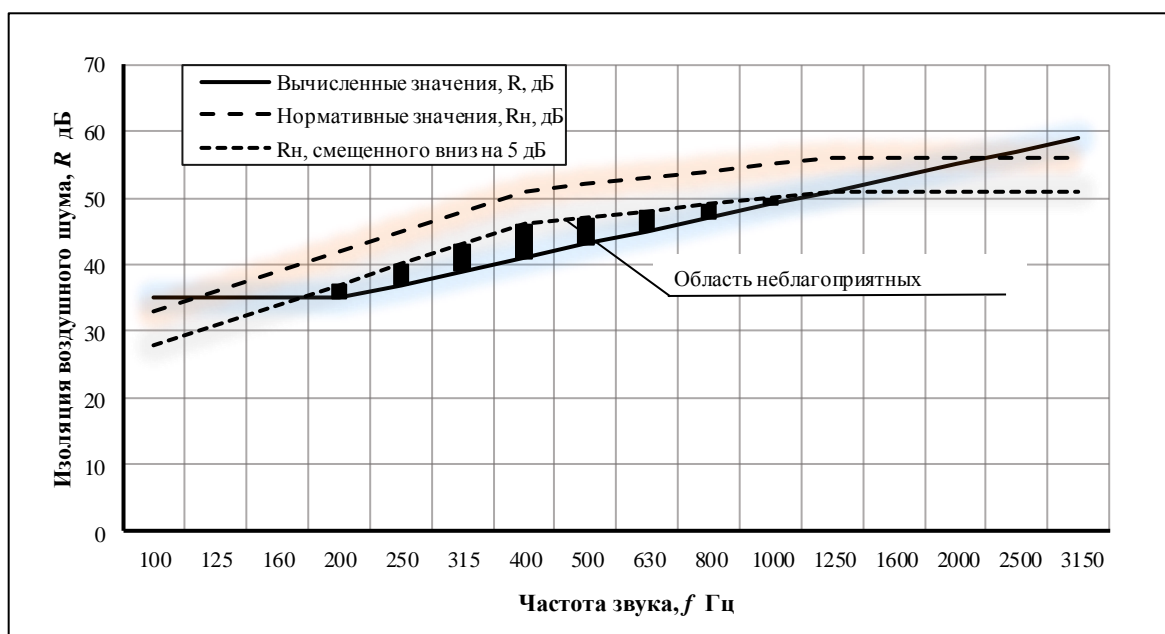


Рис 1. Расчетная частотная характеристика изоляции воздушного шума стеновых газобетонных блоков толщиной 200 мм и нормативный спектр.

### Выводы

Так как  $R_w = 47 \text{ дБ} < R_w^H = 52 \text{ дБ}$ , то межквартирная перегородка из газоблока толщиной 200 мм и плотностью  $650 \text{ кг/м}^3$  не

отвечает нормативным требованиям по звукоизоляции.

По предложенной методике был выполнен расчет с целью определения толщины перегородки из газоблока, отвечающего

требованием МСН 2.04-03-2005 (СНиП 23-03-2003) «Защита от шума», было определено, что требуемая толщина должна быть не менее 300 мм.

#### Литература:

1. Герасимов А.И. Исследование изоляции жилых помещений от шума инженерного и санитарно-технического оборудования в крупнопанельных домах серии ИЛГ-600А и ИЛГ-602. / Отчет МИСИ им. В.В. Куйбышева: Москва, 1973.
2. Захаров А.В. Расчет изоляции воздушного звука однородными ограждающими конструкциями // Доклады III Акустической конференции против шума: Варна, 1973.
3. Ковригин С.Д. Борьба с шумами в гражданских зданиях (ударные и структурные шумы) / С.Д. Ковригин А.В. Захаров, А.И. Герасимов. – Москва: Стройиздат, 1969.
4. Шокиров Р.М., Каримов Н.М., Мухибуллоев Н.М. Повышение теплозащитных качеств наружных стен зданий из легких блоков (на примере Таджикистана) // Вестник Таджикского технического университета. 2020. № 3 (51).
5. МСН 2.04-03-2005 (СНиП 23-03-2003). «Защита от шума».

#### ТАЧРИДИ ҒАЛОҒУЛАИ ҲАВОЙ БО ТАВОРАҶОИ САБУК

*А.Р. Фазилов, Д.С. Хайров*

Дар мақола, дар асоси дида баромадани тачриди ғалоғулаи ҳавой бо девораҳои сабук бо истифода аз усулҳои гуногуни маҳкам кардани девораҳо ба конструкцияи борбардор, тачриди ғалоғулаи ҳавоии девораи байниманзилӣ аз газоблоки истеҳсоли ҚСҚ «Ҳишти Сабук» ҳисоб карда шудааст. Сабаби асосии бад шудани речаи ғалоғула дар биноҳо, пайдоиши назарраси зиёди микдори манбаҳои ғалоғула аз ҳисоби бештар тачҳизонидани биноҳо бо тачҳизоти муҳандисӣ, санитарӣ-техникӣ, инчунин тачҳизоти гуногуни механикии маишӣ ба ҳисоб меравад.

Равандҳои лаппишӣ, дар конструкцияҳои биноҳо бо садофканиши минбаъдаи ғалоғулаи ҳавоии рӯйдиханда, барои зиндагии одамон шароити номусоидро ба вучуд меоранд. Дар айни замон дар биноҳо, шумораи зиёди девораҳои сабук, ки ҳам аз анъанавии сангӣ ва ҳам аз варақаҳои филий, полимерӣ ва дигар масолах сохта шудаанд, васеъ истифода мешаванд, ки аз чихати акустикӣ якҷинса ба ҳисоб рафта, қобилияти баланди садогузаронӣ доранд. Дар ин ҳол, усулҳои гуногуни

маҳкамкунии девораҳо ба конструкцияҳои борбардор истифода мешаванд: аз яклухткунии пурраи пайвандҳо то дар онҳо гузоштани қабатҳои чандирӣ. Пешбинӣ намудани қабати чандирӣ, тачриди хусусии тавораро дар муқоиса бо пайванди яклухт, коҳиш медиҳад.

**Калимаҳои калидӣ:** бино, конструкция, ларзиш, ғалоғула, тачрид, басомад, тавора, газоблок.

#### INSULATION OF AIR NOISE BY LIGHT FENCES

*A.R. Fazilov, D.S. Khayrov*

In the article, on the base of the consideration of air noise isolation by light fences using various methods of fixing partitions to load-bearing structures was calculated for the air noise isolation of an inter-apartment partition from a gas block manufactured by JSC "Hishti Sabuk". The main reason for the deterioration of the noise regime in buildings was a significant increase in the number of noise sources due to the increasing equipment of buildings with engineering, sanitary, and various mechanical household equipment.

The oscillatory processes occurring in the structures of buildings, followed by the emission of air noise, create uncomfortable conditions for people's life. Currently, a large number of lightweight partitions are widely used in buildings, made of both traditional stone and sheet metal, polymer and other materials that are acoustically homogeneous and have high sound conductivity. At the same time, various methods of attaching partitions to load-bearing structures are used: from complete sealing of joints to placing elastic gaskets in them. The introduction of elastic gaskets reduces the self-insulation of the fence in comparison with a monolithic connection.

**Keywords:** building, structure, vibration, noise, insulation, frequency, fence, gas block.

#### Сведения об авторах:

Фазилов Анвар Рахматджанович – к.т.н., доцент кафедры «Архитектура зданий и сооружений» ТТУ имени академика М.С. Осими. E-mail: niisa-fozilov@mail.ru

Хайров Диловар Сайфуллоевич – докторант кафедры «Архитектура зданий и сооружений» ТТУ имени академика М.С. Осими. E-mail: dilovarkhayr@gmail.com

## ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВО ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

*А.Д. Рахмонзода, И. Рахмонзода, Ф.Файзиев*

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

*В статье приведены материалы и технологии, применяемые для изготовления железобетонных изделий, предназначенных для строительства искусственных сооружений.*

**Ключевые слова.** *Классы бетона, технологии и оборудования для строительства мостов, физико-механические свойства, преднапряженные балочные конструкции.*

Одним из важнейших факторов, оказывающих большое влияние на работу предварительно напряженных железобетонных конструкций, являются длительные деформации, которые изменяют напряженное состояние элементов конструкции, изменяя при этом величины усилий предварительного напряжения арматуры и вызывая значительные общие деформации мостовых конструкций.

При строительстве искусственных сооружений в Республике Таджикистан в основном используются местные материалы, кроме различных видов металлических арматур. В таблице 1.0 перечислены классы бетона,

используемые в Республике Таджикистан. Для строительства мостов используется железобетон с расходом цемента не менее 400 кг/м<sup>3</sup>.

В Республике Таджикистан производится высококачественный портландцемент, который полностью обеспечивает потребность внутреннего рынка. При строительстве мостов в основном применяют цемент марки 400 и выше по соответствующим требованиям и нормам ГОСТ 10178 [1].

Мелкий заполнитель добывается на местных карьерах и должен соответствовать нормам ГОСТ 26633 [2], перед применением его тщательно промывают. В таблице 2.0 представлен подбор состава бетона для изготовления предварительно напряженных балок пролетом 18 и 33 метра и водопропускных труб для участка автодороги Душанбе – Курган-Тюбе, второй фазы (км 33+475 по км 73+050).

Для добычи заполнителя часто используются стационарные дробильные установки мощности от 100т/час и более (рис.10).

Таблица 1.

Классы бетона	Минимальный расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	Минимальная 28 – дневная прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup> МПа	Максимальный диаметр крупного заполнителя, мм
B25	330 - 400	30,56 - 350	25 50
B30	350 - 410	36,67 - 370	20 60
B35	380 - 420	42,78 - 390	20 70
B40	420 - 430	48,8 - 400	20 70
B45	450	54,9 - 450	20

Таблица 2.

Класс бетона	Щебень, 5-10мм, кг	Щебень, 10-20мм, кг	Песок, кг	Цемент, кг	Вода, л	Специальные добавки,% STS-1 (суперпласти ф.)
B25	293	713	788	365	164	1,5
B30	293	713	802	385	162	1,5
B35	293	713	782	410	160	1,5
B40	293	713	779	475	170	1,5



*Рис. 1. Стационарная дробильная установка.*

К большому сожалению в Республике Таджикистан не производится арматура для применения в искусственных сооружениях. Все арматура ввозится из-за рубежа. Сталь для арматуры должна соответствовать ГОСТу 23118 [3] в ряде случаев при использовании стальных фибр (сталежелезобетон) следует учитывать требования ГОСТ Р 52751 [4].

В настоящее время в качестве подрядной организации при строительстве железобетонных мостов пролетом 33 м и более занимаются иностранные подрядчики. Например, при реализации проекта автодороги Душанбе – Курган-Тюбе, второй фазы (км 33+475 по км 73+050) подрядной организацией которой является Sino Hydro, имеют различные средства механизации и оборудование для строительства мостов. В частности несколько буровых установок, используемых при строительстве буронабивных свай диаметром 0,8 до 2,0 м.



*Рис.2. Установки буронабивных свай.*

Только в 2014 году при строительстве мостов начали применять метод пост напряжения

бетонных мостов с натяжением арматуры после бетонирования.



*Рис. 3. Технология строительства железобетонных мостов.*

Существуют заводы по изготовлению железобетонных балок сборных и сборно-монолитных мостов в Душанбе. Данный завод выпускает, в том числе, предварительно напряженные тавровые балки с уширением длиной в 18 и 33м. Преднапряжение производится в опалубке до бетонирования. Несмотря на это, строительство мостов в республике из предварительно напряженного железобетона связано с многими проблемами. Проблемы характеризуются в недостатке квалифицированной рабочей силы и оборудования, необходимого для монтажа балок. Транспортировка балок с завода на строительную площадку также связана с некоторыми проблемами, так как узкие улицы городов препятствуют свободному передвижению средств перевозки. В некоторых случаях приходится прибегать к перекрытию движения, а в случае узких поворотов – к движению по встречной

полосе, что приводит к созданию аварийных ситуаций на автомобильных дорогах.

Элементы сборных и сборно-монолитных мостов изготавливаются непосредственно на полигонах, создаваемых при каждом строящемся объекте (рис.4). Основой таких полигонов являются передвижные бетонные заводы, площадки для заготовки арматуры, площадки с инвентарной опалубкой и оборудование для предварительного натяжения арматуры. Для приготовления бетона используется

портландцемент, производимый в пределах республики и суперпластификаторы ввозимый из-за рубежа, и соответствующий нормативным требованиям. Песок удовлетворительного качества имеется практически в любом районе страны, его добывают на местных карьерах. В качестве крупного заполнителя бетона используется гравий двух фракций, добываемый на местных каменоломнях и карьерах по добыче строительного материала. Вода для изготовления бетона и промывки заполнителя забирается из рек.



*Рис.4. Процесс строительства моста через реку Вахи автодороги Душанбе – Курган-Тюбе.*



*Рис. 5. Изготовление 18 и 33 метровых преднапряженных железобетонных балок автодороги Душанбе – Курган-Тюбе.*

Полигоны для изготовления железобетонных элементов для крупных мостов имеют самое необходимое оборудование для производства работ: станки для размотки, правки, очистки от ржавчины, резки и гнутья арматуры; станки для сварки отдельных стержней арматуры и арматурных сеток; станки для изготовления пучков из высокопрочной проволоки, кондукторы

для сборки арматурных каркасов, лебедки и гидравлические домкраты для предварительного напряжения арматуры. Арматура на площадки и полигоны поставляется в виде прямых стержней длиной до 12м, арматура диаметром 6 и 8 мм поставляется в виде бухт. Предварительно напряженная арматура поставляется в виде

арматурных канатов, состоящих обычно из семи проволок, или в виде высокопрочных стержней.

При строительстве малых монолитных мостов, арматура заготавливается на простейших площадках, расположенных непосредственно у строящегося моста. При этом применяется простейшее оборудование и простейшие способы выполнения работ. Так, правка арматуры на таких площадках или автомобилей, резка арматуры осуществляется с применением гильотинных ножниц с ручным приводом.

Гнутье арматуры осуществляется вручную на жестких металлических или деревянных стендах с установленными на них с необходимым шагом вертикальными штырями.

Подмости для бетонирования монолитных малых мостов устраивают с деревянными стоечными или свайными опорами. Опалубку выполняют из обрезных досок толщиной не менее 25мм и брусьев. Для бетонирования пролетных строений маленьких мостов, бетонную смесь подают к месту укладки в бадьях или в переносных бункерах с помощью автомобильных кранов или развозят на вагонетках и тачках по путям, уложенным на уровне проезжей части, а в отдельных случаях подают лопатами в опалубку. В случае средних и больших мостов, подача бетона осуществляется с помощью бетононасосов. Уплотнение смеси производится с использованием вибраторов, а при необходимости вручную с помощью штырей-штыковок. В условиях сложной логистической обстановке рекомендуется изготавливать предварительно напряженные строительные конструкции в районах строительства. При изготовлении предварительно напряженных изгибаемых конструкций важно учесть рекомендации по возведению в условиях жаркого климата.

#### Литература:

1. ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия (С Изменениями N 1, 2). Дата введения 01.10.2008 стр 15.
2. ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. Дата введения 2016-09-01. Стр 22.
3. ГОСТ 23118-2012. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия. Дата введения 2013-07-01 стр.30

4. ГОСТ Р 52751-2007 Плиты из сталефибробетона для пролетных строений мостов. Технические условия. Дата введения 2008-06-01. Стр 57.

#### ХУСУСИЯТҲОИ СОХТМОНИ ПУЛҲОИ ОҲАНУБЕТОНӢ ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

*А.Д. Раҳмонзода, И.Раҳмонзода,  
Ф. Файзиев*

Дар мақолаи мазкур мавод ва технологияҳо, ки барои истеҳсоли маснуоти оҳанубетонӣ, ки барои сохтани иншоотҳои сунъӣ пешбинӣ шудаанд, оварда шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** синфҳои бетон, технология ва таҷҳизот барои сохтани пулҳо, хосиятҳои физикӣ ва механикӣ, иншооти болорӣ шиддати пешакӣ дошта.

#### FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF REINFORCED CONCRETE BRIDGES IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

*A.D. Rahmonzoda, I. Rahmonzoda, F. Fayziev*

The article presents the materials and technologies used for the manufacture of reinforced concrete products intended for the construction of artificial structures.

**Keywords.** Classes of concrete, technologies and equipment for the construction of bridges, physical and mechanical properties, prestressed beam structures.

#### Сведения об авторах:

Раҳмонзода Ахмадҷон – к.т.н., доцент кафедри «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им.ак. М.С. Осими. Тел.:+992 904 05 50 10.  
E-mail: ahmadjon2903@mail.ru

Раҳмонзода Иноятулло –соискатель кафедри «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им.ак. М.С. Осими. Тел.: +992901113-113  
E-mail: inoyatullojumaev@mail.ru

Файзиев Фарход - соискатель кафедри «Строительство дорог, сооружений и транспортные коммуникации» ТТУ им.ак. М.С. Осими. Тел.:+992004222722  
E-mail: farhod.fayziev89@mail.ru

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТОВ В СОСТАВЕ БЕТОНА

А. Шарифов<sup>1</sup>, Н.Н.Шохиён<sup>2</sup>, Н.Алимов<sup>3</sup>, К.К.Давлатзода<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Дангаринский государственный университет

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

В статье обоснуется эффективность применения модифицированных органо-химическими и минеральными добавками цементов в составе бетона для повышения его качества и снижения производственных затрат. Отмечается, что эффективность применения модифицированных цементов возрастает при использовании добавок, полученных из местных видов сырья и промышленных и топливных отходов. Предлагается использование декстрина, модифицированного лигносульфоната технического и щелочного экстракта стеблей хлопчатника в качестве органохимической добавки и волластонита, отхода обогащения флюорита и золы угля в качестве минеральной добавки для модифицирования цементов. С использованием минеральных добавок из обычного цемента можно получить низкоалюминатный сульфатостойкий цемент.

**Ключевые слова:** модифицированный цемент, цементный камень, бетонная смесь, бетон, органохимическая добавка, минеральная добавка, прочность, технико-экономическая эффективность.

Развитие экономики любой страны, в том числе и Таджикистана, невозможно обеспечить без строительства жилья и административных зданий, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, дорог, гидротехнических сооружений и других объектов и при этом, без широкого применения бетона и железобетона, строительных растворов и композиционных отделочных смесей, приготавливаемых на основе цемента. Минералогический состав и активность цемента являются основными показателями, влияющими на прочность и других физико-механических свойств бетона и всех цементсодержащих композиций, которые определяют надежность, устойчивость и долговечность строительных объектов при их возведении и эксплуатации. Производство цемента является большеобъемным и многозатратным, поэтому всегда ограничено выпуском продукции постоянного минералогического состава определённой

активности. В то же время, в зависимости от условия эксплуатации строительных объектов, потребуется использования бетона и других цементсодержащих композиционных материалов, приготавливаемых из цемента с разными минералогическими составами и разными показателями активности. Так, например, при строительстве подземных гидротехнических объектов следует использовать сульфатостойкий или коррозионностойкий цемент, имеющий минералогический состав отличный от состава обычного цемента [1,2].

Хотя в настоящее время в Таджикистане производство цемента преобладает над его внутренним потреблением и цемент является экспортным материалом, однако на всех заводах, кроме Душанбинского, выпускают обычный портландцемент марок М400 и М500. На Душанбинском заводе, в добавок к обычному цементу ещё выпускают сульфатостойкий цемент, его иногда называют низкоалюминатным из-за меньшего содержания алюминийсодержащих минералов  $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{C}_3\text{A}$ ) и  $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $\text{C}_4\text{AF}$ ) [3], однако его количество недостаточно для обеспечения потребностей соответствующих строительных объектов, особенно гидротехнических и ирригационных, подвергаемых коррозии бетона под влиянием солей грунтовых вод и других агрессивных веществ. Отсюда возникает вопрос, как решить проблему обеспечения потребностей объектов республики в сульфатостойком коррозионностойком цементе.

Также следует отметить, что цемент самый дорогой компонент состава бетона и других композитов, его стоимость в общей себестоимости производства цементсодержащих композиций составляет больше половины. Поскольку цементсодержащие композиты используются многомиллионными тоннами и кубометрами, то снижение себестоимости их производства является прямой способ повышения эффективности строительства.

Производство цемента также является сравнительно экологически грязным, оно имеет



три основных источника выброса отходов в атмосферу: 1) выбросы  $\text{CO}_2$  от разложения известняка  $\text{CaCO}_3$ ; 2) выбросы от сжигания угля ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  и другие газы) и 3) выбросы мельчайших частиц цемента. Использование высокоэффективных очистительных фильтров можно утилизировать третью группу выбросов, однако две первые группы образующихся веществ пока не утилизируются, объёмы их образования огромные и они являются основными загрязнителями окружающей среды. Так, при разложении 1 кг  $\text{CaCO}_3$  выделяется 440 г  $\text{CO}_2$  и при сжигании 1 кг углерода образуется 3,67 кг  $\text{CO}_2$ , а количество других образующихся газов зависит от содержания соответствующих элементов в составе угля.

Следует также отметить, что производство бетона, особенно на стадии приготовления бетонной смеси и её формовки, является многозатратным по времени и по расходам труда и энергии. Как известно [1], прочность бетона при прочих постоянных условиях, зависит от активности цемента и отношения количества воды и цемента для приготовления 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси согласно формулам

$$R_b = AR_{ц} (\text{Ц}/\text{В} + 0,5) \text{ при } \text{В}/\text{Ц} < 0,5 \quad (1)$$

$$\text{и } R_b = AR_{ц} (\text{Ц}/\text{В} - 0,5) \text{ при } \text{В}/\text{Ц} > 0,5 \quad (2),$$

где  $R_b$  – прочность бетона, кг/см<sup>2</sup> (МПа);  $R_{ц}$  – активность цемента, кг/см<sup>2</sup> (МПа);  $A$  – коэффициент характеризующий качество каменного заполнителя;  $\text{Ц}$  – расход цемента и  $\text{В}$  – расход воды на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси.

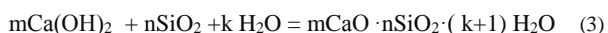
Приведённые формулы показывают, что при постоянстве активности цемента и качества заполнителя прочность бетона зависит от соотношения  $\text{В}/\text{Ц}$ . Для гидратации 1 кг обычного портландцемента в среднем потребуется всего 280 мл воды, однако при этом смесь цемента и заполнителя полностью несмачивается и бетонная смесь образуется полусухая и рыхлая, непригодная для формовки. Поэтому, количество воды в составе бетонной смеси всегда больше, чем потребуется для гидратации частиц цемента. Оптимальным количеством воды соответствует соотношению  $\text{В}/\text{Ц} = 0,38..0,40$ . Но при таком соотношении  $\text{В}/\text{Ц}$  бетонная смесь образуется малоподвижная и жесткая, её формовка является трудоёмкой работой и потребует больших затрат энергии для вибрирования.

В настоящее время, при монолитном домостроении применяют литые высокоподвижные смеси, способные к перекачиванию насосами на определённые расстояния насосами. Получить литую бетонную смесь прибавлением большего количества воды, чем по формулам (1) и (2), приводит к снижению прочности бетона. Однако, в строительном комплексе республики такое действие является обычной практикой, из-за чего на многих возведённых объектах фактическая прочность бетона ниже требуемых проектных значений, что является недопустимой.

Вышевысказанные проблемы требуют решения, их устранение способствует повышению качества строительных изделий и сооружений со снижением их себестоимости. Наиболее технологическим решением данного вопроса является использование модифицированных по составу цементов для приготовления бетонов. При этом, модифицирование состава цемента можно провести целенаправленно для получения бетонной смеси и бетона с заданными технологическими и техническими параметрами свойств. Модифицирование состава цемента позволяет одновременно решить несколько задач: пластифицировать бетонную смесь, снижать затраты на формования смеси, ускорять скорость твердения бетонной смеси и получить бетон с заданного или даже повышенного качества. При этом, полученный технический эффект способствует также повышению экономической и экологической эффективности производства бетонных материалов.

Модифицирование цемента обычно осуществляют введением в его состав специальных веществ-добавок, способных изменять показатели свойств цементосодержащих композиций. Эти добавки группируются на минеральные и органико-химические. Минеральная добавка к цементу – это вещество, содержащее компоненты, способные вступать во взаимодействие с некоторыми продуктами процесса гидратации минералов цемента с водой. Так, например, в составах некоторых природных веществ вулканического происхождения и искусственных отходов промышленности – топливные и металлургические шлаки, зола угля и т.п., имеется кремнезём  $\text{SiO}_2$  аморфной модификации, который способен вступать в

реакцию с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , образующийся при гидратации цемента, с образованием гидросиликатов



которые являются прочными и водостойкими, чем  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . В результате протекания данной реакции в процессах гидратации минералов цемента и твердения бетонной смеси структура цементного камня в бетоне образуется более плотной, чем при использовании чистого цемента, при этом повышается прочность бетона и он становится водонепроницаемым и коррозионностойким, обеспечивающим долговечность строительных конструкций и сооружений.

Минеральные добавки могут заменить клинкер состава цемента до 60%, как например в шлакопортландцементе. Наиболее широкоприменяемое количество минеральной добавки в составе цемента варьируется от 10 до 25%, иногда до 30-40%. В развитых странах мира на основе клинкера обычного портландцемента с использованием минеральных добавок разных составов производят пуцоллановый цемент с добавкой природных веществ из вулканических горных пород, портландцемент со шлаком с добавкой металлургических шлаков до 20%, шлакопортландцемент с добавкой металлургических шлаков до 60%, портландцемент с золой угля и других видов смешанного многокомпонентного цемента. По данным профессора Л.А.Малининой [4], ещё в второй половине прошлого века в развитых странах мира цемент всегда использовался с веществами-наполнителями, т.е. минеральными добавками.

Органо-химические добавки вводятся в состав цемента до 1,5-2,0% их массы, однако они могут оказывать существенное влияние на свойства цемента: пластифицировать цементное тесто при постоянном расходе воды, ускорять или замедлять сроки схватывания цементного теста, повышать прочность цементного камня в структуре бетона и т.п. Эти добавки классифицируются согласно их функциональному назначению [5,6].

Наиболее широко применяемым органо-химическим добавкам цементов являются пластификаторы и суперпластификаторы, которые способны пластифицировать бетонную смесь

настолько, что она самоформируется без внешнего вибрирования и прессования. При этом, структура бетона образуется также очень плотной с высокими показателями прочности, водонепроницаемости, морозостойкости и коррозионностойкости. Применение органо-химических добавок осуществляется технологически легко, они вводятся в состав бетонной смеси на стадии её приготовления с водой затворения цемента.

Эффективность применения органо-химических добавок в составе цемента можно иллюстрировать сравнением значений прочности гидротехнического бетона, полученных при испытании образцов –кернов, вырубленных из толщины слоя бетона тоннелей №1 и №2 Рогунской ГЭС в 2011 году, когда была проведена международная экспертиза состояния данного объекта, с показателями проектного требования. Тоннели были бетонированы в 1989 году из гидротехнического бетона классов В15, В22,5 и В30 с использованием сульфатостойкого цемента М400 и заполнителей из тяжёлых горных пород местных месторождений с добавлением сравнительно простых по составу и функциональным действиям сульфидно-дрожжевой бражки (СДБ) в количестве 0,2% и ГКЖ-11 в количествах 0,15-0,2% от массы цемента. Исходные составы бетонных смесей без добавок имели подвижность 2...4 см, при введении указанных добавок в составе цемента их подвижность соответствовала 18...22 см по осадке стандартного конуса.

