

ISSN 2520-2227

ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ

Бахши Таҳқиқотҳои муҳандисӣ

4 (60) 2022



ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Серия: Инженерные исследования

POLYTECHNIC BULLETIN
Series: Engineering studies

ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ БАХШИ ТАҲҚИҚОТҲОИ МУҲАНДИСӢ

ISSN
2520-2227

4(60)
2022



МАҶАЛЛАИ ИЛМӢ – ТЕХНИКӢ

<http://vp-es.ttu.tj/> E-mail: vestnik_politech@ttu.tj

Published since January 2008

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

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

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

Муассис ва ношир	Учредитель и издатель	Founder and publisher
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
Ҳар семоҳа нашр мешавад	Издається ежеквартально	Published quarterly
Маҷалла дар шохиси иқтисодоварии Россия қайд гардидаст	Журнал включен в РИНЦ	The journal is included in the Russian Science Citation Index

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

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

POLYTECHNIC BULLETIN
SERIES: ENGINEERING STUDIES

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ		РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ	
САРМУҲАРРИР		ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР	
Қ.Қ. ДАВЛАТЗОДА доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор		К.К. ДАВЛАТЗОДА д.э.н., профессор	
Р.Т. АБДУЛЛОЗОДА н.и.т., дотсент, муовини сармуҳаррир		Р.Т. АБДУЛЛОЗОДА к.т.н., доцент, зам. главного редактора	
Ш.А. БОЗОРОВ н.и.т., дотсент, муовини сармуҳаррир		Ш.А. БОЗОРОВ к.т.н., доцент, зам. главного редактора	
М.М. КАЮМОВ саркотиб		М. М. КАЮМОВ главный секретарь	
АЪЗОЁН		ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ	
А.И. СИДОРОВ д.и.т., профессор (Федератсияи Россия)		А.И. СИДОРОВ д.т.н., профессор (Российская Федерация)	
А.Г. ФИШОВ д.и.т., профессор (Федератсияи Россия)		А.Г. ФИШОВ д.т.н., профессор (Российская Федерация)	
Л.С. КАСОБОВ н.и.т., дотсент		Л.С. КАСОБОВ к.т.н., доцент	
А.К.КИРГИЗОВ н.и.т., и.в. дотсент		А.К.КИРГИЗОВ к.т.н., и.о. доцента	
И.Н. ГАНИЕВ академики АМИТ, д.и.х., профессор		И.Н. ГАНИЕВ академик АН РТ, д.х.н. профессор	
Х.О. ОДИНАЗОДА узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор		Х.О. ОДИНАЗОДА член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор	
Т.Қ. ҚУРАЕВ д.и.т., профессор		Т.Дж. ДЖУРАЕВ д.т.н., профессор	
М.М. ҲАҚДОД узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор		М.М. ҲАҚДОД член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор	
А.Б. БАДАЛОВ узви вобастаи АМИТ, д.и.х., профессор		А.Б. БАДАЛОВ член-корр. АН РТ, д.х.н., профессор	
А.С. ФОҲАКОВ д.и.т., дотсент		А.С.ФОҲАКОВ д.т.н., доцент	
В.В.СИЛЯНОВ д.и.т., профессор (Федерацияи Россия)		В.В.СИЛЬЯНОВ д.т.н., профессор (Российская Федерация)	
Р.А. ДАВЛАТШОЕВ н.и.т., дотсент		Р.А. ДАВЛАТШОЕВ к.т.н., доцент	
М.Ю. ЮНУСОВ н.и.т., и.в. дотсент		М.Ю. ЮНУСОВ к.т.н., и.о. доцента	
Р.САЛОМЗОДА н.и.т., дотсент		Р.САЛОМЗОДА к.т.н., доцент	
Д.Н. НИЗОМОВ узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор		Д.Н. НИЗОМОВ член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор	
И. КАЛАНДАРБЕКОВ д.и.т., и.в. професс		И.КАЛАНДАРБЕКОВ д.т.н., и.о. профессора	
А. Г. ГИЯСОВ д.и.т., профессор (Федератсияи Россия)		А. Г. ГИЯСОВ д.т.н., профессор (Российская Федерация)	
Н.Н. ҲАСАНОВ доктори меъморӣ, и.в. профессор		Н.Н. ХАСАНОВ доктор архитектуры, и.о. профессора	
Р.С. МУҚИМОВ доктори меъморӣ, профессор		Р.С. МУКИМОВ доктор архитектуры, профессор	
Ҷ.Ҳ. САИДЗОДА доктори илмҳои техникаӣ, профессор		Дж.Х. САИДЗОДА д.т.н., профессор	

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

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

МУНДАРИҶА – ОГЛАВЛЕНИЕ

ЭНЕРГЕТИКА - ENERGY	5
<u>МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ УЗЛА НУРЕКСКОЙ ГЭС.....</u>	<u>5</u>
¹ Мирзозода Б.М., ² Холмухаммадзода С.А., ¹ Махмадджонов Ф.Д., ¹ Расулов А.М.	5
<u>ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ГИДРОУЗЛОВ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН</u>	<u>11</u>
Давлатшоев Д.Д., Бобозода Ш.А.	11
<u>ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН</u>	<u>15</u>
Саидзода Х.С., Исмоилов Ф.О.	15
<u>КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВОЛЮЦИОННОГО АЛГОРИТМА</u>	<u>24</u>
Махмадджонов Ф.Д.	24
<u>ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГИДРОГЕНЕРАТОРА МАЛЫХ ГЭС ПУТЕМ КОНТРОЛЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ</u>	<u>30</u>
Гуламов Ш.Р., Гуломзода К.Х., Диёрзода Р.Х., Сафаров М.И.	30
<u>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ВЫБОР СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН</u>	<u>37</u>
Хабибов А.Х., Юлдашев З.Ш.	37
<u>ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПОНЕНТА АЧР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....</u>	<u>44</u>
Мирзозода Б.М., Ибрагимов Б.Ф.	44
<u>АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДОХРАНИЛИЩ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ РАБОТАЮЩИХ В КАСКАДЕ</u>	<u>52</u>
Раджабов М.Ш., Усмонов Х.И., Султонов Ш.М., Косимов У.У.	52
МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАВОДШИНОСӢ - МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ - METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE.....	60
<u>БАЗАЛТЫ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ СИНТЕТИЧЕСКИЕ СПЛАВЫ</u>	<u>60</u>
Насриддинов З.З.	60
<u>РАСЧЁТ ВЗАИМНОЙ РАСТВОРИМОСТИ КОМПОНЕНТОВ В ЖИДКОМ И ТВЕРДОМ СОСТОЯНИЯХ В СИСТЕМАХ СЕРЕБРА С НЕКОТОРЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ (Sn, Ge, Pb, Si, Yb, Ca, Eu, Sr, Ba u Ra).....</u>	<u>65</u>
Нимонов Р.А.	65
<u>МУВОЗИНАТҲОИ ФАЗАГИИ СИСТЕМАИ ПАНЪКОМПОНЕНТАИ</u>	<u>68</u>
<u>K, Mg,Ca//SO₄,CO₃-H₂O ДАР ҲАРОРАТИ 0° С</u>	<u>68</u>
Умаралии С., Усмонов М.Б.	68
ТЕХНОЛОГИЯИ КИМИЁӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY	76
<u>РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ ДО ЭВТЕКТИЧЕСКИХ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ СИСТЕМЫ Al-Si-Me..</u>	<u>76</u>
Миров И.О. ¹ , Содатдинов Ш.С. ² , Акрамов М.Б. ²	76
НАҚЛИЁТ - ТРАНСПОРТ - TRANSPORT	81
<u>ИСТИФОДАИ УСУЛҲОИ МУАЙЯНКУНАНДАИ ТАЛАБОТ БА ХИЗМАТҲОИ НАҚЛИЁТӢ ВА БАҲОДИҲИИ ИН УСУЛҲО ДАР СИСТЕМАИ НАҚЛИЁТИИ ЭРОН</u>	<u>81</u>
¹ Ризой Н.М., ² Юнусов Ф.М.	81
<u>ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В КУЛЯБСКОЙ ЗОНЕ ХАТЛОНСКОЙ ОБЛАСТИ.....</u>	<u>91</u>
Джалолзода Д.С.	91

<u>ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СХЕМА ДВИЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В БОХТАРСКОЙ ЗОНЕ ПО МАРШРУТУ ПГТ ВАХШ, РАЙОН ВАХШ (ТОЧКА А)-ТЕРМИНАЛ ООО «НУРАФКАН» ГОРОД БОХТАР (ТОЧКА Б)</u>	<u>96</u>
Фохаков А.С., Джалолзода Д.С.	96
<u>ОЦЕНКА ТЕПЛОАГРУЖЕННОСТИ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОМОБИЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ ТОРМОЖЕНИЯ</u>	<u>102</u>
Мажитов Б.Ж.	102
<u>ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ АВТОТРАНСПОРТА ГОРОДА ДУШАНБЕ</u>	<u>108</u>
Юнусов М.Ю., Абдулло М., Мажитов Б.Ж., Сахибов Н.Б.	108
<u>СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE.....</u>	<u>112</u>
<u>РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СТАТИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ И ИХ ОЦЕНКИ ПРИ ПРОХОДКЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ</u>	<u>112</u>
Хасанов Н.М ¹ , Холов Ф.А ² , Алимардонов А.М ¹ , Хасанов М.Н ²	112
<u>ВНЕДРЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В БЕЛАРУСИ: ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....</u>	<u>120</u>
Евстратенко А.В.	120
<u>ХИМИЧЕСКИЕ ДОБАВКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ СОСТАВА БЕТОНА НАПОЛНЕННЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ.....</u>	<u>126</u>
Акрамов А.А.	126
<u>ОСНОВНЫЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО ЛАНДШАФТА ТАДЖИКИСТАНА.....</u>	<u>131</u>
Рахматуллаева Н.И.	131
<u>МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЛЕГЧЕННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ С КОМБИНИРОВАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ (ОПКА) ПО ПРОЧНОСТИ, ЖЕСТКОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ</u>	<u>136</u>
Шарифов А.Х.	136
<u>ИСТИФОДАБАРИИ БОСАМАРИ ИҚТИСОДИИ МАСОЛЕҲҲОИ АРБОЛИТӢ АЗ ТАРКИБҲОИ РАСТАНИЮ ЧАСПАНДА (ТРЧ) ДАР АСОСИ ҒУЗАПОЯИ ПАХТА</u>	<u>143</u>
Чуракулов М.Р., Саидов Х.Ҳ., Муродализода Х.М.	143
<u>ОПРЕДЕЛЕНИЕ И АНАЛИЗ РАСЧЕТНОГО ЗНАЧЕНИЯ СВЯЗЕЙ (КЭ56) МЕЖДУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ НЕСУЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ КАРКАСА С КАМЕННЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ.</u>	<u>148</u>
Акрамов А. А.	148
<u>САМАРАНОКИИ СИСТЕМАҲОИ ТАЪМИНОТИ ГАРМӢ БО ҶОӢ НАМУДАНИ НУҚТАҲОИ АВТОМАТИИ ИНДИВИДУАЛИИ ГАРМИДИҲӢ ДАР ШАҲРИ ДУШАНБЕ</u>	<u>153</u>
Холмуратов Т.Р.	153
<u>МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АСФАЛТОВЯЖУЩИЙ МАТЕРИАЛ С ДОБАВКАМИ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА</u>	<u>157</u>
Р.Х. Сайрахмонов, Н.С. Арабзода, С.С. Умаров, Т. Асад	157
<u>ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ НА МИКРОКЛИМАТ</u>	<u>164</u>
Нигматов И.И., *Усмонов Ш.З., Джимолов Ф.Д.	164
<u>МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ БАЛОК</u>	<u>168</u>
Д.Н. Низомов, И.И. Каландарбеков, И.К. Каландарбеков.....	168
<u>НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ НА СВОЙСТВА БИТУМА ДЛЯ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА.....</u>	<u>173</u>
Р.Х. Сайрахмонов.....	173

ЭНЕРГЕТИКА - ENERGY**МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ УЗЛА
НУРЕКСКОЙ ГЭС****¹Мирзозода Б.М., ²Холмухаммадзода С.А., ¹Махмадджонов Ф.Д., ¹Расулов А.М.**¹Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими²Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан

В статье выполнено моделирование и анализ переходных режимов узла Нурекской ГЭС. Была поставлена задача по определению поведения системы при однофазном коротком замыкании на высоковольтной линии электропередачи Нурек-Регар с успешным действием устройства однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ) между Южной и Центральной частями энергосистемы Республики Таджикистан. Исследовано успешное ОАПВ, под действием которой устойчивость Нурекского узла не нарушается и асинхронный режим гидрогенераторов Нурекской гидроэлектростанции не наблюдается. Особое внимание при моделировании уделено линии связи Нурек-Регар напряжением 500 кВ, так как в настоящее время надежная работа всей энергосистемы зависит от этой связи. Расчет и анализ выполнено для летнего максимального режима с использованием реально установленных параметров защиты и автоматики в программном вычислительном комплексе PSCAD.

Ключевые слова: режим, энергосистема, устойчивость, моделирование, гидроэлектростанция, программный комплекс.

MODELING AND ANALYSIS OF TRANSIENT MODES OF THE NUREK HPP UNIT**Mirzozoda B.M., Kholmukhamadzoda S.A., Makhmadjonov F.D., Rasulov A.M.**

In the article, modeling and analysis of transitional modes of the node of the Nurek HPP is carried out. The task was set to determine the behavior of the system in case of a single-phase short circuit on the Nurek-Regar high-voltage power line with the successful operation of a single-phase automatic reclosing device (SAR) between the South and Central parts of the power system of the Republic of Tajikistan. A successful ARW was studied, under the influence of which the stability of the Nurek node is not violated and the asynchronous mode of the hydrogenerators of the Nurek hydroelectric power plant is not observed. Particular attention in the simulation is given to the 500 kV Nurek-Regar communication line, since at present the reliable operation of the entire power system depends on this connection. The calculation and analysis were performed for the summer maximum mode using the actually set protection and automation parameters in the PSCAD software computer system.

Key words: mode, energy system, stability, modeling, hydroelectric power station, software package.

МОДЕЛКУНИ ВА ТАҲЛИЛИ РЕЖИМҲОИ ГУЗАРАНДАИ АГРЕГАТИ ГЭС-И НОРАК**Мирзозода Б.М., Холмухаммадзода С.А., Махмадджонов Ф.Д., Расулов А.М.**

Дар мақола моделсозӣ ва таҳлили режимҳои гузариши ғиреҳи НБО-и Норақ гузаронида шудааст. Вазифа гузошта шуда буд, ки рафтори система дар сурати расиши қутоҳи якфаза дар ҳатти баландшиддати электрикии Норақ—Регар бо кори бомуваффақияти дастгоҳи автоматики якфаза (САР) байни Ҷануб ва Марказӣ муайян карда шавад. Қисмҳои системаи энергетикӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон. АРВ бомуваффақият омӯхта шуд, ки дар зери таъсири он устувории узелҳои Норақ вайрон карда намешавад ва режими асинхронии гидрогенераторҳои ГЭС-и Норақ риоя карда намешавад. Дар симулясия ба ҳати алоқан 500 кВ Норақ — Регар диққати махсус дода мешавад, зеро дар айни замон кори бозғаймӣ тамоми системаи энергетикӣ ба ин пайвасти вобаста аст. Ҳисоб ва таҳлил барои речаи максималии тобистона бо истифода аз параметрҳои воқеан муқарраршудаи ҳифз ва автоматизатсия дар системаи компютери нармафзори PSCAD анҷом дода шуд.

Калимаҳои калидӣ: реча, системаи энергетикӣ, устуворӣ, моделсозӣ, нерӯгоҳи барқӣ обӣ, маҷмӯи нармафзор.

Введение

Надежная работа электроэнергетической системы Республики Таджикистан (ЭЭС РТ) в настоящее время во многом зависит от узла Нурекской гидроэлектростанции (ГЭС), которая соединяется с ЭЭС напряжением 500 и 220 кВ. В ЭЭС РТ более 90% выработки электрической энергии приходится на ГЭС, большинство из которых сосредоточены в Южной части республики (Нурекская ГЭС (НГЭС), Сангтудинские ГЭС 1,2, Байпазинская ГЭС и Головная ГЭС). Ответственная связь между Южной и Центральной частями выполняется посредством двухцепной линии электропередачи (ЛЭП) Нурек-Регар. Основная мощность НГЭС передается от Южной части к Центральной и Северной частям посредством ЛЭП Нурек-Регар, Регар—Душанбе и Юг-Север напряжением 500 кВ.

Качания роторов синхронных машин на электростанциях возникают при резком скачке нагрузки, отключение генераторов, отключение ЛЭП при нормальных и аварийных режимах [1]. Быстродействующие выключатели играют важнейшую роль в обеспечении динамической устойчивости энергосистемы, путем срабатывания при КЗ и отключение ЛЭП и через некоторую паузу с помощью устройство автоматического повторного включения (АПВ) обратно включают ЛЭП. При успешном действии АПВ переток активной и реактивной мощности в ЛЭП восстанавливается и тем самым предотвращается асинхронный режим генераторов.

В недавних работах [2,3] моделирования выполнено посредством программного комплекса (ПК) MUSTANG и анализированы переходные режимы на ЛЭП 500 кВ Юг-Север, которая соединяет Центральную часть ЭЭС РТ с Северной. В ПК MUSTANG моделировано однофазное и двухфазное КЗ на ЛЭП-500 кВ Душанбе-Сугд и определены максимальные времена автоматического повторного включения (АПВ) в начале и в конце линии при успешном действии, которого не нарушает динамическую устойчивость гидрогенераторов Кайракумской ГЭС. Также имеются работы [4,5] по анализу динамической устойчивости в районе Нурекской ГЭС энергосистемы Таджикистана.

В данной работе используется промышленный пакет ПК PSCAD, с помощью которого решается поставленная задача. Фрагмент модели Нурекского узла приведен на рисунке 1.

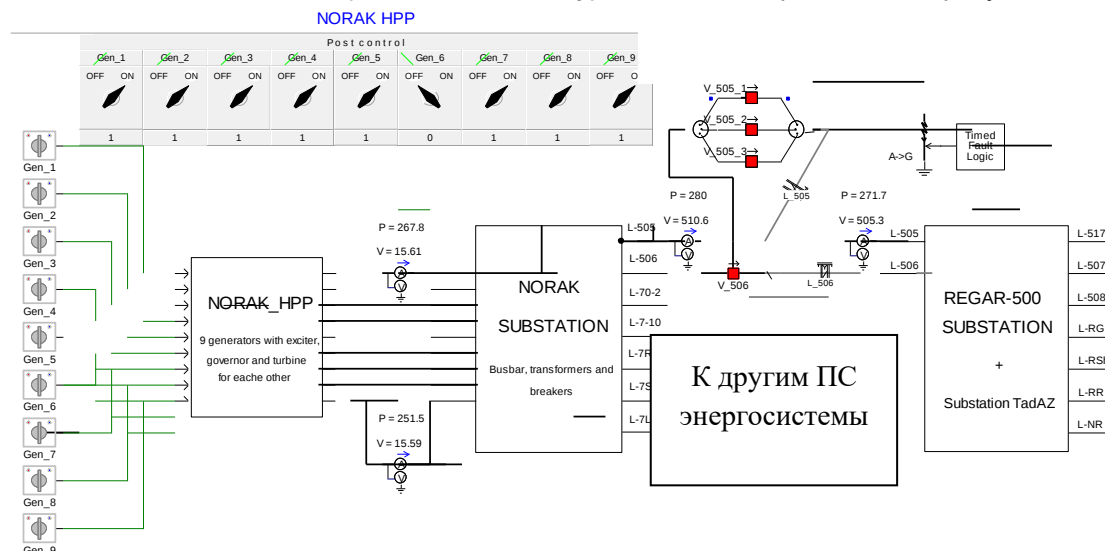


Рисунок 1 - Фрагмент модели узла Нурекской ГЭС и ПС Регар -500

При создании модели в ПК PSCAD учитывались функционирующие агрегаты Нурекской ГЭС, ПС и ЛЭП на напряжение 220-500 кВ, фрагмент модели, который приведен на рис. 1. Следует отметить, что ПК PSCAD обладает возможностью до создания соответствующего возмущения тщательно проанализировать исходное состояние модели и сравнивать текущих значений с реальными данными. Данная особенность позволяет пользователю убедиться о полном запуске агрегатов, оценить внешние характеристики генераторов и остальных вращающихся механизмов нагрузки [6]. К примеру это объясняется тем, что до возникновения возмущения все параметры энергосистемы соответствуют диапазону допустимых значений, запуск агрегатов и процессы их синхронизации закончены, значения напряжений в узлах схемы, перетоки мощности по ЛЭП соответствуют требуемым значениям. В разработанной авторами модели возмущение создается в 40-й секунды моделирования.

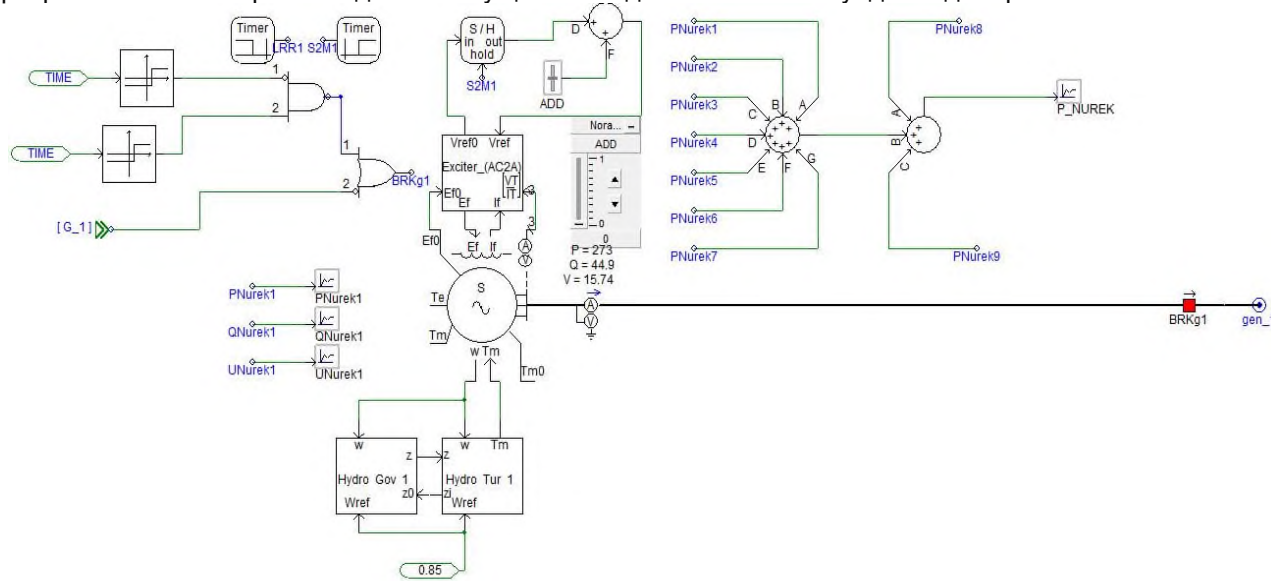


Рисунок 2 - Фрагмент модели одного из агрегатов Нурекской ГЭС

В качестве рассматриваемого режима выбран режим летнего максимума - наиболее тяжёлые с точки зрения переходных режимов. Нагрузочный режим модели настроен по данным и результатам экспериментальных контрольных замеров на ПС Регар-500 энергосистемы Республики Таджикистан в летнем максимальном режиме, данные приведены в табл. 1 [7].