Грунтовые воды вокруг тоннелей характеризуются содержанием минеральных солей от 1720 до 5980 мг/л, в том числе содержание иона  $\text{SO}_4^{2-}$  в пределах от 399 до 1995 мг/л. Кислотность грунтовых вод изменяется в пределах  $\text{pH} = 7,2...8,0$ . Данная среда является агрессивной по отношению цементного камня и может вызвать его коррозию.

Сравнение результатов испытания прочности вырубленных образцов с проектными показателями показывает, что за истекшее время прирост прочности бетона М200 (класс В15) составил от 38,9 до 200%, бетона М300 (класс В22,5) - от 73,9 % до 175,3 %, а бетона М400 (класс В30) – от 11,3 до 55,6% соответственно.

Возрастание прочности бетона можно объяснить влиянием его возраста и действиями

применяемых добавок: за время более 20 лет, благодаря пластифицирующему эффекту добавок СДБ и ГКЖ-11 в структуре бетона произошла полная гидратация цемента и образования высокоплотной структуры цементного камня, которая и обеспечивала высокую прочность бетона.

Следует отметить, что при взятии проб–кернов из бетона сооружений тоннелей не обнаружены признаки коррозии цементного камня: не наблюдались высолы на поверхности бетона и не имеются поверхностные отторжения его слоя. Структура бетона не нарушена и сохранила целостность покрытия в тоннелях. После испытания образцов бетона во внутренних их слоях также не обнаружены следы коррозии цементного камня, что свидетельствует о высокой непроницаемости структуры бетона для фильтрации воды через его толщину. Высокая прочность и непроницаемость бетонного слоя обеспечили эксплуатационную устойчивость тоннелей.

Таким образом, испытание прочности бетона строительных тоннелей 22– летнего возраста ещё раз подтверждает эффективность модифицирования бетонов добавками для повышения их качества и стойкости в агрессивных средах, что в конечном счёте способствует повышению долговечности гидротехнических сооружений. К приведённым данным можно добавить, что в настоящее время строящиеся объекты Рогунской ГЭС являются исключением, не считая некоторые объекты, которые строили китайские подрядчики, где применяется модифицирование цемента добавками.

Эффективность модифицирования цемента добавками существенно возрастает, если они получены из местных видов сырья. Имеется ряд разработок сотрудников Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими по исследованию эффективности таких органо-химических добавок, как декстрина, модифицированный технический лигносульфонат (МЛСТ), щелочной экстракт стеблей хлопчатника (ЩЭСХ), их комплексных составов [7-11], минеральных добавок из природного волластонита ( $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), отходов флюоритового производства (ОПФ), золы угля Фон-Ягнобского месторождения и др. [12-17]. Сырьём для

получения декстрина являются картофель и кукуруза, МЛСТ получают модификацией технических лигносульфонатов, отходов производства бумаги из древесины, обычным лёссовым грунтом, ЩЭСХ образуется при экстракции измельчённых стеблей хлопчатника слабым раствором щелочи  $\text{NaOH}$ .

Сырьё для получения названных минеральных добавок к цементам в Таджикистане достаточно, имеются огромные запасы минерала волластонит на севере страны и в Гиссарской долине [18], ОПФ – это отход Такобского горно-обогатительного комбината, его запасы накопились с пятидесяти лет прошлого века. Зола угля выделяется также как отход при сжигании угля на ТЭС-2 города Душанбе. Следует также отметить, что использование ОПФ и золы угля не только улучшает качество бетона, но существенно снижает себестоимость его производства, также улучшает экологическое состояние существующих производств по обогащению флюорита и сжигания угля.

Особенностью использования волластонита и отхода обогащения флюорита в качестве минеральной добавки цементов является то, что они из-за большого содержания кремнезёма  $\text{SiO}_2$  в своих составах изменяют минералогический состав цемента путём уменьшения соотношения оксидов  $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ , приводящий к уменьшению содержания высокоосновного силиката кальция алита  $\text{C}_3\text{S}$  и увеличению содержания низкоосновных силикатов кальция белита  $\text{C}_2\text{S}$  и волластонита  $\text{CS}$  пропорционально количеству минеральной добавки в составе цемента. При этом, появится возможность на основе клинкера обычного цемента получить сульфатостойкий цемент с преобладающим содержанием низкоосновных силикатных минералов  $\text{C}_2\text{S}$  и  $\text{CS}$ , чем содержание высокоосновного минерала алита  $\text{C}_3\text{S}$ . Тогда, при гидратации и твердения полученного модифицированного цемента меньше образуется  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , наиболее легко растворимый в воде продукт состава цементного камня, также образующие гидросиликаты кальция согласно реакции (3) будут в основном низкоосновные с общей формулой  $\text{CSH}(\text{B})$ , которые являются более высокопрочными и стойкими в воде с агрессивными веществами, чем высокоосновные гидросиликаты кальция типа  $\text{CSH}(\text{B})$  [19]. В результате появится производственно -

технологическая возможность из бетона на основе обычного цемента с использованием названных минеральных добавок соорудить объектов гидротехнических, ирригационных и иных сооружений, подвергаемых коррозии цементного камня.

Эффективность названных добавок подтверждена широкомасштабными лабораторными исследованиями на многочисленных составах бетона разных назначений и производственным изготовлением железобетонных изделий (гидротехнические напорные трубы, железобетонные лотки, дорожные изделия, стеновые панели зданий и т.п.). Особая эффективность названных органохимических добавок выражается в обеспечении улучшения качества бетонной смеси и бетона при малых расходах. Так, оптимальными расходами декстрина являются 0,01-0,05%, МЛСТ-0.3-0,5%, ЩЭСХ- 0,3-0,6% массы цемента. Расходы минеральных добавок варьируются в пределах: волластонит до 40%, ОПФ- 15-20%, золы угля- 15-20%. Степень эффективности применения минеральных добавок существенно возрастает при их использовании совместно с органо-химическими пластификаторами.

Для подтверждения эффективности названных добавок можно ещё привести некоторые данные. Каждая из них при улучшение технических показателей свойств бетона ещё позволяют уменьшить удельный расход цемента в составе бетона при сохранение его требуемой прочности. При использовании минеральных добавок количества экономии цемента равны количествам вводимой добавки, которые указаны выше. А при использовании органохимических добавок среднее значение снижения расхода цемента является 15%, т.е. на каждую тонну используемого цемента в производствах бетона можно сэкономить 150 кг. В рамках отдельного объекта количество сэкономленного цемента зависит от объёма используемого бетона, а для всего строительного производства республики количество сэкономленного цемента будет составлять многотысячными тоннами. В 2019 году все цементные заводы республики производили более 3 млн.т цемента, если это количество цемента было бы использовано с добавками, то при этом 15%-ное сокращение расхода цемента в составе бетона дало бы экономии 450 000 т, это

мощность отдельного цементного завода. К ним можно добавить и экономии, полученные от снижения расходов электроэнергии при формовке бетонной смеси, уменьшения трудозатрат бетонных работ и ускорения темпа их выполнения.

Полученные технические эффекты от модифицирования цементов в составе бетона приводят также и к снижению выбросов отходов от углепользования и производства цемента за счёт уменьшения доли клинкера в составе цемента и утилизации отходов в составе цемента, и все эти действия улучшают экологическое состояние окружающей среды в местах производства цемента и сжигания угля.

#### Литература:

1. Баженов, Ю.М. / Технология бетона//Ю.М. Баженов.– М.:Высшая школа.–1987.–416с.
2. Батраков, В.Г. /Модифицированные бетоны //В.Г.Батраков.– М.: Стройиздат.–1990.–396с.
3. Волженский, А.В. /Минеральные вяжущие вещества//.А.В.Волженский.–М.: Высшая школа,1986.–468с.
- 4.Малинина, Л.А. /Проблемы производства и применения тонкомолотых многокомпонентных цементов / Л.А.Малинина//Бетон и железобетон.–1990.–№2.–С.3–5.
5. ГОСТ 24211–2003. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.
6. Ратинов, В.Б. /Добавки в бетон// В.Б.Ратинов, Г.И.Розенберг.–М.: Стройиздат.–1989.–188с.
7. А.с. №1144997 СССР, МКИ С 04 В 24// Вяжущее для бетонной смеси и строительного раствора /авт. Голубев М.Н., Дусмуродов Т., Шарифов А.и др.
8. А.с. № 1564139 СССР, МКИ С 04 В 24 //Способ приготовления пластифицирующей добавки для бетонной смеси /авт.Шарифов А., Голубев М.Н.
9. А.с. №1590464 СССР,МКИ С 04 В 28 //Способ получения добавки для бетонной смеси / авт. Шарифов А.
10. А.с. №1664763 СССР, МКИ С 04 В // Комплексная добавка для бетонной смеси /авт. Шарифов А.

11. А.с.СССР №1735225 СССР, МКИ С 04 В// Комплексная добавка для бетонной смеси /авт. Шарифов А.

12. Шарифов, А., Камолов Г. /Применение волластонита в составе цементных вяжущих и бетонов // А.Шарифов, Г.Камолов.- Докл.АН Тадж.ССР.–1987.–№7.– С.465–467.

13. Шарифов, А. / Применение отходов флюоритового производства в составе цементных бетонов // А.Шарифов, Г.Камолов Г.- Докл.АН Тадж.ССР.–1989.–№9.–С.611–614.

14. Шарифов, А., Камолов Г. /Исследование цементно–волластонитсодержащих бетонов //А.Шарифов, Г.Камолов .-Докл.АН Тадж.ССР.–1990.–№4.– С.250–253.

15. Шарифов А., Орманова Р.А. /Смешанные цементы на основе обычного клинкера с минеральными добавками из местного сырья // А.Шарифов, Р.А. Орманова.-Докл. АН РТ.–1997.–№11,12.–С.56–58.

16. Шарифов, А. /Модифицирование портландцемента добавками для его использования в производстве специальных бетонов //А.Шарифов, А.А.Акрамов,И.С.Джабборов.- Докл.АН РТ.–2006.– №5.–С.458–563.

17. Муминов, А. /Коррозионностойкий бетон на модифицированном цементе золой угля Фан-Ягнобского месторождения: дис. ... канд. техн. наук // А. Муминов. -Душанбе, 2019. - 116 с.

18. Контор, М.З. О волластонитовых породах северного Таджикистана и возможном их практическом использовании //М.З.Контор.-Докл. АН Тадж.ССР.–1956.–Т.15.–С.19–24.

19. Шарифов, А. /Цементно-волластонитовые вяжущие и химические добавки для повышения стойкости бетона в агрессивных средах// А.Шарифов.-Душанбе:Дониш.-1994.-286.

#### ФОИДАОВАРИИ ТЕХНИКӢ-ИҚТИСОДИИ ИСТИФОДАИ СЕМЕНТҲОИ ТАРКИБТАҒИРЁФТА ДАР ТАРКИБИ БЕТОН

*А. Шарифов, Н.Н.Шоҳиён, Н.Олимов,  
К.К.Давлатзода*

Дар мақола фоидаоварии истифодаи сементҳои маводҳои иловагии кимиёвӣ-узвӣ ва минералӣ таркибтағирдода дар таркиби бетон бо мақсади афзудани мустаҳкамӣ ва кам кардани харҷи истеҳсоли он асоснок карда шудааст. Қайд

шудааст, ки фоидаоварии истифодаи сементҳои таркибтағирдода бо иловаҳои аз ашёи маҳаллӣ ва партовҳои саноатӣ ва энергетикӣ ҳосилшуда бештар аст. Истифодаи декстрин, лигносулфонати техникӣ таркибтағирдода ва экстракти ишқорӣ аз пояи пахта ҳосилшуда ҳамчун иловаҳои кимиёвӣ-узвӣ ва волластонит, партови бойгардонии флюорит ва хокистари ангишт ба сифати иловаҳои минералӣ барои тағйир додани таркиби семент тавсия дода мешаванд. Бо истифодаи маводҳои иловагии минералӣ аз сементи оддӣ сементи камалюминатдори ба таъсири сульфатҳо устувор ҳосил кардан мумкин аст.

**Калимаҳои калидӣ:** сементи таркибтағирдода, санги сементӣ, маҳлули бетонӣ, бетон, иловаи кимиёвӣ-узвӣ, иловаи минералӣ, мустаҳкамӣ, фоидаоварии техникӣ-иқтисодӣ.

#### TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE USE OF MODIFIED CEMENTS IN THE COMPOSITION OF CONCRETE

*A. Sharifov, N. N. Shohien, N. Alimov,  
K. K. Davlatzoda*

In this article it is substantiated that the effectiveness of the use of cements modified by organo-chemical and mineral additives in the composition of concrete to improve its quality and reduce production costs. It is noted that the effectiveness of the use of modified cements increases with the use of additives obtained from local raw materials and industrial and fuel waste. It is proposed to use dextrin, modified technical lignosulfonate and alkaline extract of cotton stems as an organochemical additive and wollastonite, waste from the enrichment of fluorite and coal ash as a mineral additive for modifying cements. It is possible to obtain a low-aluminum sulfate-resistant cement, due to the use of mineral additives from ordinary cement

**Keywords:** modified cement, cement stone, concrete mix, concrete, organochemical additive, mineral additive, strength, technical and economic efficiency.

#### Сведения об авторах:

1. А.Шарифов - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Гидротехническое и сельское строительство» Дангаринского государственного университета. Тел. +992 935 435 452, E-mail: Sharifov49@mail.ru

2. Н.Н.Шоҳиён - к.т.н., д.п.н., профессор кафедры «Гидротехническое и сельское строительство» Дангаринского государственного университета. Тел. +992 935 806 222, E-mail: muhammad shorahimzoda@mail.ru

3. Н. Алимов - к.т.н., и.о.доцента Дангаринского государственного университета. Тел. +992 935 806 222, E-mail: muhammad.shorahimzoda@mail.ru

4. К.К. Давлатзода - д.э.н., профессор, ректор Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими. Тел.+992 221 35 11.

## АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ЛЁССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО РЕЛЬЕФА

*К.Р. Рабиев, Н.К. Файзуллозода, Ф.Н. Хасанов*

*Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими*

*В статье рассмотрены принципы архитектурно-строительного проектирования зданий и сооружений на лёссовых, просадочных грунтах в условиях сложного рельефа (на примере Таджикистана). Также изучены и предложены рекомендации по проектированию жилой застройки на территориях со сложным рельефом.*

*Лёссы и лёссовидные породы, которые занимают более 60% общей площади земель, пригодных для строительства широко распространены на территории Республики Таджикистан. Они занимают преимущественно равнины, холмы и склоны гор до высоты 4000 - 5000 метров на уровне моря.*

*Указано, что основная цель предложенной рекомендации, направлена на оптимизацию методики архитектурного проектирования жилых зданий в условиях сложного рельефа.*

*В результате проведенных исследований предложены рекомендации по проектированию жилой застройки на территориях со сложным рельефом.*

**Ключевые слова:** *Лёссы, рельеф, территория, Таджикистан, грунт, строительство, склон, мероприятия, здания.*

В высокогорной части страны лёссовые породы встречаются спорадически и их мощность незначительна (Рис.1). Сплошным слоем, лёссовые грунты залегают на равнинах и холмистых территориях. Исключение составляют речные долины, где эти породы слагают верх разреза аллювиальных террас. Как правило, в Таджикистане лёссы сильно просадочны, они характеризуются резкой просадочностью - от высокой до слабой. Мощность лёссовых грунтов сильно колеблется от 5 до 300 м, при этом, просадочная толща - 5-30 м, реже - 30-45 м.

Современные строительные нормы вводят критерии просадочности, связанные с внешними воздействиями, к которым относятся начальное

просадочное давление и начальная просадочная влажность. Для отдельных районов Республики Таджикистан величина начального просадочного давления 0.02-0,06 МПа, т.е. просадочные деформации происходят с глубины 1,0-3,5 м. Здесь чаще всего распространены лёссы и лёссовидные суглинки, приближающиеся к супесям [1].

Почти все крупные города страны (Душанбе, Бохтар, Куляб, Яван и др.) расположены на значительных толщах лёссовых грунтов, которые служат основаниями эксплуатируемых и возводимых зданий и сооружений различного функционального назначения. Столица республики г. Душанбе расположена в центральной части Гиссарской долины, где широко распространены лёссовые породы четвертичного отложения, представленные лёссовидными суглинками. Мощность этих отложений на водоразделах - 40-45 м, на холмистой территории - 150-200 м. Величина прогнозируемой просадки от действия собственного веса грунта составляет от 0,05 до 0,5 м и более, просадочная толща достигает 16-18 м [1].

При указанных показателях мощности просадочной толщи и значениях относительной просадочности, величина деформаций просадки в природном напряжённом состоянии изменяется от нескольких до многих десятков сантиметров. В некоторых районах республики при замачивании опытных котлованов просадка грунта составляет около 2 м.

Таким образом, становится очевидным, что трудность строительства заключается в том, что здания и сооружения испытывают значительные деформации при аварийном замачивании и сейсмических воздействиях. Поэтому правильный учёт этих факторов (грунтовые и сейсмические условия) имеет чрезвычайно большое значение.

Анализ геотехнических свойств лёссовых просадочных грунтов Республики Таджикистан на холмистых территориях показывает, что при возведении различных строительных объектов необходимы мероприятия, учитывающие особенности инженерно-геологических изысканий. К ним можно отнести вопросы планировки холмистых территорий, разработки генеральных планов, расчёта устойчивости склонов, повышения их устойчивости,

выбора типов фундаментов, а также методы устройства оснований, улучшающих строительные свойства описываемых грунтов. Различие геотехнических показателей (изменение относительной просадочности в значительном диапазоне), а также мощность просадочной толщи предопределяют разные условия устройства оснований и фундаментов зданий и сооружений.

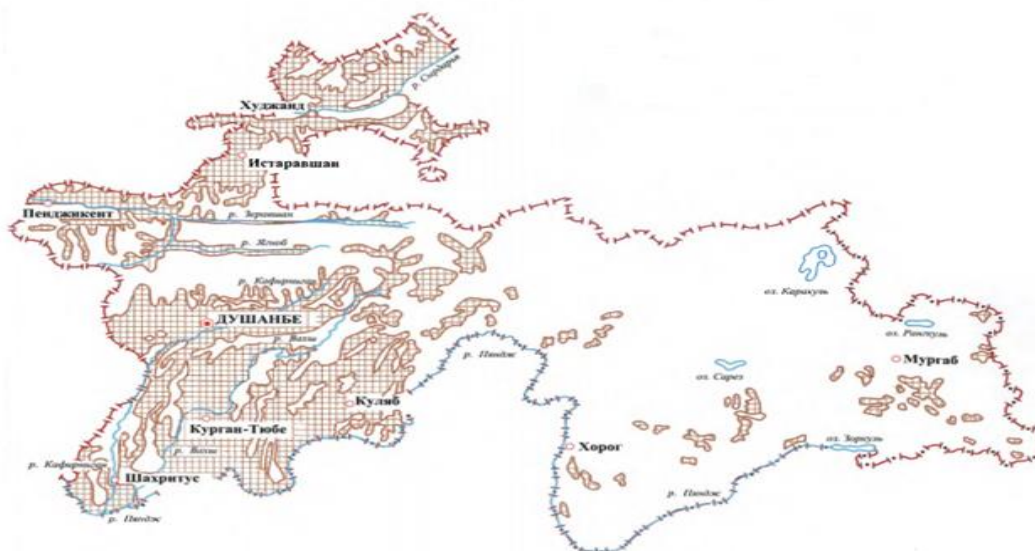


Рис. 1. Схема распространения лёссовых пород Республики Таджикистан.

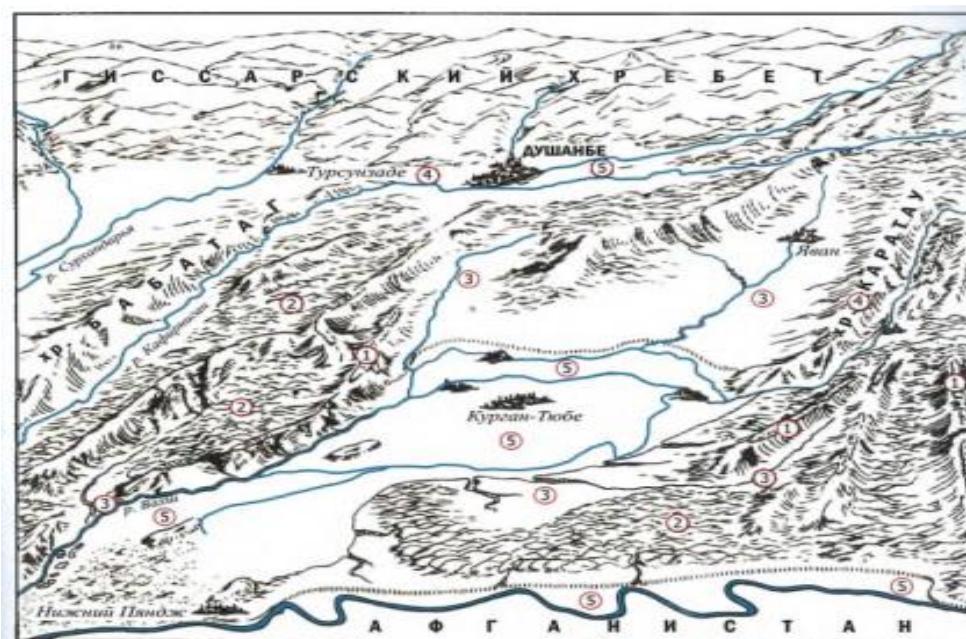


Рис.2. Прогноз просадочности лёссовых пород.

Таблица 1.

Условные обозначения.

	Генетические типы лёссовых пород, их возраст, геоморфологические условия и местоположение	Просадка при замачивании под собственным весом (в сантиметрах)
1	Эолово-делювиальные, эоловые нижнечетвертичные лёссы занимают водораздельные пространства горных хребтов Юго-Западного Таджикистана	более 50
2	Аллювиально-пролювиальные, пролювиальные среднечетвертичные лёссы и лёссовидные породы занимают пологохолмистые выровненные поверхности предгорий Юго-Западного Таджикистана	более 50
3	Пролювиальные верхнечетвертичные лёссы и лёссовидные породы занимают межгорные долины Юго-Западного Таджикистана	более 50
4	Аллювиально-пролювиальные лёссовидные породы верхнечетвертичные слагают высокие террасы речных долин Юго-Западного Таджикистана	менее 50
5	Аллювиальные лёссовидные суглинки и супеси верхнечетвертичные и современные слагают низкие террасы речных долин Юго-Западного Таджикистана	менее 50

*Планировка и застройка холмистых территорий и разработка генерального плана.* Планировку и застройку холмистых территорий следует вести в соответствии с ГНиП РТ 30-01-2018 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [2].

При этом для холмистых территорий особенно важное значение имеет инженерная подготовка территории.

Инженерная подготовка территорий – комплекс инженерных мероприятий по обеспечению пригодности территории для градостроительного использования и оптимальных санитарно-гигиенических и микроклиматических условий.

Мероприятия по инженерной подготовке, включающие в частности вертикальную планировку территории и отвод поверхностных вод, следует устанавливать с учетом прогноза изменения (ухудшения) инженерно-геологических условий, характера использования (застройки), планировочной организации территории и ее функционирования.

При разработке проектов планировки и застройки осваиваемых территорий следует предусматривать при необходимости инженерную защиту от затопления, подтопления, наводнение, селевых потоков, снежных лавин, оползней и обвалов.

Сложные инженерно-геологические условия в ряде случаев определяют архитектурно-планировочную структуру застраиваемой территории.

При проведении вертикальной планировки проектные отметки территории следует назначать исходя из условий максимального сохранения естественного рельефа, почвенного покрова и существующих древесных насаждений, отвода поверхностных вод со скоростями, исключающими возможность эрозии почвы, минимального объема земляных работ с учетом использования вытесняемых грунтов на площадке строительства.

*Архитектурно-планировочные требования.* Приёмы планировки и застройки в условиях сложного рельефа должны формировать



ландшафтную организацию застраиваемой территории, предполагающую:

а) создание наиболее здоровой, удобной для жизнедеятельности и эстетически полноценной среды (не уступающей условиям проживания на равнинной местности) при максимально бережном отношении к природным и другим видам ресурсов;

б) обеспечение сохранности устойчивости склонов естественного рельефа местности;

в) технико-экономическую целесообразность принятых решений;

г) ансамблевую связь домов жилого комплекса и окружающей застройки и среды;

д) создание единой системы озеленения и обводнения территории.

Функциональное зонирование территории должно быть подчинено принципу усиления благоприятных особенностей микроклиматических эффектов. С этой целью рекомендуется основные объёмы жилищного строительства располагать по возможности в нижних и средних участках склонов.

К характеристикам рельефа, важным с точки зрения защиты территорий от перегрева и обеспечения требуемой инсоляции, относятся [3]:

- уклон местности;

- ориентация склонов;

- высотное местонахождение на склоне (подножие, середина, верхняя часть склона).

Водораздельные и верхние участки склонов следует отводить под комплексные массивы зелёных насаждений с преобладанием древесных и высокорастущих кустарниковых пород. Эти участки будут являться дополнительными источниками холодных воздушных масс в вечерней и ночной периоды.

Водоразделы и верхние части холмов одновременно должны использоваться как зоны рекреаций и размещения спортивно-оздоровительных, школьных и дошкольных учреждений.

Днища саев следует рассматривать как естественные воздухопроводные русла. Здесь следует прокладывать транспортные связи. Проезжие части улиц и дорог следует проектировать, по возможности, без резких поворотов.

В условиях сложного рельефа постановка зданий по отношению к склону оказывает заметное влияние на микроклимат. Во всех случаях нежелательно вписывать в горизонталь протяженные здания.

Постановка зданий не должна препятствовать стеканию вниз ночному охлажденному воздуху.

Одновременно здания должны защищать территорию от летнего перегрева, повышая коэффициент затенения в послеполуденные часы.

Наихудшие условия застройки складываются на склонах юго-западной, западной и северо-западной ориентации, которые следует использовать под размещение малоэтажной застройки террасного типа, а также общественных и учебных зданий, функционирующих в дневное время и снабженных системой искусственного микроклимата.

Для размещения основного объёма зданий рекомендуется использовать склоны восточной и юго-восточной ориентации.

При освоении холмистых территорий и разработке генплана устанавливается следующая степень сложности рельефа для жилой застройки:

а) рельеф равнинный – со средним уклоном по минимальному размеру территории (до 50м) до 30% (до 1,5°) - не оказывает существенного влияния на структурную организацию застройки и на конструктивное решение домов, предназначенных для равнинных территорий;

б) рельеф малой сложности – слабохолмистый, со средним уклоном по минимальному размеру территории (от 50 до 200м) от 30 до 90% (от 1,5 до 5°) – оказывает, в основном, влияние на размещение зданий и решение их цокольных частей;

в) рельеф средней сложности - со средним уклоном по минимальному размеру территории (от 50 до 200м) от 90 до 150% (от 5 до 9°) – влияет как на структурную организацию функциональных зон, так и на организацию улично-дорожной сети и системы общественных центров; приводит к сокращению расстояний между магистральными улицами и дорогами и размеров структурных элементов, в отдельных случаях необходимы противооползневые мероприятия;

г) рельеф большой сложности - со средним уклоном по минимальному размеру территории (свыше 200м) от 150 до 300% (от 9 до 15°) – требует коренного изменения функциональной организации застройки, преимущественного использования специальных типов зданий, запроектированных для постановки на крутых склонах, применения в большинстве случаев противооползневых мероприятий;

д) рельеф чрезвычайной сложности – со средним уклоном по минимальному размеру территории (свыше 200м) более 300‰ (более 15°) – на стадии экспериментального проектирования застройке не подлежит или выполняется.

*Примечание: уклон величиной 10‰ (десять промилля) равняется 1% (один процент).*

При формировании жилой застройки, детские дошкольные учреждения и общеобразовательные школы целесообразно располагать на средних отметках застраиваемого склона с учетом наиболее удобной их связи с жилыми домами и остановками транспорта, приурочивая их к зеленым зонам [4].

Конфигурацию участка детсада или школы следует определить, исходя из степени крутизны и формы рельефа. На склонах повышенной крутизны (150‰ - 250‰) они должны располагаться террасами или каскадно поперек склона. Это позволяет обеспечить выходы из здания непосредственно на прилегающие игровые площадки без преодоления уклонов местности.

На склонах повышенной крутизны 150‰ - 250‰ относительно пологие участки с уклонами до 50‰, целесообразно использовать в качестве дворовых пространств, детских и школьных площадок.

С целью сохранения нормативной плотности жилого района или микрорайона, на участках с относительно благоприятными рельефами и инженерно-геологическими условиями плотность застройки может превышать нормативную путем новой структурной организации определенным образом сблокированных домов.

При застройке территории необходимо предусмотреть использование подземного пространства для размещения гаражей, площадок для стоянки автомобилей, складов, сооружений коммунального хозяйства и других объектов.

Следует активно использовать поверхности кровель жилых и общественных зданий для устройства на них площадок (эксплуатируемые кровли), интенсивного озеленения и включения их в общий баланс озеленения по микрорайону.

При проектировании улично-дорожной сети для транспортного, пешеходного и велосипедного движения необходимо обеспечить оптимальные условия передвижения. Наибольшие продольные уклоны улиц и дорог не должны превышать 70‰.

Предельные уклоны пешеходных улиц следует принимать не более 60‰. При больших уклонах и

их протяженности следует предусматривать устройство лестниц (число подъемов должно быть не менее 3-х и не более 16); после каждых 10-16 ступеней следует устраивать площадки длиной не менее 1,5м. Для путей массового пешеходного движения следует принимать уклон не более 40‰.

Для сохранения радиусов доступности достаточно больших размеров и соблюдения санитарно-гигиенических требований на стадии проектирования экспериментального микрорайона, на путях пешеходного движения, характеризующихся неравномерными потоками на уклонах, превышающих 60‰ и их протяженности 100-150м возможно использование вертикального транспорта – лифт в специальных «транспортных» зданиях, расположенных поперек рельефа.

Ширина придорожной территории расположенной в пределах радиуса доступности на различных уклонах в каждую сторону от края дороги (магистралей) принимается следующей:

Таблица 2.

Ширины и уклона придорожной территории.

При уклонах	Расстояние от крайнего дома до остановки, м	Превышение участка, м
30-45‰	450	250
90‰	375	175
>150‰	250	100

Размер принимается по одну сторону дороги и отсчитывается поперек горизонталей рельефа.

Трассировку магистралей в пределах выделенной для строительства территории необходимо производить с учётом равномерного охвата жилой застройки зонами обслуживания остановочных пунктов.

При преодолении городскими магистралями препятствий рельефа целесообразно применять:

- прямые трассы, направленные поперёк склонов при их уклоне до 70‰ по тальвегам оврагов, ложбин и другим естественным выемкам в склонах;

- диагональные трассы, при необходимости преодоления длинных склонов с уклонами более 70‰;

- серпантинные трассы, при преодолении крутых склонов, длина которых недостаточна для создания диагональных трасс.

На основных городских магистралях при уклонах препятствий, превышающих 70‰, рационально применение тоннелей и эстакад.

При проектировании и строительстве в условиях сложного рельефа архитектурно-планировочную организацию застройки следует осуществлять в комплексе с инженерными мероприятиями, направленными на обеспечение надежности, прочности и устойчивости зданий и сооружений.

*Общестроительные требования.* Компонировка зданий на генплане должна обеспечить беспрепятственное стекание ливневых вод со склонов. Особое значение при этом приобретает создание благоприятных условий для стока воды на прилегающих нагорных участках, что может быть достигнуто определенным расположением на рельефе магистралей, улиц, проездов, зданий и т.д.

Постановка и группировка зданий должна обеспечить естественные пути сброса осадков. Из этих условий наиболее целесообразно расположение зданий поперек рельефа или под углом к склону.

При расположении зданий, заблокированных группами, следует учитывать степень допустимых нагрузок от веса зданий в различных по высоте, частях склона. Целесообразна разгрузка верхней части и пригрузка подошвы склона - понижение этажности зданий в застройке склона по мере нарастания высоты. Строительство должно вестись на склоне снизу-вверх.

Подбор типа здания, этажности осуществляется в зависимости от крутизны склонов, степени приспособленности цокольного пространства к уклону участка и формам микрорельефа.

Следует отдавать предпочтение зданиям, постановка которых не требует коренной перестройки рельефа. Террасирование склонов приводит к разрушению естественного ландшафта, уничтожению верхних слоёв грунта, растительного покрова и способствует образованию оползней, размывов, оврагов и т.д.

В целях исключения замачивания и размыва склонов сточными ливневыми водами на каждом застраиваемом склоне должна устраиваться система сброса и отвода ливневых вод путем устройства:

- сборных нагорных канав в верхней части склонов, выше выемок для дорог, площадок под здания и т.п., расположенных на склонах;

- быстротоков поперёк или под углом к склону, в которые сточные воды поступают из нагорных канав;

- сборных водоотводных канав у подножья склонов, расположенных за пределами возможных призм обрушения склонов.

Нагорные, водоотводные канавы, быстротоки (с устройством гидроизоляции и облицовок) должны располагаться от зданий на расстояниях не менее:

- а) на просадочных грунтах со II типом грунтовых условий с верхней стороны 1,5Н (Н - глубина просадочной толщины) с низовой стороны - Н;

- б) при первом типе грунтовых условий с верхней стороны Н и низовой 0,7 Н, но не менее соответственно 15 и 10м.

Подсыпки (насыпи дорог, обратные насыпи и т.д.) выполняются из местных глинистых грунтов оптимальной влажности с послойным уплотнением до коэффициента уплотнения  $K_{ул.} \geq 0,93$  или плотности сухого грунта  $\gamma_{ск.} \geq 1,6$  т/м<sup>3</sup>[4].

Нецелесообразно использовать для насыпей супеси с числом пластичности  $I_p < 0,06$ , а также грунты с влажностью не менее 0,9 и более  $1,2 \cdot W_0$  ( $W_0$  - оптимальная для уплотнения влажность, принимаемая равной  $W_0 = W_p - (0,01 + 0,03) \cdot W_p$  - влажность на границе раскатывания).

### Выводы

В конечном итоге можно прийти к выводу, что застройка холмистых территорий в сложных климатических, инженерно-геологических и сейсмических условиях продолжает оставаться чрезвычайно актуальной проблемой, поэтому все конструктивные предложения по решению тех или иных задач по этой проблеме от архитекторов, инженеров-строителей, инженеров-геологов и других специалистов смежных отраслей является весьма полезной.

### Литература:

1. Рекомендации по застройке холмистых территорий Республики Таджикистан // Агентство по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. ОАО «Научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт САНИИОСП». Душанбе – 2008г. - 138 с.

2. МҚС ҚТ 30-01-2007. Градостроительство. Планировка и застройка населённых пунктов. Душанбе – 2007 г.

3. МҚС ҚТ 22.08-2004. Здания и сооружения на просадочных грунтах. Агентство по строительству

и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. Душанбе – 2004 г.

4. Антонов В.М., Леденев В.В., Скрылев В.И. Проектирование зданий в особых условиях строительства и эксплуатации. Учеб. пособие. Тамбов. Издательство ТГТУ. 2002 г. - 143 с.

**ЛОИҲАКАШИИ МЕЪМОРИЮ  
СОХТМОНИИ БИНО ВА ИНШОТ ДАР  
САФЕДХОКҲОИ ФУРҶИНИШИН ДАР  
ШАРОИТИ РЕЛЕФИ МУРАККАБ**

***К.Р. Рабиев, Н.К. Файзуллозода, Ф.Н. Ҳасанов***

Дар мақола принципҳои лоиҳакашии меъморию сохтмони бино ва иншоот дар сафедхокҳои фурӯнишин дар шароити релефи мураккаб (дар мисоли Тоҷикистон) баррасӣ карда шудааст. Инчунин, тавсияҳо оид ба лоиҳакашии иморатҳои истиқоматӣ дар минтақаҳои дорои релефи мураккаб омӯхта ва пешниҳод карда шуданд.

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон сафедхокҳо ва намудҳои онҳо зиёда аз 60% масоҳати умумиро ишғол мекунанд ва васеъ паҳн шудаанд. Онҳо асосан ҳамворӣ, тепаҳо ва нишебиҳои кӯҳро дар баландии 4000 - 5000 метр ишғол намудаанд.

Зикр мегардад, ки ҳадафи асосии тавсияҳои пешниҳодшуда ба беҳсозии методологияи меъморию лоиҳакашии биноҳои истиқоматӣ дар шароити релефи мураккаб нигаронида шудааст.

Дар натиҷаи таҳқиқотҳои гузаронидашуда тавсияҳо оиди лоиҳакашии иморатҳои истиқоматӣ дар минтақаҳои дорои релефи мураккаб пешниҳод карда шуданд.

**Калимаҳои калидӣ:** Сафедхокҳо, релеф, ҳудуд, Тоҷикистон, хок, сохтмон, нишебӣ, чорабинӣ, бино.

**ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION  
DESIGN OF BUILDINGS AND STRUCTURES  
ON LOESSY SUBSIDENCE SOILS IN  
CONDITIONS OF DIFFICULT RELIEF**

***K.R. Rabiev, N.K. Faizullozoda,  
F.N. Khasanov***

The article considers the principles of architectural and construction design of buildings and structures on loess, subsidence soils in conditions of complex terrain (on the example of Tajikistan). We also studied and proposed recommendations for the design of residential buildings in areas with complex terrain.

Loess and loess-like rocks, which occupy more than 60% of the total land area suitable for construction, are widespread in the territory of the Republic of Tajikistan. They occupy mainly plains, hills and mountain slopes up to an altitude of 4000-5000 meters above sea level.

It is indicated that the main purpose of the proposed recommendation is aimed at optimizing the methods of architectural design of residential buildings in conditions of complex terrain.

The recommendations for the design of residential buildings in areas with complex terrain are proposed as a result of the conducted research.

**Keywords:** Loess, terrain, territory, Tajikistan, soil, construction, slope, events, buildings.

**Сведения об авторах:**

Рабиев Комрон Рахматович – докторант PhD кафедры “Архитектура зданий и сооружений” ТТУ имени акад. М.С. Осими. Тел.: (+992) 98 825 31 31. E-mail: rabiev.1995@mail.ru

Файзуллозода Нусратулло Кудратулло – соискатель кафедры “Архитектура зданий и сооружений” ТТУ имени акад. М.С. Осими. Тел.: (+992) 938 820 110. E-mail: aaaabbbb@mail.ru

Ҳасанов Фирдавс Нозимшоевич – соискатель кафедры “Архитектура зданий и сооружений” ТТУ имени акад. М.С. Осими. Тел.: (+992) 90 200 00 89. E-mail: kapitelh@mail.ru

**ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

***Д.Н. Низомов, И.К. Каландарбеков, Ш.Ш. Шарипов, И.И. Каландарбеков***

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

*В статье рассматривается высотное железобетонное сооружение. Приведена математическая модель консольного стержня. В высотных сооружениях учет влияния собственного веса является обязательным. Для*

*описания формы колебаний и их производных использованы формулы академика А.Н. Крылова, содержащие комбинации тригонометрических и гиперболических функций. Произведён расчет поперечного сечения сооружения на прочность по*

первой группе предельных состояний. Приведены результаты колебания сооружения при разных высотах.

**Ключевые слова:** высотные здания, сейсмостойкость, собственный вес, воздействия, форма колебания, коэффициент динамичности, прочность, жёсткость.

### Введение

Высотные здания отличаются от традиционных объектов не только размерами, но и сложностью конструкций. Увеличение высоты зданий вызывает появление ряда новых проблем в теории сейсмостойкости.

Одной из важных задач сейсмостойкого строительства является уточнение существующих, и разработка новых методов расчета зданий и сооружений, позволяющих наиболее точно оценить возможность конструкций сопротивляться сейсмическим воздействиям [1-3].

В современных нормах строительства в сейсмических районах рассматривается частота собственных колебаний без учета сжимающей силы  $N$  от собственного веса. Собственный вес влияет на сейсродинамические характеристики в более высоких зданиях и сооружениях, и поэтому надо учитывать его действия при расчете на сейсмическое воздействие.

Нормативный метод не позволяет учесть вышеизложенные факторы, что приводит к отклонениям результатов расчета и проектирования от фактического характера работы конструкций при реальных землетрясениях. Поэтому весьма актуальной являются разработки новых усовершенствованных методов расчета сейсмостойкости, более точно отражающих поведение зданий при землетрясениях.

Анализ несущих систем высотных зданий, построенных по всему миру, показывает, что их конструктивное и компоновочное решение зависит главным образом от высоты объекта. Однако, существенное влияние на выбор конструктивной схемы оказывают и такие факторы, как сейсмическая активность района строительства, инженерно-геологические условия, атмосферные воздействия и др.

В таких сооружениях, как радиомачты высотой  $l \geq 100$  м, собственный вес сравнительно с другими приложенными силами есть величина далеко не малая, и ими отнюдь нельзя пренебрегать [4].

Здесь рассматривается высотное железобетонное сооружение, которое более уязвимо при землетрясениях, чем сооружения такой же высоты с металлическими конструкциями, так как по конструктивным соображениям вес такого сооружения должен быть выше, чем металлические конструкции [5-7].

**Моделирование.** Рассмотрим высотное сооружение, которое моделируется в виде консольного стержня с равномерной распределённой по высоте  $m$  жёсткость  $B$ . В консольном стержне (рис. 1,а) действует статическая сжимающая сила, момент, возникающий в результате изменения кривизны консоли при его колебаниях и дополнительный момент, возникающий в результате перемещения вертикальной составляющей (собственного веса) относительно положения оси консоли [8].

Дифференциальное уравнение вынужденных поперечных колебаний упругой консоли, как системы с бесконечным числом степеней свободы, из условия равновесия элементарного участка  $dx$  с учетом продольной сжимающей силы имеет вид [9]

$$B \cdot \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} - \frac{\partial}{\partial x} \left( N(x) \cdot \frac{\partial y(x,t)}{\partial x} \right) + m \cdot \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = m \cdot \ddot{Z}_0(t), \quad (1)$$

где  $B$  – изгибная жесткость;

$N(x)$  – переменная по высоте продольная сжимающая сила от собственного веса;

$m$  – погонная масса консоли;

$\ddot{Z}_0(t)$  – амплитуда ускорения грунта;

Дифференциальное уравнение поперечных собственных колебаний консоли, полученное из (1) имеет вид,

$$B \cdot \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} - \frac{\partial}{\partial x} \left( N(x) \cdot \frac{\partial y(x,t)}{\partial x} \right) + m \cdot \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0. \quad (2)$$

В уравнении (1) и (2), сжимающая сила от собственного веса сооружения  $N(x)$  определяется из линейной зависимости (рис. 1,а)

$$N(x) = N_0 \left( 1 - \frac{x}{l} \right), \quad (3)$$

где  $N_0$  – продольная сжимающая сила на уровне защемления консоли;

$l$  – высота сооружения.

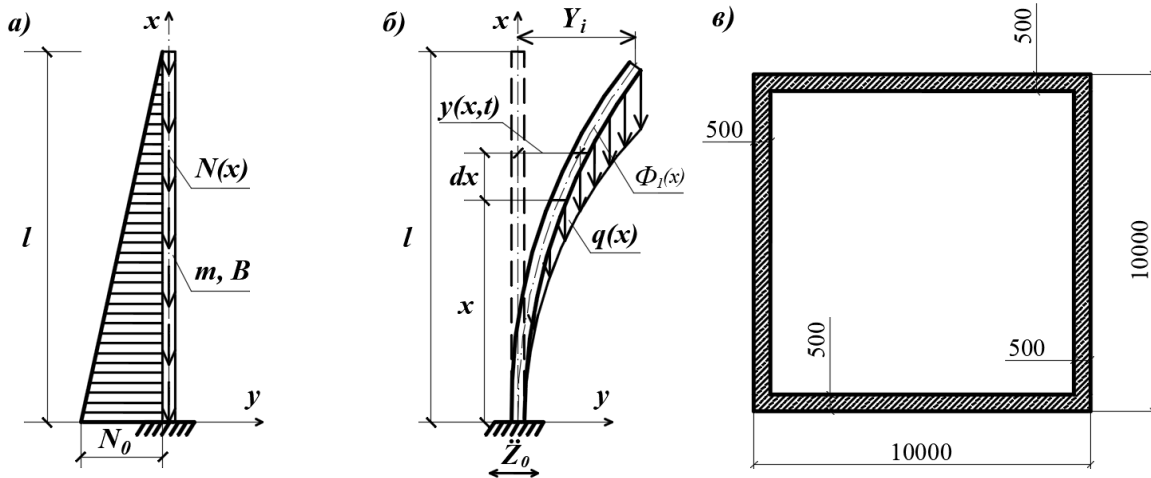


Рис. 1. - Консольная модель с распределённой массой и жесткостью (а); система координат (б); поперечное сечение сооружения (в).

Из (2) с учётом преобразования 2-го члена

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( N(x) \cdot \frac{\partial y(x,t)}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left[ N_0 \left( 1 - \frac{x}{l} \right) \frac{\partial y(x,t)}{\partial x} \right] =$$

$$= N_0 \left( \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} - \frac{1}{l} \frac{\partial y(x,t)}{\partial x} - \frac{x}{l} \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} \right), \quad (4)$$

получим

$$B \cdot \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} - N_0 \left( \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} - \frac{x}{l} \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} - \frac{1}{l} \frac{\partial y(x,t)}{\partial x} \right) + m \cdot \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0. \quad (5)$$

Для решения уравнения (2) используем метод разделения переменных,

где

$$y_i(x,t) = Y_i(t) \cdot \Phi_i(x), \quad (6)$$

$\Phi_i(x)$  ( $i = 1, 2, 3, 4 \dots n$ ) -  $i$ -я форма изогнутой оси;

$Y_i(t)$  - прогиб верха консоли по  $i$ -ой форме.

Подставляя уравнение (6) в (5), получим

$$B \cdot \Phi_i^{IV}(x) \cdot Y_i(t) - N_0 \left( \Phi_i''(x) - \frac{x}{l} \cdot \Phi_i''(x) - \frac{1}{l} \cdot \Phi_i'(x) \right) \cdot Y_i(t) +$$

$$+ m \cdot \ddot{Y}_i(t) \cdot \Phi_i(x) = 0. \quad (7)$$

Уравнения свободных колебаний имеет вид [10]

$$B \cdot Y^{IV}(x,t) + m \cdot \ddot{Y}(x,t) = 0, \quad (8)$$

Используя формулу (6) решим уравнение (8)

$$\ddot{Y}_i(x,t) = \ddot{Y}_i(t) \cdot \Phi_i(x); \quad (9)$$

$$Y_i^{IV}(x,t) = Y_i(t) \cdot \Phi_i^{IV}(x). \quad (10)$$

После преобразования вместе уравнение (8) получаем обыкновенные дифференциальные уравнения

$$\ddot{Y}_i(t) + \omega_{0i}^2 \cdot Y_i(t) = 0; \quad (11)$$

$$\Phi_i^{IV}(x) - \frac{\omega_{0i}^2 \cdot m}{B} \cdot \Phi_i(x) = 0. \quad (12)$$

Выражая множитель перед  $\Phi_i(x)$  в уравнение (12) через  $\alpha_i^4$  и запишем в виде

$$\Phi_i^{IV}(x) - \alpha_i^4 \cdot \Phi_i(x) = 0. \quad (13)$$

Решение уравнение (13) имеет вид [11-13]

$$\Phi_i(x) = C_1 \cdot S(x) + C_2 \cdot T(x) + C_3 \cdot U(x) + C_4 \cdot V(x), \quad (14)$$

где

$$S = \frac{sh(\alpha_i x) + \sin(\alpha_i x)}{2};$$

$$T = \frac{ch(\alpha_i x) + \cos(\alpha_i x)}{2};$$

$$V = \frac{sh(\alpha_i x) - \sin(\alpha_i x)}{2};$$

$$U = \frac{ch(\alpha_i x) - \cos(\alpha_i x)}{2}.$$

Частотные коэффициенты для четырех форм равны

$$\alpha_1 \cdot l = 1.8751; \quad \alpha_2 \cdot l = 4.6941; \quad \alpha_3 \cdot l = 7.8548; \quad \alpha_4 \cdot l = 10.9955.$$

Переходим к определению собственных форм и её четырех производных

$$\begin{aligned}\Phi_i(x) &= U - A_i \cdot V; \\ \Phi_i^I(x) &= \alpha_i \cdot (T - A_i \cdot U); \\ \Phi_i^{II}(x) &= \alpha_i^2 \cdot (S - A_i \cdot T); \\ \Phi_i^{III}(x) &= \alpha_i^3 \cdot (V - A_i \cdot S); \\ \Phi_i^{IV}(x) &= \alpha_i^4 \cdot (U - A_i \cdot V).\end{aligned}\quad (15)$$

Здесь

$$A_i = \frac{V(\alpha_i l)}{S(\alpha_i l)} = \frac{sh(\alpha_i l) - \sin(\alpha_i l)}{ch(\alpha_i l) + \cos(\alpha_i l)};$$

$$A_1 = 0.734; \quad A_2 = 1.018; \quad A_3 = 0.999; \quad A_4 = 1.000.$$

Максимальная сила от веса здания на опоре равна

$$N_{\max} = N_0 = m \cdot g \cdot l,$$

где  $g$  - ускорение свободного падения;

Суммарный момент с учетом дополнительного момента от собственного веса равно

$$M(x, t) = M_1(x, t) + M_N(x, t). \quad (16)$$

Момент при изгибе консольной модели равняется [7]

$$M_1(x, t) = B \cdot \frac{d^2 y(x, t)}{dx^2} = B \cdot Y_1(t) \cdot \Phi_1''(x), \quad (17)$$

$$\Phi_1''(x) = \alpha_1^2 \cdot (S_1 - A_1 \cdot T_1).$$

Отсюда  $\alpha_1 = 1.8751$ ,  $A_1 = 0.734$ . При  $x = l$ ,  $S_1$  и  $T_1$  равняется

$$S_1 = \frac{sh(1.8751 \cdot \frac{x}{l}) + \sin(1.8751 \cdot \frac{x}{l})}{2};$$

$$T_1 = \frac{ch(1.8751 \cdot \frac{x}{l}) + \cos(1.8751 \cdot \frac{x}{l})}{2}.$$

Где  $S_1$  и  $T_1$  - гиперболические формулы академика Крылова А.Н.

При  $x = 0$ ,  $S_1 = 0$  и  $T_1 = 1$  формула изогнутой оси имеет вид

$$\Phi_1''(0) = \frac{1.8751}{l^2} \cdot (0 - 0.734 \cdot 1) = -\frac{2.5807}{l^2}.$$

Тогда

$$M(0, t) = -B \cdot Y_1(t) \cdot \frac{2.5807}{l^2} \quad (18)$$

Момент от вертикальной силы и собственного веса (дополнительный момент, (см. формулу 16) равно

$$\begin{aligned}M_N(x, t) &= \int_0^x m \cdot g \cdot Y(x, t) dx = \int_0^l m \cdot g \cdot Y_1(t) \cdot \Phi_1(x) dx = \\ &= m \cdot g \cdot Y_1(t) \cdot \int_0^l \Phi_1(x) dx.\end{aligned}\quad (19)$$

Дополнительный изгибающий момент на опоре при  $x = 0$ , с учетом формула

$$\int_0^l \Phi_1(x) dx = 0.39145 \cdot l;$$

равен

$$M_N(0, t) = m \cdot g \cdot Y_{1\max} \cdot 0.39145 \cdot l.$$

Таким образом, уравнение (16) переходит в уравнение

$$M(0, t) = -B \cdot Y_1(t) \cdot \frac{2.5807}{l^2} + m \cdot g \cdot l \cdot 0.39145 \cdot Y_{1\max} \quad (20)$$

Запишем уравнение (20) в виде

$$M(0, t) = \frac{2.5807 \cdot B}{l^2} \cdot \left( 1 + \frac{m \cdot g \cdot l^3}{B} \cdot 0.1517 \right) \cdot Y_{1\max}, \quad (21)$$

то есть, момент в заделке ( $x = 0$ ) выражаем через прогиб верха консоли.

Выражаем прогиб через ускорение опоры  $\ddot{Z}_0$ ,

для первой формы  $i = 1$

$$Y_{1\max} = \frac{\ddot{Z}_0}{\omega_1^2} \cdot \eta_1 \cdot \beta_1, \quad (22)$$

где  $\eta_1$  - коэффициент первой формы колебаний консоли;

$\beta_1$  - коэффициент динамичности;

$\omega_1$  - частота собственных колебаний консоли.

Коэффициент динамичности для грунтов III - категории определяется по формуле [14]

$$\beta_1 = 2.5 \cdot \left( \frac{0.8}{T_1} \right)^{0.5} \quad (23)$$

Опорный момент, выраженный через прогиб верха консоли, имеет вид

$$M_{0max} = \frac{2.5807 \cdot B}{l^2} \cdot \left( 1 + \frac{m \cdot g \cdot l^3}{B} \cdot 0.1517 \right) \cdot \frac{\ddot{Z}_0}{\omega_1^2} \cdot 1.556 \cdot \beta_1 \quad (24)$$

Частота собственных колебаний равна

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1.8751^4 \cdot B}{l^4 \cdot m}}$$

По полученным формулам вычисляем моменты и напряжения в опорном сечении. Результаты

расчета, определяющих параметров высотных зданий, представлены в [8].

Полученные результаты, представленные в таблице 1 показывают, что прочность сечения при заданной динамической нагрузке, соответствующей 9-бальному землетрясению, не обеспечена.

Таблица 1.

Результаты колебания сооружения при разных высотах.

L, м	50	100	150	200	250	300
$N_0$ , Т	$1,71 \cdot 10^3$	$3,42 \cdot 10^3$	$5,13 \cdot 10^3$	$6,84 \cdot 10^3$	$8,55 \cdot 10^3$	$1,026 \cdot 10^4$
$m$ , Т.с <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	3,487	3,487	3,487	3,487	3,487	3,487
$Y_{max}$ , м	0,052	0,418	1,411	3,345	6,533	11,289
$M_1$ , Т.М	$-3,02 \cdot 10^4$	$-6,03 \cdot 10^4$	$-9,045 \cdot 10^4$	$-1,206 \cdot 10^5$	$-1,507 \cdot 10^5$	$-1,809 \cdot 10^5$
$M_N$ , Т.М	34,994	559,906	$2,835 \cdot 10^3$	$8,958 \cdot 10^3$	$2,187 \cdot 10^4$	$4,535 \cdot 10^4$
$M_{max}$ , Т.М	$-3,01 \cdot 10^4$	$-5,974 \cdot 10^4$	$-8,761 \cdot 10^4$	$-1,116 \cdot 10^5$	$-1,289 \cdot 10^5$	$-1,355 \cdot 10^5$
$\sigma_{раст}$ , Т/м <sup>2</sup>	-436,618	-862,246	$-1,259 \cdot 10^3$	$-1,588 \cdot 10^3$	$-1,798 \cdot 10^3$	$-1,825 \cdot 10^3$
$\sigma_{сжат}$ , Т/м <sup>2</sup>	616,618	$1,222 \cdot 10^3$	$1,799 \cdot 10^3$	$2,308 \cdot 10^3$	$2,698 \cdot 10^3$	$2,905 \cdot 10^3$

Так как в принятом классе бетона расчетное сопротивление на сжатие и растяжение равно  $R_b = 1700$  Т/м<sup>2</sup> и  $R_{bt} = 115$  Т/м<sup>2</sup>, можно сделать вывод что её конструкций без необходимого армирования не выдержит действующую сейсмическую нагрузку и возникает опасность разрушения сооружений.