Таблица 1 - Летний максимальный режим (19.06.2019 года)

Наименов. подстанц.	Напряжение на шинах, кВ			Нагрузка на стороне ВН					
				АТ-1			АТ-2		
	500 кВ	220 кВ	35 кВ	I, А	P, МВт	Q, МВАр	I, А	P, МВт	Q, МВАр
Регар-500	506	232	36	350	275	93	355	278	93

Как сложный объект для изучения современных электроэнергетических систем (ЭЭС) включают в себя огромные количества электростанций, подстанций, высоковольтных линий различного класса напряжения и в зависимости от поставленных задач и изучаемых проблем она представляет собой достаточно уникальный объект для исследования. При исследовании некоторых вопросов касательно энергосистемы, такие как переходные процессы, устойчивость, короткие замыкания и т.п. применение экспериментальных методов практически невозможно [8]. Особенно действие противоаварийной автоматики, в том числе средств управления мощности электростанции, предотвращения снижения частоты и напряжения в энергосистеме, в основном изучают на моделях, так как проведение натурных экспериментов весьма затруднено в реальных условиях.

В работе [9] выполнен анализ возможностей современных вычислительных моделирующих комплексов для решения электротехнических задач.

При моделировании объектов энергосистемы важную роль играют способы ввода исходных данных и их значение близкое к реальным. В разработанной модели использованы реальные исходные данные, такие как временные уставки устройств релейной защиты и автоматики, которые установлены в рассматриваемых объектах, (табл. 2).

Таблица 2 - Нормативное возмущение и временные параметры работы устройств релейной защиты и автоматики

Аварийное возмущение (При нормальной схеме)	Существующие и планируемые параметры выключателей ($t_{откл}$)		Время основной РЗ ЛЭП со стороны Нурекской ГЭС при $K_{(1)}$, с	Времена АПВ, с	
Однофазное КЗ на землю вблизи шин Нурекской ГЭС-7 на ВЛ 500 кВ Нурек - Регар (Л-505), отключаемое основными защитами, с успешным ОАПВ	ВБ-1 500 кВ (ВВБ-500)	0,08	0,02-0,04	ВЛ 500 кВ Регар – Нурекская ГЭС-7 (1)	ОАПВ-0,9, ТАПВ-3,4
	ВП-1 500 кВ (ВВБ-500)	0,08			
	В-506 500 кВ (ВВБ-500)	0,08			
	В-505 500 кВ (ВВБ-500)	0,08			
	ВП-2 500 кВ (ВВБ-500)	0,08		ВЛ 500 кВ Регар – Нурекская ГЭС-7 (2)	ОАПВ-0,9, ТАПВ-3,4
	ВБ-3 500 кВ (ВВБ-500)	0,08			
	ЭГВ-500 Л-505	0,043			
	ЭГВ-500 Л-506	0,043			

Для наглядности моделирования ниже (табл. 3) представлено временная диаграмма процесса ликвидации КЗ для выбранного аварийного расчетного возмущения.

Таблица 3 - Временная диаграмма процесса ликвидации КЗ

Время начала возмущения (с)	Событие при моделировании процесса
40,00	Возникновение однофазного КЗ.
40,052	Срабатывание основной защиты линии со стороны Нурекской ГЭС.
40,083	Отключение выключателей 500 кВ В-505 и ВП-2.
41,02	Включение выключателей 500 кВ ЭГВ-500 на ПС 500 кВ Регар, В-505 и ВП-2 действием АПВ.
41,02	Ликвидация короткого замыкания.

Результаты моделирования однофазного короткого замыкания на высоковольтной линии электропередачи Нурек-Регар с успешным действием устройства ОАПВ в ПК PSCAD и выработка активной мощности гидроагрегатов НГЭС во время переходных режимов приведено на рис.3, 4.

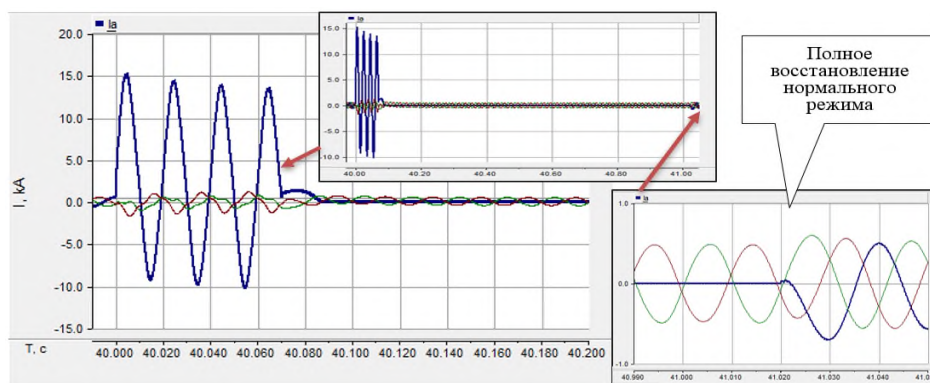


Рисунок 3 - Иллюстрация результатов моделирования однофазного КЗ на ЛЭП Нурек-Регар с последующим отключением и успешным действием АПВ

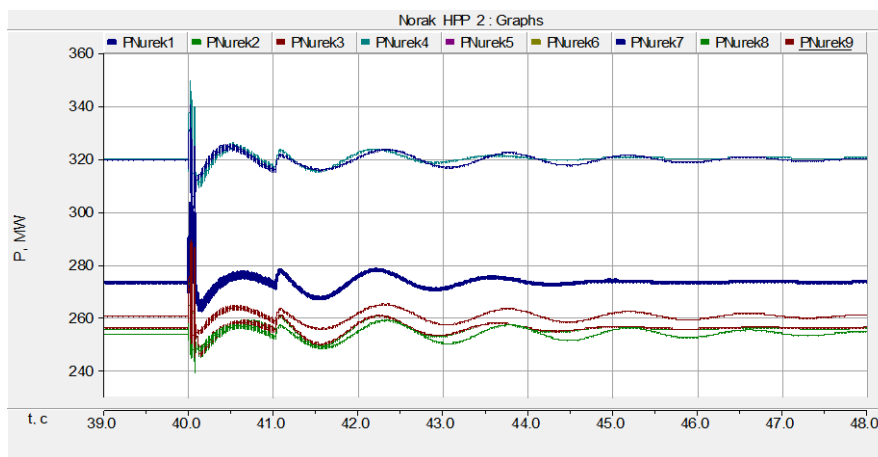


Рисунок 4 - Иллюстрация выработки активной мощности гидроагрегатов НГЭС во время однофазного КЗ на ЛЭП Нурек-Регар с последующим отключением и успешным действием АПВ

Ниже на рис. 5 показаны осциллограммы изменения углов выбега роторов генераторов Нурекской ГЭС при переходном процессе, вызванном однофазным коротким замыканием на ВЛ 500 кВ Нурекская ГЭС – Регар-500, отключаемом основными защитами с успешным действием АПВ. Как видно, эти незначительные изменения не требуют реализации дозирования управляющих воздействий (например, отключение генераторов Нурекской ГЭС), необходимые для обеспечения допустимых значений частоты в энергосистеме.

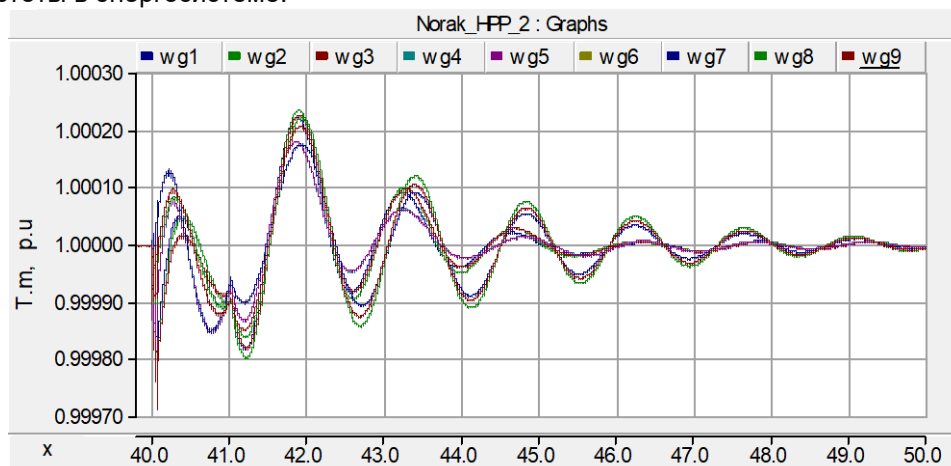


Рисунок 5 - Изменение углов выбега роторов генераторов Нурекской ГЭС при переходном процессе, вызванном однофазным коротким замыканием на ВЛ 500 кВ Нурекская ГЭС – Регар-500, отключаемом основными защитами с успешным действием АПВ.

ВЫВОДЫ

Для решения поставленной задачи разработана модель по реальной схеме сети и исходных параметров. Моделирования переходных режимов узла Нурекской ГЭС проводились в нормальной схеме сети с принятого аварийного возмущения – однофазное КЗ на высоковольтной ЛЭП 500 кВ Нурек-Регар с успешным действием устройства ОАПВ.

Результаты исследования показали, что в случае возникновения такого возмущения динамическая устойчивость основного узла энергосистемы не нарушается. Однако при наиболее тяжелых аварийных возмущениях, если происходит трехфазное отключение рассматриваемой ЛЭП возможно недопустимое изменение скольжений, углов выбега роторов синхронных машин, а также значение частоты в энергосистеме.

Разработанная модель служит инструментом исследования и имеет возможность реализовать другие нормативные возмущения, имеющих место в данном энергоузле.

Работоспособность разработанной модели на ПК PSCAD проверено с экспериментально полученными данными объектов рассматриваемого узла с использованием действующих параметров релейной защиты и автоматики.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем/под ред. Л.А. Жукова. М.: Энергия, 1979. 456 с.
2. Надтока И.И., Васильев П.А., Махмадджонов Ф.Д. Моделирование переходных процессов и анализ динамической устойчивости энергосистемы Республики Таджикистан// Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. -2015. -№3. – С. 50-53.
3. Надтока И.И., Махмадджонов Ф.Д. Анализ динамической устойчивости энергосистемы Таджикистана с учетом ввода Душанбинской ТЭЦ-2// Научно-техническая конференция и выставка инновационных проектов, выполненных вузами и научными организациями ЮФО в рамках участия в реализации федеральных целевых программ и внепрограммных мероприятий, заказчиком которых является Минобрнауки России: сб. материалов конф., г. Новочеркасск, 14-16 дек. 2014 г. /Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т им. М.И. Платова. – Новочеркасск: Лик, 2014. С. 39-39.
4. Фишов А.Г., Касобов Л.С. Постановка задачи управления переходными режимами для обеспечения устойчивости Нурекской ГЭС путем отключения генераторов// Изв. Томского политехнического ун-та. Энергетика. 2009. Т.315, №4. С.46-51.
5. Расулов, А. М. Анализ динамической устойчивости в районе Нурекской ГЭС энергосистемы Таджикистана / А. М. Расулов // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тезисы докладов Двадцать восьмой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов, Москва, 17–19 марта 2022 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью “Центр полиграфических услуг “РАДУГА”, 2022. – С. 958.
6. Арцишевский Я.Л., Гиёев Б.М. Эффективность автоматической частотной разгрузки с передачей команд на отключение электроприемников 0,4 кВ // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2017. Т. 60. № 6. С. 37-44.
7. Информационный сайт Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.mewr.tj/>.
8. СТО 59012820.29.020.002-2012. Релейная защита и автоматика. Взаимодействие субъектов электроэнергетики потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и организации эксплуатации.
9. Гиёев Б.М., Расулов А.М., Ибрагимов Б.Ф. Анализ возможностей современных вычислительных моделирующих комплексов для решения электротехнических задач / Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 4(56). – С. 6-13

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРОВ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Мирзозода Борбад Мирзо	Мирзозода Борбад Мирзо	Mirzozoda Borbad Mirzo
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
borbadtjk@mail.ru		
ORCID Id: 0000-0001-8230-7812		
TJ	RU	EN

Холмухамадзода Сорбони Амирхонӣ	Холмухамадзода Сорбони Амирхони	Kholmuhamadzoda Sorboni Amirkhoni
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences
Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон	Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан	Ministry of energy and water resources of the Republic of Tajikistan
sorbon_89@inbox.ru		
TJ	RU	EN
Махмадҷонов Фирӯз Додарҷонович	Махмадҷонов Фирӯз Додарҷонович	Makhmadjonov Firuz Dodarjonovich
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
firuz_7773@mail.ru		
TJ	RU	EN
Расулов Абдувакил Маҳдиевич	Расулов Абдувакил Маҳдиевич	Rasulov Abduvail Mahdievich
Унвонҷӯ	Соискатель	Postgraduate student
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
r.abduvakil@gmail.com		
ORCID Id: 0000-0002-9925-9770		

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ГИДРОУЗЛОВ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Давлатшоев Д.Д., Бобозода Ш.А.

Таджикский технический университет им. академика М.С.Осими

Согласно прогнозам в связи с потеплением ресурсы гидроэнергии страны подвержены снижению и наиболее оптимальное использование запасенных в водохранилищах ГЭС вод приобретает более важное значение. Для стимулирования рационального использования воды следовало бы наложить налог на ирригацию и орошение. Для повышения эффективности функционирования ГЭС на р.Вахш предложение о удержании уровня водохранилища Рогуна максимально неизменным целесообразно, что обеспечивает минимальный удельный расход воды. При ограниченности экспорта электроэнергии происходит холостой сброс воды и недовыработка энергии, что оценена в работе.

Ключевые слова: оптимизация, водные ресурсы, холостой сброс, динамика выработки

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ГИДРОУЗЛОВ ГИДРАВЛИКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Давлатшоев Д.Д., Бобозода Ш.А.

Мувофиқи пешбиниҳо дар пайвастиҳои ба гармшавии захираҳои гидроэнергии ватанӣ самти камшавӣ доранд ва оптималитар истифода бурдани захираҳои об аҳамияти муҳимтарро доро мешавад. Барои ҳавасманд намудани истифодаи оқилонаи об обёрӣ ва таъминоти об андоз таъин намудан дуруст мебуд. Барои баланд бардоштани самаранокии амал намудани неругоҳҳои барқӣ обии дарёи Вахш пешниҳод оид ба то ҳадди баланд бе тағйир нигоҳ доштани сатҳи обанбори Рогун мақсаднок буда, сарфи хоси камтарини обро таъмин мекунад. Маҳдуд будани экспорти энергияи электрикӣ боиси партофти беистифодаи об ва истеҳсоли нопурраи энергия мешавад, ки дар мақола нишон дода шудааст.

Калимаҳои калидӣ: оптимизатсия, захираҳои об, партовҳои бекорӣ, динамикаи тавлид

OPTIMIZATION OF THE MODES OF THE HYDRAULIC SYSTEMS OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Davlatshoev D.D., Bobozoda Sh.A.

According to forecasts, due to warming, the country's hydropower resources are subject to decline and the most optimal use of water stored in hydroelectric reservoirs becomes more important. To stimulate the rational use of water, a tax on irrigation and irrigation should be imposed. To improve the efficiency of the HPP on the Vakhsh River, the proposal to keep the level of the Rogun reservoir as unchanged as possible is expedient, which ensures the minimum specific water consumption. With a limited export of electricity, there is an idle discharge of water and underproduction of energy, which is estimated in the work.

Key words: optimization, water resources, idle discharge, generation dynamics

Введение

Более 94% электроэнергии в республике вырабатывается на ГЭС реки Вахш. С 2018 года на начальных напорах пущены в эксплуатацию два агрегата Рогунской ГЭС, которая к 2018 – 2019 годы будет ведущей по выработке и по режиму работы в энергосистеме.

Более 91,5% электроэнергии в республике вырабатывается на гидроэлектростанциях. Доля ГЭС за последние годы из-за ввода в строй Душанбинской ТЭЦ – 2 на несколько осенне – зимних месяцев (3-4 месяца) более чем на 5% снизилась. Выработка электроэнергии с учетом Сангтудинских ГЭС-1 и ГЭС-2 в 2021 году достигла 20,8 млрд. кВт. час.

В связи с прогнозом о возможном потеплении с годами ресурсы гидроэнергии страны подвержены снижению и вопрос наиболее оптимального использования запасенных в водохранилищах ГЭС вод становится острым. Использование водных ресурсов и строительство ГЭС является одним из основных вопросов во взаимоотношениях соседних республик Средней Азии и не теряет свою актуальность. Совместные, всесторонне выгодные организационные и технические мероприятия по снижению расхода воды на сельскохозяйственное орошение позволят безболезненно решать споры по использованию воды, не задевая национальных интересов ни одной из сторон. Центральнoазиатским странам следовало бы совместно работать над обязательствам по снижению удельного и общего расхода воды на орошение, над разработкой механизма контроля его соблюдения.

Чтобы стимулировать рациональное использование воды как в нашей республике, так и в соседних государствах следовало бы наложить налог на ирригацию и орошение или предусмотреть какие-либо другие механизмы положительного решения этого вопроса.

Аккумуляция воды в Нурекское водохранилище позволяла иметь гарантированное орошение земель в низовьях реки, более 90% которых находятся в соседних республиках. Естественный приток в реку Вахш, пропуск воды через ГЭС для выработки электроэнергии, холостой сброс в период паводка обеспечивают орошение земель, и одновременно с этим, в соседних республиках осуществляется «самоаккумуляция» части воды в образовавшихся озерах, которые наряду с обширным орошением являются неоспоримым фактором тихой и реальной катастрофы Аральского моря, а не водохранилище Нурека и не шумная гипотетическая катастрофа от возводимой плотины Рогунской ГЭС.

По данным ООН на уровень 2010 года фермеры Узбекистана используя устаревшую систему орошения тратят в четыре раза больше воды чем их американские коллеги. Надо полагать, что

удельный расход воды на орошение в нашей республике и в Туркменистане ненамного меньше чем в Узбекистане.

В [2] для повышения эффективности функционирования Рогунской и Нурекской ГЭС предлагается при сохранении регулирующего назначения Нурекского водохранилища согласно требованиям орошения, уровень водохранилища Рогун удерживать максимально неизменным, что обеспечивает минимальный удельный расход воды на выработку большего количества энергии при том же среднегодовом расходе воды в реки.

Эффективное использование гидроэнергоресурсов Республики наряду с технико - экономическими факторами зависит также от взаимоотношения между странами импортерами и экспортерами электроэнергии. При избытке гидроэлектроэнергии в летнем периоде, ограниченности ее экспорта и определенного объема водохранилищ происходит холостой сброс воды и недовыработка электроэнергии, отрицательно влияющие на экономику страны, приведенные в таблице за 2015 – 2017 годы.

Таблица 1.-Холостой сброс воды и недовыработка электроэнергии, млрд. м³/млрд.кВт.ч

ГЭС	Г О Д Ы			
	2015	2016	2017	В среднем
Нурекская	5,52/3,336	3,31/1,99	8,23/4,84	5,69/3,39
Бойгози	8,13/1,02	5,57/0,72	9,17/1,18	7,62/0,97
Сангтуда – 1	10,33/1,627	7,55/1,26	13,17/2,08	10,46/1,65
Сангтуда – 2	8,78/0,427	5,97/0,25	10,79/0,55	8,51/0,41
Сарбанд	6,80/0,412	4,04/0,24	8,4/0,50	6,41/0,38
Кайроккум	0,11/0,04	0,195/0,08	3,76/0,15	1,35/0,09
Всего	39,68/6,86	26,94/4,54	53,5/9,30	40,04/6,89

Так, в 2017 году из-за отсутствия возможности передачи электроэнергии в летнем периоде в соседние страны сброшены мимо турбин 53,5 млрд.м³ воды, что соответствует недовыработке в объеме 9,3 млрд.кВт.ч.

Уменьшении холостых сбросов воды на ГЭС республики в летнем периоде, выполнении реконструкций на ГЭС, введенные в строй 35-60 лет ранее и ввод агрегатов Рогунской ГЭС позволят оптимальнее функционировать энергосистеме, удовлетворить требования потребителей. Если с 1990г. по 1993г, за исключением 1992года, выработка превышает 17,43 млрд.кВт.ч, то с 1994 года выработка падает, за исключением 2007года, с минимумом в 1997г. – 13,878 млрд.кВт.ч и максимумам 16,958 кВт.ч в 2005г. С 2015г. выработка превышает 17,128 млрд.кВт.ч до 20,464 млрд.кВт.ч в 2019г, а за последний 2021г. – 20,8млрд.кВт.ч.

Графики η и $W = f(T_{\text{сол}})$

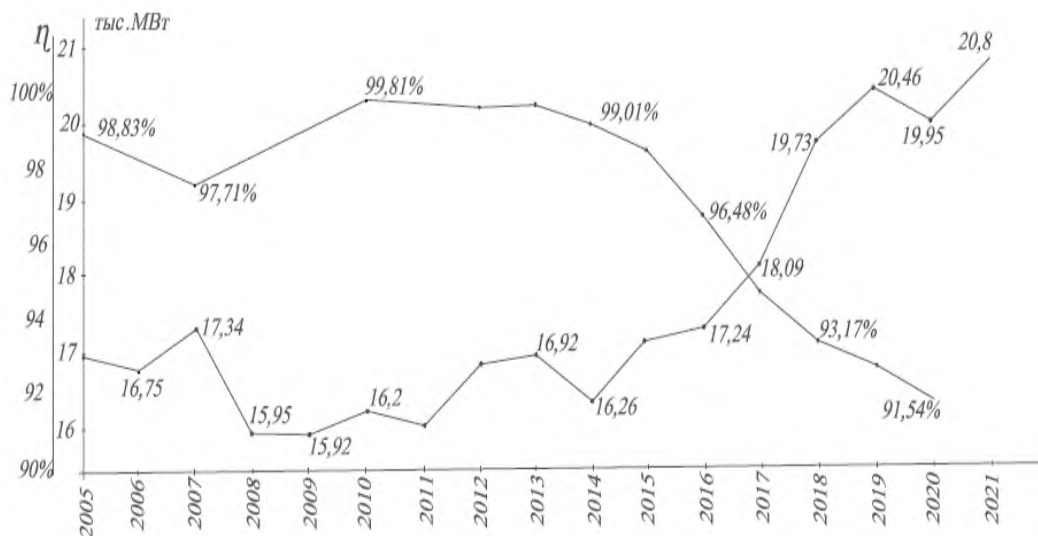


Рисунок 1 - Динамика выработки электроэнергии за 2005 – 2021г.