В связи с этим, производим расчет поперечного сечения сооружения на прочность по первой группе предельных состояний. Расчет прочности производится по [13].

**Пример.** Исходные данные. Бетон, легкий класса В30, марка по плотности  $D = 1800$  кг/м<sup>3</sup>,  $R_b = 17$  МПа,  $R_{bt} = 1.15$  МПа, модуль упругости  $E_b = 19.5 \cdot 10^3$  МПа. Площадь поперечного сечения  $A = 19$  м<sup>2</sup>; погонная масса сооружения  $m = 3.487$  тс<sup>2</sup>/м, момент инерции  $I = 286.583$  м<sup>4</sup>; амплитуда ускорения  $\ddot{Z}_{max} = 400$  см/с<sup>2</sup> для 9 бальной зоне по [14, 15].

По результатам расчета по программе MathCAD принимаем арматуру с общей

площадью  $A_s = 1256.1$  см<sup>2</sup>. Площадь сечения одного диаметра стержня равно 12.561 см<sup>2</sup>.

Арматуры расположены симметрично в сжатой и растянутой зонах,

т.е.  $A_s = A'_s = 100 \phi 40$  А400 (рис. 2).

Теперь определяем жесткость консоли по [13]. Жесткость железобетонной конструкции определяется по формуле

$$B_{jb} = B_b + B_s,$$

где  $B_b$  - изгибная жесткость бетона и определяется по формуле

$$B_b = k_b \cdot E_b \cdot I_x = 0.058 \cdot 19.5 \cdot 10^5 \cdot 286.583 = 3.224 \cdot 10^7 \text{ Т.м}^2.$$

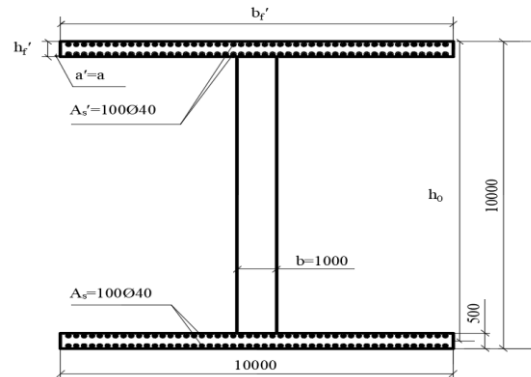


Рис. 2. - Схема армирования расчетного поперечного сечения сооружения.



$B_s$  - жесткость арматуры, которая определяется по формуле

$$B_s = k_s \cdot E_s \cdot I_s = 0.7 \cdot 2.0 \cdot 10^7 \cdot 11.356 = 1.59 \cdot 10^8 \text{ т.м}^2.$$

$$k_b = \frac{0.15}{\varphi(0.3 + \delta_e)} = 0.058; \quad k_s = 0.7; \quad I_s = 11.356 \text{ м}^4$$

где  $\delta_e = 1$ ;  $\varphi = 2$  коэффициенты.

Суммарная жесткость железобетонной конструкции равна

$$B_{jb} = B_b + B_s = 1.912 \cdot 10^8 \text{ т.м}^2.$$

При расчете изгибаемых элементов по прочности должно соблюдаться условие  $M < M_{ult}$ .

Где  $M$  - изгибающий момент от внешней нагрузки,

$M_{ult}$  - предельный изгибающий момент, который может быть, воспринят сечением элемента.

При симметричном армировании для принятого сечения  $M_{ult}$  определяется по формуле

$$M_{ult} = R_s \cdot A_s (h_0 - a') = 35000 \cdot 0.00126 \cdot 200 \cdot (9.95 - 0.05) = 8.732 \cdot 10^4 \text{ т.м.}$$

Максимальный изгибающий момент с учетом прогиба и дополнительного момента при высоте сооружения 112 метров, определяется по формуле (24) и равняется  $M_{0max} = 8.680 \cdot 10^4 \text{ т.м.}$

Проверяем условие

$$M_{0max} = 8.680 \cdot 10^4 \text{ т.м} \leq M_{ult} = 8.732 \cdot 10^4 \text{ т.м.}$$

Следовательно, прочность сечения обеспечена при здании высотой до 112 метров.

### Выводы

Результаты проведенных расчетов прочности опорного сечения сооружения без армирования на действие изгибающего момента и продольных сил показывают, что прочность сечения при заданной динамической нагрузке, соответствующей 9-бальному землетрясению, не обеспечена. При принятом армировании прочность сечения обеспечивается при высоте сооружения до 112м.

### Литература:

1. Низомов Д.Н., Каландарбеков И.И., Каландарбеков И.К. Исследование динамических параметров модели здания при гармоническом

колебании основания // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2018. Т. 61. № 11-12. С. 853-861.

2. Каландарбеков И. Решение динамической задачи пластинчатой системы // Вестник МГСУ. 2008. № 4. С. 88-93.

3. Низомов Д.Н., Каландарбеков И. Метод сосредоточенных деформаций в решении динамических задач многосвязных пластин // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 4. С. 31-32.

4. Динник А.Н. Устойчивость упругих систем // Допущено Наркомпросом РСФСР в качестве учебного пособия для университетов. Главная редакция общетехнических дисциплин и номографии. Москва. 1935. 184 с.

5. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов // Учебное пособие для вузов. Изд. 2-ое. перераб. и доп. М., Стройиздат, 1977. 223 с.

6. Тимошенко С.П. Соппротивление материалов. Том второй. Более сложные вопросы теории и задачи // Перевод В.Н. Федорова с третьего американского издания. Под редакцией И.К. Снитко. Изд. Наука. Главная редакция физико-математ. литературы. М.: 1965. 480 с.

7. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней и пластин и оболочек // Избранные работы под редакцией Э.И. Григолюка. Изд. Наука. Главная редакция физико-математ. литературы. М.: 1971. 807 с.

8. Каландарбеков И., Шарипов Ш.Ш. Учёт собственного веса сооружения в консольной модели при действии сейсмической нагрузки // Материалы международной научно-практической конференции. «Электроэнергетика Таджикистана: актуальные проблемы и пути их решения». Душанбе. 2019. С. 329-332.

9. Справочник проектировщика. Динамический расчет зданий и сооружений. Под редакцией профессоров Б. Г. Коренева, И. М. Рабиновича. Издание 2-ое, переработанное и дополненное. Москва. Стройиздат, 1984 г. 304с.

10. Жарницкий В.И., Курнавина С.О. Сейсмический расчет зданий по схеме консоли с распределенными параметрами - М.: МГСУ. 2003. 53с.

11. Прочность. Устойчивость. Колебания. Справочник в трех томах. Том 3. Под редакцией Биргера И.А., Пановко Я.Г. Москва. Издательство Машиностроение, 1968 г. 567с.

12. Справочник по динамике сооружений. Под редакцией Коренева Б. Г., И. М. Рабиновича. Москва. Стройиздат, 1972 г. 511с.

13. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции // Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Москва. 2012. 196с.

14. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах. СНиП II -7-81\* // (Издание официальное) Москва. 2014. 120с.

15. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах // Актуализированная редакция СНиП II -7-81\* Москва. 2011. 80с.

### ХАРАКТЕРИСТИКАҶОИ ДИНАМИКИИ ИНШООТИ БАЛАНДИ ОҶАНУБЕТОНӢ

*Ҷ.Н.Низомов, И.Қ.Каландарбеков, Ш.Ш.Шарипов,  
И.И.Каландарбеков*

Дар мақола иншооти баланди оҷанубетонӣ дида баромада шудааст. Модели математикии консоли милагӣ оварда шудааст. Дар иншоотҳои баландошёна баҳисобгирии таъсири вазни хос ҳатмист. Барои тавсифи шаклҳои лаппиш ва ҳосилаҳои онҳо, формулаҳои академик А.Н. Крылов, ки таркибашон функсияҳои тригонометрӣ ва гиперболий доранд, истифода бурда шудаанд. Ҳисоби буриши кундалангии иншоот ба мустақамӣ аз руйи ҳолати худудии гуруҳи яқум гузаронида шудааст. Натиҷаҳои лаппиши иншоот барои баландии гуногун оварда шудааст.

**Вожаҳои калидӣ:** биноҳои баландошёна; зилзилатобоварӣ; вазни хос; таъсирот; шакли лаппиш; зарби динамикӣ; мустақамӣ; сахтӣ.

### DYNAMIC CHARACTERISTICS OF REINFORCED CONCRETE HIGH-RISE STRUCTURES

*J.N.Nizomov, I.K.Kalandarbekov, Sh.Sh.Sharipov,  
I.I.Kalandarbekov*

The article deals with a high-rise reinforced concrete structure. A mathematical model of a cantilever bar is presented. In high-rise buildings, it is mandatory to take into account the effect of its own weight. To describe the oscillation modes and their derivatives, the used formulas of Academician A.N. Krylov, combinations of trigonometric and hyperbolic functions. The calculation of the cross-section of the structure for strength was carried out according to the first group of limit states. The results of oscillation of the structure at different heights are given.

**Key words:** high-rise buildings, seismic resistance, own weight, impact, oscillation form, dynamic coefficient,

strength, hardness.

### DYNAMIC CHARACTERISTICS OF REINFORCED CONCRETE HIGH-RISE STRUCTURES

*D. N. Nizomov, I. K. Kalandarbekov, Sh. Sh.  
Sharipov, I. I. Kalandarbekov*

The article considers a high-rise reinforced concrete structure. It is given a mathematical model of a cantilever rod. In high-rise structures, consideration of the effect of their own weight is mandatory. Academician A. N. Krylov's formulas containing combinations of trigonometric and hyperbolic functions have been used to describe the shape of the oscillations and their derivatives. The cross-section of the structure is calculated for strength according to the first group of limit states. The results of the structure oscillation at different heights.

**Keywords:** high-rise buildings, earthquake resistance, own weight, impacts, vibration form, dynamic coefficient, strength, rigidity.

#### Сведения об авторах:

Низомов Джахонгир Низомович – д.т.н., профессор, чл-корр. НАНТ, зав. лабораторией “Сейсмостойкость зданий и сооружений” Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ, профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТГУ имени академика М.С. Осими. Контактная информация: Тел. (+992)919355734, E-mail: ties@mail.ru

Каландарбеков Имомёрбек Каландарбекович – д.т.н., начальник научно-исследовательского центра «Строительство и Архитектура» НИИ «Политехник», профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТГУ имени академика М.С. Осими. Контактная информация: Тел. (+992) 93-500-63-43, E-mail: kalandarbekov-55@mail.ru

Шарипов Шамсуддин Шамсуллоевич – ст. преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТГУ имени академика М.С. Осими. Контактная информация: Тел. (+992) 93-101-54-55, E-mail: sharipov.shams@yandex.ru

Каландарбеков Ифтихор Имомёрбекович – к.т.н., преподаватель кафедры «Подземные сооружения, основания и фундаменты» ТГУ имени академика М.С. Осими. Контактная информация: Тел. (+992) 88-779-00-04, E-mail: iftikhor791@mail.ru

### ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

*М.А. Сулейманова, Д.Х. Худойкулов*

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

*Анализ результатов разрушения железнодородного полотна в сейсмических условиях показывает, что они происходят в результате недостаточного расчета их*

устойчивости от сейсмической нагрузки. В статье приводится порядок расчета устойчивости откосов земляного полотна при воздействии сейсмических усилий и меры их усиления в сейсмических условиях.

**Ключевые слова:** земляное полотно, устойчивость откосов, железная дорога, сейсмическая волна, бальность ускорения, удерживающие силы, сдвигающие силы, призма обрушения, коэффициент устойчивости, статическое воздействие.

Известно, что Республика Таджикистан расположена в активной сейсмической зоне. В таких условиях возникают дополнительные силы оказывающие воздействия на земляные массивы оснований сооружений, в частности основания земляного полотна. Образование и усиление сейсмических волн приводит в дальнейшем к ускорениям, воздействующим на земляные массы и являются причиной возникновения инерционных сил, действие которых при определенных комбинациях приводит земляные сооружения к потере устойчивости (рис 1).



Рис.1 Обрушения откоса железнодорожного полотна в результате землетрясения.

В связи с изложенным обеспечение устойчивости земляного полотна при сейсмических условиях является весьма актуальной задачей.

Известно что, в странах СНГ принята 12-ти бальная шкала оценки сейсмических воздействий.

В соответствии с принятой шкалой, каждый балл характеризуется соответствующими разрушающими силами и определенным значением ускорений сейсмических волн. По данным многолетних наблюдений наибольшее сейсмическое воздействие достигает до 9 баллов. При сейсмичности 7 и более баллов необходимо

принимать специальные меры соответствующими расчетами (таблица 1), [1].

Таблица 1.

Определенные ускорения сейсмической волны.

Балл	Ускорение в м/сек <sup>2</sup>	Балл	Ускорение в м/сек <sup>2</sup>
1	До 0,0025	7	0,101-0,250
2	0,0025-0,005	8	0,251-0,500
3	0,006-0,010	9	0,500-1,000
4	0,011-0,025	10	1,0-2,5
5	0,026-0,050	11	2,5-5,0
6	0,051-0,100	12	более 5,0

Основным показателем сейсмического влияния являются коэффициент сотрясения и динамический коэффициент сотрясения, которые рассчитываются по методике предложенной профессором Г.М. Шахунянцем [3].

Коэффициент сотрясения определяют из выражения:

$$K_c = \frac{p}{g}, \quad (1)$$

где,  $p$ - ускорение сейсмической волны в м/сек<sup>2</sup>;  
 $g$ - ускорение силы тяжести в м/сек<sup>2</sup>.

Значения коэффициента сейсмичности назначают в зависимости от принятой классификации бальности и принимают соответственно:

при 7 баллах –  $K_c = 0,025$

при 8 баллах –  $K_c = 0,05$

при 9 баллах –  $K_c = 0,1$

Динамический коэффициент сотрясение в зависимости от места расположения железной дороги и высоты насыпи определяют из выражения:

$$K_{дс} = K_{д} \cdot K_c \quad (2)$$

где,  $K_{д}$  – коэффициент динамичности.

$K_{д} = 1$  – у основания насыпи

$K_{д} = 2$  – у бровок высотой до 20 м

$K_{д} = 3$  – на высоте до 30 м

Призму обрушения откоса земляного полотна при воздействии землетрясения принимают в виде призмы со сторонами  $Q_{г}$  и  $Q_{в}$  (рис. 1).

Обозначим собственный вес призмы  $Q$  и разделим его на две составляющие:

$Q_{г}$  – горизонтальную,  $Q_{в}$  – вертикальную. Значения этих составляющих определяют по выражениям:

$$Q_r = p_r \cdot m = \mu_r \cdot Q \quad (3)$$

$$Q_v = p_v \cdot m = \mu_v \cdot Q \quad (4)$$

где,  $p_r$  и  $p_v$  – горизонтальная и вертикально соответствующие ускорения сейсмической волны;  $m$ - масса вероятной призмы обрушения.

Принимая во внимание, что направления полного ускорения горизонтальное, равнодействующую всех сил приложенных к вероятной призме обрушения можно выразить как:

$$Q_p = \sqrt{Q^2 + Q_r^2}; \quad (5)$$

Заменив  $Q_r$  в формуле (5), по формуле имеем:

$$Q_p = Q\sqrt{1 + \mu_r^2} \quad (6)$$

Принимая  $\mu_r = \mu$ , получим

$$Q_p = Q\sqrt{1 + \mu^2} \quad (7)$$

Из рисунка 1 видно, что

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{Q_r}{Q} = \frac{\mu Q}{Q} = \mu \quad (8)$$

После определения выше показанных расчетов оценивают устойчивость откосов земляного полотна с учетом сейсмических усилий. Такой расчет производится методом круглоцилиндрической поверхности скольжения в такой последовательности (рис. 2):

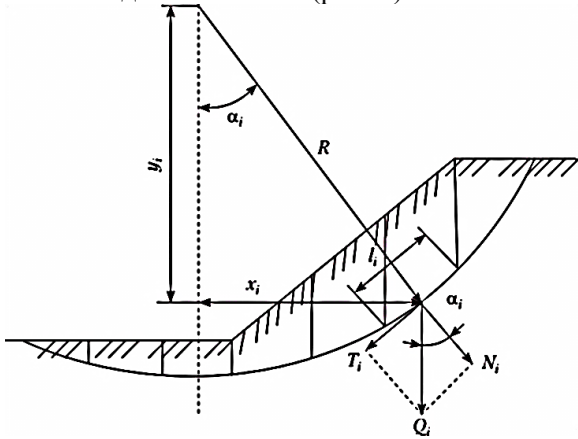


Рис. 1. Расчет устойчивости насыпи в сейсмическом районе.

- производят построение кривой обрушения и возводят столбики грунта эквивалентные временной нагрузке и весу строения пути;

- оползающий массив разбивают линиями на отдельные блоки направленными к вертикали под углом  $\theta$ ;

- для каждого выделенного блока вычисляют равнодействующую силу  $Q_{pi}$  по формуле 7;

- вычисляются составляющие  $N_i$  и  $T_i$  по выражениям:

$$N_i = Q_{pi} \cos(\beta_i + \theta); \quad (9)$$

$$T_i = Q_{pi} \sin(\beta_i + \theta); \quad (10)$$

Принимая во внимание перечисленные расчеты определяют коэффициент устойчивости откоса земляного полотна методом круглоцилиндрической поверхности скольжения по выражению:

$$K_y = \frac{\sum M_{уд}}{\sum M_{сдв}} = \frac{\sum f N_i + \sum c l_i \sum T_{уд}}{\sum T_{сдв}}, \quad (11)$$

где,  $M_{уд}$  и  $M_{сдв}$  – моменты удерживающих и сдвигающих сил

В случаях, когда  $K_y = 1$  откос железнодорожного полотна находится в предельном равновесии; при  $K_y > 1,2$  откос устойчивый [1,2,3,4].

С целью повышения устойчивости земляного полотна сейсмических воздействий производят ограничение высоты насыпи в зависимости от бальности:

- при 8 баллах  $h_{отк} = 15$ м.

- при 9 баллах  $h_{отк} = 12$ м.

Кроме того производится выравнивающие (уполаживание) откосов и укрепление их кустарниками и травами. В отдельных случаях применяют подпорные стенки и эстакады.

Таким образом, анализ воздействия сейсмических усилий на железнодорожное полотно показывает, что при расчетной сейсмической бальности территории до 7 баллов влияние сейсмической устойчивости земляного полотна не учитываются. Влияние сейсмических усилий на устойчивость насыпей основания земляного полотна учитывается и рассчитывается при значении бальности 7 и более. Устойчивость земляного полотна на сейсмические воздействия определяется методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения, путем определения коэффициента устойчивости  $K_y$ .

### Литература:

1. Грицык В.И. Земляное полотно железных дорог: Краткий курс лекций. – М: Маршрут, 2005 – 246 с.
2. Виноградов В.Р. Расчеты и проектирование железнодорожного пути. 2003.–486 с.
3. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. М.: Транспорт 1987.- 479 с.
4. Фришман М.А., Хохлов И.Н., Титов В.П. Земляное полотно железных дорог. Изд. «Транспорт», 2001, 288 с.
5. Сулейманова М.А., Худойкулов Д.Х. Анализ повреждений земляного полотна железных дорог при воздействии сейсмических усилий. Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования 2018. Т. 3. № 4 (41). С 109-1019.
6. М ва ҚС ҚТ 22-07-2015. Сохтмони зилзилатобовар. Душанбе 2016 с.

### БАҶОГУЗОРИ БА УСТУВОРИИ НИШЕБИИ ПУШТАИ РОҶИ ОҶАН ҲАНГОМИ ТАЪСИРҶОИ ЗИЛЗИЛА

*М.А. Сулейманова, Д.Х. Худойкулов*

Тахлили натиҷаҳои вайроншавии пуштаи роҷи оҷан дар шароитҳои зилзила нишон медиҳанд, ки онҳо дар натиҷаи ҳисобҳои нокифоя оиди устувориашон аз таъсири зилзила ба амал меоянд. Дар мақола тартиби ҳисоби устувори нишебиҳои пуштаи хоки ҳангоми таъсири зилзила ва чораҳои мустаҳкамкунии пуштаи хоки дар шароитҳои зилзила оварда шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** пуштаи хоки, мустаҳкамии нишебиҳо, роҷи оҷан, мавҷи зилзила, шиддати суръатгири, қувваҳои нигоҳдоранда, қувваҳои теладиҳанда, призмаи вайроншаванда, коэффитсиенти устувори, таъсири статика.

### ESTIMATION OF THE STABILITY OF RAILWAY SLOPES UNDER SEISMIC IMPACT *M.A. Suleimanova, D.H. Khudoyulov*

Analysis of the results of the destruction of the railroad bed under seismic conditions shows that they occur as a result of insufficient calculation of their resistance to seismic load. The article deals with the procedure for calculating the stability of the slopes of the subgrade under the influence of seismic forces and measures of their amplification in seismic conditions.

**Key words:** roadbed, slope stability, railway, seismic wave, acceleration score, holding forces, shear forces, collapse prism, stability coefficient, static effect.

### Сведение об авторах:

Сулейманова Мутабар Абдулжаевна - кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры “ПС и ОФ”. Тел. +992 985030363

Худойкулов Далер Хайдаркулович - старший преподаватель кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций». Тел. 985878737. E mail daler\_290900@mail.ru

### АРБОЛИТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ РВК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕБЛЕЙ ХЛОПЧАТНИКА

*М.Р. Джуракулов, М.Н. Хасанов*

*Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

*В статье приводятся результаты исследований и обоснование применения стеблей хлопчатника в качестве арболитового материала. Анализ исследований в области применения отходов хлопчатника показывает, что они могут быть использованы в качестве теплоизоляционных и конструктивных материалов и в дальнейшем может найти применение при возведении наружных стен в малоэтажных зданиях и сооружениях.*

**Ключевые слова:** *строительство, материалы, конструкций, ресурсосберегающего, энергоэффективного, местного сырья, отходов, стебли хлопчатника.*

Высокие темпы возведения строительства гражданских и промышленных объектов различного назначения в республике Таджикистан показывают, что в сфере строительства и архитектуры требуется внедрение новых материалов, конструкций и технологий ресурсосберегающего и

энергоэффективного направления с использованием дешёвого местного сырья, в частности, отходов сельскохозяйственного производства и стеблей хлопчатника.

Эти целлюлозосодержащий отходы, которая в сочетании с имеющимися минеральными вяжущими могут создавать условия для разработки и создания композиционных материалов с применением при малоэтажном строительстве растительно-вяжущих композиций (РВК) как базовая основы, которая широко используется при производстве теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных строительных материалов для сельской местности.

Следует отметить, что они дает возможность применения минеральных и органических вяжущих в качестве связующих материалов.

При этом учитываются природно-климатические факторы, а также инженерно-геологические и социально-экономические условия в масштабе региона. Указанное воздействует на архитектурно – планировочное и конструктивное решение в

отношении возведения зданий и сооружений. Поставленные задачи относятся к ограждающим конструкциям зданий и сооружений, которые должны удовлетворять предъявляемым требованиям, такие как: прочность, жесткость, устойчивость, а также и экономичность, принимая во внимание рациональное использование местного сырья с учетом фактических параметров местности и среды.

По данным статистики в республике только в 2005 году остались неубранными на хлопковых полях свыше 600 тыс. т. стеблей хлопчатника, несмотря на то, что свыше 60% населения, проживающих на этих территориях, традиционно используют их в качестве топлива. Таким образом, остаются неиспользованными до 240 тыс.т стеблей хлопчатника. Необходимо отметить, что комплексная переработка 1 тонны стеблей хлопчатника способна заменить 2,0-2,1 тыс. м<sup>3</sup> ввозимой деловой древесины из Российской Федерации (таблица 1.2).

Таблица 1.1.

Производство и сбор основных видов сельскохозяйственных культур в Республике Таджикистан.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	(в тысячах тонн)										
Продукция											
<i>в том числе:</i>											
Хлопок сырец	421	352	297	312	415	418	396	376	271	24	387
Зерно	802	945	1295	1263	1099	1233	1398	1319	1395	1439	1450
Сладкая кукуруза	132	137	142	152	154	176	177	189	202	211	217
Кормовая кукуруза	456	664	685	916	795	852	956	1088	1015	841	870
Рис	50	53	64	78	78	83	79	81	87	97	99
Картофель	665	683	692	761	865	994	1118	855	889	899	788
Овощи	840	911	1048	1144	1245	1343	1496	1556	1667	1750	1860
Фрукты	160	263	215	226	265	314	329	344	300	343	407
Виноград	118	117	140	125	156	169	176	190	205	217	230
Сено	255	288	398	410	351	650	637	646	619	629	703

Полученные анализы на сходство стеблей хлопчатника с древесиной, как по структурному и химическому строению и составу; следует отметить, что тем самым может, свидетельствуют о возможности переработки материала по химическим или механическим способами. Из

материала стеблей хлопчатника на основе анализа можно получать арболитовые материалы, далее из мелких фракций при измельчении даже можем получать ДСП. Следует отметить, что волокнистая структура стеблей хлопчатника позволяет получить такие виды материалов, как

ДВП и различные виды картона. На основе специальных технологий возможно получить пластик без использования связующего материала, также различные сорта бумаги и т.д.

При изготовлении технологических процессов из растительного сырья плитного материала можно предусматривать следующие стадии: материал стеблей хлопчатника измельчаем в дробилку с размерами от 30 до 60мм; далее готовим измельчённую стружку, т.е. измельченную стружку сушат до состояния влажности от 5 до 6%, после этого предусматривается процесс смещения массы с клеем. Далее полученную массу формируют в «стружечный ковер». На основе всех полученных анализов предусматриваем прессование плиты с нагреванием температуры до 160-180<sup>0</sup> С, при давлении от 2 до 3 МПа [1].

По способу и технологии изготовления плиточный материал из стеблей хлопчатника, а также его эксплуатация, идентичны плитам, получаемым из древесины, что будет соответствовать действующим стандартам и другими нормативным документам.

В Душанбинском деревообрабатывающем комбинате (ДОК) были созданы технологии и изготовлены экспериментальные партии. Экспериментальные исследования разработанных плит ДСП показали свои свойства, которые соответствуют нормативным требованиям и необходимым показателям. Следует отметить, что достоинства данных плит - это низкая плотность, на 13-15% без потери прочности, а также меньшие расходы смолы и относительно низкий снос режущего инструментального материала.

Кроме этого нами были проведены экспериментальные работы в Республике Кыргызстан на деревообрабатывающем заводе №3, где была изготовлена экспериментальная серия ДСП из стеблей хлопчатника. Полученные материалы были пригодны для использования в качестве щитов к опалубкам и как элемент встроенных шкафов, чистого пола, также запчастей к дверным полотнам. Полученные методы приводят к экономически выгодным изделиям. Также были отмечены соответственно трудовые затраты при их изготовлении, что позволяют сокращению накладных расходов [2].

Приведенные данные [2] показывают, что при разработке теплоизоляционных плит были использованы хлопковые отходы, при этом изготовлены вместе с жидким стеклом. К

отрицательной стороне при таком процессе можно отнести максимальную продолжительность, отводимую на прохождение химических процессов при структурообразовании этих материалов. Также, можем отнести высокую себестоимость этих материалов, которая проявляется впоследствии дороговизны одного из основных компонентов жидкого стекла, а также составляет высокую разбухаемость.

Полученные анализы позволяют сделать заключение о том, что накопленные стеблей хлопчатника, после сбора хлопка сырца, с мнением экологической безопасности, можно подтвердить использованиям в качестве теплоизоляционных и теплоизоляционных – конструкционных материалов. Материал из стеблей хлопчатника в органически рыхлом и органически-связанном виде в дальнейшем мог бы быть использован для малоэтажных зданий и сооружений в наружных стенах.

Таким образом, в основном, в проведенных исследованиях выявлены следующие особенности:

были предложены решения технических задач с целью разработки материалов на основе растительно-вяжущих композиций (РВК). В качестве заполнителя растительного происхождения использованы преимущественно отходы древесины и изредка - дикорастущего растительного сырья.

приведены дискретные и нередко несвязанные экспериментальные данные касательно физико-химических и физико-технических характеристик материалов из РВК. Следует отметить, что в некотором смысле, затрудняет вопросы применения этих материалов в конструкциях, используемых для возведения наружных и внутренних стен малоэтажных зданий и сооружений;

На основе таблицы 1.2. можем сделать следующие выводы о том, что для выработки оптимальных и необходимых фракций стеблей хлопчатника наиболее эффективным является дробилка кормовая типа ДКУ-М, которая предназначена на практике для измельчения более грубых растительных кормовых культур в полевых условиях. Рекомендовано, что с целью повышения эффективности работы указанного оборудования, снять у него решета, для ТОО, чтобы в последующем регулировать степень измельчения стеблей хлопчатника.

Таблица 1.2.

Фракционный состав измельченного в различных оборудованях стебли хлопчатника.

Наименование оборудований	% остаток на ситах с размерами ячеек, мм								
	10	7	5	3	2	1	0,5	0,25	менее 0,25
Молотковые дробилки ДМ-1	27,2	12,9	19,0	21,9	9,0	7,0	1,0	1,2	0,8
ДМ-2 (без сита)	62,9	22,7	9,3	3,6	0,6	0,6	0,3	-	-
Дробилки для грубых растительных кормов									
ДКУ-М	10,0	8,0	15,3	2,0	15,3	18,4	1,8	5,0	2,6
ДКУ-М (без решета)	29,2	16,2	15,7	13,6	14,4	6,0	1,7	2,0	1,2
Соломо - силосопезки									
РСС-6	48,9	18,0	14,7	12,0	2,7	2,0	0,8	0,6	0,3
РСС-6 (реконструированная)	37,1	32,8	12,8	11,4	2,7	1,8	1,2	0,1	0,1
Стеблеизмельчитель	21,6	33,1	23,8	15,9	3,3	1,8	0,2	0,1	0,2

Как показывают проведенные исследования в Институте химии полимеров Академии наук Республики Узбекистан касательно изменения влажности хранившихся в течение одного года стеблей хлопчатника [3, 4] (см. рис. 1.1), влажность не является постоянной величиной. График изменений показал, что наибольшая влажность образцов стеблей хлопчатника наблюдается в зимний период, а на летний период влажность их соответствует наименьшему показателю.

Наблюдения были нами начаты с мая месяца, когда было резкое снижение влажности, после этого принимали некоторые постоянные значения от 16% до 9% и проводя наблюдения с

наступлением осеннего периода, когда влажность стеблей хлопчатника снова стала увеличиваться. При хранении и пакетировании стеблей хлопчатника в воздушно-сухих и воздушно-комнатных условиях (рисунок 1.1), её среднегодовая влажность будет составлять 10-12% и от 8% до 10% соответственно.

Отметим, что данные, приведенные в табл. 4.3, достаточно хорошо согласуются с данными других исследователей [5, 6, 7], что дает возможность с достаточной для науки и практики точности и достоверности использовать эти данные в наших дальнейших научно-практических исследованиях.

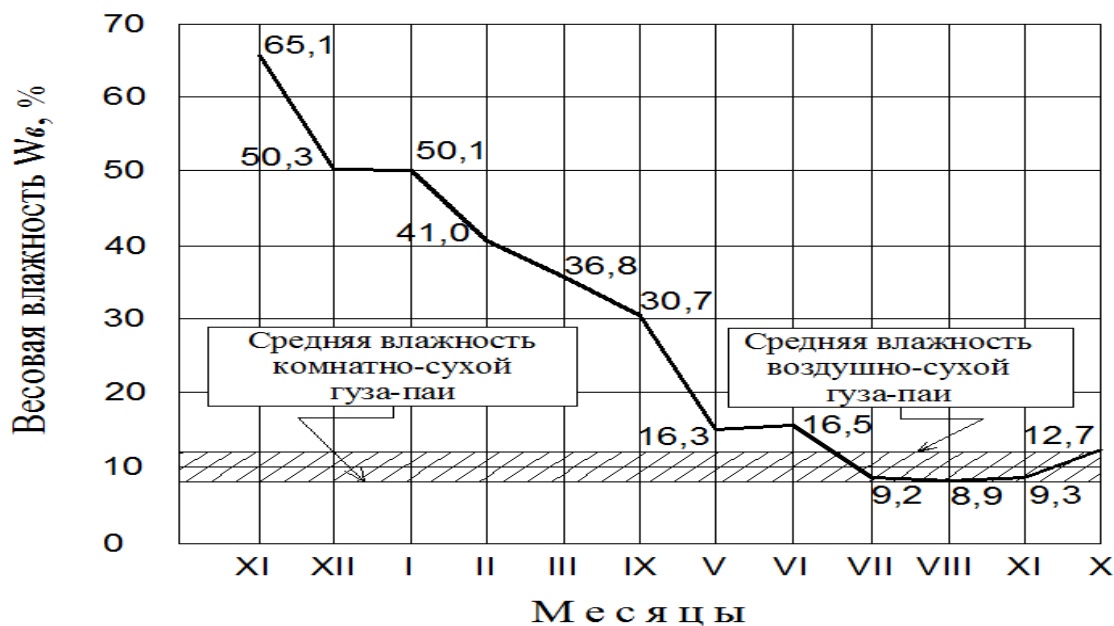


Рис.1.1. Динамика изменения влажности хранившихся на воздухе стеблей хлопчатника в течение одного года.



Таблица 1.3.

Насыпная плотность различных фракций стеблей хлопчатника при 12%-ной влажности

Материал и свойства	Гуза-пая фракции (фр.) 30 мм	Гуза-пая фр. 10мм	Гуза-пая фракции 30 мм +коробки+остав. хлопок	Гуза-пая фр. 1,25 мм	Гузапая фр. 0,63 мм	Коробочки от ворохоочистителя	Гуза-пая фр. 2,5 мм	Гуза-пая фр. 10–20 мм
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	180	200	140	290	382	116	232	166

Таблица 1.4.

Среднее значение водопоглощения образцов стеблей хлопчатника различного диаметра

№ пп.	Образцы стебли хлопчатника длиной 30 мм и различных Диаметров	Значение водопоглощения, W <sub>п</sub> , %	Среднее значение водопоглощения, W <sub>п.ср.</sub> , %
1.	d = 4 мм	60,0	66,5
2.	d = 6 мм	72,7	
3.	d = 8 мм	65,9	
4.	d = 10 мм	71,2	
5.	d = 14 мм	62,5	
6.	d = 4 мм	60,1	

Полученные в результате экспериментальных исследований данные водопоглощения для различных фракций измельченных стеблей хлопчатника указывают на необходимость повышения ее биостойкости при дальнейшем ее эксплуатации (таблица 1.4).

#### Литература:

1. Петросян Э.А. Состояние и перспективы производства строительных материалов с использованием растительных отходов в Узбекистане: Об-зор [Текст] / Т.К. Румако, А.И. Стравчинский. – Ташкент: УзНИИТИ, 1986. –30 с.
2. Стравчинский А.И. Использование хлопковых отходов и жидкого стекла для изготовления теплоизоляционных плит [Текст] / А.И. Стравчинский, Т.К. Румако // Информация о строительных материалах; Сб. статей. –

Ташкент, УзИНТИ, 1967. -С.3-9.

3. Котляр О.К. Натурные микроклиматические наблюдения в народном жилище Хиве [Текст] / О.К. Котляр // Сб. исследования по микроклимату населенных мест и зданий по строительной физике. Сб. №2. –М.: Стройиздат, 1962. –С.21-26.

4. Курбанов Н.Г. Развитие производства арболита на основе сельскохозяйственных отходов республики [Текст] / Н.Г. Курбанов, И.К. Касымов, Х.М. Мухитдинов // Комплексное использование вторич. матер. ресурсов в Узб-не: Тез. докл. научно-практич. конф. (1-2 апр. 1985 г.). -Ташкент, 1985. -С.54-56.

5. Кобулиев З.В. Прогнозирование теплопроводности композиционных материалов различного строения // Доклады АН Респ. Таджн. –2005. - Том XLVIII. -№ 8. –Душанбе. -С.35-

41.

6. Курдюмова В.М. Плиты стеблей хлопчатника – материал для облегченных строительных конструкций [Текст] / В.М. Курдюмова, Л.В. Ястребова // Сб.: II научно-технич. конф. молодых ученых и специалистов. – Фрунзе, 1981. -С.92-93.

7. Таджикистан (природа и природные ресурсы) [Текст] / Коллектив авторов // АН Тадж. ССР. -Душанбе: Дониш, 1982.– 601 с.

8. Саидзода Дж.С. Механизмы структурообразования и технологические особенности производства материалов на основе растительно-вяжущих композиций [Текст] / Дж.С.Саидзода, У.Х.Умаров, М.Р.Джуракулов // Политехнический Вестник 31(45), 2019. С.224-228.

### МАСОЛЕХҲОИ АРБОЛИТӢ ДАР АСОСИ КОМПОЗИТСИЯҲОИ РАСТАНИГӢ-ЧАСПАКӢ БО ИСТИФАДАБАРИИ ҒӢЗАПОЯ

*М.Р. Чуракулов, М.Н. Хасанов*

Дар мақола натиҷаҳои тадқиқоти ва асоснокии истифодабарии ғӯзапоя ба сифати масолеҳҳои арболити оварда шудааст. Таҳлилҳои тадқиқоти дар соҳаи истифодабарии партовҳои ғӯзапоя нишон медиҳад, ки онҳо метавонанд ҳамчун ба сифати масолеҳҳои гармимухофиз ва конструктивӣ истифода шаванд ва дар оянда дар

бунёди деворҳои берунаи бино ва иншоотҳои камшӯна, истифодаи худро ёбанд.

**Калимаҳои калидӣ:** сохтмон, масолеҳҳо, конструксияҳо, сарфаи захираҳо, самаранокии энергия, ашёи хоми маҳаллӣ, партовҳо, ғӯзапоя.

### ARBOLITE MATERIALS BASED ON RVC USING COTTON STEMS

*M. R. Jurakulov, M. N. Khasanov*

The article presents the results of research and substantiation of the use of cotton stems as an arbolite material. Analysis of research in the field of cotton waste application shows that they can be used as thermal insulation and structural materials and in the future can be used in the construction of external walls in low-rise buildings and structures.

**Keywords:** construction, materials, structures, resource-saving, energy-efficient, local raw materials, waste, cotton stalks.

#### Сведения об авторах:

Джуракулов М.Р. - к.т.н., и.о. доцента кафедры «Производство строительных материалов, технология и организация строительства» ТТУ имени акад М. С. Осими.

Хасанов М.Н. – магистр кафедры «Подземные сооружения, основания и фундаменты» ТТУ имени акад М. С. Осими.

### РАСЧЁТ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК ПО БЕЗМОМЕНТНОЙ ТЕОРИИ

*О.Р. Нуманов, М.Ш. Набизода, А.С. Сангинов*

*Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими*

В данной статье приведены расчёты отдельностоящих и неразрезных пологих оболочек положительной кривизны по безмоментной теории.

**Ключевые слова.** Пологая оболочка, неразрезность, безмоментная теория, деформация, усилия, нагрузка, линейная теория, нелинейная теория, диафрагма.

Расчёт пологих оболочек двойкой кривизны по безмоментной теории производят при  $(dz/dx)^2 \ll 1$ ,  $(dz/dy)^2 \ll 1$ . Пренебрегая квадратами производных и их произведениями, т. е. считаем  $ds_1 \approx dx$  и  $ds_2 \approx dy$ .

Таким образом, условия равновесия пространственного элемента оболочки могут быть заменены условиями равновесия его горизонтальной проекции.

В зависимости от степени пологости и характера нагрузки расчет пологих оболочек может производиться по безмоментной или моментной упругой теории, при этом и безмоментное и моментное теории могут быть линейными и нелинейными [1].

Так как нелинейная теория учитывает вертикальные деформации (прогибы) оболочки под воздействием нагрузки, то расчёт по этой теории следует вести только для весьма пологих оболочек, в которых подъём соизмерим с их толщиной и прогибом, т.е. при  $f/\delta \leq 6$ , где  $f = f_1 + f_2$ .

Очевидно, что нелинейные факторы ухудшают условия работы оболочки, поэтому рекомендуется избегать таких конструкций оболочек с весьма малыми подъёмами.

В работе [2] предложен метод, позволяющий более точно решать вопрос о том, какой способ расчёта применить к той или иной оболочке – по линейной теории или по нелинейной. Для этого по нелинейной теории определяют прогиб от расчётной нагрузки в середине оболочки.

После этого также определяют нагрузку в середине оболочки, только по линейной теории. Необходимо отметить, что при равных прогибах нагрузка, вычисленная по линейной теории, будет больше нагрузки, вычисленной по нелинейной теории. Если соотношение нагрузок  $k = q_n / q < 1,05$ , расчёт можно производить по линейной теории, если же  $k = q_n / q > 1,05$ , т.е. разница между нагрузками существенна, расчёт надо производить по нелинейной теории.

Расчёт тонких оболочек с относительно большим подъёмом при равномерно распределённой нагрузке можно выполнять по безмоментной линейной теории.

Учёт изгибающих моментов необходимо производить только вблизи опорного контура.

Пренебрегая при расчёте оболочек изгибающими моментами, мы тем самым пренебрегаем тангенциальными деформациями срединной поверхности, учитывая только её вертикальные перемещения.

Далее коротко изложим метод расчёта тонких пологих оболочек положительной гауссовой кривизны по безмоментной линейной теории. Рассмотрение условий равновесия элемента оболочки, находящегося под действием вертикальной нагрузки  $q$ , приводит к трём дифференциальным уравнениям равновесия:

$$\frac{dN_1}{dx} + \frac{dS}{dy} = 0; \quad \frac{dN_1}{dx} + \frac{dS}{dy} = 0; \\ \frac{d^2z}{dx^2} N_1 + \frac{d^2z}{dy^2} N_2 + 2 \frac{d^2z}{dx dy} S = q. \quad (1)$$

Третье уравнение (1) легко можно быть преобразовано и намного упрощено для эллиптического параболоида. При этом смешанная производная обращается в нуль, а вторые производные по  $x$  и  $y$  есть не что иное, как кривизны главных парабол в вершине оболочки, т.е. главные её кривизны.

Таким образом, окончательно имеем:

$$N_1/r_1 + N_2/r_2 = q. \quad (2)$$

Уравнение (2) является уравнением равновесия всех сил, спроектированных на вертикальную ось.

При расчёте оболочек с поверхностью эллиптического параболоида приближенно полагают кривизны оболочки постоянными, равными её главным кривизнам, что позволяет применять (2) для любой точки поверхности.

Пользуясь (1), можно дать решение неизвестных усилий  $N_1$ ,  $N_2$  и  $S$  в виде бесконечных рядов. Для этого вводят функцию напряжений  $F$  так, что  $r_1$

$$N_1 = d^2F/dx^2; \quad N_2 = d^2F/dy^2; \quad S = d^2F/dxdy. \quad (3)$$

Легко видеть, что выражение (3) удовлетворяют первым двум уравнениям (1).

Подставляя функцию  $F$  в (2), получаем:

$$1/r_1 \cdot \frac{d^2F}{dy^2} + 1/r_2 \cdot \frac{d^2F}{dx^2} = q. \quad (4)$$

Произведя замену переменных:

$$y = \eta/\sqrt{r_1}; \quad x = \xi/\sqrt{r_2},$$

получим гармоническое уравнение Пуассона:

$$\frac{d^2F}{d\xi^2} + \frac{d^2F}{d\eta^2} = q. \quad (5)$$

При решении уравнения (5) необходимо учитывать условия закрепления оболочки на её контуре (условия неразрезности).

Необходимо отметить, что на краю безмоментной оболочки мы вправе распоряжаться только теми усилиями или перемещениями, которые действуют по касательной к поверхности.

Для отдельно стоящих оболочек контурные диафрагмы обычно предполагаются абсолютно жёсткими в вертикальной плоскости и податливыми из неё. Такой вид закрепления приводит к тому, что нормальные усилия, действующие перпендикулярно плоскости диафрагмы, обращаются на краю оболочки в нуль. Нагрузки от оболочки на диафрагмы передаются, таким образом, только через касательные усилия.

После постановки граничных условий решение может быть получено в двойных тригонометрических или, что удобнее, в одинарных гиперболических - тригонометрических рядах. Указанные формулы приведены в формулах 6.3 и 6.4 Руководства [3].

Необходимо отметить, что при расчёте отдельно стоящей оболочки по безмоментной теории делается предположение об абсолютной податливости контурных диафрагм в горизонтальном направлении по всей их длине.

Эти граничные условия связываются с равенством нулю нормальных усилий на контуре, перпендикулярных краю оболочки.

Выше рассматривали условия расчёта отдельно стоящей оболочки со свободным опиранием по

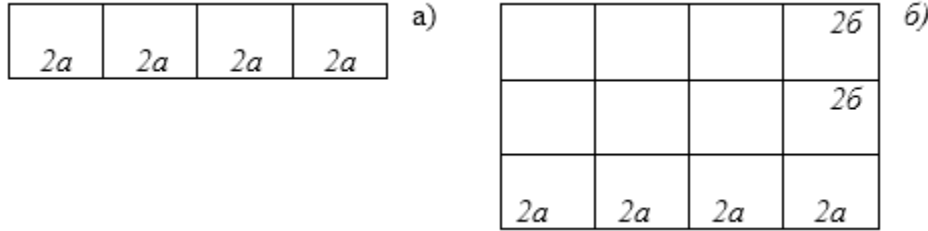


Рис. 1. Многоволновые неразрезные железобетонные пологие оболочки положительной гауссовой кривизны. а) однорядные; б) многорядные. 2а и 2б размеры сторон оболочки.

Условия закрепления на контуре неразрезных пологих оболочек, имеющих по линии сопряжения общую диафрагму, намного отличаются от условий закрепления одноволновых оболочек. В этом случае необходимо отличать однорядные (рис.1, а) и многорядные (рис.1, б) оболочки.

С достаточной для практики точностью можно полагать, что по внешним линиям контура неразрезных оболочек имеет место те же условия, что и на внешнем контуре отдельно стоящей оболочки, т.е. что на контуре отсутствуют нормальные усилия, направленные перпендикулярно оси диафрагмы, а сама диафрагма, будучи абсолютно жесткой в своей

всему контуру. Между тем наиболее употребительной формой оболочек, применяемых для покрытия многопролётных зданий, являются многоволновые оболочки, обычно выполняемые как неразрезные (Рис. 1).

плоскости, не сопротивляется усилиям, стремящимся вывести её из плоскости. Соединение оболочки с диафрагмой по-прежнему предполагается шарнирным.

Диафрагмы в виде арок, балок, ферм, а также криволинейных брусьев на ряды колонн, расположенные по внутренним контурам, т.е. общие для двух соседних оболочек, можно приближённо полагать несмещающимися как в своей плоскости, так и из неё. Очевидно, что в этом случае нормальные усилия, направленные поперёк оси диафрагмы, не обращаются в нуль. Присоединение оболочки к диафрагме предполагается жёстким (заделка).

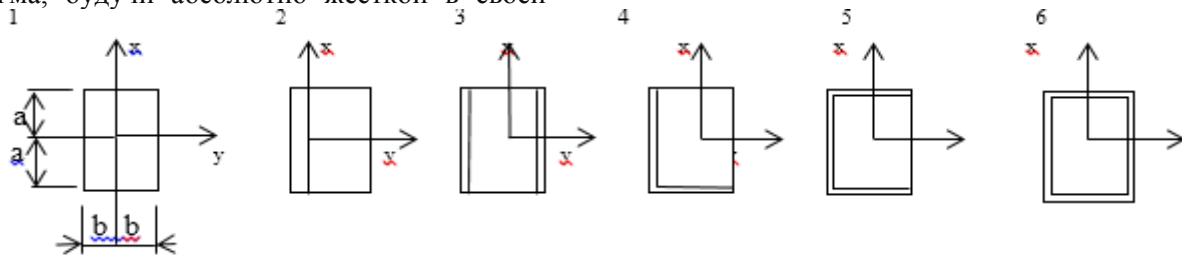


Рис. 2. Граничные условия неразрезных железобетонных пологих оболочек покрытия.

Исходя из вышеуказанного, задача о расчёте неразрезных пологих оболочек положительной гауссовой кривизны может быть приближённо сведена к расчёту одноволновых оболочек с различными контурными закреплениями. На рис. 2 показаны шесть случаев контурных закреплений (двойной линией обозначен контур, условно не смещаемый в горизонтальном направлении).

Решение для первого случая (отдельно стоящая оболочка) было дано выше. Решение средней оболочки (случай б) приводит к весьма простым результатам – сдвигающие усилия на всей её

поверхности обращаются в нуль, а нормальные усилия приобретают вид:

$$N_1 = -qr_1 \frac{p^2}{1+p^2}; \quad N_2 = -qr_1 \frac{p^2}{1+p^2}, \quad (6)$$

где  $p = r_2/r_1 = k_1/k_2$ .

Нормальные сжимающие усилия постоянны по всей поверхности оболочки. При равных кривизнах ( $p=1$ )

$$N_1 = N_2 = -\frac{qr}{2}. \quad (6a)$$

Второй случай граничных условий даёт следующие значения усилий (обращаем внимание на положение координатных осей на рис. 2, 2):

$$N_1 = -\frac{4}{\pi} q r_1 \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} X \frac{A_n \operatorname{ch} \frac{n\pi}{2b} \theta_y - B_n \operatorname{ch} \frac{n\pi}{2b} \theta_y}{C_n} \cos \frac{n\pi}{2a} x;$$

$$S = -\frac{4}{\pi} q \sqrt{r_1 r_2} \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} X \frac{A_n \operatorname{sh} \frac{n\pi}{2b} \theta_y - B_n \operatorname{ch} \frac{n\pi}{2b} \theta_y}{C_n} \sin \frac{n\pi}{2a} x, \quad (7)$$

где  $A_n = 2p^2 \operatorname{sh} n\pi\theta - (1-p)^2 n\pi\theta - (p^2 - 2p - 1) \operatorname{th} n\pi\theta$ ;  
 $B_n = 2p^2 (\operatorname{ch} n\pi\theta - 1) - (1-p)^2 n\pi\theta \operatorname{th} n\pi\theta$ ;  
 $C_n = (1+p)^2 \operatorname{sh} n\pi\theta - \frac{n\pi\theta}{\operatorname{ch} n\pi\theta} (1-p)^2$ ;  
 $p = k_1/k_2 = r_2/r_1$ .  
 Третий случай граничных условий:

Третий случай граничных условий:

$$N_1 = -\frac{16}{\pi} q r_1 p^2 \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} X \frac{\operatorname{sh} \frac{n\pi}{2} \theta \operatorname{ch} \frac{n\pi}{2b} \theta_y}{(p+1)^2 \operatorname{sh} n\pi\theta + n\pi\theta (p-1)^2} \cos \frac{n\pi}{2a} x;$$

$$S = -\frac{16}{\pi} q \sqrt{r_1 r_2} p^2 \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} X \frac{\operatorname{sh} \frac{n\pi}{2} \theta \operatorname{sh} \frac{n\pi}{2b} \theta_y}{(p+1)^2 \operatorname{sh} n\pi\theta + n\pi\theta (p-1)^2} \sin \frac{n\pi}{2a} x. \quad (8)$$

Формулы для четвёртого и пятого случаев, с целью упрощения, приведены для сферической поверхности, когда  $p=1$ , т.е.  $r_1 = r_2 = r$ .

Четвёртый случай граничных условий:

$$N_1 = \frac{qr}{2} \left\{ 1 - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} X \left[ \frac{\operatorname{ch} \frac{n\pi(a+x)}{2b}}{\operatorname{ch} \frac{n\pi}{b} a} \operatorname{Cos} \frac{n\pi}{b} y - \frac{\operatorname{ch} \frac{n\pi(b+y)}{2a}}{\operatorname{ch} \frac{n\pi}{a} b} \operatorname{Cos} \frac{n\pi}{2a} x \right] \right\};$$

$$S = \frac{qr}{\pi} \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} X \left[ \frac{\operatorname{sh} \frac{n\pi(a+x)}{2b}}{\operatorname{ch} \frac{n\pi}{b} a} \operatorname{sin} \frac{n\pi}{2b} y + \frac{\operatorname{sh} \frac{n\pi(b+y)}{2a}}{\operatorname{ch} \frac{n\pi}{a} b} \operatorname{Sin} \frac{n\pi}{2a} x \right]. \quad (9)$$

Пятый случай граничных условий:

$$N_1 = \frac{qr}{2} \left\{ 1 - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} X \left[ \frac{\operatorname{ch} \frac{n\pi(a+x)}{2b}}{\operatorname{ch} \frac{n\pi}{b} a} \operatorname{Cos} \frac{n\pi}{b} y - \frac{\operatorname{ch} \frac{n\pi(b+y)}{2a}}{\operatorname{ch} \frac{n\pi}{a} b} \operatorname{Cos} \frac{n\pi}{2a} x \right] \right\};$$

$$S = -\frac{2}{\pi} qr \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n} X \frac{\operatorname{sh} \frac{n\pi(a+x)}{2b}}{\operatorname{ch} \frac{n\pi}{b} a} \operatorname{sin} \frac{n\pi}{2b} y. \quad (10)$$

Расчёт оболочки для третьего случая граничных условий обычно может быть выполнен посредством тех же таблиц коэффициентов  $\bar{N}_1$  и  $\bar{S}$ , с помощью которых рассчитываются свободно стоящие оболочки.

Действительно, первую формулу системы (8) можно преобразовать, представив входящий в неё гиперголо-тригонометрический ряд в виде произведения другого ряда, входящего в уравнение 1V.12 [1] для отдельно стоящей оболочки, нагруженной равномерно

распределённой нагрузки  $q$  и множителя  $\chi$ . Искомый множитель  $\chi$ , представляющий собой частное от деления двух рядов, сходится весьма быстро.

$$\chi = \frac{1}{2(p+1)^2 + 2(p-1)^2 \frac{\pi\theta}{\operatorname{sh} \pi\theta}}. \quad (11)$$

Тот же коэффициент аналогичным образом может быть получен для сдвигающих усилий.

Теперь можно написать выражение для безмоментных компонент усилий для третьего случая граничных условий, пользуясь известными

таблицами коэффициентов  $\overline{N}_1$  и  $\overline{S}$ , составленными для свободно стоящей оболочки:

$$N_1 = q r_1 \overline{N}_1 \chi, \quad N_2 = -q r_2 (1 - \overline{N}_1 \chi), \quad S = -q \sqrt{r_1 r_2 \overline{S} \chi} \quad (12)$$

где

$$\chi = 4p^2 \overline{\chi} = \frac{2p^2}{(p+1)^2 + (p-1)^2 \frac{\pi \Theta}{\sin \pi \Theta}} \quad (13)$$

Выше отмечалось, что выражение для поправки сходится весьма быстро. Сходимость поправки зависит лишь от геометрических параметров оболочки  $p$  и  $\Theta$ , входящих в (13).

Имея решение для отдельно стоящих оболочек (случай 1) и для средних ячеек многоволновых оболочек (случай 3 и 6), можно приближённо рассчитать оболочки с любыми граничными условиями, не прибегая к (7), (9) и (11).