Динамика выработки электроэнергии за 2005 – 2021г. (Табл. 2) такова, что выработка ГЭС с 2005г. по 2017г. отличается всего на 6,6% (17,1 в 2007г. и 16,04 в 2014г). Доля выработки ГЭС за 10 лет, с 2005 по 2014г., изменилась только на 2,1% – с 97,71% до 99,81%. С вводом в эксплуатацию агрегатов

ТЭЦ – 2 и достяжение её мощности 400 МВт доля ГЭС снизилась до 94,53% в 2017г, а выработка ТЭЦ превысила 5,4%, а в 2020г. доля выработки ТЭЦ превысила 8,4%.

Выработка в связи с появлением большей возможности экспорта в летнем периоде в соседние страны возросла с 16,26 за 2014 год до $20,46 \cdot 10^9$ кВт.ч в 2019году т.е. более чем на 25,83% и более чем 27,92% в 2021 год.

Таблица 2 - Динамика выработки электроэнергии на электростанциях республики, млрд.кВт.ч

Г О Д Ы	2005	2007	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Выработка на	17,1	17,5	16,2	16,8	16,9	16,2	16,96	17,04	17,91	19,73	20,46	19,50	20,8
ГЭС - ами	16,9	17,1	16,17	16,75	16,86	16,04	16,66	16,44	16,93	18,38	18,95	17,85	19,14
ТЭЦ - ами	0,2	0,4	0,033	0,05	0,044	0,16	0,30	0,60	0,981	1,347	1,507	1,65	1,657
Доля ↑ ГЭС, %	98,83	97,71	99,81	99,7	99,76	99,01	98,23	96,48	94,53	93,17	92,63	91,54	92,03

За период 2015 – 2017 год ежегодно на 2,6 млрд.кВт.ч выработаны на ГЭС Сангтуда 1 и Сангтуда 2, а гидроэлектростанциями ОАХК «Барки Точик» - 14,36 – 15,31 млрд.кВт.ч или (84 - 85) % энергии.

Таблица 3 - Выработка электроэнергии электростанциями за 2015 – 2021 годы, тыс.кВт.ч

Г О Д Ы	2 0 1 5	2 0 1 6	2 0 1 7	2 0 2 1
Электростанции				
По республике	16961557	17037613	17916525	20800000
Выработка ГЭС	16659730	16437419	16935529	19143000
Выработка ТЭЦ - 1	301790	600201	981000	329668
Выработка ТЭЦ - 2	267290	569501	951393	1327782
Доля ТЭЦ, %	1,78	3,52	5,475	7,966
Выработка Нурекской ГЭС	10380651	10121502	10323886	10308000
Сангтуда – 1	1888828	1917336	1862460	2200000
Сангтуда – 2	690240	724680	700768	784000
Доля Нурекской ГЭС, %	61,2	59,4	57,62	49,56

Согласно технико – экономическим показателям с 2012г. по 2017г. выработка электроэнергии на 0,7 – 2,91 млрд.кВт.ч превышает потребление республики.

Таблица 4 - Технико – экономические показатели энергосистемы республики, млрд.кВт.ч, за 2005 – 2017 годы

Показатели	Г О Д Ы					
	2005	2010	2012	2015	2016	2017
Выработка электроэнергии	17,1	16,2	16,8	16,94	17,03	17,91
В том числе на ГЭС	16,9	16,2	16,8	16,63	16,43	16,93
ТЭЦ	0,2	0,033	0,05	0,267	0,6	0,98
Потребление электроэнергии	17,3	16,5	16,1	15,62	14,24	14,93
Выдача энергии вне	4,3	0,178	0,067	1,353	1,422	1,409
Поступление энергии из вне	4,5	0,336	0,114	0,007	2,724	2,652
Полезная электрическая энергия	14,6	14,02	13,63	14,27	14,4	15,36

Следует отметить, что по настоящее время Нурекская ГЭС является ведущей электростанцией республики, на которой вырабатывается более 49% электроэнергии. К 14.04.2015г. водохранилище Нурека было сработано до уровня 864,9м. а к 20.02.2015г. – заполнено до уровня 910,7м. Среднегодовой расход реки составил 736м³/с, максимальный расход за 18.07.2015. - 2972м³/с. Объем стока за 184 дней многоводного сезона оценен в объеме 19,1437млрд.м³, что составлял 80,92% годового стока, а за маловодный сезон – 4,313млрд.м³. Для выработки электроэнергии использован 17,628млрд.м³ объема стока воды от общего объема – 23,4567млрд.м³.

Рогунской ГЭС за 2021 год выработана 1,47 млрд.кВт.ч.

Литература:

1. Давлатшоев Д.Д., Бокиев Б.Р., Бобозода Ш.А. Гидроэнергетика как одна из основ развития экономики старан региона. – Научная конференция, 2018г. с.363-365. г. Душанбе.
2. Холмухаммадзода С.А. Оптимизация режимов работы гидроузлов для повышения эффективности функционирования крупных ГЭС Таджикистана (на примере Рогунской и Нурекской ГЭС) / Автореферат диссертации к.т.н. 2021г.)

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРОВ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Давлатшоев Доробшо Давлатшоевич	Давлатшоев Доробшо Давлатшоевич	Davlatshoev Dorobsho Davlatshoevich
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Бобозода Шукрулло Абдугафор	Бобозода Шукрулло Абдугафор	Bobozoda Shukrullo Abdugafor
ассистент	ассистент	assistant
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

Саидзода Х.С., Исмоилов Ф.О.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье предложен алгоритм выбора оборудования энергоустановок альтернативных и возобновляемых источников энергии на основе ветроэнергетической установки. На примере небольшой группы сельских потребителей, находящихся в зоне ограниченного электроснабжения. Обоснованы характеристики ветроэнергетических установок с использованием баз данных метеонаблюдений, а также реальных технических параметров электрооборудования. Основой для выбора служат результаты оценки экономической эффективности использования ветроэнергетической установки, работающей в параллель с сетью.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветроэнергетическая установка, электроснабжение, график электрической нагрузки, технико-экономическое обоснование.

POSSIBILITY OF USE RENEWABLE ENERGY FOR THE SYSTEM POWER SUPPLY TO RURAL CONSUMERS IN REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Saidzoda H.S., Ismoilov F.O.

The article proposes an algorithm for selecting equipment for power plants of alternative and renewable energy sources based on a windmill. On the example of a small group of rural consumers located in a zone of limited power supply. The characteristics of windmills are substantiated using databases of meteorological observations, as well as real technical parameters of electrical equipment. The basis for the choice is the results of an assessment of the economic efficiency of using a windmill operating in parallel with the network.

Keywords: renewable energy sources, windmill, power supply, electrical load schedule, feasibility study.

ИМКОНИЯТИ ИСТИФОДАБАРИИ МАНБАЪҲОИ БАРҚАРОРШАВАНДАИ ЭНЕРГИЯ БАРОИ ШАБАКАҲОИ ТАЪМИНИ БАРҚИ ИСТЕЪМОЛКУНАНДАГОНИ ДЕҲОТ ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Saidzoda H.S., Ismoilov F.O.

Дар мақола алгоритми интихоби дастгоҳҳои энергетикӣ барқии алтернативӣ ва манбаъҳои барқароршавандаи энергия дар асоси нерӯгоҳи барқии бодӣ пешниҳод карда шудааст. Дар мисоли ғурӯҳи хурди истеъмолкунандагони деҳот, ки дар минтақаи маҳдудияти қувваи барқ воқеъ гардидаанд. Хусусиятҳои нерӯгоҳҳои барқии бодӣ бо истифода аз базаҳои мушоҳидавии метеорологӣ, инчунин параметрҳои ҳақиқии техникӣ таҷҳизотҳои электрикӣ асоснок карда шудаанд. Асоси интихоби натиҷаи арзёбии самаранокии иқтисодии истифодаи нерӯгоҳи барқии бодӣ мебошад, ки бо шабакаи электрикӣ параллелӣ кор мекунад.

Калимаҳои калидӣ: манбаъҳои барқароршавандаи энергия, нерӯгоҳи барқии бодӣ, таъмини барқ, графики бори электрикӣ, асоснокунии техникӣ-иқтисодӣ.

Введение

В последние годы энергосистема Республики Таджикистан (РТ) находится на стадии восстановления и модернизации. Современное состояние энергосистемы, несмотря на введенную в 2016-2019 гг. Душанбинскую ТЭЦ-2 мощностью 400 МВт и Рогунскую ГЭС мощностью 450 МВт, не способна покрыть стабильно растущие потребности в электроэнергии (от 2,6 до 3,8 млрд. кВт/ч в год) и соответствовать предъявляемым требованиям к надежности электроснабжения. Особенно проблематична данная ситуация для сельских потребителей, расположенных в горных регионах страны: значительная часть этих потребителей получает электроэнергию в ограниченном объеме, что сдерживает их социально-экономическое развитие в целом. В зоне децентрализованного электроснабжения находится свыше 10 % территории страны с населением более 15 тыс. человек. К потребителям, находящимся в таких регионах, относятся отдельные населенные пункты или их группы, где централизованное электроснабжение очень затруднительно или малоэффективно. В результате наблюдается рост затрат на электроснабжение сельских потребителей, что в целом ухудшает условия комфортного проживания на селе. Кроме того, появление крупных животноводческих комплексов значительно увеличивает уровень электропотребления в сельском хозяйстве. На основании проведенного исследовательского анализа в [1, 2] представляется актуальной необходимостью развития производства электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), как одной из важных мер, способствующих развитию и повышению функционирования системы электроснабжения сельских потребителей и энергосистемы РТ в целом. Стоит выделить Файзабадский район, потенциально благоприятный для реализации энергоустановок на основе ВИЭ, в том числе ветроэнергетические установки (ВЭУ) по следующим причинам [1]:

- выгодное географическое расположение, возможность использования больших площадей и приемлемые естественно-климатические условия;
- наличие источника электроснабжения от магистральных ЛЭП;
- отсутствие необходимости транспортировки электроэнергии на большие расстояния из-за близкого расположения к централизованным сетям потребителей.

Указанные факты явились побудительным мотивом к оценке эффективности пилотного проекта строительства ВЭУ в Файзабадском районе по производству электрической энергии. Рассмотрим только поселок Лолаги и проведем анализ климатических характеристик ветра для размещения ВЭУ.

Цель представляемой работы – Снизить затраты выбранного объекта на электроснабжение и получить опыт внедрения и эксплуатации энергоустановок альтернативных и возобновляемых источников энергии, для дальнейшего использования и увеличения доли возобновляемых энергоисточников в энергобалансе района.

Задачи работы в целом – Обеспечить повышение эффективности электроснабжения объекта за счёт возобновляемого источника электроэнергии. Иметь энергетическую ценность и окупаемость, а также презентабельность для распространения опыта внедрения и эксплуатации ВЭУ.

Определение суточных и сезонных нагрузок поселка Лолаги

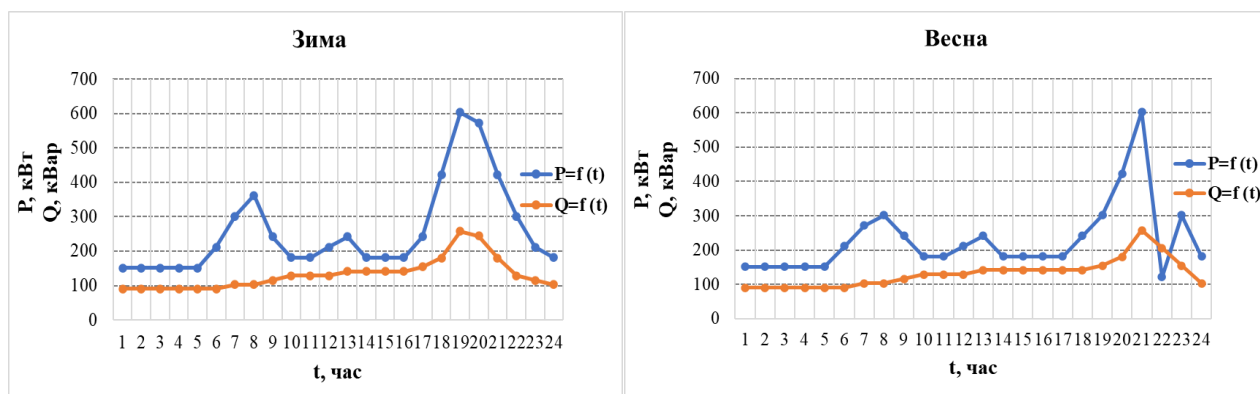
Объектом снабжения электрической энергией, с синхронизацией с сетью 0,4 кВ, выбран проектируемый поселок Лолаги. Электроснабжение осуществляется от подстанции 35/10 кВ "Лолаги" через 9 КТП – 1х250 кВА, 4х400 кВА и 4х630 кВА. Рассмотрим только потребители питающихся от КТП-1 мощностью 250 кВА. Для этого вначале произведем выбор конкретного оборудования, которое необходимо установить в одном домохозяйстве.

В табл. 1 приведен примерный список устанавливаемых электробытовых приборов в одном доме.

Таблица 1-Устанавливаемые электробытовые приборы в одном доме

Электроприемник	Мощность электроприемника Р, кВт	Коэффициент использования
холодильник	0,5	0,6
телевизор	0,3	0,3
стиральная машина	2,2	0,3
электрочайник	2	0,2
компьютер	0,5	0,2
пылесос	1,2	0,15
утюг	2,2	0,15
электрическая плита	3,5	0,4
накопительный водонагреватель - (среднее потребление)	2,69	0,6
освещение (энергосберегающие лампы)	0,06	0,35
Итого	15,09	-

Используя статистические данные [2], составим графики нагрузок по временам года (рис. 1).



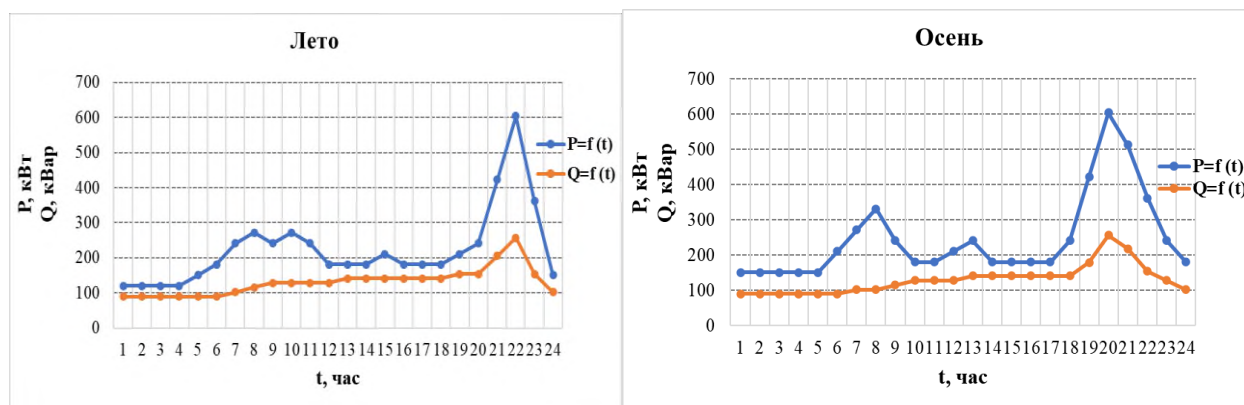


Рисунок 1 - Сезонные графики нагрузок поселка Лолаги

На рис. 2 изображена схема электроснабжения поселка Лолаги (№1, №2, №3 – улицы поселка). Фазы А, В, С обозначены цветами желтый, зеленый и красный соответственно.

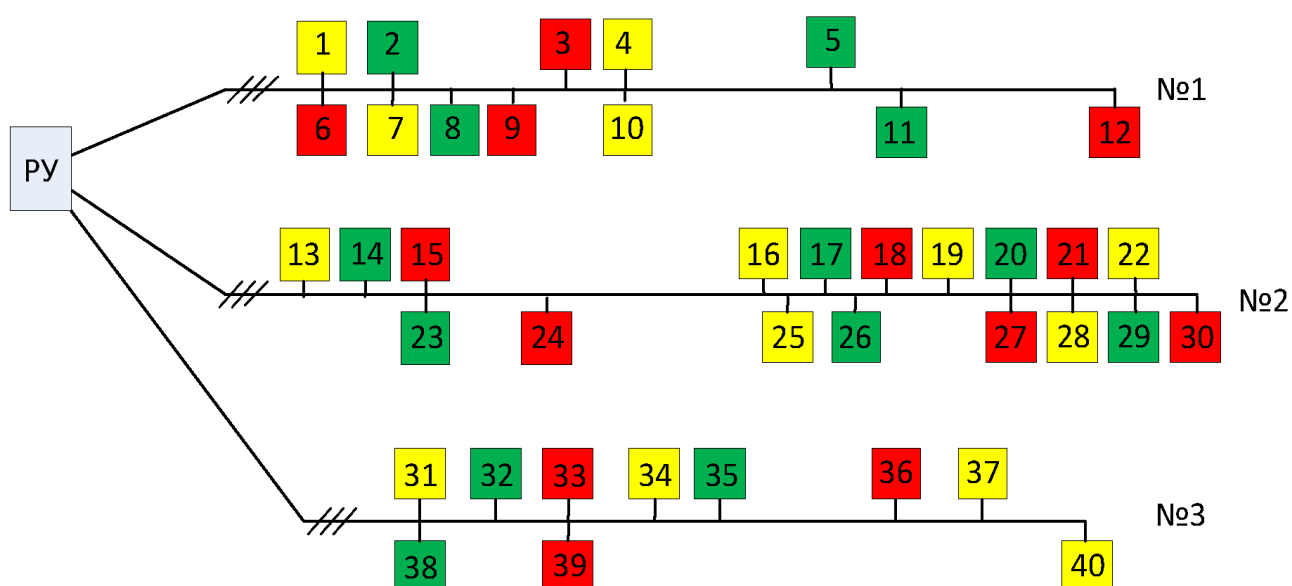


Рисунок 2 - Распределение жилых домов по фазам

Для расчета токовой нагрузки группы потребителей вводится так называемый коэффициент использования электроприемника (ЭП) [3].

Определяем нагрузку одного дома по данным из рис.1 по формуле:

$$P_{\text{дом}} = \sum_{i=1}^n (P_{ni} \cdot K_{ni}) = 0,5 \cdot 0,6 + 0,3 \cdot 0,3 + 2,2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,2 + 0,5 \cdot 0,2 + 1,2 \cdot 0,15 + \\ + 2,2 \cdot 0,15 + 3,5 \cdot 0,4 + 2,69 \cdot 0,6 + 0,06 \cdot 0,35 = 5,095 \text{ кВт} \quad (1)$$

где $P_{\text{дом}}$ – расчетная нагрузка одного дома; K_{ni} – коэффициент использования; P_{ni} – номинальная мощность ЭП.

Расчетную активную мощность каждой фазы ЭП определяем по формуле:

$$P_{pA} = P_{\text{дом}} \cdot n \cdot K_p = (5,095 \cdot 14) \cdot 1,1 = 78,463 \text{ кВт} \\ P_{pB} = P_{\text{дом}} \cdot n \cdot K_p = (5,095 \cdot 13) \cdot 1,1 = 72,859 \text{ кВт} \\ P_{pC} = P_{\text{дом}} \cdot n \cdot K_p = (5,095 \cdot 13) \cdot 1,1 = 72,859 \text{ кВт} \quad (2)$$

где P_{pA} , P_{pB} , P_{pC} – расчетная мощность фазы; n – расчетная мощность одного дома; K_p – расчетный коэффициент $K_p = f(K_{i,\text{ср}}; n_{\text{эф}})$ [3].

Годовое потребление электроэнергии на шинах РУ - 0,4 кВт определяется по формуле:

$$W_{\text{дом}} = \sum P_p \cdot T = 224,181 \cdot 2700 = 605288 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (3)$$

где $T = 2700$ ч – число часов использования максимальной нагрузки [4].

Перспективная расчетная мощность поселка Лолаги принимается 10-250 кВт, на которую возможно подобрать ВЭУ в зависимости от инвестиций.

Определение ветрового потенциала для поселка Лолаги

Территория РТ относится к району со средним уровнем ветровой энергии. Среднегодовая скорость колеблется в пределах от 0,8 до 6,0 м/сек. Чаще всего встречаются горно-долинные ветры, которые характеризуются суточной сменой направления. Ветры, обладающие более высокими скоростями, встречаются в горных равнинах. Среднегодовая скорость ветра в этих районах составляет 5-6 м/сек, на открытых равнинах и в широких долинах скорость ниже и соответствует 3-4 м/сек, в предгорьях составляет до 3, в замкнутых котловинах и в низинных южных районах не превышает 1-2 м/сек. Наибольшая повторяемость скоростей ветра от 1 до 5 м/сек в преобладающей части территории составляет 70 - 90 %. Скорости ветра выше 10 м/с редки и их повторяемость не превышает 10 %. В долинах и котловинах наблюдается в среднем 5-15 дней в году с сильным ветром. В отдельных формах рельефа на большой высоте и в местах сужения долин число дней с сильным ветром достигает до 25. Например, максимальная значения скорость ветра в районе Файзабад может достигать 24-25 м/с. В этом районе 70 дней в году скорость ветра может достигать от 11 до 17 м/с [5]. Файзабадский район расположен на высоте 1111 м от уровня моря, координаты 38°31'33,04" северной широты (с.ш.), 69°13'36,79" восточной долготы (в.д.). В связи с тем, что метеостанции в районе нет мы воспользуемся данными ближайшей метеостанции Чормагзак, место нахождения 38° 25' с.ш., 69° 10' в.д. От объекта до метеостанции около 30 км, поэтому погодные условия будут похожие и так как других надежных источников нет, принимаем за расчетные значения данные метеостанции Чормагзак, 1361 м над уровнем моря.

Информация взята с сайта "rp5.ru", [6], содержащей необходимые для проведения соответствующих расчетов данные, и занесем в табл. 2. Также для правильного расчета удельной мощности ветровой энергии по ряду наблюдений за скоростью V_i , необходимо учитывать ряды трехчасовых наблюдений скоростей ветра, приведенные в табл. 3.

Для получения более достоверных результатов, будем выполнять расчет среднегодовой удельной мощности $P_{\text{уд}}$. При расчете удельной мощности $P_{\text{уд}}$ плотность воздуха принимается равной $\rho = 1,226 \text{ кг/м}^3$.

Используя данные из табл. 3 расчет $P_{\text{уд}}$ ведем по ряду наблюдений (ряд 3-х часовых наблюдений) за скоростью V_i по формуле [7]:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{уд}} &= \sum_{i=1}^{8760} P_{\text{уд}i} = \frac{1}{2} \rho \sum_{i=1}^{8760} V_i^3 \Rightarrow P_{\text{уд}} = \mathcal{E}_{\text{уд}} / (8760 / 3) = \sum_{i=1}^{2920} P_{\text{уд}i} / 2920 = \left(\frac{1}{2} \rho \sum_{i=1}^{2920} V_i^3 \right) / 2920 \\ P_{\text{уд}} &= \frac{0,5 \cdot 1,226 \cdot ((4,8^3 + 4,8^3 + 3,8^3 + 2,1^3 + 2,1^3 + 2,2^3 + 3,5^3 + 4,3^3) \cdot 31 + \\ &\quad + (4,6^3 + \dots + 3,8^3) \cdot 28 + \dots + (4,4^3 + \dots + 3,9^3) \cdot 31)}{2920} = 28,60 \text{ Вт/м}^2 \end{aligned} \quad (4)$$

В расчетах числа 31, 28, 31, 30 и т.д. означают число дней в месяце, т.к. в табл. 2 приведены усредненные данные за один день, а чтобы посчитать за месяц соответственно умножаем на количество дней в месяце.