Так, например, при системе неразрезных однорядных оболочек (рис. 1, а) расчленим мысленно крайнюю оболочку по её оси на две половины. Та её половина, которая примыкает к свободному наружному краю, может быть приближённо рассчитана и сконструирована как отдельно стоящая оболочка; та же половина оболочки, которая примыкает к соседней средней ячейке и имеет с ней общую диафрагму, может быть рассчитана и сконструирована как средняя оболочка (случай 3 граничных условий).

При проектировании неразрезных многоволновых оболочек надо обращать внимание на следующее обстоятельство: две соседние оболочки, имеющие общую диафрагму, испытывают взаимное давление по линии их сопряжения (поскольку по внутренним краям усилия, направленные нормально к ним, вообще говоря, не равны нулю).

В средних ячейках оболочек (случай 3 и 6) боковые давления на её противоположных краях уравниваются. Другое дело – в крайних и угловых ячейках (случай 2, 4 или 5), где боковое давление соседней оболочки не уравнивается на противоположном, свободном крае. Оболочка как бы стремится оттолкнуться от соседней, причём при расчёте по безмоментной теории суммарная горизонтальная сила отпора может оказаться весьма значительной.

Следует оговориться, что вопрос о взаимном «отталкивании» соседних оболочек, имеющих общую диафрагму, нуждается в дополнительном исследовании. Напомним в связи с этим, что безмоментная теория расчёта пологих оболочек двойкой кривизны базируется на трёх основных

предположениях: во-первых, равенство нулю изгибающих моментов, а, следовательно, и соответствующих им поперечных усилий по всей поверхности оболочки; во-вторых, контур оболочек абсолютно жёсткий в своей плоскости; в-третьих, контурные элементы не сопротивляются усилиям, направленным нормально их плоскости.

Мы уже останавливались на неточности третьего предположения, особенно в угловых зонах оболочки. Обращаясь к первому предположению о безмоментном напряжённом состоянии оболочки, необходимо отметить, что, как будет показано далее, это предположение вблизи контура не оправдывается.

Вблизи контура возникают существенные краевые изгибающие моменты и соответствующие им поперечные силы; отсюда вытекает, что нагрузка с оболочки на контур передаётся не только через сдвигающие усилия, как это следует из безмоментной теории, но и через поперечные силы, соответствующие моментному состоянию. Значит, безмоментные компоненты напряжённого состояния в действительности меньше вычисленных по безмоментной теории, в том числе меньше нормальные усилия, вызывающие взаимное «отталкивание» на общей диафрагме многоволновых оболочек.

Обратимся, наконец, к рассмотрению второго предположения – об абсолютной жёсткости контурных диафрагм в вертикальной плоскости. Реальные диафрагмы имеют конечную жёсткость. Они прогибаются в вертикальной плоскости, что сопровождается прогибом совместно с ними работающих оболочек. Упругость диафрагм существенно сказывается на напряжённом состоянии оболочки.

В 1962 г. в Ленинграде были проведены экспериментальные исследования на моделях оболочек двойкой кривизны, в ходе которых замерялись деформации свободного края оболочки при абсолютно жёсткой и при упругоподатливой диафрагме. В первом случае контур деформировался наружу по всей длине в соответствии с безмоментной теорией. Во втором случае контур вблизи углов претерпел незначительную деформацию наружу, а в средней части прогнулся внутрь. Изменение знака деформации свидетельствует об изменении знака усилия.

Затем был проделан следующий опыт: один край оболочки закреплялся только от горизонтального смещения; в вертикальном направлении контурный элемент оставался упругоподатливым. При нагружении модели были замерены усилия, возникающие в скорлупе оболочки и направленные нормально к контуру. В полном соответствии с предыдущим экспериментом приборы в средней зоне контура показали растяжение плиты.

По данным ЦНИИСК, также производившего опыты над моделью с упругоподатливым контуром, край оболочки в средней зоне тоже деформировался внутрь – оболочка «сворачивалась». Значит, упругоподатливая диафрагма может изменить не только величину усилия вблизи контура, но даже и его знак.

Правильный учёт влияния податливости диафрагм и совместной работы оболочки с диафрагмой позволит уточнить конкретные усилия; в зависимости от степени податливости диафрагмы усилия взаимодействия двух соседних волн могут изменить знак на обратный.

#### Выводы

1. Расчёт тонких оболочек с относительно большим подъёмом при равномерно распределённой нагрузке можно выполнять по безмоментной линейной теории;

2. При расчётах необходимо учитывать условия закрепления оболочки на её контуре, т.е. условия неразрезности;

3. При расчёте отдельно стоящей оболочки по безмоментной теории делается предположение об абсолютной податливости контурных диафрагм в горизонтальном направлении по всей их длине;

4. Диафрагмы, расположенные по внутренним контурам, т.е. общие для двух соседних оболочек, можно приближённо полагать несмещающимися как в своей плоскости, так и из неё. В этом случае нормальные усилия, направленные поперёк оси диафрагмы, не обращаются в нуль. Присоединение оболочки к диафрагме предполагается жёстким;

5. Упругость диафрагм существенно сказывается на напряжённом состоянии оболочки.

#### Литература:

1. Горенштейн Б.В. Железобетонные пространственные покрытия (Методы разработки и проектирования цилиндрических оболочек,

складок и оболочек положительной кривизны). Л., СИ. Ленинградское отделение. 1976, 160 с.

2. Лукаш П.А. Расчет пологих оболочек и плит с учётом физической и геометрической нелинейности. – Сб. «Расчёт конструкций, работающих в упругопластической стадии», М., Госстройиздат, 1961.

3. Руководство по проектированию железобетонных пространственных конструкций покрытий и перекрытий/ НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1979. - 421 с.

#### CALCULATION OF FLAT SHELLS ACCORDING TO THE TORQUE-FREE THEORY

*O.R. Numanov, M.Sh. Nabizoda, A.S. Sanginov*

This article presents the calculation of separate and continuous sloping shells of positive curvature according to the momentless theory.

**Keywords.** Gentle shell, continuity, momentless theory, deformation, effort, load, linear theory, nonlinear theory, diaphragm.

#### ҲИСОБИ САДАҲОИ МУЛОИМ БО НАЗАРИЯИ БЕЛАҲЗАВӢ

*O.P. Нуманов, М.Ш. Набизода, А.С. Сангинов*

Дар мақолаи мазкур ҳисоби гумбазҳои болопӯши алоҳида ва нобуридаи қатшавиашон мусбат мувофиқи назарияи бемоментӣ оварда шудаанд.

**Калитвожаҳо.** Ҷилди моил, нобурида, назарияи бемоментӣ, шаклдигаркунӣ, қувваҳо, боргузорӣ, назарияи хатгӣ, назарияи ғайрихатгӣ, диафрагма.

#### Сведения об авторах:

Нуманов Олим Рахимович – докторант каф. «ПГС», к.т.н., доцент кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. акад. М.С.Осими. Тел. (992) 98-547-15-55,

E-mail nor5@mail.ru

Набизода Мухаммадтаиби Шариф – соискатель, ст. преп. кафедры «СД, С и ТК» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел. (+992) 907-990-300, E-mail nabizoda-90@mail.ru

Сангинов Анзор Сатторович – выпускник ТТУ в 2017 г., докторант PhD кафедры «СД, С и ТК» ТТУ им. акад. М.С.Осими, Тел. (+992) 887-786-060

## МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ

*О.Р. Нуманов, А.С. Сангинов, М.Ш. Набизода*

*Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими*

*В статье приведены материалы, применяемые для железобетонных и армоцементных пространственных конструкций покрытия.*

**Ключевые слова.** Пространственная конструкция, железобетонная оболочка, армоцемент, легкий бетон, физико-механические свойства.

На протяжении многих лет железобетонные конструкции успешно применяются как в странах СНГ, так и в дальних зарубежных странах. Одним из способов снижения материалоемкости и облегчения массы зданий и сооружений, а также уменьшения их стоимости является применение пространственных конструкций [1].

Пространственные системы воспринимают внешние воздействия среды всем комплексом своих элементов от покрытия до фундаментов, что в итоге способствует уменьшению расхода материалов на 20-45 %.

Тонкостенные пространственные конструкции в виде оболочек весьма эффективны для покрытия производственных, общественных и жилых зданий вследствие своего малого веса, экономичного расхода материалов и высоких архитектурных качеств. Экономичность этих конструкций определяется совмещением несущих и ограждающих функций, более равномерным распределением внутренних усилий и лучшим использованием прочности материала. Перекрытие больших пролётов тонкостенными пространственными конструкциями даёт возможность освободить помещение от промежуточных опор и тем самым лучше использовать площадь здания и сооружения. Кроме того, применение оболочек весьма эффективно в инженерных сооружениях, предназначенных для хранения и транспортирования жидкостей (резервуары, трубы, лотки), в понтонах, в подземных и транспортных сооружениях, в которых снижение собственного веса конструкций и увеличение их размеров (без увеличения расхода материалов) улучшает эксплуатационные качества и снижает стоимость изготовления [2].

Вначале железобетонные оболочки применялись только в уникальных сооружениях – выставочных павильонах, общественных и промышленных зданиях больших пролётов – и

изготавливались из монолитного железобетона, то в последнее время тонкостенные пространственные системы всё чаще стали применяться вместо балочных конструкций при устройстве покрытий зданий в промышленном и гражданском строительстве.

Для изготовления пространственных конструкций покрытий применяют тяжелый бетон класса В 25 и выше. При малых пролетах можно применить классы В 15 и В17,5. Повышенные классы бетона до В55-В75 целесообразно для большепролетных или тяжело нагруженных покрытий, который позволяет уменьшить размеры сечения, а тем самым и собственную массу конструкции [3].

В настоящее время предприняты попытки облегчить массу оболочки путём использования легких и облегченных бетонов, что особенно благоприятно сказывается для строительства в сейсмических районах. Для этой цели могут быть успешно применены керамзитобетон и аглопоритобетон марок В20 и В25 с объёмной массой 1800-2000 кг/м<sup>3</sup>. Толщина керамзитобетонной оболочки может быть в данном случае принята такой же, как и при использовании обычного (тяжелого) бетона, т.е. 30-40 мм. По верху оболочки укладывается пароизоляция, утеплитель и рулонный ковер.

Также можно применит толстостенных низкомарочных оболочек из керамзитобетона марок В5 – В10 с объёмной массой 900-1200 кг/м<sup>3</sup> без последующей укладки утеплителя. Толщина оболочки в этом случае должна быть подобрана теплотехническим расчётом.

Плиты оболочки могут быть уложены по диафрагмам из обычного тяжелого бетона. Суммарная масса и стоимость данной конструкции нередко оказываются ниже массы и стоимости оболочек из тяжёлого бетона благодаря экономии на укладке утеплителя.

Такая конструкция имеет, однако, серьёзный недостаток – пароизоляция по нижней поверхности оболочки ненадёжна. При возможном нарушении пароизоляции бетон оболочки начнёт впитывать влагу, что поведёт к нарушению теплоизоляционных свойств покрытия, увеличению его массы, а в дальнейшем – при промерзании покрытия – к его разрушению.



Такие конструкции могут быть допущены только в помещениях с сухим режимом.

Большой интерес представляют смешанные – сталежелезобетонные – пространственные конструкции в виде тонких железобетонных оболочек, работающих совместно со стальными диафрагмами в виде арки, фермы и др. Применение таких диафрагм особенно эффективно для покрытий больших пролётов, когда железобетонные диафрагмы (арка, балка, ферма, криволинейный брус) оказываются слишком тяжёлыми или чересчур большими по габаритам. Стальную диафрагму при необходимости можно расчленить на более мелкие блоки, укрупняемые на монтажной площадке. Очень важно при этом обеспечить совместную работу бетона и стали, в частности передачу с оболочки на диафрагму весьма значительных сдвигающих усилий.

Сдвигающие усилия с железобетонной оболочки на стальную диафрагму можно передать при помощи специальных элементов- петель, горизонтальных или вертикальных стержней, коротышей из прокатных профилей и др., привариваемых к поясу диафрагмы в зоне замоноличиваемого шва.

В качестве одного из наиболее простых и надёжных способов передачи сдвигающих усилий можно рекомендовать парные петли из арматуры периодического профиля, привариваемые к косынкам верхнего пояса диафрагмы.

Общую длину каждой арматурной петли следует принимать не менее 45 её диаметров, длину сварных швов- 5 её диаметров. При соблюдении этих указаний парная петля способна воспринимать сдвигающее усилие  $T=4FR_s$ , где  $F$  – площадь сечения одной ветви петли.

В качестве материала для оболочек, кроме железобетона нередко используется армоцемент. Первые армоцементные конструкции появились 170 лет тому назад. В 1850 г. французом Ламбо была построена лодка, изготовленная из цементно-песчаного раствора, армированного тонкой проволочной сеткой. В 1867 г. француз Монье получил патент на изготовление аналогичным способом цветочных кадок, труб, сводов и др.

В работе итальянского инженера П. Л. Нерви, выполненных в 1943-1957 гг., в ряде выдающихся пространственных сооружений, возведённых по его проектам, армоцементные конструкции получили новое развитие. Он в своих исследованиях показал, что армирование цементно-песчаного бетона большим количеством тонких проволочных сеток качественно меняет физико-механические свойства бетона. Повышаются его трещиностойкость, прочность при растяжении и плотность. Уменьшается ползучесть бетона, и материал становится более упругим.

В тоже время построенные в Италии по проектам Нерви тонкостенные конструкции покрытий зданий

больших пролётов, корпусов морских судов и других сооружений внушили доверие строителям к армоцементу и послужили толчком к интенсивному развитию теории и практики строительства армоцементных конструкций.

Конструктивные идеи, заложенные в приведённых сооружениях, получили развитие в ряде стран. Так армоцементные волнистые своды с 1951 г. разрабатывались и нашли широкое применение в гражданском и промышленном строительстве таких стран как Германии, Польши, Румынии, Чехословакии.

В странах СНГ первые армоцементные волнистые своды при строительстве жилых домов и рынков были применены в 1957-1958 гг., в Ленинграде и Москве. Всего в странах СНГ в прошлом веке построены армоцементными конструкциями, имеющими железобетонные рёбра, перекрыто около 150 тыс. м<sup>2</sup> производственных, общественных, жилых и сельскохозяйственных зданий

Армоцемент представляет собой разновидность тяжёлого железобетона и отличается от него тем, что бетон выполняется на мелком (крупностью до 5 мм) заполнителе и армируется частыми тонкими сетками, вследствие чего его нередко называют дисперсно-армированным бетоном. Иногда армоцементные конструкции изготовляют с комбинированной арматурой – частые тонкие сетки сочетают с обычными сварными сетками из арматуры диаметром 4-8 мм. Толщина армоцементных конструкций выбирается обычно в пределах 10-30 мм.

По своим физико-механическим свойствам армоцемент отличается от обычного железобетона более высокой трещиностойкостью, а при соответствующем подборе состава бетона и армирования – более высокой прочностью, плотностью и упругостью.

Армоцемент используется при возведении особенно тонкостенных оболочек, чему способствует применение мелкозернистого песчаного бетона в сочетании с тонкими ткаными сетками. Такая конструкция позволяет снизить собственную массу пространственного покрытия.

Из-за некоторых особенностей армоцемента, связанных с повышенной усадкой и ползучестью мелкозернистого бетона, с значительным содержанием в нем цемента и с несколько лучшим сопротивлением растяжению при армировании частыми тонкими сетками (малое раскрытие часто расположенных трещин), расчет армоцементных элементов следует производить с учётом Указания по проектированию армоцементных конструкций – СН- 366-67 [4] и Рекомендаций по расчёту армоцементных конструкций [5].

Мелкозернистый бетон качественно отличается от обычных бетонов отсутствием крупного

заполнителя, повышенным расходом цемента и более низким водоцементным отношением.

Для армоцементных конструкций применяют мелкозернистый тяжёлый бетон составов 1:1,5 – 1:3 проектных марок. За проектную марку мелкозернистого бетона по прочности на сжатие принимается прочность осевому сжатию ( $\text{кг/см}^2$ ) эталонного образца – куба размерами 15x15x15 см, испытанного в соответствии с ГОСТ 10180-74. По прочности на сжатие – В20, В25, В30, В35, В40, В45, В50.

Объёмная масса мелкозернистого бетона  $2300 \text{ кг/м}^3$ , а армоцемента с учётом двух слоев сеток -  $2400 \text{ кг/м}^3$ ; при большем количестве сеток объёмная масса армоцемента увеличивается на  $50 \text{ кг/м}^3$  и на каждую дополнительную сетку.

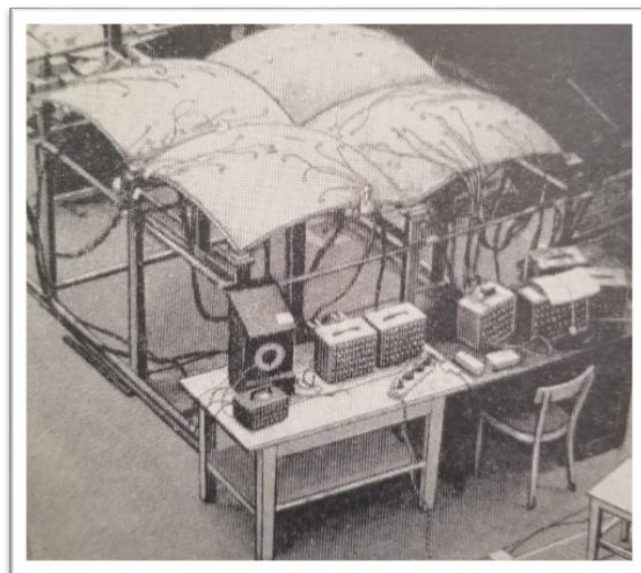
Широко применяется армоцемент при моделировании конструкций. Практика исследования оболочек на армоцементных моделях выявила достоинство мелкозернистого бетона как моделирующего материала. Основными из них является:

1. высокое качество моделей;
2. возможность исследования оболочек на упругопластической и пластической стадиях работы материала [6].

Наряду с исследованием напряжённо-деформированного состояния отдельно стоящих оболочек представляется возможным путём моделирования решать более сложные задачи, например, изучать работу системы многоволновых оболочек в покрытии при различных видах загрузки, а также неравномерной осадке основания. Такие испытания были проведены ЛенЗНИИЭП в 1968-1970 гг. Общий вид испытательной установки показан на рис. 1.

Специалистами Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими проведен испытание АСПО 3x18 м. Армоцементно – стальная панель - оболочка (АСПО) положительной гауссовой кривизны имеет пролёт  $L_1=18 \text{ м}$ , ширину  $L_2=3 \text{ м}$ , радиус кривизны  $R_1=67710 \text{ мм}$  и  $R_2=4625 \text{ мм}$ , толщину поля оболочки  $\delta=25 \text{ мм}$ .

Плита поля АСПО армируют двумя слоями тканых сеток 10/10/1/1 мм /ГОСТ 3826 – 82/ с  $f_c=0,00785 \text{ см}^2$ . Одним из основных элементов АСПО 3x18 м является ферма – диафрагма пролётом 18 м, выполненная из стали. Верхний пояс выполнен из швеллера №10, нижний пояс, а также раскосы и стойки выполнены из двух равнобоких уголков №50 – 5.



*Рис. 1. Исследование многоволновой системы покрытия из армоцементных пологих оболочек.*

АСПО 3x18 м выполнен из армоцемента при  $R_b=13 \text{ МПа}$  и модуль упругости армоцемента  $E_{армо}=2,35 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ . Масса одного АСПО составляет 5 т., расход стали 780 кг, масса одной фермы – диафрагмы 310 кг, объём бетона  $1,77 \text{ м}^3$ .

В эксперименте натурные АСПО 3x18 м моделировались в 1:5 н.в. Изготовлены 3 модели АСПО и соединены между собой (верхний пояс) при помощи сварки, поэтому в дальнейшем их будем обозначать модели неразрезной армоцементно – стальных панелей – оболочек сокращённо МН АСПО.

МН АСПО были изготовлены из армоцемента и испытаны при  $R_b=13 \text{ МПа}$  и  $E_{армо}=2,35 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ .

Основные размеры моделей следующие:  $L_1=3600 \text{ мм}$ , ширину  $L_2=600 \text{ мм}$ , радиус кривизны  $R_1=14100 \text{ мм}$  и  $R_2=925 \text{ мм}$ ,  $h_1=70 \text{ мм}$ ,  $h_2=130 \text{ мм}$ ,  $f_1=120 \text{ мм}$ ,  $f_2=50 \text{ мм}$ , толщина поля оболочки  $\delta=5 \text{ мм}$ .

Армирование поля оболочки производилось одним слоем тканной сетки 10/10/1/1 мм при  $R_s=220 \text{ МПа}$  и  $E_s=1,5 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .

Продольная диафрагма выполнена из стали. Верхний пояс выполнен из двух уголков №2-3, нижний пояс – из двух арматур кл. А - I диаметром 8 мм, раскосы и стойки – 2 d=2 мм кл. А- I. Поперечная диафрагма - железобетон с плоским каркасом выполненные из кл. В-1 d=5 мм.

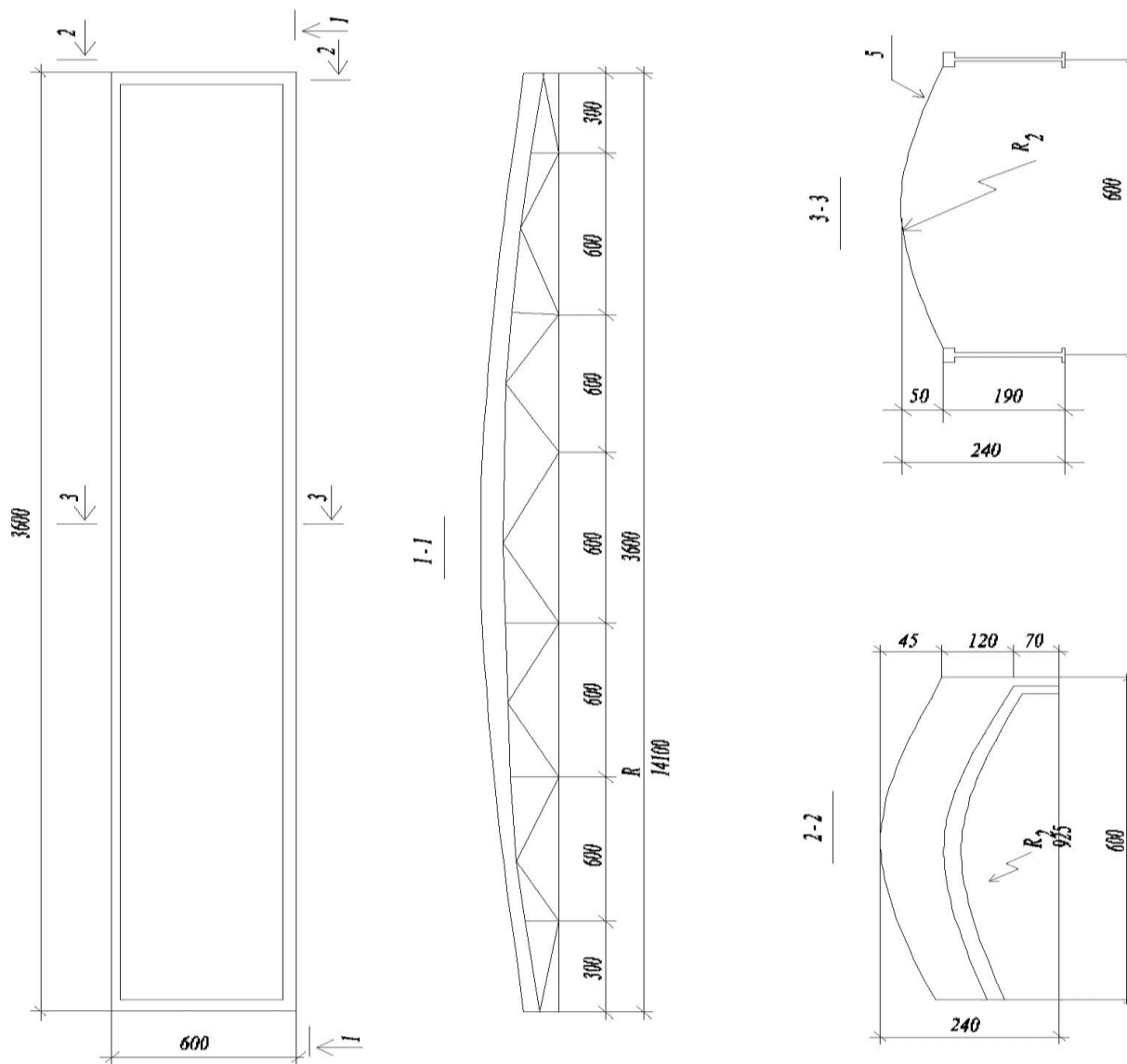


Рис. 2. Конструкция модели армоцементно – стальной панели – оболочки размерами в плане 600 x 3600 мм.

Конструкция МН АСПО показана на рис. 2. В качестве опалубки использовано дерево, с подшивкой поверхности из листового элемента. Размеры опалубки в плане 3,6 x 0,6 м.

Принцип бетонирования и уход за бетоном аналогичен принципу изготовления МРО и МНО, поэтому подробно не будем останавливаться.

Во время испытания МН АСПО опирались на кирпичные стены. Опирания моделей – шарнирно – подвижные, которые обеспечивались путём сварки опорных пластин каждой модели АСПО с пластинами, приваренным к опорному швеллеру [7].

### Выводы

1. Армоцементные конструкции легче железобетонных в среднем на 30-45%;
2. Динамика трещинообразования армоцемента характеризуется большим количеством трещин, но со значительно меньшей шириной раскрытия;
3. Использование стальных сеток для армирования даёт возможность изготавливать конструкции сложных профилей;
4. Высокую однородность и плотность армоцемента обеспечивают лучшую сопротивляемость водонепроницаемости.

### Литература:

1. Лисенко Е.Ф. Армоцементные конструкции. Учеб. Пособие для вузов. -2-е изд., перераб. и доп. - Киев: Вища школа. 1981.- 192с.
2. Гродский Е.Я, Гродек А.Б. Армоцементные конструкции для сельских зданий и сооружений. Госизд. М., 1962, 67 с.
3. Горенштейн Б.В. Железобетонные пространственные покрытия (Методы разработки и проектирования цилиндрических оболочек, складок и оболочек положительной кривизны). Л., СИ. Ленинградское отделение. 1976, 160 с.
4. Указания по проектированию армоцементных конструкций (СН- 366-67), М., 1968.
5. Рекомендаций по расчёту армоцементных конструкций. ЛенЗНИИЭП, Л., 1971.
6. Митрофанов Е.Н. Армоцемент. Л., Стройиздат. 1973, 208 с.
7. Нуманов О.Р. Исследование динамических параметров неразрезных пологих оболочек. Монография. – Душанбе: Изд. ТТУ им. акад. М.Осими, 2019. – 116 с.

### MATERIALS FOR SPATIAL COATING STRUCTURES

*O. R. Numanov, A. S. Sanginov, M. Sh, Nabizoda*

The article presents the materials used for reinforced concrete and reinforced cement spatial structures of the coating.

**Keywords.** Spatial structure, reinforced concrete shell, reinforced cement, light concrete, physical and mechanical properties.

### МАВОДҲО БАРОИ ИНШООТИ САҚҶИИ ФАЗОӢ

*О.Р. Нуманов, А.С. Сангинов, М.Ш, Набизода*

Дар мақола оид ба маводҳое, ки барои конструксияҳои болопӯши фазоии оҳанубетонӣ ва армосементӣ истифода мебаранд, оварда шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ.** Конструксияи фазоӣ, чилди оҳанубетонӣ, армосемент, бетони сабук, хусусиятҳои физикию-механикӣ.

### Сведения об авторах:

Нуманов Олим Рахимович –докторант каф. «ПГС», кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. акад. М.С.Осими. Тел.(+992) 98-547-15-55  
E-mail nor5@mail.ru

Набизода Мухаммадтаиби Шариф – соискатель, ст. преп. кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ имени акад. М.С. Осими. Тел.(992) 907-990-300, E-mail nabizoda-90@mail.ru

Сангинов Анзор Сатторович –докторант PhD кафедры “Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций” ТТУ им. акад. М.С.Осими, область научной деятельности – пространственные конструкции покрытия. Тел. (+992) 887-786-060

### РАСЧЕТ, ОСЛАБЛЕННОГО ПРОЕМАМИ ДИАФРАГМ ЖЕСТКОСТИ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

*Р. Р. Саидов*

*В статье изложены результаты численного моделирования задачи диафрагм жесткости методом сосредоточенных деформаций (МСД). Полученные результаты расчета диафрагмы жесткости с отверстиями по МСД сопоставлены с данными, полученными по методу конечных элементов (МКЭ).*

**Ключевые слова:** численное моделирование, метод сосредоточенных деформаций, диафрагма жесткости, нормальные напряжения, концентрация напряжений.

Диафрагма жесткости с проемами, подобна многоэтажной раме с ригелями и перемычками. Расчет диафрагмы жесткости, ослабленной одним

или несколькими рядами проемов, достаточно сложен. Основной задачей диафрагмы жесткости (с проемами или без проемов) является восприятие горизонтальных сейсмических сил, передающихся на них через диски перекрытий. Следовательно, задача, связанная с исследованием концентрации напряжений диафрагм жесткости ослабленные проемами от действия горизонтальной нагрузки является актуальной.

В работах [1-4] получены результаты приближенного аналитического расчета зданий с учетом работы диафрагм жесткости без учета податливости основания. Оценка точности и эффективности метода сосредоточенных

деформаций, применительно к задачам статики плоского напряженного состояния даны в работах [3,4]. Отличительная особенность метода сосредоточенных деформаций состоит в том, что позволяет учитывать податливость реальных швов в конструкциях зданий и сооружений.

**Алгоритм расчета.** Решение задачи по МСД сводится к решению системы алгебраических уравнений

$$\mathbf{KU} = \mathbf{P}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{K} = \mathbf{ACA}^T$  - матрица внешней жесткости,  $\mathbf{A}$  - матрица коэффициентов размера  $3mn \times n_s$  при разбивке пластинки на  $m \times n$  элементов,  $n_s = 3(2mn + m + n) + m_0$ ,  $m_0$  - число упругих опор, установленных в угловых зонах,  $\mathbf{A}^T$  - транспонированная матрица коэффициентов  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{C}$  - матрица внутренней жесткости,  $\mathbf{U}$  - вектор искомых перемещений,  $\mathbf{P}$  - вектор внешних сил. Следует отметить, что МСД позволяет при формировании матрицы внутренней жесткости  $\mathbf{C}$  учитывать деформации реальных швов [3]. Из решения (1) определяется вектор перемещений, а затем вычисляются векторы деформаций и внутренних усилий:

$$\mathbf{D} = -\mathbf{A}^T \mathbf{U}, \quad \mathbf{S} = \mathbf{KD}. \quad (2)$$

Алгоритм расчета по МСД сводится к следующему. Составляются системы уравнений равновесия конечных элементов МСД и формируется матрица  $\mathbf{A}$ , а затем транспонированием получаем матрицу  $\mathbf{A}^T$ . При этом предполагается, что каждый элемент диафрагмы имеет по три степени свободы. Предположив, что каждый элемент соединен с окружающими его элементами с помощью комплексных швов, на которых сосредотачиваются деформации элемента и шва, формируется матрица внутренней жесткости  $\mathbf{C}$ . Затем формируется матрица внешней жесткости  $\mathbf{K} = \mathbf{ACA}^T$ . Исходя из заданной нагрузки и собственного веса конструкции формируется вектор свободных членов  $\mathbf{P}$ . Из решения системы уравнений (1) итерационным методом Зейделя определяется вектор искомых перемещений  $\mathbf{U}$ . По формулам (2) вычисляются векторы деформаций  $\mathbf{D}$  и внутренних усилий  $\mathbf{S}$ . Элементами вектора внутренних усилий являются

нормальная сила, изгибающий момент и поперечная сила на гранях конечных элементов МСД.

На основе разработанной математической модели МСД составлена компьютерная программа и получены результаты расчета диафрагмы жесткости, соответствующие различным расчетным схемам.

**Пример.** В качестве примера рассмотрим расчет прямоугольной диафрагмы жесткости с двумя дверными проемами Дп-1 и Дп-2, под действием горизонтальной нагрузки, равномерно распределенной по вертикальной грани (рисунок 1). Здесь исследуются результаты влияния на нормальные напряжения в случаях: без отверстия, с отверстием и заполнение отверстия кирпичной кладкой. Результаты численного решения данной задачи, на основе метода сосредоточенных деформаций, сравниваются с результатами, полученными с применением расчетного комплекса LIRA. Получены результаты напряженно-деформированного состояния расчетной модели при следующих данных:

$$q = 1 \text{ тс/м}; L_x = 4,0 \text{ м}; L_y = 5,6 \text{ м};$$

$$\delta = 0,2 \text{ м}; E = 2 \cdot 10^6 \text{ МПа}; \mu = 0,3$$

В табл.1 приведены значения нормальных и касательных напряжений в зонах опорной части диафрагмы жесткости с жестко-зашемлённым основанием. Результаты, полученные по МСД на сетке  $10 \times 14$ , сравниваются с данными по МКЭ. Из таблицы видно, что наибольшее различие наблюдается по касательным напряжениям, где разница составляет от 11,6 до 20,3%. Это объясняется тем, что в МСД напряжения в пределах конечного элемента изменяются по линейному закону, а в МКЭ - имеют кусочно-постоянный характер изменения.

В табл. 2 сравниваются нормальные напряжения, соответствующие отметкам 2.0, 2,8 и 4.8 на горизонтальных линиях. Видно, что наибольшее отличие в результатах наблюдается в узлах вблизи угловых зон отверстий, где повышается уровень концентрации напряжений. Следует также заметить, что картины распределения нормальных напряжений, как по высоте, так и по ширине диафрагмы жесткости, полученные по обоим методам, практически совпадают.

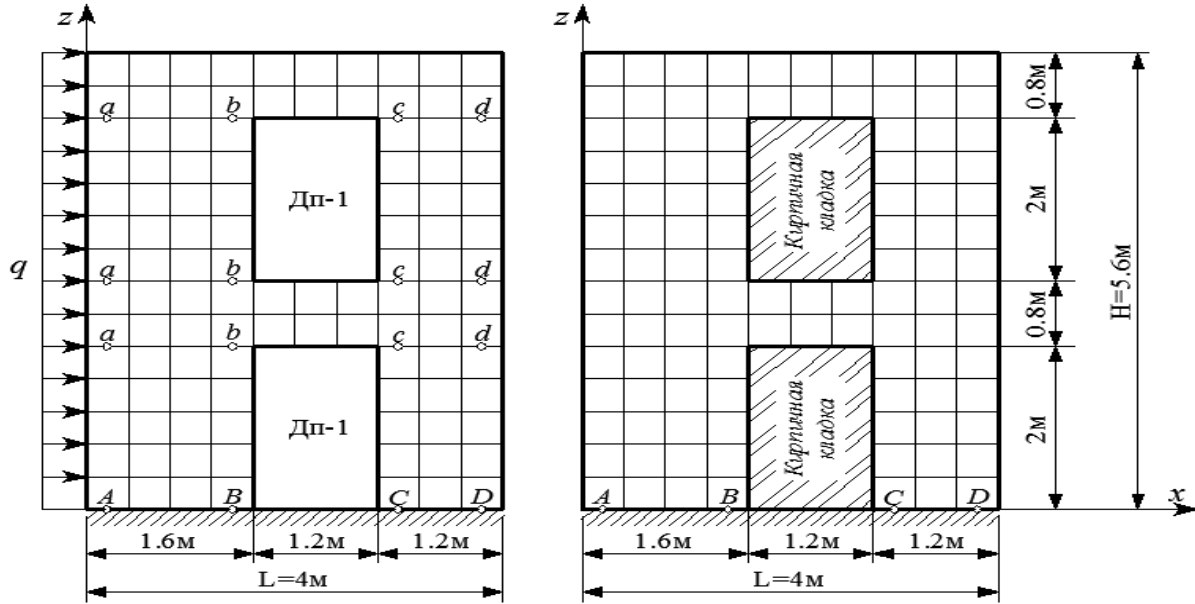


Рис 1. Дискретная модель диафрагмы жесткости с двумя дверными проёмами и заполнение отверстия кирпичной кладкой.

Таблица 1.

Сравнение результатов.

Метод	Без отверстия				С отверстием				Заполнение кирпича			
	$\sigma_{yA}$	$\sigma_{yB}$	$\tau_{xyA}$	$\tau_{xyB}$	$\sigma_{yA}$	$\sigma_{yB}$	$\tau_{xyA}$	$\tau_{xyB}$	$\sigma_{yA}$	$\sigma_{yB}$	$\tau_{xyA}$	$\tau_{xyB}$
МСД	3,59	-3,24	-1,18	-0,58	4,46	-3,51	-1,48	-0,55	4,31	-3,62	-1,38	-0,75
МКЭ	3,01	-2,77	-0,94	-0,54	4,92	-4,15	-1,28	-0,63	4,52	-3,90	-1,22	-0,74
Разница в %	16,1	14,5	20,3	6,89	9,34	14,3	13,5	12,7	4,64	7,17	11,6	1,34

В табл. 2 представлено результаты нормальных напряжений диафрагмы жесткости возле отверстия.

Таблица 2.

Нормальные напряжения вблизи отверстий.

Отметка по высоте (м)	Метод	Нормальные напряжения			
		$\sigma_{y,(a)}$	$\sigma_{y,(b)}$	$\sigma_{y,(c)}$	$\sigma_{y,(d)}$
2.0	МСД	0,465	0,621	-1,64	-2,95
	МКЭ	0,813	0,714	-1,09	-2,38
2.8	МСД	0,165	-0,469	0,99	-0,551
	МКЭ	0,505	-0,536	0,51	-0,970
4.8	МСД	-0,460	1,040	-0,827	0,231
	МКЭ	-0,294	0,659	-0,616	0,337

### Выводы

Разработанный алгоритм и компьютерная программа позволяют исследовать напряженно-деформированное состояние диафрагм жесткости

многоэтажных зданий. Предлагаемая методика расчета диафрагм жесткости может быть использована при вариантном проектировании зданий и сооружений.

### Литература:

1. Ханджи В.В. Расчет многоэтажных зданий со связевым каркасом: монография. М.: Стройиздат, 1977. - 187 с.
2. Борджес Дж.Ф., Равара А. Проектирование железобетонных конструкций для сейсмических районов. – М.: Стройиздат, 1978. – 135с.
3. Низомов Д.Н, Каландарбеков И. Метод сосредоточенных деформаций. Душанбе, "Дониш", 2015. - 436 с.
4. Саидов Р.Р. Численное решение статических задач теории упругости методом сосредоточенных деформаций. Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. №4 (40) – 2018, с. 186-193.

### ҲИСОБИ ДИАФРАГМАҶОИ МАЗБУТИ СУРОҲИҶО ЗАИФ ҚАРДА ШУДА БО МЕТОДИ ДЕФОРМАТСИЯҶОИ МУТАМАРКАЗОНИДАШУДА

*Р.Р. Саидов*

Дар мақола натиҷаҳои моделкунонии ададии масъалаи диафрагмаи мазбутии дар асоси методи мутамарказкунонии деформатсияҳо (ММД), дарч гардида аст. Натиҷаҳои ба даст овардашуда ҳисоби диафрагмаи мазбутии дорои якчанд сурохиҳо аз рӯи ММД бо натиҷаҳои методи элементи охирик (МЭО) муқоиса қарда шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** моделсозии ададӣ, методи мутамарказкунонии деформатсияҳо, диафрагмаи мазбути, шиддатҳои нормалӣ, консентратсияи шиддатҳо.

### CALCULATION OF THE PRESSURE WEAKENED BY THE OPENINGS OF THE STIFFENING DIAPHRAGMS BY THE METHOD OF CONCENTRATED DEFORMATIONS

*R. R. Saidov*

The article presents the results of numerical simulation of the problem of stiffness diaphragms by the method of concentrated deformations (MSD). The results obtained of the calculation of the stiffness diaphragm with holes according to the MSD are compared with the data obtained by the finite element method (FEM).

**Keywords:** numerical modeling, method of concentrated deformations, stiffness diaphragm, normal stresses, stress concentration.

### Сведения об авторах:

Саидов Римохидин - кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры "Промышленное и гражданское строительство" Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. Тел.: +992 93-548-55-65. E-mail: rimokhidin@mail.ru

### ИСТИФОДАБАРИИ ОБ ДАР КИШОВАРЗӢ ВА МУАЙЯН НАМУДАНИ ХАРОҶОТҶО БА ОБРАСОНИ

*Ҳ. Ҳамидҷонов<sup>1</sup>, Б.Р. Боқиев<sup>2</sup>, М.С. Наимов<sup>3</sup>, Н.М. Назиров<sup>4</sup>, С. Чалилзода<sup>5</sup>*  
<sup>1,3,4,5</sup>Институти иқтисодиёт ва таҳқиқи системавии рушди кишоварзии АИКТ  
<sup>2</sup>Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар мақолаи мазкур истифодабарии об дар кишоварзӣ таҳлил қарда шуда, роҳҳои баланд бардоштани қорҳои механикони ва методикаи омӯхтани харҷҳои ҳақиқи хизматрасонӣ, инчунин нархи оби аз сарчашмаҳо гирифташуда, дида баромада шудааст.

**Калимаҳои**

**калидӣ:**

кишоварзӣ, обтаъминкунӣ, хизматрасонӣ, нархнома, зироатҳои кишоварзӣ, нарх, сарчашма, об, истеҳсолот, шабака.

Об неъматӣ бебаҳо ва ҳаётан муҳим мебошад, ки тамоми ҳадафҳои рушди ҳазорсоларо ба ҳам мепайвандад. Имрӯзҳо дар сурати шиддат гирифтани масоили нарасидани об ва тағйир

ёфтани иқлим, ки ба захираҳои оби тоза зиёда аз 20% таъсири манфӣ мерасонад, масъалаҳои таъминоти аҳоли бо об ва рушди соҳаҳои иқтисодиёт, ки ба об вобаста мебошанд, торафт ҷиддитар мегардад.

Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ-Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон мӯҳтарам Эмомалӣ Раҳмон 20 сентябри соли 1995 декларатсияи Нукус оид ба масоили об қайд қарда буданд, ки:

«Новобаста аз он, ки чӣ гуна тадбирҳои ҳифзи табиат ва солимгардонӣ дар қисмати (ҷараёни) миёна ва поёнии роҳҳои асосии оби Осиёи Марказӣ гузаронида мешаванд, бидуни ҳалли ҷиддии масъалаҳои ободонӣ дар болооби дарёи

Амударё ва Сирдарё, алахусус дар ҷумҳурии мо, ҳалли мушкилоти аз бунбасти экологӣ баровардани минтақаи Арал, ба ақидаи мо имконнопазир аст. [1].

Дар робита ба ин, қайд кардан зарур аст, ки Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ-Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон мӯҳтарам Эмомалӣ Раҳмон вобаста ба ҳалли масоили об дар сатҳи ҷаҳон пешниҳодҳои судманд намудааст. Хусусан Даҳсолаи байналмиллалии амал «Об барои рушди устувор» барои солҳои 2018-2028, ки аз ҷониби Созмони Миллали Муттаҳид дастгири ёфтааст ҳам барои Ҷумҳурии Тоҷикистон ва ҳам барои тамоми аҳолии сайёра икдоми хеле бузург аст.

Ҳалли масъалаҳои номатлуби тағйирёбии иқлим ба рушди бахшҳои иҷтимоӣ-иқтисодӣ ва коҳиш додани сатҳи камбизоатии аҳоли ва таҳлили арзёбии сохторҳои дахлдор дар сатҳи миллӣ, мавқеи дониш ва малақаҳои миллӣ дар раванди мутобиқгардонӣ ба тағйирёбии иқлим, инчунин мавқеъ ва саҳми занон дар амалигардонии стратегия оид ба рӯзғори устувор дар шароити тағйирёбии иқлим ва муҳити зист нигаронида шудааст.

Агар истифодабарии об дар соҳаҳои иқтисодиёт назар афканем, сол то сол дар соҳаҳои кишоварзӣ, хоҷагии ҷангал, шикор ва моҳипарварӣ сарфи об зиёд шуда истодааст (Ҷадвали 1).

Таҳлили ҷадвал нишон медиҳад, ки дар соли 2018 назар ба соли 2017 1,186 маротиба об зиёд гирифта шудааст, истифодаи об барои обёрӣ бошад 1,438 маротиба зиёд мебошад. Сабаби асосии он ду се ҳосили зироатҳои кишоварзӣ ҷамъ намудани хоҷагидорон ва зиёд шудани шиликорӣ дар ноҳияҳои Ҷумҳурии мебошад. Аз тарафи дигар, бисёр обҳои ба хоҷагиҳо додашуда самаранок истифода намешаванд, чунки мошину механизмҳои мелиоративӣ ва баркароркунии шабакаҳои обёрӣ кофӣ нестанд.

Барои корҳои сохтмонӣ ва азхудкунии беҳдошти заминҳо, мошину механизмҳои мелиоративӣ васеъ истифода бурда мешаванд, чунки барои сохтмони комплексҳои мелиоративӣ бо назардошти нишондодҳои техникую иқтисодӣ механизмҳои лозима интихоб карда мешаванд. Дар вақти гузаронидани корҳои мелиоративӣ мачмӯи механизмҳо оид ба қандан, кофтан, тоза ва ҳамвор кардани шабакаҳои дохилихоҷагӣ истифода бурда мешаванд.

Мачмӯи мошинҳои мелиоративӣ аз мошину механизмҳои зерин иборат аст: булдозерҳо, экскаваторҳо, нармқунақҳо, скреперҳо, грейдерҳо Мувофиқи маълумотнома дар бораи техникаҳои идораи зертобеъи «Агентии беҳдошти замин ва обёрии назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон» ба ҳолати 01.10.2020 сол дар ҷадвали 2 оварда шудааст.

Ҷадвали 1.

Истифодабарии об дар соҳаҳои иқтисодиёт (тибқи таснифоти байналхалқии намуди фәъолияти иқтисодӣ).

Номгӯи соҳаҳои иқтисодиёт	2000	2014	2015	2016	2017	2018
Ҳамагӣ : об бо мақсадҳои гуногун истифода шудааст, млн.м.мукааб аз он ҷумла:	12609	8844	8913	8749	7988	9774
Кишоварзӣ, хоҷагии ҷангал, шикор ва моҳипарварӣ	8559	7231	7840	7094	5186	7378
аз он ҷумла: барои обёрӣ дар соҳаи кишоварзӣ	8459	6826	7264	6792	5128	7378
Саноати истихроҷ, коркард, истеҳсол ва тақсими нерӯи барқ, газ, об ва гармӣ	341	350	364	339	2084	1610
Аз он ҷумла дар соҳаи истеҳсол ва тақсими нерӯи барқ	208	230	280	257	1831	1610
Хоҷагии хонавода	299	330	386	326	576	786
Дигар намуди фәъолияти иқтисодӣ	170	430	143	355	142	-

Сарчашма: Ҳисоби муаллифон аз рӯи маълумотҳои Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон.



Чадвали 2.

Номгӯи машину механизмҳо	Солҳо					
	2010		2016		2020	
	ҳамагӣ (адад)	коршоям (адад)	ҳамагӣ (адад)	коршоям (адад)	ҳамагӣ (адад)	коршоям (адад)
Экскваторҳои якбела	267	160	223	128	142	91
Булдозерҳо	271	140	118	95	83	48
Автопогрузчикҳо	43	28	30	24	20	16
Дигар тамғаҳо:	110	104	98	92	89	34
Нақлиётҳо	600	420	480	410	426	219
Ҳамагӣ ҷамъбасти техникаҳо	1291	652	849	779	807	430

Чи тавре ки таҳлили чадвали 2 нишон медиҳад, машину механизмҳо фарсуда ва кайҳо муддати амортизатсионии худро ба итмом расониданд. Ҳаҷми корҳои иҷрошуда бо экскаваторҳо 4,86 ва булдозерҳо 10,85 скреперҳо 10,2 маротиба кам шудааст.

Меъёри ҳаҷми корҳо ба як гектар замини қорам амалишуда дар соли 1995 аз 26, 8 ва дар соли 2019 ба 5,32 м<sup>3</sup> кохиш ёфтааст.

Омилҳои зикршуда ба он оварда расонид, ки корҳои ҳамворкунӣ, тоза кардани захбуру захқашҳо, шабакаҳои обёрӣ кам шуда, миқдори оби обёрӣ аз меъёр зиёд сарф карда шуд, инчунин ҳолати мелиоративии заминҳо, шӯршавӣ,

ботлоқшавӣ ва дигар масоил зиёд шуда истодаанд.

Аммо дар шароити иқтисодӣ бозаргонӣ бо бояд низоми хароҷотҳоро дар қорхонаҳои обрасонӣ чун дифференсиалӣ бояд аввалиндарача аз минтақаҳои оббардори машин ва қорҳои таъмиру нигоҳубини шабакаҳои байниҳоҷагӣ гузаронем. Чунки нархгузори дар вақти додани оби равон дар асоси қарори Ҳадамоти зиддиинҳисории назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 10 март соли 2018 №62 муайян карда шудааст, ки он дар чадвали 3 пешниҳод гардидааст.

Чадвали 3.

Нархгузори барқ барои дастгоҳҳои обкашӣ дар солҳои 2002-2018.

№б/т	Нархи миёна дар муддати солҳо	Солҳо	Нархи қувваи барқ барои квт.с. дар ҳудуди обёрии мошинӣ(дирам)	Санаҳои қабул кардани нархнома
1.	0,093	2001-2005	1,0	Аз 0,1.04.2002 то 01.10.2005
2.	1,2	2005-2010	1,94-5,7	Аз 01.03.2005 то 01.10.2010
3.	1,55	2011-2015	5,7-7,3	Аз 01.10.2001 то 01.04. 2012
4.	2,55	2016	9,5	Аз 01.10.2016 то 30.03. 2018
5.	2,0	2018-2020	128	Аз 30.03. 2018 то ҳозир



2. Паёми Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон Эмомалӣ Раҳмон ба маҷлиси олии Ҷумҳурии Тоҷикистон

3. В.М.Черкасский: Насосы, вентиляторы и компрессоры. М. «Энергоавтомат издат», 1984, сах.

4. Методика расчёта тарифов на услуги по водоснабжению и отведению стоков для предприятий водоканализации Республики Таджикистан, - Душанбе, 2012г.сах.

5. Ҳифзи муҳити зист дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, «маҷмӯаи оморӣ» Агентии омори назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, 2019-2020.сах.

6. И.Г. Тахиров «Водные ресурсы Республики Таджикистан»-Душанбе 1998г.сах.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ НА ОРОШЕНИЕ**

*Х. Хамиджонов, Б.Р. Бокиев, М.С. Наимов, Н.М. Назиров, С. Джалилзода*

В данной статье анализируется использование воды в сельском хозяйстве и обсуждаются способы увеличения стоимости механических работ и методы изучения стоимости услуг, а также цены на воду из источников.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, водоснабжение, услуги, ценообразование, урожай, цена, источник, вода, производство, сеть.

### **WATER USE IN AGRICULTURE AND DETERMINATION OF IRRIGATION COSTS**

*Kh. Kamidonov, B.R. Bozhiev, M.S. Naimov, N.M. Nazirov, S. Kalilzoda*

This article analyzes the use of water in agriculture and discusses ways to increase the cost of mechanical work and methods to study the cost of services, as well as the price of water from sources.

**Key words:** agriculture, water supply, services, pricing, harvest, price, source, water, production, network.

#### **Маълумот дар бораи муаллифон:**

Ҳамидҷонон Ҳ. – Ходими калони илмии шӯъбаи бисёрӯқлада дар КАС, Институти иқтисодӣ ва таҳқиқи системавии рушди кишоварзии АИКТ, Тел: +992-939996740

Боқиев Б.Р. – мудири кафедраи «Обтаъминкунӣ ва обихроҷӣ» - Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, н.и.т., дотсент.

Наимов М.С. мудири шубаи Тахлили макроиқтисодии Институти иқтисодӣ ва таҳқиқи системавии рушди кишоварзии АИКТ, Тел: +992-93-50-50-400

Назирон Назирҷон – унвонҷӯи Институти иқтисодӣ ва таҳқиқи системавии рушди кишоварзии АИКТ, Тел: +992-

Ҷалилзода Сафо – ходими илмии Институти иқтисодӣ ва таҳқиқи системавии рушди кишоварзии АИКТ.

### **МОДЕЛИ МАТЕМАТИКИИ ҲАРАКАТИ МОЕЪ БО ВОСИТАИ ҚУБУРҶО**

*Т.Р. Холмуратов, К.Қ. Комронов*

*Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ*

*Дар мақола модели математикии ҳаракати моеъ бо воситаи қубури буриши кӯндалангиаш шакли доиравӣ ва эллиптикӣ дошта, дида баромада шудааст.*

*Чӣ тавре, ки маълум аст, моеъ бо воситаи қубурҷо метавонад ламинарӣ, турбулентӣ, мунтазам, номунтазам, статсионарӣ ва гайрестатсионарӣ ҳаракат кунад. Дар мақолаи мазкур ин гуна ҳаракатҳои моеъ бо воситаи қубури буриши кӯндалангиаш шакли доиравӣ ва*

*эллиптикӣ дошта, омӯхта шуда, параметрҳои кинематикии он муайян карда шудаанд.*

*Ҳаракати моеъ бо воситаи қубурҷои шаклҳои гуногуни геометрӣ дошта аз он ҷумла, шакли доиравӣ, трапетсиявӣ, секунҷавӣ, эллипсӣ ва гайраҳо омӯхта мешаванд. Дар мақола ҳаракати моеъ бо воситаи қубури буриши кӯндалангиаш шакли эллиптикӣ дошта, омӯхта шуда параметрҳои кинематикии он муайян карда шудаанд.*

Барои омӯхтани ин ҳаракатҳо формулаҳои ҳосил карда шудаанд, ки тавассути онҳо ҳаракати моеъ дар ин гуна кубурҳо муайян карда мешавад. Натиҷаҳои назаррасе, ки ба даст омадаанд, нишон медиҳанд, ки ҳаракати моеъ, дар кубури доиравӣ нисбат ба кубури эллиптикӣ беҳтар мебошад, чунки суръати ҳаракати моеъ ва миқдори ҷоришавии моеъ, зиёдтар ба назар мерасад.

Барои исботи ин истифода аз барномаи C++ мо барномаи компютериро тартиб дода хулосаҳои дар боло овардашударо натиҷабардори намудем, ки ҳаракати моеъ дар кубури доиравӣ нисбат ба кубури эллиптикӣ беҳтар мебошад.

**Калимаҳои калидӣ:** шакли доиравӣ ва эллиптикӣ, ҳаракати моеъ, буриши кундалангӣ, кубури доиравӣ, кубури эллиптикӣ.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = F_r - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \left( \frac{\partial^2 v_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_r}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} - \frac{2}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} - \frac{v_r}{r^2} \right) \\ \frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} = F_\theta - \frac{1}{\rho r} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \nu \left( \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v_\theta}{r^2} \right) \\ \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left( \frac{\partial^2 v_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) \\ \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial v_z}{\partial z} - \frac{v_r}{r} = 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

ки ин формулаи моеъи часпакӣ дар координатаи силиндри мебошад.