Подводя итоги, можно утверждать, что условия для развития ветроэнергетики и использование ветровых ресурсов в районе Файзабад весьма благоприятные при условии использования ВЭУ высотой мачты не менее 30 м.

Таблица 2 - Данные с метеостанции Чормагзак, РПП, Таджикистан, выборка с января по декабрь 2021 г.

Месяц	T, температура воздуха (градусы Цельсия) на высоте 2 метра над поверхностью земли	P0, атмосферное давление на уровне станции (миллиметры ртутного столба)	FF, скорость ветра на высоте 10-12 метров над земной поверхностью.	FF10, максимальное значение порыва ветра на высоте 10-12 метров над земной поверхностью.	Количество наблюдений
Январь	+1.3	641.9	3.5	7.0	247
Февраль	+3.7	640.8	3.3	7.0	232
Март	+8.1	639.3	3.1	7.0	247
Апрель	+12.9	640.1	3.1	6.0	239
Май	+17.1	639.5	3.3	7.0	247
Июнь	+22.0	637.3	3.4	7.0	240
Июль	+24.9	636.5	3.3	12.0	246
Август	+24.2	636.6	3.5	7.0	247
Сентябрь	+18.1	640.3	3.4	7.0	240
Октябрь	+11.0	643.2	3.4	7.0	246
Ноябрь	+5.0	642.9	3.0	7.0	240
Декабрь	+0.4	642.8	2.8	7.0	248

Таблица 3 - Среднемесячные скорости ветра на уровне 10-12 м над поверхностью земли для характерных часов (м/с)

Время, час	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
02:00	4.8	4.6	5.0	5.1	5.0	5.7	5.4	5.4	5.6	5.2	3.9	4.4	5.0
05:00	4.8	4.0	4.3	4.5	4.5	4.4	3.9	4.3	5.1	4.1	3.6	4.0	4.3
08:00	3.8	2.8	3.0	3.0	2.8	2.4	2.5	2.8	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8
11:00	2.1	2.1	2.5	2.0	2.3	2.3	2.5	2.2	2.2	2.2	2.7	2.5	2.3
14:00	2.1	2.5	3.0	2.7	2.4	2.5	2.5	2.5	2.7	2.5	2.2	2.6	2.5
17:00	2.2	2.4	2.7	2.6	2.7	2.4	2.5	2.3	2.3	2.4	2.2	2.4	2.4
20:00	3.5	3.5	3.3	3.2	3.2	3.2	2.7	2.6	2.9	3.3	3.0	3.1	3.1
23:00	4.3	3.8	4.2	3.8	4.0	4.4	3.9	3.7	4.4	4.5	3.3	3.9	4.0

Разработка структурной схемы системы электроснабжения

Ветрогенераторы могут вырабатывать электроэнергию как в параллель с сетью, так и вне зависимости от сети. Даже при наличии сети общего пользования потребитель может сталкиваться со множеством проблем начиная от перебоев или недостатка мощности и заканчивая высокой ценой за энергию. Поэтому вопрос об установлении ветрогенератора, работающего в параллель с сетью, может оказаться актуальным. Если вырабатываемая ветровым генератором энергия покрывает потребление, то излишки отдаются в сеть или блок балластных нагрузок для горячего водоснабжения. Если же наоборот мощности ветрогенератора недостаточно, то требуемая порция электричества берется из сети.

Главная схема электрического соединения данной ВЭУ, работающей в параллель с сетью представлена на рис. 3.

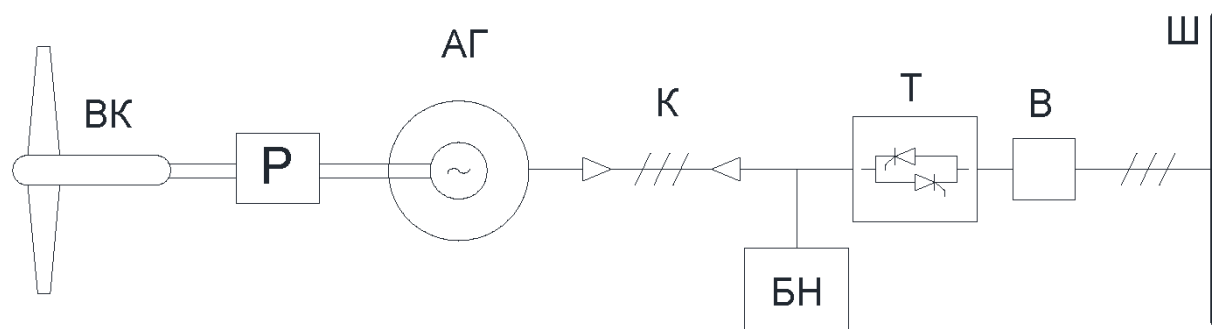


Рисунок 3 - Главная схема электрического соединения ВЭУ, работающей в параллель с сетью: В – ветроэнергетическая установка; Р – редуктор; АГ – асинхронный генератор; К – гибкий кабель; БН – блок балластных нагрузок; Т – устройства плавного (тиристорного) пуска; В – выключатель; Ш – шина

Как показано на рис. 3, механическая подсистема ВЭУ состоит из ветроколеса (ВК), редуктора (Р) и устройства изменения углов атаки лопастей. На лопастях ветроколеса создается аэродинамический вращающий момент от ветра, который передается на вал генератора через мультипликатор. Ветроколесо обычно работает в диапазоне скоростей от 6 до 20 об/мин. Это намного медленнее, чем стандартный 4- или 6-полюсный АГ с номинальной скоростью 1500 об/мин или 1000 об/мин для частоты статора 50 Гц. Поэтому для адаптации низкой скорости ветроколеса к высокой скорости генератора необходим редуктор.

Определение выходных энергетических параметров ВЭУ

Проектируемый поселок Лолаги планируется проектом расположить на возвышенности на уровне 1111 м над уровнем моря. Эта возвышенность достаточно выгодное расположение для ВЭУ и экономически целесообразна, т.к. чем выше место установки, тем максимальнее увеличивается отдача энергии ветра. Так, например энергия ветра на высоте 10 м в два раза выше, чем на высоте 2 м (а если сделать мачту высотой 15 - 18 м (для 10-50 кВт ВЭУ), количество вырабатываемой ВЭУ энергии утроится по отношению к земной поверхности. Существенным преимуществом максимально-возможной силы ветра будет использование ВЭУ мощностью 150 кВт с высотой мачты более 30 м. Рассмотрим 2 варианта ВЭУ мощностей на 50 кВт и 150 кВт, для технико-экономического анализа.

В табл. 4 приведены технические характеристики ВЭУ на 50 кВт и 150 кВт для которых будем рассчитывать их энергетические характеристики.

Таблица 4 - Технические характеристики выбранных ВЭУ [8, 9]

	Тип ВЭУ	Condor 380/50	Air	Wind W2700	World
1	Страна	Европа		Дания	
	Номинальная мощность, кВт	50		150	
2	Номинальная скорость ветра, м/с	8		11	
3	Стартовая скорость ветра, м/с	2,5		3,0	
4	Скорость отключения, м/с	20		25	
5	Диаметр ветроколеса, м	17		27	
6	Число лопастей	3		3	
7	Тип генератора	Асинхронный		Асинхронный	
8	Напряжение, В	380		380	
9	Способ включения в сеть	Через инвертор		Тиристорный	
10	Система регулирования мощности	Pitch		Stall	
11	Регулирование числа оборотов	Две ступени		Две ступени	
12	Высота башни, м	18		34	

На рис. 4 и рис. 5 изображен график динамической зависимости вырабатываемой мощности ветровым генератором от скорости ветра.

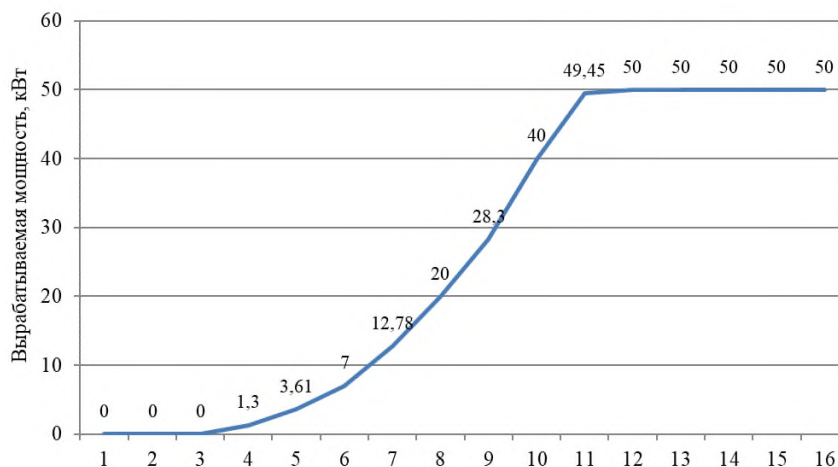


Рис. 4 - График зависимости вырабатываемой мощности от скорости ветра для ветрового генератора номинальной мощностью 50 кВт

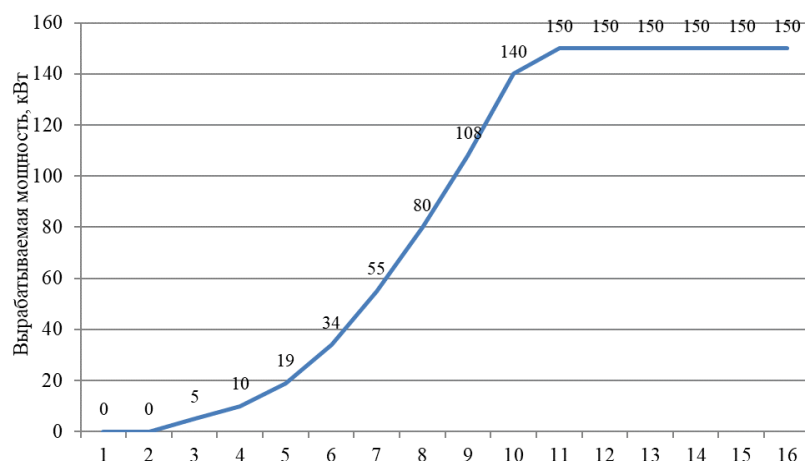


Рисунок 5 - График зависимости вырабатываемой мощности от скорости ветра для ветрового генератора номинальной мощностью 150 кВт

Мощность, вырабатываемая ВЭУ, определяется следующим выражением:

$$P_{ВЭУ}(V) = 0,125 \cdot \rho \cdot V(t)^3 \cdot \pi \cdot D_{БК}^2 \cdot \eta_{аэп} \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{эл} \quad (5)$$

где $\eta_{аэп}, \eta_{мех}, \eta_{эл}$ - КПД механизмов ВЭУ (аэродинамического, механического и электрического соответственно).

Расчет электроэнергии, вырабатываемой ВЭУ по повторяемости скоростей ветра за период T :

$$W_{ВЭУ}(T) = \sum_{i=1}^{P^{rp}} [P_{ВЭУ}(V^{-h\delta}) t(\Delta V_i^{rp})] T \quad (6)$$

где P^{rp} - количество градаций (диапазонов) повторяемости скоростей ветра; T - период наблюдения, ч; $V^{-h\delta}$ - средняя скорость i -ой градации (интервала), м/с, пересчитанная на высоту башни ВЭУ; ΔV_i^{rp} - повторяемость скоростей ветра ΔV диапазона, ед.

В табл. 5 приведены результаты расчета электрической энергии, вырабатываемой ВЭУ Condor Air, мощностью 50 кВт и Wind World W2700, мощностью 50 кВт.

Таблица 5 - Зависимость выработки электроэнергии на ВЭУ от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	Мощность генератора, кВт		Количество часов работы ВЭУ, час.	Выработка электроэнергии, кВт·ч	
	50	150		50	150
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	5	534	0,0	2670,0
4	1,3	10	1152	1497,6	11520,0
5	3,61	19	312	1126,3	5928,0
6	7	34	969	6783,0	32946,0
7	12,78	55	132	1687,0	7260,0
8	20	80	414	8280,0	33120,0
9	28,3	108	15	424,5	1620,0
10	40	140	165	6600,0	23100,0
11	49,45	150	6	296,7	900,0
12	50	150	27	1350,0	4050,0
14	50	150	24	1200,0	3600,0
16	50	150	12	600,0	1800,0
Итого			3762	29845,1	128514,0

Оценка экономической эффективности использования ВЭУ

Как уже было сказано выше, ВЭУ будет вырабатывать электроэнергию параллельно с сетью во избежание проблем с перебоями электроснабжения. Такая схема (см. рис. 3) реализуется без использования аккумуляторов с инвертором, имеющим функцию синхронизации. Во время остановки, не использования ВЭУ, электроснабжение будет осуществляться через АВР сетью, через блок

синхронизации с сетью 0,4 кВ. Стоимость выбранных ВЭУ указана в табл. 6 и табл. 7 без учета проектных, строительно-монтажных работ, пусковых, транспортных расходов и расходов на эксплуатацию, на момент составления отчета и может изменяться в зависимости от курсовых валютных колебаний.

Таблица 6 - Данные о стоимости ВЭУ Condor Air 380/50 [10]

Стоимость комплекта ВЭУ	Значение
Стоимость ВЭУ Condor Air 380/50, тыс. руб	2 300 000
Контроллер ENERGYWIND 10 кВт (48В) (5 шт.)	100 000
Мачтовый комплект	37 000
Инвертор МАП SIN DOMINATOR UPS 20 кВт (48В) (3 шт.)	1 071 000
Итоговая стоимость ВЭУ, тыс. руб	3 508 000

Таблица 7 - Данные о стоимости ВЭУ Wind World W2700 [10]

Стоимость комплекта ВЭУ	Значение
Стоимость ВЭУ Wind World W2700, тыс. руб	4 300 000
Контроллер ENERGYWIND 10 кВт (48В) (15 шт.)	300 000
Мачтовый комплект	74 000
Инвертор МАП SIN DOMINATOR UPS 20 кВт (48В) (8 шт.)	2 856 000
Итоговая стоимость ВЭУ, тыс. руб	7 530 000

Курсы валют учитывались на 28.11.2022 по данным Национального Банка РТ: 1 ₸ = 0.1635 таджикских сомони.

Экономия от внедрения ВЭУ мощностью 50 кВт в год:

$$\mathcal{E}_{\text{ВЭУ}} = W_{\text{ВЭУ}} \cdot t = 29845,1 \cdot 0,2651 = 7911,93 \text{ тыс. сомони} \quad (7)$$

где: $W_{\text{ВЭУ}}$ - количество электроэнергии, вырабатываемой ВЭУ, кВт; t - тариф на электроэнергию в базовом 2022 г. для населения составляет 0,2651 сомони/кВт·ч;

При стоимости комплекта ВЭУ мощностью 50 кВт: 3 508 000 руб. или 573 558 тыс. сомони, простой срок окупаемости составит:

$$T_{\text{ВЭУ}} = \frac{C}{\mathcal{E}_{\text{ВЭУ}}} = \frac{573558}{7911,93} = 72,49$$

Срок окупаемости ВЭУ более 72 лет.

Результаты расчета экономических показателей для ВЭУ мощностью 150 кВт приведены в табл. 8.

Таблица 8 - Данные расчёта экономической эффективности ВЭУ

№ п/п	Мощность генератора, кВт	Годовая экономия, сомони	Инвестиции, сомони	Срок окупаемости, лет
1	50	7911	573558	72
2	150	34069	1231155	36

Расчеты показали низкую окупаемость ВЭУ средней мощности (36...72 г.). Это связано с тем, что необходимое значение скорости ветра для эффективной работы ВЭУ ($V_{\text{ВЭУ}} \geq 12$ м/с – см. табл. 5) наблюдается в недостаточно продолжительные промежутки времени (в итоге показатель КИУМ ВЭУ не превышает 15 %). Это уменьшает значение выдаваемой мощности и, соответственно, электроэнергии, снижая тем самым положительный эффект от реализации ВЭУ. Другая причина экономической неэффективности ВЭУ состоит в потребности в дорогостоящем дополнительном оборудовании (контроллеры и инверторы см. табл. 6 и 7), а также достаточно низкая стоимость электроэнергии (0,2651 сомони /кВт·ч): при увеличении стоимости электроэнергии в 10-15 раз срок окупаемости установки составит ~13-15 лет. Поэтому реализация ВЭУ в объекте с экономической точки зрения нецелесообразна, но достаточно актуальна с социальной точки зрения ввиду ограничения, лимиты и отключение электроэнергии.

Выводы

В результате проведенной работы был разработан алгоритм выбора оборудования энергоустановки на базе ВЭУ, работающей в параллель с сетью. На примере группы сельских потребителей, находящихся в поселке Лолаги Файзабадского района, произведено его тестирование. Приведенные критерии алгоритма позволили обосновать решения, принятые по выбору основного оборудования энергоустановки (ВЭУ, контроллер и инвертор). Также была проведена оценка эффективности инвестиций в ВЭУ, основанная на расчете и определении простого срока окупаемости. По ее результатам сделан вывод об экономической целесообразности предложенных решений. Алгоритм может быть полезен для различных категорий потребителей, которые планируют применять рассмотренные ВЭУ для обеспечения электроснабжения.

Литературы:

1. 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.
2. 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.
3. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, 2018. - 192 с.
4. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: учебник / Б.И. Кудрин. - РнД: Феникс, 2018. - 382 с.
5. Ахмедов Х.М., Каримов Х.С., Кабутов К. Возобновляемые источники энергии в Таджикистане: состояние и перспективы развития // Физико-Технический институт им. С.У. Умарова Академии наук Республики Таджикистан. Душанбе, 2010. – 30 с.
6. Погода в Чормагзаке [Электронный ресурс] // Расписание погоды. – Режим доступа: http://rp5.ru/archive/Погода_в_Чормагзаке (дата обращения: 20.10.2022 г.).
7. Эльбазуров А.Р., Титова Г.Р. Критерии оценки использования ветроэнергетики в системе электроснабжения в селе Каргалинская Чеченской Республики. В сборнике: Фёдоровские чтения - 2020: L Международная научно-практическая конференция с элементами научной школы. 2020. С. 419-425.
8. Condor Air – производитель ветровых турбин малой и средней мощности [Электронный ресурс]. URL: <http://ust.su/solar/catalog/windmills/5512/> (дата обращения: 20.10.2022).
9. Wind World W2700 – производитель ветровых турбин малой и средней мощности [Электронный ресурс]. URL: <https://en.wind-turbine-models.com/turbines/238-wind-world-w2700> (дата обращения: 20.10.2022).
10. Контроллеры заряда для ветрогенератора EnergyWind [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energywind.ru/katalog/kontrollery-zarjada-dlja-vetrogeneratora> (дата обращения: 20.10.2022).

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРОВ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Саидзода Хушдил Саид	Саидзода Хушдил Саид	Saidzoda Khushdil Said
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
khushdil.sangov@mail.ru		
https://orcid.org/0000-0002-5791-6517		
TJ	RU	EN
Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Ismoilov Firdavs Olimshoevich
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
ismoilovFO@yandex.com		
https://orcid.org/0000-0001-8614-6331		

КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВОЛЮЦИОННОГО АЛГОРИТМА

Махмадджонов Ф.Д.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Прогнозирование нагрузки является важным компонентом системы управления энергопотреблением в энергосистемах. Точное прогнозирование нагрузки помогает электроэнергетическим компаниям принимать решения об использовании энергоблоков, сокращать резервную мощность и правильно планировать режимы работы энергосистем. Помимо того, что краткосрочное прогнозирование электропотребления играет ключевую роль в снижении стоимости производства, оно также важно для устойчивой и надежной работы всей энергосистемы. Точность прогнозирования напрямую влияет на надежность, экономичность работы и качество энергоснабжения энергосистемы. Для повышения точности прогнозирования электропотребления, актуальным является выбор подходящего метода прогнозирования. В работе предложено оптимизация метода роя частиц для улучшения работы метода опорных векторов, получена регрессионная модель метода опорных векторов, также метода опорных векторов с оптимизацией метода роя частиц.

Ключевые слова: прогнозирование, электропотребление, метод опорных векторов, модель, электроснабжения, мощность, система.

SHORT TERM FORECASTING ELECTRICAL LOADS USING EVOLUTIONARY ALGORITHM FOR THE POWER SYSTEM OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Mahmadjonov F.D.

Load forecasting is an important component for power system energy management system. Precise load forecasting helps the electric utility to make unit commitment decisions, reduce spinning reserve capacity and schedule device maintenance plan properly. Besides playing a key role in reducing the generation cost, it is also essential to the reliability of power systems. Short-term load forecasting is important basis of economically running. The forecasting precision will directly affect the reliability, economy running and supplying power quality of power system. So finding an appropriate load forecasting method to improve the accuracy of precision has important application value. Paper proposed particle swarm optimization (PSO) to improve working support vector machine (SVM), SVM regression model is derived; also derived SVM with PSO.

Key words: forecasting, power consumption, support vector machine, model, power supply, power, system.

ДУРНАМОИ КЎТОҶМУДДАТИ БОРИ ЭЛЕКТРИКИИ СИСТЕМАҶОИ ЭНЕРГЕТИКИИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН БО ИСТИФОДА АЗ АЛГОРИТМИ ЭВОЛЮТСИОНӢ

Маҳмадҷонов Ф.Д.

Дурнамои истеъмоли бори электрикӣ ҷузъи муҳими идоракунии системаҳои энергетикӣ мебошад. Дурнамои дақиқи бори электрикӣ имконияти самаранок истифода намудани захираи агрегатҳо ва банақшагирии дурусти речахоро дар шабакаҳои барқӣ таъмин менамояд. Ғайр аз нақши асосӣ дар кам намудани арзиши истеҳмоли неруи барқ, дурнамои кӯтоҳмуддат барои кори устувору боэътимоди тамоми системаи энергетикӣ низ аҳамияти калон дорад. Дурнамои дуруст бевосита ба эътимодноӣ, самаранокӣ ва сифати таъминоти нерӯи барқ дар системаи энергетикӣ таъсир мерасонад. Барои баланд бардоштани дурнамои дақиқӣ истеъмоли неруи барқ, интихоби усули мувофиқи дурнамо муҳим аст. Дар мақола оптимизатсияи усули тӯдаи зарраҳо барои беҳтар кардани кори усули базавии векторӣ пешниҳод карда шуда, модели регрессионии усули базавии векторӣ, инчунин усули базавии векторӣ бо оптимизатсияи усули тӯдаи зарраҳо дарёфт карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: дурнамо, истеъмоли нерӯи барқ, усули базавии векторӣ, модел, таъминоти барқ, нерӯ, система.

Введения

В настоящее время для электроэнергетической системы Республики Таджикистан (ЭЭС РТ) актуальными вопросами является прогнозирование электропотребления, так как в стране быстрыми темпами идет строительство крупных заводов, фабрик и многоэтажные жилые дома. Суммарная установленная мощность электростанций в ЭЭС РТ составляет 6176 МВт (гидроэлектростанция – 5578, тепловая – 598 МВт) с годовой выработкой электроэнергии 20 млрд. кВт/ч.

Также в зимний период года в ЭЭС РТ наблюдается нехватка электроэнергии, из-за уменьшения течение воды на реке Вахш. Пик спроса на электроэнергию приходится на зимний период года, в котором электричество используется для создание тепла в домах. ЭЭС РТ разделено на три части: Южная часть, Центральная и Северная часть [1].

Область Сугд является промышленным, в котором потребления электрической энергии увеличивается за счет строительства новых заводов. Выполнения прогнозирование электропотребления потребителей Северной части ЭЭС РТ является актуальным, так как пропускная способность линии электропередачи (ЛЭП) Душанбе-Сугд напряжением 500 кВ с каждым годом снижается. Также в области Сугд выработка электрической энергии выполняется только на Кайрокумской гидроэлектростанции (ГЭС) мощностью 126 МВт [2].

По вопросу прогнозирования суточных графиков электрических нагрузок в энергосистеме Республики Таджикистан проведено исследование на основе метода главных компонент. Этот метод прогнозирования используется для прогнозирования долгосрочных суточных графиков электрических нагрузок [3,6]. Для энергосистемы Таджикистана актуальными проблемами являются краткосрочное прогнозирование суточных графиков электрических нагрузок потребителей Северной части энергосистемы [7].

В настоящее время в работе осуществлено прогнозирование краткосрочного суточного графика электрической нагрузки потребителей Северной части энергосистемы Таджикистана осуществлено на основе метода опорных векторов. Так как этот метод имеет наименьшую погрешность и широко применяется для краткосрочного прогнозирования потребителей энергосистем.

Метод опорных векторов (SVM) — это набор методов классификации и регрессии, изобретенный Владимиром Н. Вапником в 1995 г. [8], которую возможно использовать как для классификации, так и для регрессионных нелинейных моделей. По сравнению с другими методами SVM имеет меньше параметров-кандидатов вместо исходных ограничений неравенства и ограничений равенства, уменьшает некоторые факторы неопределенности, ее функция потерь, непосредственно определяемая как сумма квадратов ошибок, оптимизация ограничений неравенства в ограничения равенства, тем самым квадратичная задача программирования в решении линейных уравнений, снижает вычислительную сложность, скорость решения.

Принцип минимизации, структура, а также цели оптимизации методе LS-SVM можно выразить как [9]:

$$\min J = \frac{1}{2} \|\omega\|^2 + \frac{1}{2} C \sum_{i=1}^l e_i^2 - \sum_{i=1}^l \alpha_i (\omega^T \varphi(x_i) + b + e_i - y_i) \quad (1)$$

Нелинейное выражении для модели прогнозирования будет иметь следующий вид:

$$y = \sum_{i=1}^l \alpha_i K(x_i, x) + b \quad i = 1, \dots, l \quad (2)$$

где: α, b - линейные коэффициенты, которые можно получить, решив уравнение (4); $K(x_i, x_j)$ - ядро функция, которая учитывает нелинейное отображение из входного пространства к высокой размерности пространства признаков; e_i - ошибка, $e \in R^{l \times 1}$ ошибки вектора; ω - вектор весов зазоров между кластерами (вектор коэффициентов разделения кластеров); C - параметр регуляризации, который контролирует ошибки; $\alpha \in R^{l \times 1}$ - множители Лагранжа; $y_i \in R$ - ожидаемое значение прогнозируемой суммы общее число точек известных данных; $\varphi(x)$ - нелинейное отображение входного пространства признаков в пространство более высокой размерности.

В качестве функции ядра часто используются следующие: линейные, полиномиальные, радиально-базисные, сигмовидные и функции Фурье. Радиально-базисные функции имеют следующие преимущества: а) представления простых, даже для нескольких переменных входных; б) радиальная симметрия, гладкость, т.е. существуют производные любого порядка; в) функция простого разложение, который облегчает теоретический анализ.

В данной работе в качестве функции ядра в регрессионной модели используются радиально-базисная функция следующего вида:

$$K(x, x_i) = \exp(-\|x - x_i\|^2 / \sigma^2) \quad (3)$$

где: X , - m -мерный входной вектор; σ - стандартизированный параметр, определяющий разброс функции вокруг центральной точки; X_i - m -мерный вектор координат центра рассеяния; $\|x - x_i\|$ -

норма вектора $X - X_i$, определяет расстояние между X и X_i . Радиальная базисная функция нелинейного преобразования обрабатывает нелинейные взаимосвязи между входной выборкой исходных данных в многомерном пространстве и выходной выборкой признаков в пространстве более высокой размерности. Коэффициент разброса (ширины) ядра σ отражает степень корреляции между обучающей выборкой входного пространства и вектором пространства признаков. При малых значениях σ ослабляются опорные векторы и усложняется процедура обучения (относительно сложные машины обучению), обобщающая способность не может быть гарантирована. При больших значениях σ опорный вектор оказывает слишком сильное воздействие на регрессионную модель и в результате трудно добиться достаточной точности прогнозирования.

Оптимизация роя частиц основанный на процедуре инициализации группы частиц, и последующем поиске оптимального решения методом итераций [10]. Выбор начальной группы частиц

случаен. Частицы должны быть расположены на всем пространстве решений, чтобы повысить вероятность определения глобального оптимума. Чем больше число частиц, тем вероятнее найти глобальное оптимальное решение, но при этом увеличивается время поиска.

Каждая частица определяется ее собственной скоростью полета положением в пространстве поиска. Предположим, что d - размерность в пространстве поиска; m - количество частиц, образующих популяцию; положение i -й частицы в d -мерном пространстве поиска определяется d -мерным вектором $z_i = (z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})$, $i = 1, 2, \dots, m$; скорость полета i -й частицы в d -мерном пространстве поиска, обозначается как $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{id})$; текущее положение i -й частицы в процессе поиска выражается как $p_{id} = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{id})$; оптимальное глобальное положение всей популяции будем обозначать как $p_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gd})$.

Для обновления скорости частицы и ее положения используется следующие соотношения [20,21]:

$$v_{id} = wv_{id} + c_1r_1(p_{id} - z_{id}) + c_2r_2(p_{gd} - z_{id}) \quad (4)$$

где, w - весовой коэффициент инерции; C_1 и C_2 - две неотрицательных константы называемыеся ускорениями; r_1 и r_2 случайные числа в диапазоне (0, 1).

Алгоритм оптимизации параметров C и σ в прогнозной модели LS-SVM показано на рисунке 1.

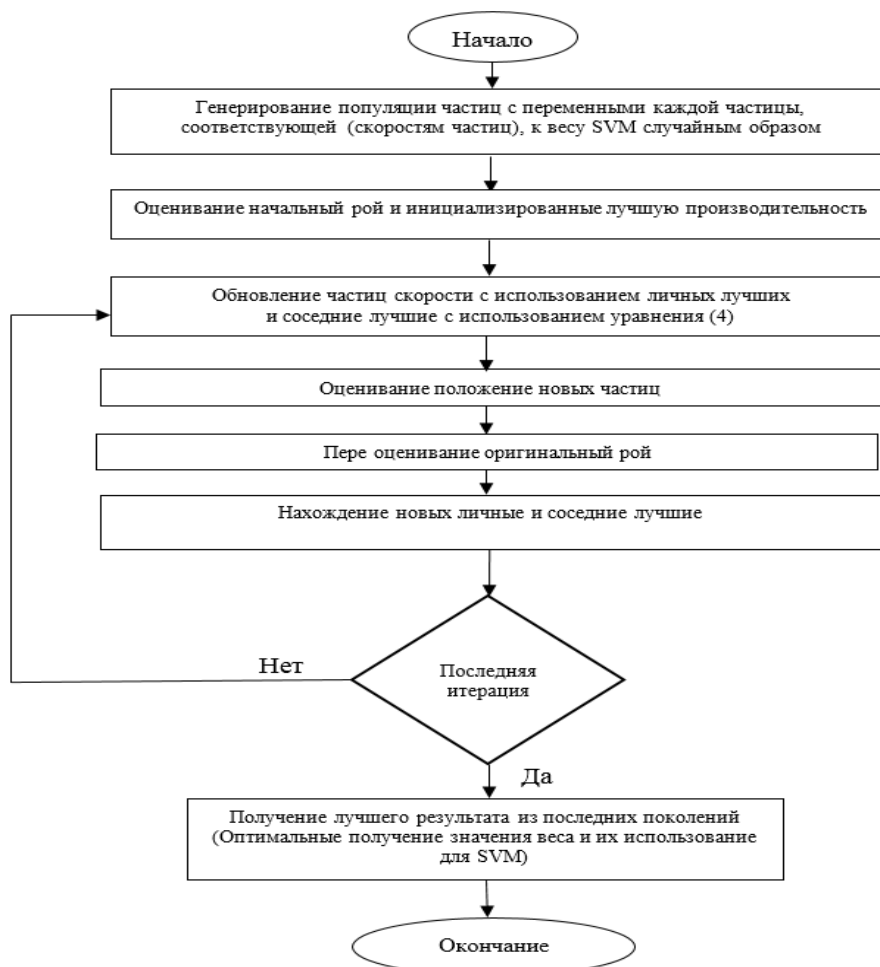


Рисунок 1- Блок-схема алгоритма оптимизации параметров C и σ в прогнозной модели LS-SVM

Выбор параметров σ и C в методе LS-SVM основывается на результатах опыта. В данной работе параметры функции ядра и параметры регуляризации выбираются как $\sigma = 2$, $C = 30$, соответственно. В работе [11] принимались значения $\sigma = 7,27$ и $C = 9079,14$.

Матрица входных данных содержит: статистические данные суточных графиков электрической нагрузки, среднее освещенности за сутки, типа дня, максимальной, минимальная и средней температуры воздуха за сутки. Выход представляет значение суточного графика электрической нагрузки в день прогнозирования. Выбор исходных данных за исследуемый год разбивается по сезонам: весна, лето, осень и зима. Данные о суточных графиках электрической нагрузки за 2020 годы рассматривались как обучающий выбор.

Вследствие различия величин исходных данных они нормализуются. Нормализация типа дня (рабочий день и выходной), с понедельника по пятницу (рабочие сутки) принимается как 1, суббота и воскресенье принимается как 0.

Нормализация температурных данных выполняется по выражению:

$$\theta'_{ij} = (\theta_{ij} - \theta_{j\min}) / (\theta_{j\max} - \theta_{j\min}), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (5)$$

Где: θ_{ij} - фактическая температура; $\theta_{j\min}$, $\theta_{j\max}$ - минимальная, максимальная температура; θ'_{ij} - нормализованная температура.

Средой моделирования является MATLAB2011a. Результаты прогнозирования и фактическая нагрузка за сутки в зимний и летний режим ЭЭС РТ показаны на рис. 2, 3. В таблице 1, 2 приведены данные по погрешностям прогнозирования в виде средней абсолютной ошибки (MAPE) в процентах.

$$MAPE = \frac{|P^{\text{прогн}} - P^{\text{факт}}|}{P^{\text{факт}}} \cdot 100\%$$

Таблица 1 - Погрешности прогнозирования суточных графиков нагрузки по модели SVM для разных сезонов года при $\gamma = 30$, $\sigma = 2$

Время года	Лето	Зима
Погрешность (MAPE) %	0,53198	0,51777
Среднее значение погрешности (MAPE) 0,0781%		

Таблица 2 - Погрешности прогнозирования суточных графиков нагрузки по модели PSO-SVM для разных сезонов года

PSO-SVM		
Время года	лето	зима
γ	139,0221	76,5445
σ	6,1524	9,564
MAPE%	0,051987	0,042662
Среднее значение погрешности (MAPE) 0,0691 %		

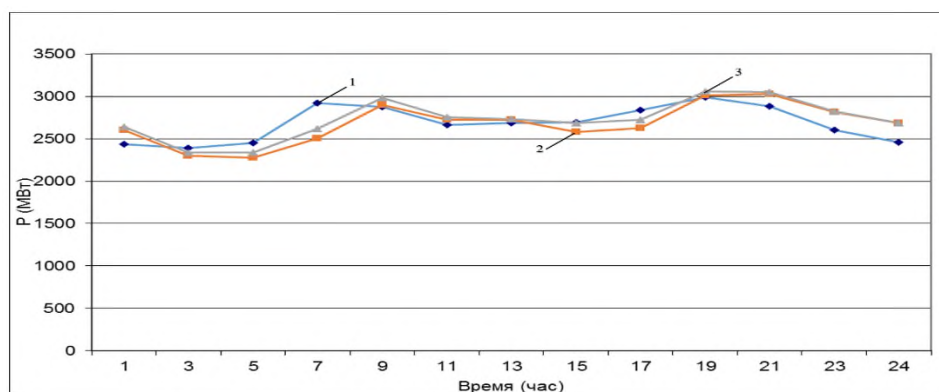


Рисунок 2 - Пример прогнозирования суточного графика электрической нагрузки на 15/01/2020 (1- Фактическое потребление ЭЭС РТ, 2- прогноз SVM, 3- прогноз PSO-SVM (MAPE= 4.2662%).

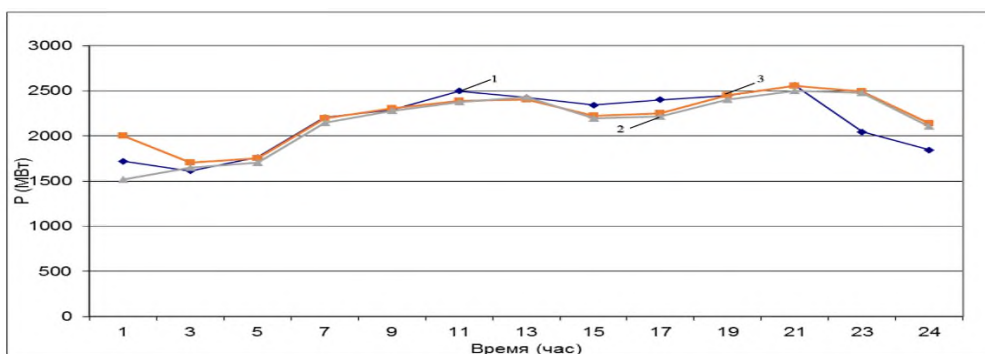


Рисунок 3 - Пример прогнозирования суточного графика электрической нагрузки на 15/07/2020 (1- Фактическое потребление ЭЭС РТ, 2- прогноз SVM, 3- прогноз PSO-SVM (MAPE= 5.1987%).

Выводы

В данном исследовании была разработана SVM с моделью PSO для прогнозирования краткосрочного потребления электроэнергии для диспетчерской службы ЭЭС РТ. Результаты показали, что SVM с PSO можно успешно применять для точного и надежного прогнозирования электроэнергии.

Учитывание фактора температуры в зависимости от исследуемого дня времени года, улучшает качество прогнозирования при использовании SVM с алгоритмом PSO для ЭЭС РТ.

Результаты прогнозирования, представленные в таблице 1 и таблице 2, показывают, что ошибка прогнозирования для всех сеансов почти одинакова, это указывает на то, что SVM является надежным и стабильным методом. Однако, необходимо отметить, что в ходе исследования также было выявлено, что ошибка в таблице 2 меньше, чем ошибка в таблице 1, и следовательно это показывает, как PSO алгоритм улучшил производительность SVM.

Литература:

1. Информационный сайт Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.mewr.tj/>.
2. Надтока И.И., Ф.Д. Махмадджонов. Исследование режимов работы в энергосистеме Таджикистана при управлении конденсаторными установками на подстанциях 500 кВ Душанбе и Сугд. Изв. вузов. Электромеханика. – 2015. -№ 6 (542).- С. 88-92.
3. И.И. Надтока, Ф.Д. Махмадджонов. Прогнозирование максимальных электрических нагрузок для Северной части энергосистемы Республики Таджикистан на основе метода главных компонент. Современные энергетические системы и комплексы и управление ими материалы XIII Междунар. Науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 24 июня 2015 г. //Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ) им. М. И. Платова. – Новочеркасск, 2015. – С. 55-60
4. Надтока И.И., Ф.Д. Махмадджонов. Анализ взаимосвязей главных компонент ортогонального разложения с формой суточного графика электрической нагрузки. Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. - 2016. -№4. – С. 46-50.
5. Махмадджонов Ф.Д., Б.М. Гиёев, Х.С. Сангов, С. Холмухаммадзода. Прогнозирование максимальных суточных графиков нагрузки энергосистемы Таджикистана на основе регрессионных моделей. Вестник Таджикского технического университета. – 2020. – №2 (50). – С. 37-42.
6. А.М. Дубров. Обработка статистических данных методом главных компонент, М.:Статистика, 1978.
7. С. Sun, D. Gong, "Support vector machines with PSO algorithm for short-term load forecasting", in Proc. of IEEE Int. Conf. on Networking, Sensing and Control, 2006, pp. 676-680.
8. Vapnik, Vladimir N.; and Cortes, Corinna; "Support-Vector Networks", Machine Learning, 20,1995. <http://www.springerlink.com/content/k238jx04hm87j80g/>
9. Stefan Rueping and Katharina Morik, "Support vector machines and learning about time", Proc. of IEEE ICASSP'03, Hong Kong, 2003.
10. J.-R. Zhang, J. Zhang, T.-M. Lok, M. R. Lyu, "A hybrid particle swarm optimization-back propagation algorithm for feed-forward neural network training", Applied Mathematics and Computation, vol. 185, 2007, pp. 1026-1037.
11. Надтока И. И., Аль-Зихери Баласим М. Краткосрочное прогнозирование нагрузки с помощью теории наименьших квадратов опорных векторов (LS-SVM) // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6., С. 3-6.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ-INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Махмадҷонов Фируз Додарҷонович	Махмадҷонов Фируз Додарҷонович	Mahmadjonov Firuz Dodarjonovich
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
firuz_7773@mail.ru		

УДК 621.313

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГИДРОГЕНЕРАТОРА МАЛЫХ ГЭС ПУТЕМ КОНТРОЛЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ

Гуламов Ш.Р., Гуломзода К.Х., Диёрзода Р.Х., Сафаров М.И.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Предложен метод косвенного определения неисправностей механической части гидрогенератора путем контроля электрических, механических и гидравлических параметров гидроагрегата. Разработана математическая модель турбины и синхронного генератора, работающего параллельно с сетью. Получены графики переходных процессов гидроагрегата в момент возникновения поломок и дефектов механической части. Предложена система защиты гидроагрегата от поломок и дефектов механической части. Описана работа системы защиты от механических поломок или попадания инородного тела в гидротурбину гидроагрегата, работающего параллельно с сетью.

Ключевые слова: гидротурбина, синхронный генератор, контроль электрических и механических параметров, функциональная схема, система защиты.

МУАЙЯН КАРДАНИ НАКСХОИ ҚИСМИ МЕХАНИКИИ ГИДРОГЕНЕРАТОРИ ГЭС-ҶОИ ХУРД БО НАЗОРАТИ ПАРАМЕТРҲОИ ОН.

Гуломов Ш.Р., Гуломзода К.Х., Диёрзода Р.Х., Сафаров М.И.

Усули бавосита муайян кардани камбудихои қисми механикии гидрогенератор тавассути назорати параметрҳои электрикӣ, механикӣ ва гидравликии гидроагрегат пешниҳод шудааст. Модели математикии турбина ва генератори синхронӣ дар баробари сетъ коркунанда тартиб дода шудааст. Графикҳои процессҳои гузарандаи гидроагрегат дар вақти ба амал омадани вайроншавӣ ва нуксонҳои қисми механики ба даст оварда шудаанд. Системаи аз вайроншавӣ ва нуксонҳои қисми механикӣ муҳофизат намудани гидроагрегат пешниҳод карда шудааст. Қори системаи муҳофизат аз вайроншавии механики ё ба турбинаи гидравликии гидроагрегат, ки дар баробари сетъ кор мекунад, дохил шудани ҷисми бегона тавсиф карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: турбинаи гидравликӣ, генератори синхронӣ, назорати параметрҳои электрикӣ ва механикӣ, диаграммаи функционалӣ, системаи муҳофизат.

IDENTIFICATION OF MALFUNCTIONS OF THE MECHANICAL PART OF THE HYDROGENERATOR OF SMALL HPPS BY CONTROL OF ITS PARAMETERS

Gulamov Sh.R., Gulomzoda K.Kh., Diyorzoda R.Kh., Safarov M.I.

A method is proposed for indirect determination of faults in the mechanical part of the hydro generator by monitoring the electrical, mechanical and hydraulic parameters of the hydro unit. A mathematical model of a turbine and a synchronous generator operating in parallel with the network has been developed. Graphs of transient processes of the hydraulic unit at the time of occurrence of breakdowns and defects of the mechanical part are obtained. A system for protecting the hydraulic unit from breakdowns and defects in the mechanical part is proposed. The operation of the system of protection against mechanical breakdowns or the ingress of a foreign body into the hydraulic turbine of a hydraulic unit operating in parallel with the network is described.

Key words: hydraulic turbine, synchronous generator, control of electrical and mechanical parameters, functional diagram, protection system.

Одним из направлений развития альтернативной электроэнергетики является использование одиночных установок для преобразования гидравлической энергии в электрическую. Основными причинами использования таких гидроагрегатов являются: отсутствие традиционных электрических сетей в удалённых и труднодоступных районах местности, надёжность электроснабжения в случаях протяжённых сетей малой мощности, рост тарифов на электроэнергию.

Подобные одиночные гидроагрегаты после монтажа и запуска в работу, как правило, постоянно не наблюдаются и не обслуживаются квалифицированным персоналом. При этом сами установки являются достаточно сложными электротехническими комплексами, включающими в себя гидравлические и сопряжённые с ними электрические машины [1].

Известно, что для контроля защиты от аварийных режимов механической части электротехнического комплекса, имеющего в своем составе электрическую машину, можно использовать косвенные методы, основанные на измерении электрических параметров рассматриваемой электротехнической системы [2, 3].