Фарз мекунем, ки моеъ бо воситаи кубури шакли силиндри, доиравӣ дошта, ки радиусаш ба  $r = a$  аст, ҳаракат мекунад. Ба сифати тири кубур тири OZ –и системаи координатаи силиндриро қабул мекунем. Бигзор моеъ ба кади кубур ҷорӣ шавад, ки дар ин ҷо кувваҳои беруни таъсир намекунад. Ва дар охир фарз мекунем, ки ҷараёни моеъ статсионарӣ ва дар ҳар як нукта суръати ҳаракати моеъ паралел ба тири кубур равон карда шудааст.

$$v_r = v_\theta = 0; \quad v_z = v(r, \theta, z)$$

Дар асоси ин гуна фарзкуниҳо системаи (1) намуди зеринро мегирад:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial p}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial \theta} = 0 \\ \frac{\partial p}{\partial z} = \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r} \right) \\ \frac{\partial v}{\partial z} = 0 \end{array} \right. \quad (2)$$

Ду муодилаи аввал нишон медиҳанд, ки фишор P –метавонад танҳо аз Z –вобаста бошад. Муодилаи охирин нишон медиҳад, ки V –

Ҳаракати моеъ бо воситаи бисёр кубурҳои шаклҳои гуногуни геометрӣ дошта, аз он ҷумла, дар шакли доиравӣ, трапетсиягӣ, секунҷавӣ, эллипсӣ ва ғайраҳо омӯхта мешаванд.

Мо рафти ҳаракати моеъро дар кубурҳои буриши кундалангии шакли доиравӣ ва эллиптикӣ дида мебароем.

Аввал ҳаракати ҷараёни моеъро бо воситаи кубури силиндрикии буриши кундалангиаш шакли доиравӣ ва баъдан шакли эллиптикро дида мебароем.

Барои аз нуктаи назарияи математикӣ асоснок кардани ҳаракати ламинарии моеъи часпакӣ дар координатаҳои силиндри бударо истифода мекунем, ва чунин ҳосил мекунем:

функсияи танҳо  $r$  –ва  $\theta$  аст, аммо аз баски муодилаи 3 –юми ифодаи (2) аз Z –вобаста нест, он гоҳ тарафи чап низ аз Z –вобасташуда наметавонад ва аз инҷо  $\frac{\partial p}{\partial z} = \text{const}$ , ки танҳо аз  $r$  вобаста мебошад.

Агар фишорро дар ду нуктаҳои  $M_1$  ва  $M_2$  дар тири OZ –ҷойгир кунем, ки аз ҳамдигар дар масофаи  $l$  ҷойгиранд, мувофиқан бо  $P_1$  ва  $P_2$  ишора кунем, он гоҳ доро мешавем.

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{P_1 - P_2}{l} \quad (3)$$

Ҳамин тавр функсияи  $V(r)$  муодилаи зеринро каноат мекунад.

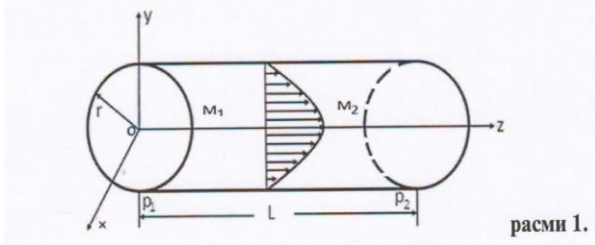
$$\frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial r} = - \frac{P_1 - P_2}{l} \quad (4)$$

Ё ин ки чунин:

$$\frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial r} = \frac{1}{\mu} \frac{\partial p}{\partial z} \quad (4^*)$$

Ё барои ин муодилаи навишташуда шарти аввалаи зерин ҷой дорад, дар вақти  $r = a$  будан  $V = 0$  мешавад.

$$r = a \text{ будан; } V = 0 \quad (5).$$



Мо акун метавонем бо осонӣ ҳалли муодилаи (4\*) ро ёбем, ки он танҳо аз  $r$  –вобаста буда, шарти (5) ро қаноат мекунад. Дар ҳақиқат, агар  $V = V(r)$  бошад, он гоҳ муодилаи (4) намуди зеринро мегирад.

$$\frac{d}{dr} \left( r \frac{dv}{dr} \right) = \frac{1}{\mu} \frac{\partial p}{\partial z} r$$

Ин муодилаи дифференсиалии тартиби 2 –ро ҳал карда, дар натиҷа ҳосил мекунем.

$$V = \frac{1}{4\mu} \frac{\partial p}{\partial z} (r^2 - a^2) \quad (6)$$

Аз ифодаи (5) қимати  $\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{P_1 - P_2}{l} = - \frac{P_1 - P_2}{l}$  –ро дар ифодаи (6) гузошта ҳосил мекунем.

$$V = - \frac{1}{4\mu} \frac{P_1 - P_2}{l} (r^2 - a^2) = \frac{1}{4\mu} \frac{P_1 - P_2}{l} (a^2 - r^2) \quad (7)$$

Ҳамин тавр суръати ҳаракати моеъ бо воситаи қубури шакли цилиндрдошта дар намуди зерин навишта мешавад

$$V = \frac{1}{4\mu} \frac{P_1 - P_2}{l} (a^2 - r^2),$$

ки дар ин ҷо  $a$  –радиуси қубур ва  $r$  –координатаи кутбӣ мебошад.

Агар  $r = 0$  бошад, пас суръати максималӣ ба ин баробар мешавад.

$$V_{max} = \frac{1}{4\mu} \frac{P_1 - P_2}{l} a^2 \quad (8)$$

Барои исботи ин истифода аз барномаи C++ мо барномаи компютери ро тартиб дода ҳулосаҳои дар ин мақола овардашударо натиҷабардори намудем, аз ин маълум гардид, ки ҳаракати моеъ дар қубури доиравӣ нисбат ба қубури эллиптикӣ беҳтар мебошад.



Суръати максималии моеъ ба тирӣ қубур равон карда мешавад, ва ҳаҷми моеъи дар воҳиди вақт бо воситаи буриши кундалангии қубур қоришаванда бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$Q = \int_0^a 2\pi r v dr = \frac{\pi a^4 P_1 - P_2}{8\mu l} \quad (9)$$

Ин ифодаро бо  $\pi a^2$  тақсим карда, суръати миёнаи қараёнро меёбем.

$$V_{\text{миёна}} = \frac{a}{\pi a^2} = \frac{a^2 P_1 - P_2}{8\mu l} = \frac{1}{2} \quad (10)$$

Дар охир кувваи соиш  $\tau_0$  ба девори кубур таъсиркунандаро муайян мекунем, барои ин формулаҳои зерин ҷой дорад.

$$\begin{cases} P_{rr} = -p + \mu \frac{\partial v_r}{\partial r} \\ P_{\theta\theta} = -p + 2\mu \left( \frac{1}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_r}{r} \right) \\ P_{zz} = -p + 2\mu \frac{\partial v_z}{\partial z} \\ P_{r\theta} = \mu \left( \frac{1}{2} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} + \frac{\partial v_\theta}{\partial r} - \frac{v_\theta}{r} \right) \\ P_{\theta z} = \mu \left( \frac{\partial v_\theta}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} \right) \\ P_{rz} = \mu \left( \frac{\partial v_r}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) \end{cases} \quad (11)$$

Барои ҳолати додашуда  $P_{rz} = \mu \left( \frac{\partial v_r}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial r} \right)$  чунин мешавад. Дар вақти  $r = a$  қиматашро ҳисоб карда аломаташро тағйир медиҳем.

$$P_{rz} = \mu \frac{\partial v}{\partial r} = - \frac{(P_1 - P_2) \cdot r}{l}$$

$P_{rz}$  кувваи ба элемент таъсиркунандаро медиҳад ва ба деворҳои кубур куввае таъсир мекунад, ки он ба деворҳои кубур муқобил раван карда шудааст ва дар натиҷа ҳосил мекунем.

$$\tau_0 = \mu \frac{(P_1 - P_2) \cdot a}{2l} = \frac{4\mu V}{a} \quad (12)$$

Дар таҷрибаҳо одатан буриши  $P_1 - P_2 = \Delta p$  муайян карда мешавад, бинобар ин муодилаи (9) ва (10) –ро нисбат ба  $\Delta p$  ҳал мекунем ва дар натиҷа формулаи пастшавии фишорро дар кубури буриши кундалангиаш шакли цилиндрий доиравидоштаро ҳосил мекунем.

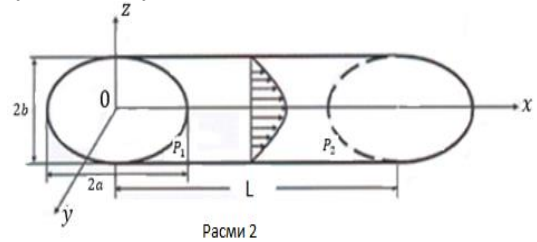
$$\begin{cases} P_1 - P_2 = \Delta p = \frac{8\mu L Q}{\pi a^4} \\ \Delta p = \frac{8\mu L V}{a^2} \end{cases} \quad (13)$$

Агар буриши кубур бо худ шакли эллипсӣ нимтирҳояш  $a$  ва  $b$  –ро ки муодилаашро дар ҳамвори  $Oxy$  дар намуди зерин нависондан мумкин аст:

$$\frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$$

Чи тавре ба мо маълум аст, ҳаракати моеъ бо воситаи кубурҳо, ламинарӣ, турбулентӣ, мунтазам, номунтазам, статсионарӣ ва ғайрестатсионарӣ шуда метавонад.

Бигзор ба мо кубури беохир дарози буриши кундалангии шакли эллипс дода шуда бошад, суръати ҳаракати ламинарии моеъро бо ин гуна кубур муайян мекунем:



Расми 2

Дар расми зерин тирҳои  $a, b$  –ро нимтирҳои эллипс меноманд. Агар дар ҳолати хусуси нимтирҳои эллипс ба ҳамдигар баробар бошанд, яъне  $a = b$  шавад, он гоҳ эллипс ба доираи радиусаш ба  $a$  –баробар табдил меёбад.

Ҳаракати ҷараёни моеъро дар дохили кубури цилиндрии буришаш эллиптикӣ дида мебароем.

Тири кубурро бо қади тири  $Ox$  раван мекунем, дар ин ҳолат суръати моеъ  $V$  –дар тамоми дохили кубур бо тири  $Ox$  –паралел раван карда мешавад. Чунин ҳолат аз компонентаҳои  $y$  ва  $z$  вобаста мебошад ва муодилаи бефосилагиро қаноат мекунад, дар ин ҳолат муодилаи Навье –Стокс намуди зеринро мегирад:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} + (\vartheta \nabla) \vartheta = - \frac{1}{\rho} \text{grad } p + \vartheta \Delta \vartheta,$$

ки дар ин ҷо  $\Delta \vartheta$  – оператори Лаплас мебошад.

Дар проэксияҳо ба тирҳои  $y$  ва  $z$  намуди зеринро мегирад:

$$\frac{\partial p}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial z} = 0.$$

Яъне фишор бо қади тири  $x$  –и кубур доимӣ аст.

Дар ин вақт компонентаҳои муодилаи Навье –Стокс намуди зеринро мегирад:

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} = \frac{1}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \quad (14)$$

Барои ёфтани ҳалли ин муодила суръати ҳаракатро дар намуди сеъзогии зерин менависем:

$$\vartheta = Ay^2 + Bz^2 + C \quad (15)$$

Аз ифодаи (15) ду маротиба дифференциал гирифта ҳосил мекунем.

$$\begin{cases} \frac{d\vartheta}{dy} = 2Ay; & \frac{d\vartheta}{dz} = 2Bz; \\ \left( \frac{d^2\vartheta}{dy^2} = 2A \right. \\ \left. \frac{d^2\vartheta}{dz^2} = 2B \right) \end{cases} \quad (16)$$

Азбаски  $\frac{dp}{dx} = const$  аст, бинобар ин  $\frac{dp}{dx}$  – ро ба намуди зерин  $\frac{\Delta p}{l}$  навиштан мумкин аст, ки дар ин чо  $\Delta P = P_2 - P_1$  фарқи фишорҳо дар ибтидо ва дар интиҳои кубур буда,  $l$  – дарозии кубур мебошад.

Қиматҳои ҳосилшудаи (16) – ро дар ифодаи (14) гузошта, чунин ҳосил мекунем:

$$A + B = \frac{\Delta p}{2\mu l} \quad (17)$$

Барои он ки суръати ҳаракати моеъ дар сатҳи дохилии кубур ба 0 баробар шавад, яъне  $Ay^2 + Bz^2 + C = 0$  бошад, бо муодилаи контурӣ кубури эллипс бояд ҳамчоя шавад. Барои ин кифоя аст, ки

$$A = -\frac{C}{a^2}; \quad B = -\frac{C}{b^2};$$

бошад.

Қиматҳои  $A$  ва  $B$  – ро дар муодилаи зерин

$$Ay^2 + Bz^2 + C = 0$$

гузошта ва натиҷаро бо  $C$  тақсим карда, ҳосил мекунем:

$$\begin{aligned} -\frac{C}{a^2}y^2 + \left(-\frac{C}{b^2}\right)z^2 + C &= 0 \\ -\frac{y^2}{a^2} - \frac{z^2}{b^2} + 1 &= 0 \end{aligned}$$

Аз ин чо муодилаи эллипсро ҳосил мекунем:

$$\frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$$

Қиматҳои  $A$  ва  $B$  – ро дар ифодаи (17) гузошта, ҳосил мекунем:

$$C\left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2}\right) = \frac{\Delta p}{2\mu l}$$

Аз ин чо  $C$  – ро меёбем:

$$C = \frac{\Delta p}{2\mu l} \frac{a^2 b^2}{b^2 + a^2}$$

Қиматҳои ҳосилшудаи  $A$ ,  $B$  ва  $C$  – ро дар ифодаи (14) яъне

$$\vartheta = Ay^2 + Bz^2 + C$$

гузошта

$$\vartheta = -\frac{C}{a^2}y^2 + \left(-\frac{C}{b^2}\right)z^2 + \frac{\Delta p}{2\mu l} \frac{a^2 b^2}{b^2 + a^2}$$

дар натиҷа ҳосил мекунем:

$$\vartheta = \frac{\Delta p}{2\mu l} \frac{a^2 b^2}{b^2 + a^2} \left(1 - \frac{y^2}{a^2} - \frac{z^2}{b^2}\right) \quad (18),$$

ки ин формулаи суръати ҳаракати моеъ бо кубури эллиптикӣ мебошад, дар ин чо  $\vartheta$  – суръати моеъ,  $\Delta p$  – фарқи фишорҳо,  $a$  ва  $b$  – нимтирҳои кубур ва  $y, z$  – тирҳои координатӣ мебошанд.

Дар ҳолати нимтирҳои эллипс  $a = b = r$ , будан, кубури эллиптикӣ ба кубури доиравӣ табдил меёбад

$$\vartheta = \frac{\Delta p}{2\mu l} \frac{r^2 r^2}{r^2 + r^2} \left(-\frac{y^2}{r^2} - \frac{z^2}{r^2} + 1\right)$$

ва дар натиҷа чунин ҳосил мекунем:

$$\vartheta = \frac{\Delta p}{2\mu l} \frac{r^2}{2} \left(\frac{y^2 - z^2}{r^2} + 1\right) \quad (19)$$

Формулаи мазкур суръати ҳаракати моеъро бо воситаи кубури доиравӣ ифода мекунад.

Акнун аз ифодаи (18) истифода бурда, аввал суръати ҳаракати максималии моеъро бо воситаи кубури эллиптикӣ ва миқдори моеъи бо воситаи кубури эллиптикӣ дар воҳиди вақт чоришавандаро меёбем.

Дар ифодаи (18)  $y$  ва  $z$  – ро баробари 0 гирифта, ҳосил мекунем:

$$\vartheta = \left(\frac{\Delta p}{2\mu l} \frac{a^2 b^2}{b^2 + a^2}\right) 1 = \vartheta_{max}$$

Дар ҳолати  $b = a$  будан ,

$$\vartheta = \frac{\Delta p}{2\mu l} \frac{a^4}{2a^2} = \vartheta_{max}$$

$$\vartheta = \frac{\Delta p a^2}{4\mu l} = \vartheta_{max}$$

муодилаи суръати максималии моеъ бо кубури эллиптикӣ ба ин баробар мешавад:

$$\vartheta_{max} = \frac{\Delta p a^2}{4\mu l} \quad (20)$$

Form1

P1 = 1250  
 P2 = 940  
 MY = 0.0003  
 L = 2400  
 a = 0.5

**Натица**

Vmax = 13.95



ки ин муодилаи суръати максималии ҳаракати моеъ бо воситаи қубури эллиптикӣ мебошад. Ҳаракати моеъ бо воситаи қубури буриши кўндадангиаш шакли доиравӣ ва эллиптикӣ дошта, дида баромада шудааст.

#### Хулоса

Дар мақола модели математикии ҳаракати моеъ бо воситаи қубури буриши кўндадангиаш шакли доиравӣ ва эллиптикӣ дошта, дида баромада шудааст.

Барои омўхтани ин ҳаракатҳо формулаҳои ҳосил карда шудаанд, ки тавассути онҳо ҳаракати моеъ дар ин гуна қубурҳо муайян карда мешавад. Натиҷаҳои назаррасе, ки ба даст омадаанд, нишон медиҳанд, ки ҳаракати моеъ, дар қубури доиравӣ нисбат ба қубури эллиптикӣ беҳтар мебошад, чунки суръати ҳаракати моеъ ва микдори чоришавии моеъ, зиёдтар ба назар мерасад.

Барои исботи ин истифода аз барномаи C++ мо барномаи компютери тартиб дода хулосаҳои дар боло овардашударо натиҷабардори намудем, ки ҳаракати моеъ дар қубури доиравӣ нисбат ба қубури эллиптикӣ беҳтар мебошад.

#### Адабиётҳо

1. Л. Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа.-М.: Наука, 1978, 840 с.
2. Г. В. Железняков. Гидравлика и гидрология.-М.: Транспорт, 1989, 376с
3. Н.Е. Розе. Теоретическая гидромеханика.-М.:Част I.Наука,1963, 583 с.
4. Л. И.Седов. Механика сплошной среды.-М.: Том. II. Наука,1970, 492 с.

#### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ ПО ТРУБАМ

*Т.Р. Холмуратов, К.Қ. Комронов*

В статье рассматривается математическая модель движения жидкости в трубах, поперечное сечение которых имеют форму круга или эллипса.

Как известно, жидкость по трубам может двигаться ламинарно, турбулентно, непрерывно, неравномерно, стационарно и нестационарно. В этой статье рассматривается движение жидкости в цилиндрических трубах, поперечное сечение которых имеют форму круга или эллипса и определяются ее кинематические параметры.

Движение жидкости по трубопроводам, имеющим форму круга, трапеции, треугольника, эллипса и других, изучается. В статье изучено



движение жидкости по трубопроводу, имеющего поперечное сечение эллиптической формы, определены его кинематические параметры.

Для определения этих движений были выведены определенные формулы, по которым определяется движение жидкости в таких трубах. Полученные результаты показывают, что лучше выбрать круглую трубу для движения жидкости, чем эллиптическую, потому что скорость движения жидкости и количество потока жидкости в круглой трубе является значительным.

**Ключевые слова:** круглые и эллиптические формы, движение жидкости, поперечное сечение, круглая труба, эллиптический трубопровод.

### **MATHEMATICAL MODEL OF LIQUID MOVEMENT ON PIPES**

*T.R. Kholmuratov, K. Komronov*

In this article it is considered a mathematical model of fluid motion in pipes whose cross section is in the form of a circle or ellipse.

It is known that fluid through pipes can move laminafly, turbulently, continuously, non-uniformly, stationary and non-stationary. In this article, we

consider the motion of a liquid in cylindrical pipes, the cross-section of which has the shape of a circle or ellipse, and determine its kinematic parameters.

The movement of the liquid in such pipes is determined according to certain formulas which were derived for determining these movement. The results show that it is better to choose a circular tube for fluid movement than an elliptical one, because the velocity of fluid movement and the amount of fluid flow in a circular tube is significant.

**Keywords:** round and elliptical shapes, fluid motion, cross-section, round pipe, elliptical pipeline.

### **Сведения об авторах:**

Холмуратов Туробкул Рахимович – к.т.н., и.о. доцента кафедры “Теплогазоснабжение и вентиляция”, Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими. Тел: (+992) 918-26-81-26. E-mail: turob-2016@mail.ru

Комронов Комрон Курбонмадович – магистр кафедры «Вычислительная математика и механика», Таджикский национальный университет. Тел: (+992) 501262761 E-mail: k.komronov04@gmail.com

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В научно-теоретическом журнале Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования Таджикского технического университета («Паёми политехникб. Баҳши Таҳқиқоти муҳандисб») публикуются научные сообщения по следующим направлениям: энергетика, металлургия и материаловедение, химическая технология, транспорт, строительство и архитектура.

1. Статья, представленная в редколлегию, должна иметь экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати от учреждения, в котором выполнена данная работа, а также рецензию специалиста в данной области науки.

2. Редколлегия принимает статьи, подготовленные в системе Word, тщательно отредактированные и распечатанные в 2-х экземплярах через 1,5 интервала (размер шрифта кегль 14 Times New Roman), на белой бумаге формата А4 (297x210 мм), поля: левое - 30 мм; правое – 20 мм; верхнее – 30 мм; нижнее – 25 мм). Одновременно текст статьи представляется в электронном виде или присылается по электронной почте: [nisttul@mail.ru](mailto:nisttul@mail.ru)

3. Размер статьи не должен превышать 10 страниц компьютерного текста включая текст, иллюстрации (графики, рисунки, диаграммы, фотографии) (не более 4), список литературы (не более 15), тексты резюме на таджикском, русском и английском языках (не более 100 слов). Каждый рисунок должен иметь номер и подпись. Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь номер и заголовок. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках не допускается. В тексте необходимо дать ссылки на все приводимые таблицы, рисунки и фотографии. В цифровом тексте десятичные знаки выделяются точкой.

4. В правом углу статьи указывается научный раздел, в котором следует поместить статью. Далее в центре следующей строки - инициалы и фамилия автора, ниже – полное название статьи (шрифт жирный, буквы прописные), краткая (5-7 строк) аннотация (курсив), ключевые слова. Сразу после текста статьи приводится список использованной литературы и указывается название учреждения, в котором выполнялось данное исследование. Затем приводится аннотация на таджикском (редактор Times New Roman Tj), русском и английском языках.

5. Формулы, символы и буквенные обозначения величин должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Equation или Math Type (шрифт 12). Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

6. Статья завершается сведениями об авторах: ф.и.о. (полностью), ученая степень, ученое звание, место работы (полностью), должность, контактная информация.

7. Цитируемая литература приводится под заголовком «Литература» в конце статьи. Все ссылки даются на языке оригинала и нумеруются. Цитируемая литература должна иметь сквозную нумерацию в порядке упоминания работ в тексте. Ссылки на литературу в тексте должны быть заключены в квадратные скобки. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

8. Электронная версия опубликованной статьи размещается в сайте ТТУ им.ак.М.С.Осими и в системе Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

9. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

10. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

# POLYTECHNIC BULLETIN

4(52)

2020

SERIES: ENGINEERING STUDIES

Published since  
January 2008

SCIENTIFIC - TECHNICAL JOURNAL

ISSN 2520-2227

**Founder and publisher:**

**Tajik Technical University named  
after academician M. Osimi (TTU  
named after acad.M.Osimi)**

Scientific directions of periodical  
edition:

- 005.14.00 Energy
- 005.16.00 Metallurgy and  
Materials
- 005.17.00 Chemical technology
- 005.22.00 Transport
- 05.23.00 Construction and  
Architecture

The certificate of registration of  
organizations that have the right to print  
in the Ministry of Culture under number  
0261 / JR from January 18, 2017.

Frequency of edition - quarterly.  
Subscription index in the catalogue  
"Tajik Post"-77762

Договор с Научно-электронной  
Journal included in the Russian  
scientific citation index

[https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=62828](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=62828)

Договор -08/09-1 о включении жура в  
Российский индекс  
научноцитирования

A full-text version of the journal is  
located at the site <http://vp-es.ttu.tj/>

**Editorial address:**

734042, Dushanbe,  
10A, acad. Rajabovs ave.  
Tel .: (+992 37) 227-01-59  
Fax: (+992 37) 221-71-35

**E-mail:** nisttu1@mail.ru

**EDITORIAL TEAM:**

**K.K. DAVLATZODA**

Doctor of economics, professor, Chief Editor

**M.A. ABDULLOEV**

Candidate of technical sciences, associate professor, Deputy Chief Editor

**A.J. RAKHMONOZODA**

Candidate of technical sciences, associate professor, Deputy Chief Editor

**K.Kh. GULYAMOV**

Candidate of technical sciences, Chief secretary

**A.I. SIDOROV**

Doctor of technical sciences, professor (Russian Federation)

**A.G. FISHOV**

Doctor of technical sciences, professor (Russian Federation)

**L.S. KASOBOV**

Candidate of technical sciences, Associate Professor

**A.K. KIRGIZOV**

Candidate of technical sciences, Associate Professor

**I.N. GANIEV**

Academician of AS RT, Doctor of Chemistry, professor

**H.O. ODINAZODA**

Corresponding member of Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Doctor of  
Technical Sciences

**T.J. JURAEV**

Doctor of technical sciences, professor

**M.M. KHAQDOD**

Corr. member of AS RT, Doctor of technical sciences, professor

**A.B. BADALOV**

Corresponding member of Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Doctor of  
Chemistry, professor

**A.S. Fokhakov**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**V.V. SILYANOV**

Doctor of technical sciences, professor (Russian Federation)

**R.A. DAVLATSHOEV**

Candidate of technical sciences, Associate professor

**M.YU. YUNUSOV**

Candidate of technical sciences, Associate Professor

**R. SALOMZODA**

candidate of technical sciences, associate professor

**D.N. NIZOMOV**

Corr. member of AS RT, Doctor of technical sciences, professor

**I. KALANDARBEKOV**

Doctor of Technical Sciences, Acting, Professor

**A.G. GIYASOV**

Doctor of technical sciences, professor

**N.N. KHASANOV**

Doctor of Architecture, Professor

**R.S. MUKIMOV**

Doctor of Architecture, Professor

**D.Kh. SAIDOV**

Doctor of Technical Sciences, Professor

**A.A. KHODZHIBOEV**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**A.R. RUZIEV**

candidate of technical sciences, associate professor

*Журнал с 30 мая 2018 года включен в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК при РТ.*

Мухаррири матни англисӣ:	Г.Р. Камолова
Мухаррири матни русӣ:	З.Т. Сафарова
Мухаррири матни тоҷикӣ:	Ф.М. Юнусов
Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:	С.Р. Ниёзӣ
Редактор русского текста:	З.Т. Сафарова
Редактор таджикского текста:	Ф.М. Юнусов
Компьютерный дизайн и верстка:	С.Р. Ниёзи

Нишонӣ: ш. Душанбе, хиёбони акад. Рачабовҳо, 10<sup>А</sup>

Адрес: г. Душанбе, проспект акад. Раджабовых, 10<sup>А</sup>

Ба матбаа 08.12.2020 супорида шуд. Ба чоп .11.12. 2020 имзо шуд.

Чопи офсетӣ. Қоғози офсет. Андозаи 60x84 1/8

Адади нашр 200 нусха.

Матбааи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

ш. Душанбе, кӯчаи акад. Рачабовҳо, 10<sup>А</sup>