Для разработки математической модели гидротурбины с напорным трубопроводом и синхронного генератора с целью моделирования работы гидроагрегата в аварийных режимах принимаются следующие допущения [4, 5]:

- КПД системы для всего диапазона регулирования принята постоянной;
- абсолютная жесткая стенка водовода;
- пренебрегается сжатием воды под действием высокого давления;

- магнитная проницаемость сердечников статора и ротора машины принимается равной бесконечности, что позволяет использовать принцип наложения при определении результирующего магнитного поля в зазоре;

- не учитывается явление вытеснения тока в обмотках статора и индуктора;

- распределение магнитных индукции и МДС обмоток статора и возбуждения вдоль окружности считается синусоидальным с пространственным полупериодом, равным полюсному делению;

- магнитопровод и обмотки машин симметричны, т. е. магнитопровод имеет одинаковые очертания на всех полюсных делениях, обмотки статора и возбуждения идентичны для всех полюсов машины, распределенные вдоль окружности ротора и демпферные обмотки могут быть представлены сосредоточенными короткозамкнутыми контурами в продольной и поперечной осях ротора;

- трехфазная якорная обмотка машины принимается симметричной;

Полное математическое описание гидротурбины с напорным трубопроводом и синхронного генератора с демпферными обмотками с достаточной точностью описывается системой дифференциальных уравнений (1) [4, 5] и отличается от стандартного тем что в уравнении движения электропривода (1) учитывается момент связанной с механическими поломками или попадания инородного тела в гидротурбину.

$$\left\{ \begin{array}{l} P_T = 9,81HQ\eta_T; \\ H = H_H + \Delta H - h_{\text{пот}}; \\ \Delta H = -\frac{L}{gS} \frac{dQ}{dt}; \\ h_{\text{пот}} = Ak_1 L Q^2; \\ \mu = \mu_{\text{на}} - \mu_{\text{цен}}; \\ \mu_{\text{цен}} = k_{\text{цен}} \omega; \\ k_{\text{цен}} = \frac{\Delta Q}{Q_H \omega_H}; \\ -U_a = r_1 i_a + \frac{d\psi_a}{dt}; \\ -U_b = r_1 i_b + \frac{d\psi_b}{dt}; \\ -U_c = r_1 i_c + \frac{d\psi_c}{dt}; \\ U_f = \frac{d\psi_f}{dt} + r_f i_f; \\ 0 = \frac{d\psi_{kd}}{dt} + r_{kd} i_{kd}; \\ 0 = \frac{d\psi_{kq}}{dt} + r_{kq} i_{kq}; \\ J \frac{d\omega}{dt} = M_T - M_\Sigma - \Delta M; \\ M_\Sigma = \frac{3}{2} (\psi_d i_q - \psi_q i_d), \end{array} \right. \quad (1)$$

где: P_T – мощность гидротурбины; H – напор воды в гидротурбине; Q – расхода воды проходящей через гидротурбину; η_T – КПД гидротурбины; $H_H = \text{const}$ – номинальный напор водонапорного трубопровода малого ГЭС; $h_{\text{пот}}$ – потери напора водонапорном трубопроводе; ΔH – гидравлический удар (ударное давление), представляет собой динамическое повышение или понижение давления, в напорном трубопроводе вызываемое действием инерционных сил возникающих при переходных режимах работы гидротурбины; L – длина трубопровода; S – поперечное сечение водонапорного трубопровода; g – скорость свободного падения; A – удельное сопротивление для стальных труб; k_1 – поправочный коэффициент удельного сопротивления для стальных труб; μ – гидравлическое сопротивление гидротурбины; $\mu_{\text{на}}$ – гидравлическое сопротивление, зависит от открытия задвижки водонапорного трубопровода; $\mu_{\text{цен}}$ – гидравлическое сопротивление, обусловленное действием центробежной силы; $k_{\text{цен}}$ – коэффициент расхода воды через гидротурбину; ω_H – угловая скорость вращения гидроагрегата; U_a, U_b, U_c – вырабатываемые напряжения на зажимах статора СГ; ψ_a, ψ_b, ψ_c – потокосцепления обмотки статора; i_a, i_b, i_c – токи обмотки статора; r_1 – активное сопротивление обмотки статора; r_f – активное сопротивление обмотки возбуждения; U_f – напряжение на зажимах обмотки возбуждения; i_f, ψ_f – ток и потокосцепление обмотки возбуждения; ψ_{kd}, ψ_{kq} – потокосцепление демпферной обмотки по продольной и поперечной осям; r_{kd}, r_{kq} – активное сопротивление демпферной обмотки по продольной и поперечной осям; i_{kd}, i_{kq} – токи демпферной обмотки по продольной и поперечной осям; J – момент инерции вращающихся частей гидроагрегата; M_T – момент создаваемый гидротурбиной при прохождении воды через агрегат; M_Σ – электромагнитный момент синхронного генератора; ΔM – момент создаваемый механической поломкой на валу гидроагрегата; ω – скорость вращения ротора гидроагрегата.

Первые пять строк приведённого уравнения описывают гидротурбину с напорным водоводом. 8 – 13 строки уравнения описывают синхронный генератор. Четырнадцатая строка уравнения описывает механическую часть гидроагрегата. Пятнадцатая строка описывает равновесия электромагнитного момента синхронного генератора.

На основании математической модели (1) составлена имитационная модель гидроагрегата малой ГЭС работающего параллельно с сетью для исследования аварийного режима в момент возникновения механической поломки, рисунок 1.

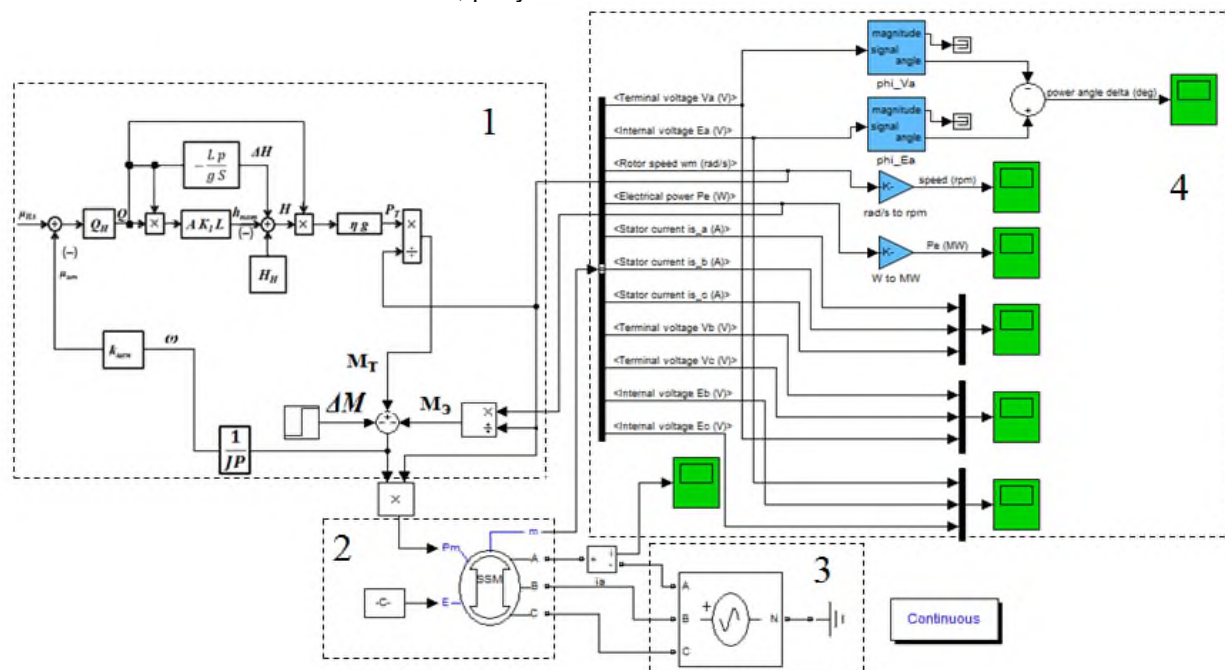


Рисунок 1 - Структурная схема имитационной модели гидроагрегата малой ГЭС работающего параллельно с сетью: где 1- структурная схема системы автоматического регулирования гидрогенератора; 2 – имитационная модель исследуемого гидрогенератора; 3 – сеть с большой мощностью; 4 – инструменты измерения и идентификации параметров гидроагрегата.

Графики переходных процессов исследуемого гидроагрегата в момент попадания инородного тела в механической части гидротурбины приведены на рисунках 2 – 5.

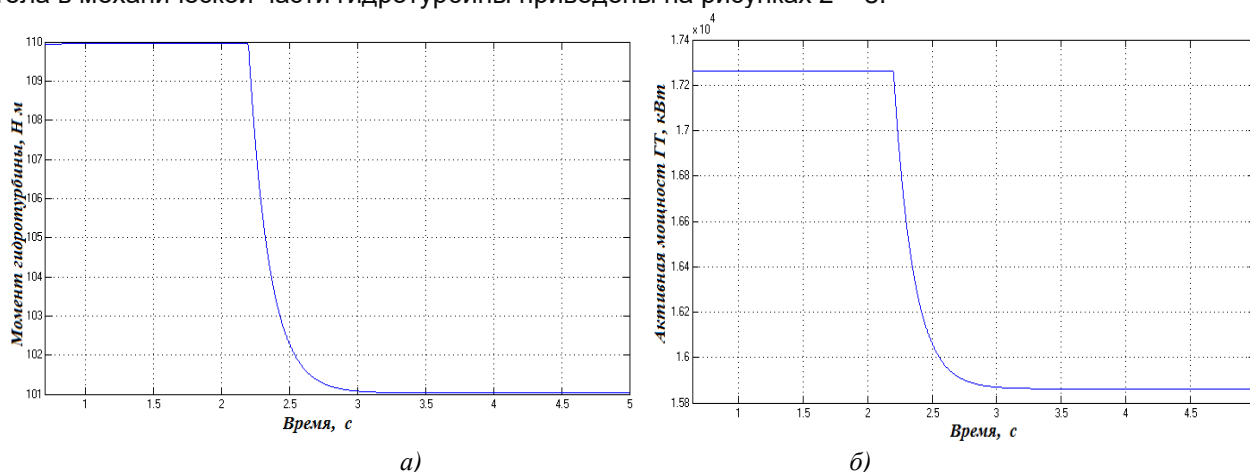


Рисунок 2 - Графики переходных процессов изменения момента гидротурбины (а) и активной мощности на валу гидротурбины (б)

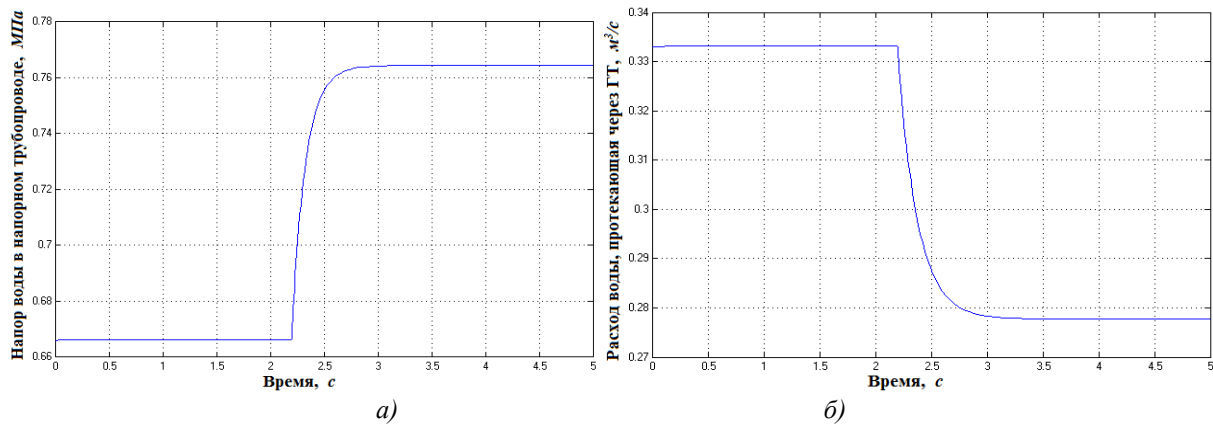


Рисунок 3 - Графики переходных процессов изменения напора воды в напорном трубопроводе (а) и расхода воды протекающей через гидротурбины (б)

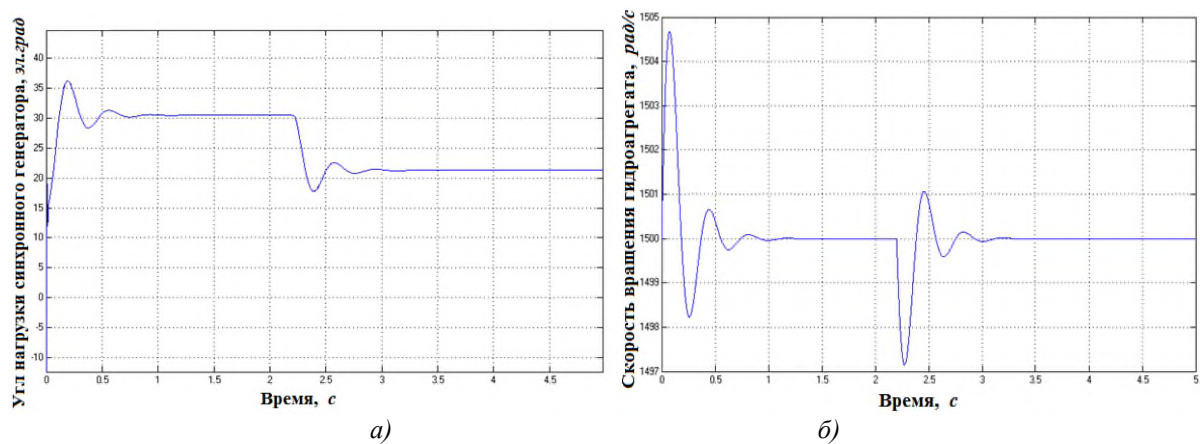


Рисунок 4 - Графики переходных процессов изменения угла нагрузки синхронного генератора (а) и скорости вращения гидроагрегата (б)

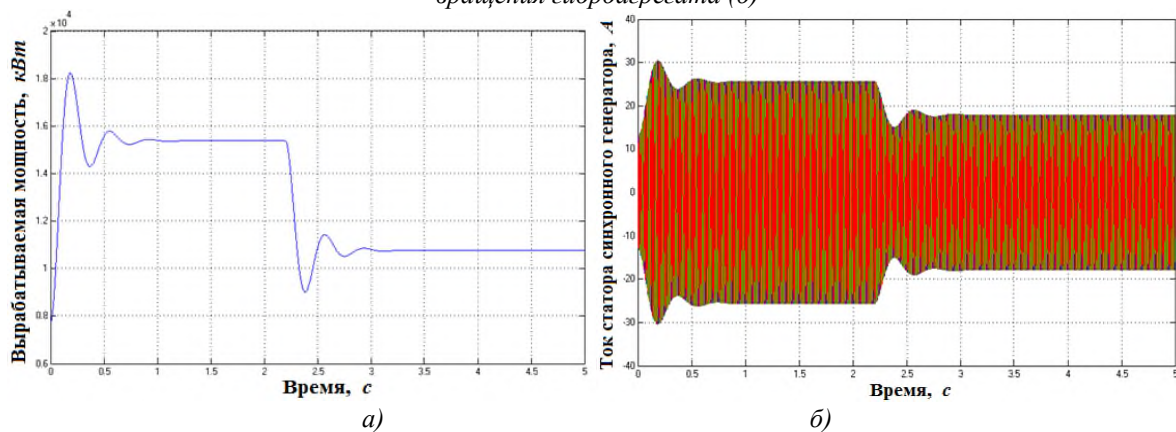


Рисунок 5 - Графики переходных процессов изменения вырабатываемой мощности (а) и трехфазного тока статора синхронного генератора (б)

Из приведенных рисунков переходных процессов следует, что в момент возникновения механической поломки или попадания инородного тела в гидротурбину уменьшается передаваемый момент гидротурбины к синхронному генератору M_T , уменьшается активная мощность гидротурбины $P_{ГТ}$, уменьшается расход воды протекающего через гидротурбину Q , увеличивается напор воды в трубопроводе H , уменьшается угол нагрузки синхронного генератора θ , уменьшаются вырабатываемая мощность $P_{сг}$ и ток I синхронного генератора. Выше приведенные изменения можно представить в виде равенства:

$$\Delta M \uparrow = \begin{cases} M_T < M_{yT} \\ P_T < P_{yT} \\ Q < Q_y \\ H > H_y \\ \theta < \theta_y \\ P_{сг} < P_{ycг} \\ I < I_y \end{cases} \quad (2)$$

где M_{yT} – установившийся значение момента гидротурбины; P_{yT} – установившийся значение мощности гидротурбины; Q_y – установившийся значение расхода воды протекающего через гидротурбину; H_y – установившийся значение напора в напорном трубопроводе; $P_{ycг}$ – установившийся значение мощности синхронного генератора; I_y – установившийся значение тока статора синхронного генератора.

Из графиков переходных процессов (рис. 2 – 5) и равенства (2) видно, что изменения параметров гидроагрегата можно фиксировать устройствами контроля гидроагрегата и использовать эти параметры для разработки новых систем защиты гидроагрегатов для предотвращения аварийных режимов при механических поломках или попадания инородного тела в гидротурбину.

Для контроля аварийных режимов предлагаемая система защиты использует следующие параметры гидроагрегатов: фазные токи статорной обмотки; давление и угол открытия задвижки водонапорного трубопровода. Функциональная схема системы защиты гидроагрегата малой ГЭС, работающего параллельно с сетью приведена на рис. 6 [6].

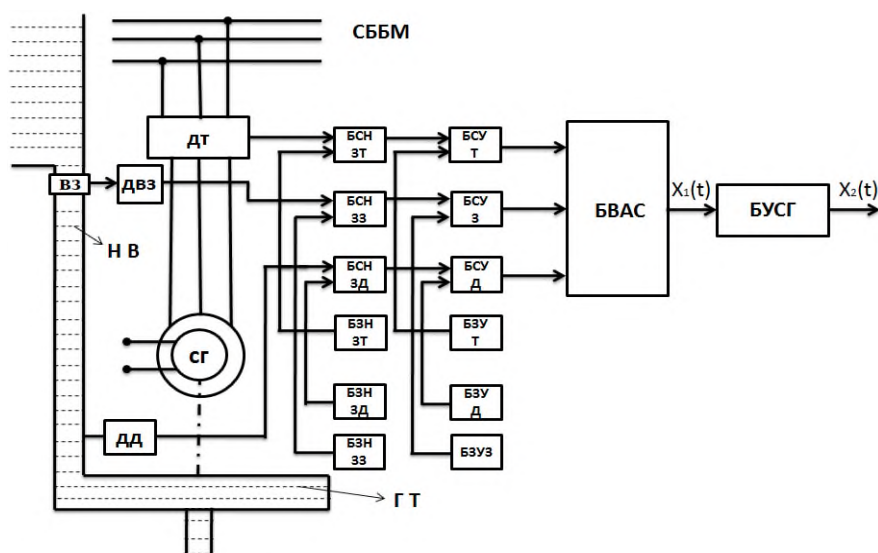


Рисунок 6 - Функциональная схема системы защиты от механических поломок и попадания инородного тела в гидротурбину гидроагрегата, работающего параллельно с сетью: где: ВЗ – водяная задвижка в напорном трубопроводе; ДТ – датчик тока статора синхронного генератора; ДВЗ – датчик угла открытия водяной задвижки; ДД – датчик давления; СГ – синхронный генератор; БЗУТ – блок задания уставки по току статора; БЗУД – блок задания уставки по давлению в напорном трубопроводе; БЗУЗ – блок задания уставки по углу открытия задвижки в напорном трубопроводе; БЗНЗТ – блок задания нормального значения тока статора синхронного генератора; БЗНЗД – блок задания нормального значения давления в напорном трубопроводе; БЗНЗЗ – блок задания нормального значения угла открытия задвижки; БСНЗТ – блок сравнения с нормальными значениями тока статора; БСНЗЗ – блок сравнения с нормальными значениями по углу открытия задвижки; БСНЗД – блок сравнения с нормальным значением давления в трубопроводе; БСУТ – блок сравнения с уставкой и определения знака отклонения по току статора; БСУД – блок сравнения с уставкой и определение отклонения по давлению в трубопроводе; БСУЗ – блок сравнения с уставкой и определения отклонения по углу открытия задвижки; БВАС – блок выработки аварийного сигнала; БУСГ – блок управления гидроагрегатом; ГТ – гидротурбина; НВ – напорный трубопровод; СББМ – сеть бесконечной большой мощности.

На рисунке 7 приведены временные диаграммы циклов: угловой скорости гидроагрегата, тока статора, давления, угла открытия задвижки в напорном трубопроводе, выходной сигнал блока выработки аварийного сигнала и блока управления гидроагрегатом.

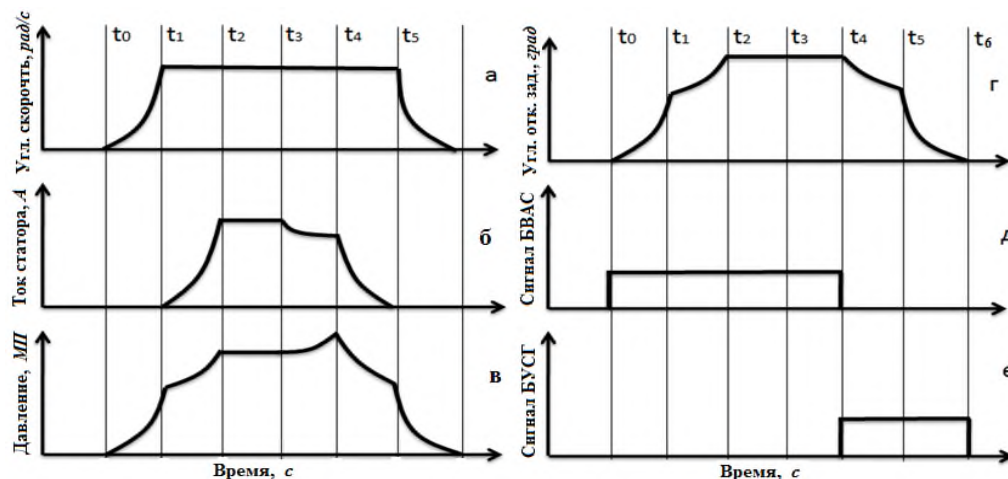


Рисунок 7 - Временные диаграммы циклов: угловой скорости ГА (а), тока статора (б), давления (в), угла открытия задвижки в напорном трубопроводе (г), выходной сигнал блока выработки аварийного сигнала (д) и блока управления ГА (е).

Система защиты синхронного гидроагрегата от механических поломок или попадания инородного тела в гидротурбину, работающего параллельно сети, функционирует следующим образом.

Включение системы (условно принято с момента времени $t = 0$) происходит по сигналу (Пуск гидротурбины), поступающему с управляющего входа схемы управления гидротурбины. Сигнал управления подается с пульта управления оператором.

На рис. 5, а приведен график изменения угловой скорости вращения гидротурбины и синхронного генератора. Весь цикл работы состоит из четырех участков:

Первый участок (t_0 до t_1) – участок разгона, где гидроагрегат движется с ускорением до момента t_1 набора номинальной скорости вращения гидроагрегата.

Второй участок (t_1 до t_2) – включение синхронного генератора параллельно с сетью и его загрузка до номинальной мощности.

Третий участок (от t_2 до t_3) – установившийся режим работы гидроагрегата.

Четвертый участок (от t_3 до t_4) – режим работы при возникновении механической поломки или попадании инородного тела в гидротурбину.

Пятый участок (от t_4 до t_5) – разгрузка синхронного генератора и отключение от сети.

Шестой участок (от t_5 до t_6) – остановка гидроагрегата.

Выходы датчиков токов давления и угла открытия задвижки являются информационными входами для системы защиты гидроагрегата, работающего параллельно с сетью при механических поломках и попадания инородного тела в гидротурбину.

Появление аварийного сигнала обеспечивается последовательным срабатыванием восьми блоков при контроле значений тока статора, угла открытия задвижки и давления в напорном трубопроводе, величины отклонения. При собственном времени срабатывания аналоговых блоков $5 \cdot 10^{-6} \dots 10^{-5}$ с, полное время срабатывания устройств будет определяться в основном собственным временем срабатывания блока управления системами гидротурбины и синхронного генератора, составляющим 0,07-0,09 с, и временем срабатывания датчика давления. Время срабатывания датчика давления составляет 0,12-0,14 с, а полное время срабатывания устройства составит 0,19-0,23 с.

Вывод

Таким образом, предлагаемая система защиты синхронного гидроагрегата, работающего параллельно с сетью при механических поломках и попадания инородного тела в гидротурбину позволяет распознать аварийную ситуацию на ранних стадиях и увеличивает быстродействие срабатывания защиты, что позволит минимизировать последствие аварии.

Литература:

1. Кипервассер М.В., Гуламов Ш.Р. Разработка системы защиты гидроагрегатов, работающих на автономную нагрузку, от механических поломок // Вестник Чувашского университета. 2016 г. – №3 (142). – с. 68-75.
2. Савельев А.Н., Кипервассер М.В., Инжелевская О.В. Распознавание аварийных ситуаций механического оборудования с электроприводом постоянного тока. / Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2011 г. №6 – С. 42-45.

3. Кипервассер М.В. Методика автоматического распознавания аварийных ситуации механического оборудования, сопряженного с электрической машиной. / Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: Сборник научных трудов Четвертой Всероссийской научно-практической конференции, г. Новокузнецк: изд-во СибГИУ, 2010 г. – С. 245-247.

4. Асарин А. Е., Бестужева К.Н. Водознергетические расчеты. – М.: Энергоатомиздат, 1986. 224 с.

5. Осин И.Л. Шакарян Ю.Г. Электрические машины: Синхронные машины: Учебное пособие для вузов по спец. «Электромеханика» / И.П. Копылов. – М.: Высшая школа, 1990. – 304 с.: ил.

6. Пат. 2566613 РФ. (51) МПК F03B 15/00 (2006.01), H02H 7/00 (2006.01). Устройство защиты гидротурбины от выхода из строя опорного подшипника / Пугачев Е.В. Кипервассер М.В. Гуламов Ш.Р.; патентообладатель Сибирский гос. индустриальный ун-т. № 201450744/06(081372); заявл. 15.12.2014; опубл. 27.10.2015, Бюл. № 30.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРОВ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Гуламов Шухрат Рухматаллоевич	Гуламов Шухрат Рахматуллоевич	Gulamov Shukhrat Rahmatullovich
н.и.т	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
Shuhrat_83_1@mail.ru		
TJ	RU	EN
Ғуломзода (Гулямов) Камол Хикмат	Гуломзода (Гулямов) Камол Хикмат	Gulomzoda (Gulyamov) Kamol Hikmat
н.и.т	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
kamol-1804@mail.ru		
TJ	RU	EN
Диёров (Диёрзода) Рустам Ҳакималиевич	Диёров (Диёрзода) Рустам Хакималиевич	Diyorov (Diyorzoda) Rustam Hakimalievich
н.и.т	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
diyorzoda@gmail.com		
https://orcid.org/0000-0001-8513-9404		
TJ	RU	EN
Сафаров Манучеҳр Исуфович	Сафаров Манучеҳр Исуфович	Safarov Manuchehr Isufovich
-	-	-
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
manu_1804@mail.ru		

УДК 621.311

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ВЫБОР СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Хабибов А.Х., Юлдашев З.Ш.

Физико-технический институт им. С.У.Умарова НАНТ

Статья посвящена о возможности применения солнечных панелей в условиях Республики Таджикистан. Проведен анализ солнечных панелей мировых производителей, а также характеристики и типы их. Сделан обзор существующих солнечных панелей различных производителей и рекомендации по их применению в разных условиях. Сравнены двух видов солнечных панелей (монокристаллические и поликристаллические) и предложены эффективные солнечные панели, для применения в Республике Таджикистан.

Ключевые слова: Солнечный панель, энергия, эффективность, монокристаллический, поликристаллический, КПД.

ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВӢ ВА ИНТИХОБИ ПАНЕЛҲОИ ОҒТОБӢ ДАР ШАРОИТҲОИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Хабибов А.Х., Юлдашев З.Ш.

Мақола имконияти истифодабарии панелҳои офтобӣ дар Тоҷикистон бахшида шудааст. Таҳлили панелҳои офтобии истеҳсолкунандагони ҷаҳон гузаронида шуд. Хусусият ва намудҳои панелҳои офтобӣ, таҳлили панелҳои офтобӣ аз истеҳсолкунандагони гуногун ва ҳулосаҳо оварда шудаанд. Муқоисаи ду намуди панелҳои офтобӣ (монокристаллӣ ва поликристаллӣ) оварда шуда, барои истифода дар Ҷумҳурии Тоҷикистон панелҳои самараноки офтобӣ пешниҳод карда мешаванд.

Калимаҳои калидӣ: Панели офтобӣ, энергия, самараноки, монокристаллӣ, поликристаллӣ, самараноки.

COMPARATIVE ANALYSIS AND SELECTION OF SOLAR PANELS IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Khabibov A.Kh., Yuldashev Z.Sh.

The article is devoted to the use of solar panels in Tajikistan. The analysis of solar panels of world manufacturers was carried out. Characteristics and types, analysis of solar panels from various manufacturers and conclusions are given. A comparison of two types of solar panels (monocrystalline and polycrystalline) is given and efficient solar panels are proposed for use in the Republic of Tajikistan.

Keywords: Solar panel, energy, efficiency, monocrystalline, polycrystalline, efficiency.

Введение

Уникальность статьи состоять в том, что при выборе солнечных панелей потребители использовали максимально эффективно при эксплуатации. Мы анализировали основные характеристики от разных мировых производителей солнечных панелей и предлагаем выбирать самые высокоэффективные.

Солнце – это самый мощный поставщик энергии на Землю. Доля солнечной энергии на 2021 составляет 3,6 % от мирового потребления энергии [1]. По прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА) доля солнечной и ветровой энергетики в производстве мировой электроэнергии достигнет 18% в 2026 году, и они обойдут гидроэнергетику по этому показателю [2].

Солнечная энергия в последние годы широко применяется в других областях, такие как транспорт, медицина, телекоммуникационной сфере и др.

Солнечные панели (СП) – это фотоэлектрические устройства для преобразования солнечного света в электричество. Подавляющее большинство солнечных элементов изготавливается из кремния.

Наша основная задача заключается в том, чтобы анализировать и выбрать какая марка СП лучше применить в Таджикистане для полного или частичного покрытия потребляемой электроэнергии. СП могут быть использованы в частных домах, фермерских и дехканских хозяйствах, а также в промышленных предприятиях.

Проведем анализ производителей СП на предмет энергетической эффективности Таджикистана. Практика показывает, иногда, некоторые производители завышают показатели СП в целях бизнеса! Мы в этой статье рассмотрим основные параметры и выведем своё заключение, чей СП лучше применить в наших условиях.

Один из важных критериев выбора является энергетическая эффективность СП. Выбор место установки СП имеет большое значение. Обычно выделяется площадь за счет орошаемых земель. Предлагается для установки СП на крыше и на стенах жилых домов и производственных помещений.

Ресурс солнечной энергии не исчерпаем, по подсчетам экспертов от Солнца на Землю поступает $7,15 \times 10^{14}$ тыс. кВт*ч энергии в течение года [3]. Солнечная энергия входит в так называемую «зеленая энергия», которая по определению не загрязняет окружающую среду при выработке электроэнергии, что делает её экологически чистым, то есть не производит вредных выбросов.

Эффективность СП - ключевая характеристика, ориентируясь на которую, потребитель выбирает его. При этом под эффективностью принято понимать КПД. Действительно ли эффективность модуля ограничивается КПД и какие факторы на нее влияют? Рассмотрим ниже.

Факторы, влияющие на эффективность солнечных панелей

Распространенное мнение, что на КПД влияет только используемый в производстве материал и от него напрямую зависит мощность СП, но это не совсем так. Существует несколько технологических нюансов.

КПД - это не единственный, но все же один из ключевых параметров. Он показывает, какой процент солнечного света СП может трансформировать в электроэнергию. КПД измеряется в лабораторных условиях при следующих параметрах:

Объем энергии солнечного света - 1000 Вт;

Температура - 25 градусов;

Рабочая площадь модуля - 1 м²

Если КПД 17%, это значит, что при указанных выше условиях из 1000 Вт СП выдает выходную мощность в 170 Вт на м² [4].

Эталоном для кремниевых элементов является КПД равный 20%. Некоторым производителям удалось увеличить этот показатель за счет технологических решений (Чем больше шин, тем меньше потерь при передаче. Шины - это вертикальные линии, проходящие сквозь всю панель, через которые передается выработанное электричество), при этом в среднем КПД составляет 16-18%. Следует отметить, что КПД СП в зависимости от структуры изготовления имеют следующие значения:

- Поликристаллические имеют КПД 12-18%;
- Монокристаллические дотягивают до 18-25%.

Влияние КПД на эффективность очевидно - чем больше солнечной энергии может преобразовать СП, тем выше мощность на выходе. Также очевидно, что при эксплуатации достичь лабораторных условий невозможно, поэтому фактический КПД часто отличается от заявленного [4].

Соединение и размеры пластин СП

СП состоят из многочисленных кремниевых ячеек (36, 60, 72, 96, 144). От размера и технологии соединения этих пластин напрямую зависит эффективность:

- Монокристаллические СП, разделенные на 60 ячеек, имеют КПД до 19%;
- СП, разделенные на шинглы - прямые горизонтальные линии - демонстрируют от 17% до 19% КПД;
- 120-ячеечная СП, в которой размер ячеек уменьшен вдвое, позволяет повысить производительность до 20%;
- 144-ячеечная СП, который имеет от 19 до 22% КПД.

Новейшие СП с IBC-структурой на 60 или 96 ячеек выдают до 24,5% эффективности, что пока является рекордом.

При оценке соединения на первое место выходит количество шин. Шины - это вертикальные линии, проходящие сквозь всю панель, через которые передается выработанное электричество. Чем больше шин, тем меньше потерь при передаче. Наиболее эффективными на данный момент являются панели с 5-тью горизонтальными шинами (Рис.1) [4].

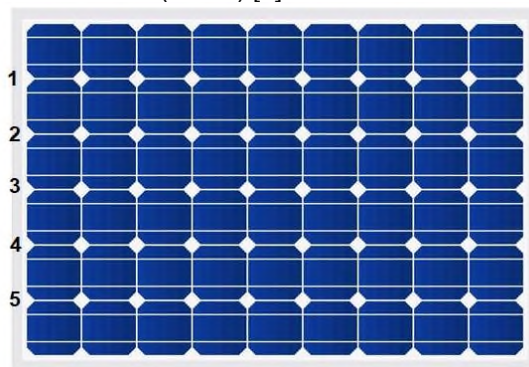


Рисунок 1 - Рассматриваемый панел с 5-тью горизонтальными шинами

Типы СП

Классифицируют промышленные СП по их конструкционным особенностям и типу рабочего фотоэлектрического слоя. Различают такие виды СП по типу устройства:

- гибкие СП;

- жесткие СП.

Гибкие тонкопленочные панели постепенно занимают всё большую нишу на рынке СП своей монтажной универсальности, ведь установить их можно на большинстве поверхностей с разнообразными архитектурными формами.

По типу рабочего фотоэлектрического слоя СП разделяются на такие разновидности:

- Кремниевые: монокристаллические, поликристаллические, аморфные.
- Теллурий-кадмиевые.
- На основе селенида индия- меди-галлия.
- Полимерные.
- Органические.
- На основе арсенида галлия.
- Комбинированные и многослойные.

Интерес для широкого потребителя представляют не все типы СП, а только лишь первые два кристаллических подвида [5].

Хотя некоторые другие типы СП и имеют большие КПД, но из-за высокой стоимости они не получили широкого распространения [5].

Кремниевые СП довольно чувствительны к нагреву. Базовая температура для измерения генерации электроэнергии составляет 25°C. При её повышении на один градус эффективность панелей снижается на 0,45-0,5% [6].

Монокристаллические кремниевые СП

Современные монокристаллические кремниевые СП (mono-Si) имеют равномерный темносиний цвет по всей поверхности. Для их производства используется наиболее чистый кремний. Монокристаллические СП среди всех кремниевых СП имеют самую высокую цену, но обеспечивают и наилучший КПД. Высокая стоимость производства обусловлена сложностью ориентации всех кристаллов кремния в одном направлении [5].

Из-за таких физических свойств рабочего слоя максимальный КПД обеспечивается только лишь при перпендикулярном падении солнечных лучей на поверхность СП [5].

К преимуществам монокристаллических кремниевых СП относят:

- **Высокий КПД** со значением 17-25%.
- **Компактность** – меньшая площадь размещения оборудования из расчета на единицу мощности, в сравнении с поликристаллическими кремниевыми СП.
- **Долговечность** – достаточная эффективность генерации электроэнергии обеспечивается до 25 лет.

Недостатков у таких СП всего два:

- **Высокая стоимость** и длительная окупаемость.
- **Чувствительность к загрязнению.** Пыль рассеивает свет, поэтому у покрытых ею СП резко снижается КПД [5].

Из-за потребности в прямых солнечных лучах монокристаллические СП устанавливаются в основном на открытых площадках или на высоте.

Поликристаллические солнечные батареи

Поликристаллические кремниевые СП (multi-Si) имеют неравномерный по интенсивности синий окрас из-за разносторонней ориентированности кристаллов. Чистота кремния, используемого при их производстве, несколько ниже, чем у монокристаллических аналогов [5].

Разнонаправленность кристаллов обеспечивает высокий КПД при рассеянном свете – 12-18%. Он ниже, чем в однонаправленных кристаллах, но в условиях пасмурной погоды такие СП оказываются более эффективным. Неоднородность материала приводит и к снижению себестоимости производства кремния [5].

Поликристаллические СП не требуют постоянной ориентации в сторону солнца, поэтому для их размещения активно используются крыши домов и промышленных зданий.

К достоинствам СП с разнонаправленными кристаллами относят:

- **Высокая эффективность** в условиях рассеянного света.
- **Возможность стационарного монтажа** на крышах зданий.
- **Меньшая стоимость** по сравнению с монокристаллическими СП.
- **Длительность эксплуатации** – падение эффективности через 20 лет эксплуатации составляет всего 15-20%.

Недостатки у поликристаллических СП также имеются:

- **Пониженный КПД** со значением 12-18%.
- **Относительная громоздкость** – требуется больше пространства для установки из расчета на единицу мощности в сравнении с монокристаллическими аналогами.

Поликристаллические СП завоевывают всё большую рыночную долю среди других кремниевых СП. Это обеспечивается широкими потенциальными возможностями для удешевления стоимости их производства. Ежегодно увеличивается и КПД таких СП, стремительно приближаясь к 20% [5].

Срок службы СП

Срок службы СП определяется коэффициентом деградации СП, который зависит от производителя, точнее от технологичности и качества его продукции. Большинство известные производители закладывают ежегодную потерю мощности СП в размере 0,8-1% (существуют и новые премиум модели с 0,3- 0,5% коэффициентом) [6].

Это гарантирует покупателю то, что через 20-25 лет его СП будет вырабатывать 80-85% от установленного номинала мощности на год производства [6]. Даже после этого 25 летнего срока службы СП не выйдет сразу же из строя, она продолжит еще десятилетия работать, но уже с чуть худшими характеристиками производительности [6].

Гарантия производителей на механические повреждения в среднем 5 лет для среднего ценового сегмента, и 10-12 лет для премиум класса.

Выбор по мощности СП на квадратный метр

Альтернативный способ оценки эффективности СП - измерение производственной мощности на м² или на 1 СП (по стандарту - 1,6 м²). В этом случае покупатель получает не абстрактные проценты, а конкретное количество вырабатываемой энергии [4].

Мощность и КПД - взаимосвязанные величины и тестируются при одинаковых лабораторных условиях. Поэтому чтобы рассчитать мощность достаточно площадь умножить на КПД и на 1000 Вт (солнечное излучение при испытаниях). Например, $1,6 \cdot 20\% \cdot 1000 = 320$ Вт [4].

Однако производители добиваются и большей мощности при меньших КПД за счет оптимизации соединений и сокращения потерь электроэнергии при передаче от СП непосредственно на распределительную коробку. Поэтому одинаковые по КПД панели могут на выходе давать разное количество энергии [4].

Производство СП: материалы и качество

Вышеперечисленные факторы эффективности напрямую связаны с технологией производства СП. От изготовителя напрямую зависит два важнейших параметра:

- Материал СП - используется монокристалл или поликристалл, ведь КПД и степень очистки у этих материалов отличаются, что также влияет на эффективность;
- Общее качество сборки - включая целостность материала, степень его очистки, технологию соединения СП и прозрачность защитной сборки[4].

По качеству исполнения СП можно разделить на четыре категории качества:

Первая категория — Grad A. Это СП самого высокого качества — без микротрещин, отсутствуют сколы. По внешнему состоянию эти СП полностью одинаковы по цвету, структуре. Эта категория имеет самую малую деградацию и высокое КПД.

Вторая категория — Grad B. Эти СП практически не отличаются от СП первой категории, но имеют небольшие изменения в цвете. Но у них большая деградация и меньший срок эксплуатации.

Третья категории — Grad C. Отличие от предыдущей категории — это наличие сколов и трещин, неоднородный окрас, но низкая стоимость. Для энергоснабжения частного дома такие СП не следует применять из-за низкого КПД, высокой деградации и небольшого срока эксплуатации.

Четвертая категория — Grad D имеет самое низкое качество исполнения. Структура этих СП неоднородная с видимыми дефектами. Небольшой размер СП нуждается в дополнительной пайке, что еще ухудшает параметры. Такие элементы имеют небольшую надежность. Их устанавливать не рекомендуется даже при небольшой стоимости [6].

Характеристики СП от производителей

В настоящее время выпускаются СП такие известные компании следующих стран: Китай, Канада, Германия и другие. По разным оценкам 80% рынка СП принадлежать к 10 самым крупным компаниям производителей СП.

Панели с самой высокой эффективностью изготавливаются из монокристалла кремния компаниями с многолетним опытом исследований в области солнечной энергетики. Такие компании часто разрабатывают и новые технологические решения для соединений разных добавок, общей конструкции и передачи энергии, чем повышают качество и производительность своего продукта.

Ниже в таблицах 1 и 2 приведены характеристики разных мировых производителей, соответственно, монокристаллические и поликристаллические СП с одинаковым количеством ячеек в СП для анализа и сравнение их эффективности.

Таблица 1 - Технические характеристики монокристаллических СП

№	Наименование	Модель	Количество ячеек, шт.	Активная мощность P, Вт	КПД, %	Напряжение холостого хода U _{хх} , В	Максимальное напряжение под нагр. U _{макс} , В	Максимальный ток I _{макс} , А	При темп. окр. среде, t, °C	Гарантия на производительность (на механическую часть), лет	Размеры, мм
1	Longi solar (Китай)	LR5-72HBD-535M	144	535	21,3	49,35	41,5	12,9	25	30(12)	2256x1133x35
2	Altek (Китай)	ALM-460M-144 9BB	144	460	21,16	49,7	41,9	10,99	27	25(12)	2094x1038x35
3	JA solar (Китай)	JAM72S10-420/MR	144	420	20,9	49,58	41,33	9,68	25	30(12)	2015x996x35
4	Canadian solar (Канада)	CS6W-530MB-AG	144	530	20,6	48,8	40,9	12,96	25	30(12)	2266x1134x35
5	Jinko solar (Китай)	JKM530M-72HL4	144	530	20,55	49,26	40,56	13,07	25	25(12)	2274x1134x35
6	AXITEC solar (Германия)	AC-530MH/144V	144	530	20,52	49,25	41,4	12,81	25	25(15)	2278x1134x35
7	Leapton solar (Япония)	LP182-M-72- MB	144	530	20,51	49,0	40,8	13,0	25	30(12)	2279x1134x35
8	Sunpower (США)	SPR-P3-335-RES BLK	-	335	19,9	44,2	36,8	9,11	25	25(10)	1690x998x35
9	Hetech solar (Япония)	LR4-72HPH-425M	144	425	19,6	48,3	40,5	10,5	25	25(12)	2094x1038x35
10	Trina solar (Китай)	TSM-DE14H(II)	144	395	19,5	46,3	38,2	9,04	25	25(10)	2000x992x40
11	Nevel solar (Россия)	HVL-390/HJT	144	390	19,5	53,08	44,71	8,76	25	30(15)	1996x1002x30

Таблица 2. Технические характеристики поликристаллических СП

№	Наименование	Модель	Количество ячеек, шт.	Активная мощность P, Вт	КПД, %	Напряжение холостого хода U _{хх} , В	Максимальное напряжение под нагр. U _{макс} , В	Максимальный ток I _{макс} , А	При темп. окр. среде, t, °C	Гарантия на производительность (на механическую часть), лет	Размеры, мм
1	Hetech solar (Япония)	HET-350P72AH	72	350	19,9	46,27	34,36	9,75	25	25	2008x996x40
2	Delta (Китай)	BST 340-72 P	72	340	19,22	46,4	38,2	8,9	25	25	1956x992x35
3	SilaSolar (Китай)	SIP340 PERC(5BB)	72	340	19,01	45,84	37,42	9,09	25	25	1960x992x40
4	Greensun solar (Китай)	GSP360-72	72	360	18,6	47,4	39,0	9,56	25	25	1960x992x40
5	Canadian Solar (Канада)	CS3K-340 HiKu	120	340	18,38	39,6	32,6	10,43	25	25	1765x1048x40
6	Chint power (Китай)	CHSM6612P 345 4BB	72	345	17,8	46,37	37,38	9,23	25	25	1954x990x40
7	Aurinkos (Россия)	Au-FSM-300P	72	300	17,3	44,2	36,0	8,33	25	12	1956x990x40
8	Sunpower (США)	SPR-P17-340-com	72	340	16,48	51,3	42,5	8,0	25	25	2067x998x46
9	Q. CELLS (Германия)	Q. Power L-G5 325	72	325	16,2	45,4	37,5	8,67	25	25	1960x991x35
10	REC (Норвегия)	REC315PE72	72	315	16,2	45,5	36,8	8,62	25	25	1968x945x45

Анализ

Монокристаллические СП

Longi solar (Китай) LR5-72HBD-535M - данная модель производителя оказался на первом месте так как среди 10ти выбранных компании с самым высоким параметром. В соотношении мощности с КПД самый мощный при меньшем размере по сравнению с другими моделями.

Canadian solar (Канада) CS6W-530MB-AG – с оптимальным параметром оказался этот модель, который опередил нескольких моделей с большим КПД, так как при имеющей КПД этот модель имеет больше мощности чем другие.

Поликристаллические СП

Greensun solar (Китай) GSP360-72 – при низком КПД имеет больше мощности чем другие модели в списке с высоким КПД. Данная модель кроме большой мощности имеет размер по меньше по сравнению с другими моделями.

Hetech solar (Япония) HET-350P72AH – этот модель имеет максимальный КПД среди 10 сравнимых моделей данного списка.

Chint power (Китай) CHSM6612P 345 4BB – мощность данного модели больше чем другие модели, хотя КПД ниже чем с моделями, которые имеет такой же мощность.

Рекомендации по применению СП в условиях РТ

В Таджикистане потенциал использования солнечной энергии составляет 3103 млрд кВт часов в год, а количество солнечных дней колеблется от 270-330 дней в году. Это дает больше возможности для использования солнечной энергии в автономном режиме, особенно в горных регионах, где нет доступа к централизованному электроснабжению. Наиболее активный район солнечного сияния в Таджикистане находится в южных районах Хатлонской области, в Мургабском районе и на Северной части страны (Ходжент, Истаравша, Ашт).

Сейчас в Таджикистане СП не редкость, их можно увидеть во многих районах установленные в медицинских учреждениях, в школах и в частных домах. Активное использование СП смягчает проблемы недостатка электроэнергии и улучшает бытовые условия жизни в отдаленных районах.

Для дальнейшего развития в области возобновляемых источников энергии видится реализация проекта солнечных электростанций (СЭС) в Таджикистане. В качестве примера можно привести, в селе Ворух Исфаринского района предусмотрено СЭС установленной мощностью 7 МВт.

В качестве рекомендации для применения в условиях Таджикистана предлагаем выбирать по двум категориям. Для обычных домохозяйства бюджетный вариант, относительно дешевый и когда бюджет не играет главную роль. При выборе относительно дешёвого варианта рекомендуем выбрать поликристаллические СП. Более эффективный и надежный СП с высоким КПД для применения в условиях РТ китайского производителя с КПД 21,3 % и гарантией на 30 лет. Следует отметить еще один важный момент, когда площадь установки СП ограничены, то можно выбирать из таблицы 1 производителей № 3 и № 2, а с таблицы 2 производителя №2.

Выводы

Дешевые СП для частного дома редко гарантируют долговечность и при удовлетворительных стартовых показателях, начинают снижать производительность уже через год-два эксплуатации. Применение слишком дорогих, как наиболее качественных СП, также может оказаться неоправданным, поскольку при малом энергопотреблении и редком использовании окупаемость таких СП растянется на десятилетия.

С каждым годом СП падает в цене и поднимается их эффективность, соответственно окупаемость сокращается. Привлекательности альтернативного источника электроэнергии для частного дома также способствует независимость от сетевых организаций, чьи тарифы и качество услуг возмущают население. На фоне растущей популярности «зеленой» энергетики мы отобрали лучшие СП, которые вошли в рейтинг 2022 года. По результатам проведенного анализа выбрали более эффективную СП существующий на рынке.

СП с более высоким КПД разрабатывается учеными разных исследовательских институтов с использованием разных типов полупроводников с разными кристаллическими соединениями. В лабораторных условиях уже достигнута порядка 40% КПД – это свидетельствует о том что мир солнечной индустрии на месте не стоит.

Монокристаллические СП стоят дороже, чем поликристаллические с одинаковыми характеристиками. Например, поликристаллические производятся с кремния более простым способом с добавлением примесей. Монокристаллические производятся из высококачественного кремния. Исходя из их ценовой политики, срок

окупаемости систем на поликристаллических СП наступит значительно быстрее, но и быстрее потребуют замены после гарантийного срока эксплуатации.

Следует отметить, что деградация поликристаллических СП происходит намного быстрее чем монокристаллических. Параметры СП меняться в зависимости в первую очередь от качества фотоэлементов, освещенности и температуры окружающей среды. Например, сила тока снижается при облачной погоде, в туман, при сильной запыленности и при нагреве.

Дана рекомендация возможности применения СП в условиях Таджикистана. Показаны возможные варианты их применения, так, например, для дешёвого варианта рекомендуется выбрать поликристаллические СП, а для более эффективный и надежный СП с высоким КПД целесообразно применить китайского производителя с КПД 21,3 %.

Литературы:

1. Данные о мировой энергетике и климате Enerdata [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energystats.enerdata.net/renewables/wind-solar-share-electricity-production.html> (дата обращения: 10.12.2022).
2. Цифровая экономика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.digital-energy.ru/2021/12/01/industry/>
3. Livejournal блог Дмитрия Алимова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: dbalimov.livejournal.com (дата обращения: 15.12.2022).
4. Alternativ Technology Самые эффективные солнечные панели - обзор 2020 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://altshop.in.ua/blog/samye-effektivnye-solnechnye-paneli---obzor-2020-goda> (дата обращения: 19.12.2022).
5. Ахмедов Х.М., Каримов Х.С. Солнечная электроэнергетика. Душанбе, Дониш, 2007. - 179 с.
6. <https://xn----dtbchbawj2amueleii7b6i.xn--p1ai/shemy/harakteristiki-solnechnyh-batarej.html>
7. Юлдашев З.Ш. Возобновляемые источники энергии в Республике Таджикистан. Исследование энергетических характеристик фотоэлектрического преобразователя солнечной энергии. Учебно-методическое пособие. – Душанбе: 2020. - 147 с.
8. Виссарионов, В.И. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов /Под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 317 с.
9. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. Реструктуризация электроэнергетики Таджикистана. Электронный ресурс: <https://www.mewt.tj>

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРОВ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Ҳабибов Абдуманнон Ҳақимбоевич	Хабибов Абдуманнон Хақимбоевич	Habibov Abdumannon Hakimboevich
Унвонҷӯ, ходими калони илмӣ	Соискатель, старший научный сотрудник	Competitor, Senior Research Fellow
Маркази тадқиқот ва истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия, Донишқадаи физикӣ-техникии ба номи С.У.Умаров АМИТ	Центра исследования и использования возобновляемых источников энергии, Физико- технического института им.С.У.Умарова НАНТ	Center for Research and Use of Renewable Energy Sources, S.U.Umarov Physical-Technical Institute NAST
abdu05@mail.ru	abdu05@mail.ru	abdu05@mail.ru
TJ	RU	EN
Юлдошев Зарифҷон Шарифович	Юлдашев Зарифджан Шарифович	Yuldashev Zarifdzhan Sharifovich
доктори илмҳои техникӣ, и.в. сармутахассиси илмӣ	доктор технических наук, и.о. главный научный сотрудник	doctor of technical sciences, acting Chief Researcher
Маркази тадқиқот ва истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия, Донишқадаи физикӣ-техникии ба номи С.У.Умаров АМИТ	Центра исследования и использования возобновляемых источников энергии, Физико- технического института им.С.У.Умарова НАНТ	Center for Research and Use of Renewable Energy Sources, S.U.Umarov Physical-Technical Institute NAST
zarfjan_yz@mail.ru	zarfjan_yz@mail.ru	zarfjan_yz@mail.ru

ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПОНЕНТА АЧР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Мирзозода Б.М., Ибрагимов Б.Ф.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В работе рассматривается верификация разработанного авторами программного компонента устройства автоматической частотной разгрузки с использованием физико-математического моделирования. На действующей модели формируются осциллограммы изменения частоты в виде цифровых сигналов, характеризующихся протеканием переходных процессов в энергосистеме. Эти сигналы записываются в формате Comtrade -файла, содержащий осциллограммы аналоговых и дискретных величин, которые передаются в устройство, преобразующее цифровые сигналы в аналоговые. В качестве такого преобразующего устройства был принят современный прибор RETOM-61 производства НПП «Динамика» и для проверки работоспособности разработанного компонента был использован микропроцессорный терминал (МПТ) типа MiCOM P139 компании Schneider Electric. Подтверждена работоспособность разработанного программного компонента путем фиксации положения выходных реле проверяемого терминала.

Ключевые слова: моделирование, энергосистема, программно-технический комплекс, автоматическая частотная разгрузка, RETOM-61

VERIFICATION OF UFLS SOFTWARE COMPONENT USING EXPERIMENTAL SIMULATION METHOD

Mirzozoda B.M., Ibragimov B.F.

The paper considers the verification of the software component of the automatic underfrequency load shedding device which was developed by the authors using physical and mathematical modeling. On the current model, oscillograms of frequency changes are formed in the form of digital signals, characterized by the flow of transient processes in the power system. These signals are recorded in the Comtrade-file format, containing oscillograms of analog and discrete values, which are transferred to a device that converts digital signals to analog ones. A modern RETOM-61 device manufactured by SPI Dinamika was adopted as such a converting device, and a microprocessor terminal of the MiCOM P139 from Schneider Electric company was used to test the performance of the developed component. The operability of the developed software component was confirmed by fixing the position of the output relays of the tested terminal/

Keywords: modeling, power system, software and hardware complex, automatic frequency unloading, RETOM-61

САНЧИШИ ҚИСМИ ПРОГРАММАҲОИ UFLS БО ИСТИФОДА АЗ УСУЛИ ТАҶРИБАВИИ СИМУЛЯТСИЯ

Мирзозода Б.М., Иброҳимов Б.Ф.

Дар мақола санчиши ҷузъи нармафзори дастгоҳи борфароркунии басомади автоматӣ, ки муаллифон бо истифода аз моделсозии физикӣ ва математикӣ таҳия кардаанд, баррасӣ мекунад. Дар модели ҷорӣ осциллограммаҳои тағирёбии басомадҳо дар шакли сигналҳои рақамӣ ташаккул меёбанд, ки бо ҷараёни равандҳои гузаранда дар системаи энергетикӣ тавсиф мешаванд. Ин сигналҳо дар формати файли Comtrade сабт карда мешаванд, ки дорои осциллограммаҳои арзишҳои аналогӣ ва дискретӣ мебошанд, ки ба дастгоҳе интиқол дода мешаванд, ки сигналҳои рақамиро ба аналогӣ табдил медиҳанд. Ба сифати ҷунин дастгоҳи табдилдиҳанда дастгоҳи муосири RETOM-61, ки аз ҷониби NPP Dinamika истеҳсол шудааст, қабул карда шуд ва терминали микропроцессорӣ навъи MiCOM P139 аз Schneider Electric барои санчиши қори ҷузъи таҳияшуда истифода шуд. Фаъолияти ҷузъи нармафзори таҳияшуда бо муқаррар кардани мавқеи релеҳои баромади терминали санчидашуда тасдиқ карда шуд.

Калимаҳои калиди: моделсозӣ, системаи энергетикӣ, комплекси нармафзор ва таҷҳизот, борфарории автоматики басомад, RETOM-61

Введение

Математическое или физическое моделирование является эффективным способом при исследовании переходных процессов в объектах электроэнергетики. Данный способ, в том числе, применяется при исследовании правильного функционирования устройств релейной защиты и автоматики (УРЗА). Применение математического или физического имитационного моделирования, как правило, выполняется для комплексной системы в тех случаях, когда возможно создание достаточно точной математической модели.

Известно, что применение математического моделирования требует учета комплексных параметров и усложняет работу пользователя при получении достаточно точных результатов. Соответственно, при исследовании динамических процессов, особенно при исследовании аварийного снижения частоты и функционировании устройства автоматического ограничения снижения частоты, которое в экспериментальных испытаниях проводить невозможно, на наш взгляд, более эффективен метод комплексного моделирования, где применяется математическое и физическое моделирование.

В качестве физической модели исследуемого электроэнергетического объекта во многих случаях можно использовать программно-аппаратные комплексы, такие как Megger FREJA 300, У-5053, Ретом 51 – (71),

OMICRON, предназначенные для проверки характеристик и параметров настройки УРЗ, а также анализа их работы в режимах реальных повреждений.

Для проведения исследований переходных процессов с применением физико-математического моделирования необходимо использовать математическое моделирование объектов энергосистемы с последующим преобразованием полученных на модели токов и напряжений специальной программой в формате Comtrade-файла. При таких исследованиях целесообразно применять вычислительный комплекс для моделирования объектов энергосистемы – PSCAD [1,11].

Таким образом, для исследования динамических режимов функционирования системы АЧР электрических сетей, на наш взгляд, наиболее эффективно применение метода имитационного физико-математического моделирования с использованием программно-аппаратного комплекса типа PETOM. Создавая на базе симулятора PSCAD модели сети дает возможность изучения и проверки устройств РЗА. Поясняющая к этому схема показана на рис. 1.

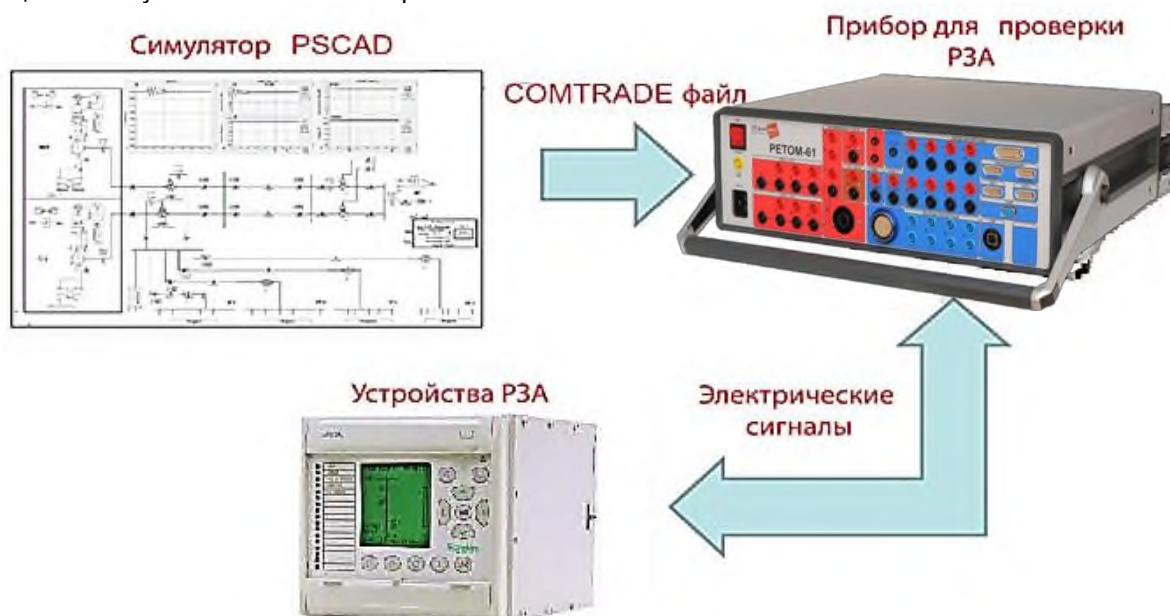


Рисунок 1 - Структурная схема системы для физико-математического моделирования переходных режимов

Используя модель, созданную в PSCAD [4,5], симулируются режимы, требуемые для изучения функционирования МПТ.

Анализ работы рассматриваемого терминала осуществляется на персональном компьютере посредством прикладного программного обеспечения. Цифровой симулятор энергосистем PSCAD используется для получения сигналов токов и напряжения (частоты), которые в дальнейшем будут преобразованы в физические для проведения экспериментов.

Описание модели энергосистемы и программного компонента АЧР

Программный комплекс PSCAD обладает высокой точностью при моделировании динамических процессов [1]. Поскольку значение частоты зависит от скорости вращения генераторов, в модели должно быть учтено действие регуляторов частоты вращения и мощности генератора (АРЧМ). Поэтому при запуске модели необходимо убедиться в достижении генератором номинальных параметров. Поэтому в экспериментах возмущение задается после 20-й секунды моделирования при успешном запуске генераторов.

Для создания математической модели с целью изучения процессов возникновения дефицита активной мощности и оценки работы нового компонента автоматики ограничения снижения частоты (АОСЧ) рассматривалась схема энергосистемы с классами напряжений 110-10 кВ, где недостающая мощность передается от объединенной энергосистемы по воздушной линии электропередачи (ВЛ). Однолинейная схема рассмотренного энергорайона представлена на рисунке 2. Рассматриваемый энергорайон состоит из 4-х подстанций, на каждой из которых имеется статическая и двигательная нагрузка.

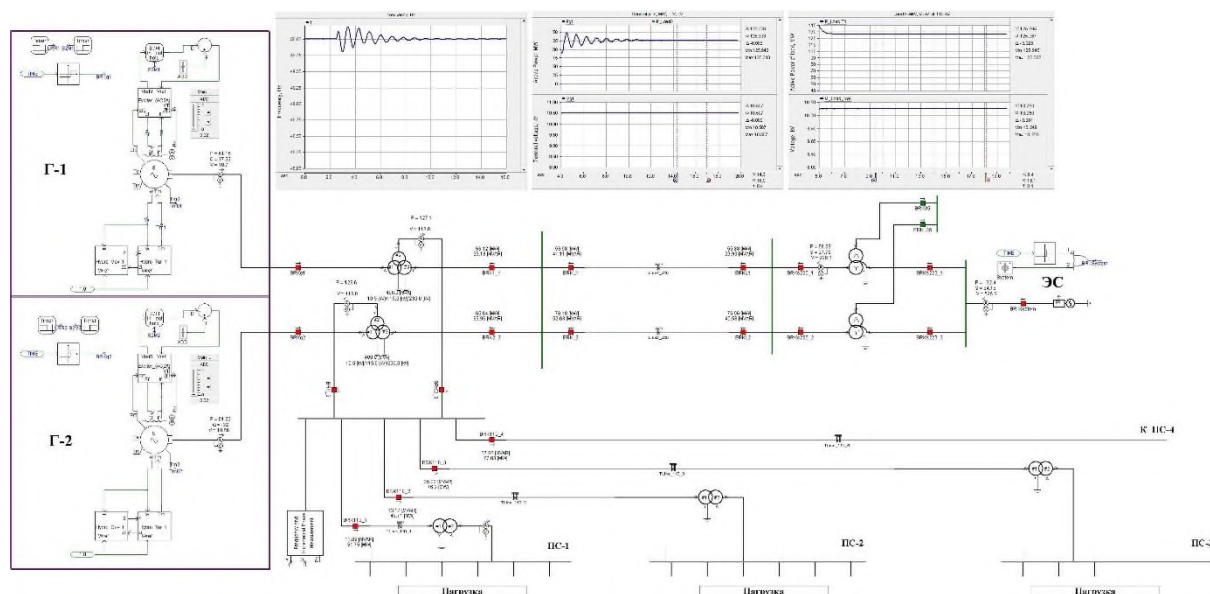
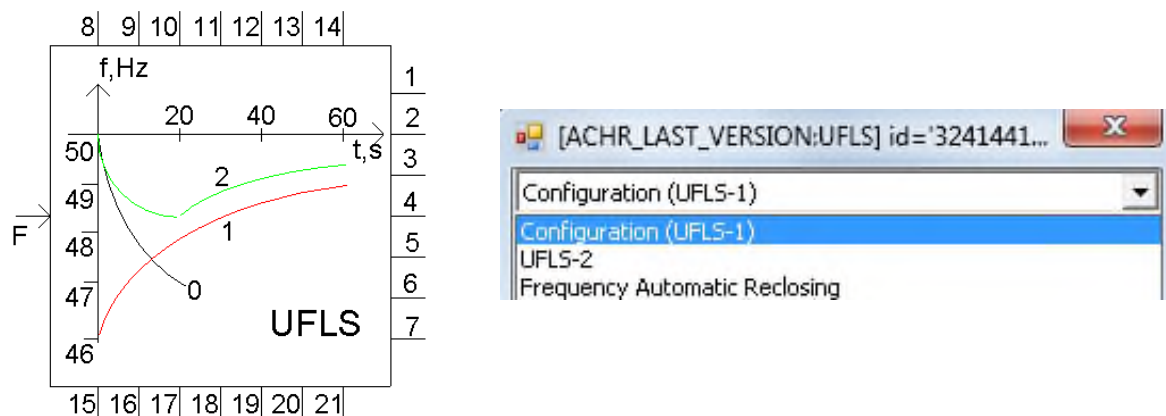


Рисунок 2 - Фрагмент моделируемой сети рассматриваемого энергорайона в исходном режиме в среде PSCAD

Описание схемы, параметры модели и ее верификации рассмотрены в [4,5]. В статье [6] было рассмотрено более подробно создание нового компонента, который реализует функции АЧР-1, АЧР-2 и частотного автоматического повторного включения в симуляторе PSCAD, рис. 3. Для разработки компонента



АЧР были учтены принципы управления энергосистемой при аварийном снижении частоты.

Рисунок 3 - Компонент АОСЧ и его выходные параметры

Компонент UFLS-1 (АЧР-1), который имеет различные настройки частоты, постоянно проверяет, меньше ли входной сигнал установленной настройки частоты. Если обработанный вход меньше порогового значения для указанного времени задержки, компонент выдаст сигнал уровень-1.

Используя модель, описанную выше был реализован дефицит активной мощности равный $\Delta P=30\%$ при постоянной времени энергосистемы – $T_j=6$ с, коэффициент регулирующего эффекта – $K_n=1,5$ и с опозданием в канале отключения нагрузки – $\Delta t=0,3$. На рисунке 4 показана осциллограмма изменения частоты во времени при возникновении дефицита активной мощности в рассматриваемом энергорайоне.

Скачкообразное возникновение дефицита активной мощности и действия АОСЧ приводят к отключениям нагрузки, подъему частоты до 50 Гц. По результатам моделирования были получены осциллограммы изменения параметров энергосистемы при реализации указанного возмущения.

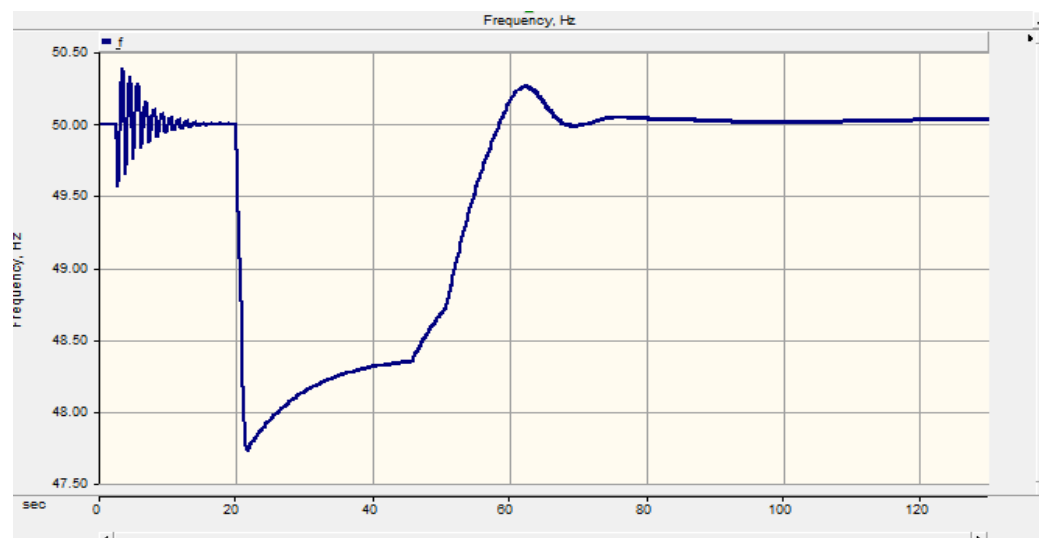


Рисунок 4 - Осциллограммы изменения частоты во времени при $\Delta P=30\%$, $T_j=6$ с, $K_n=1,5$, $\Delta t=0,3$

Преобразование результатов моделирования в формате Comtrade -файла

Испытание устройств РЗА с помощью испытательного программно-аппаратного комплекса (ИПАК) можно проводить в режиме разомкнутого контура (open-loop) [2].

Тестирование в режиме разомкнутого контура является эффективным методом проверки устройств защиты в случае, если не требуется проверка реакции энергосистемы на действия устройств РЗ [9]. Проверка устройств РЗА в режиме разомкнутого контура, которая производится с помощью проверочной установки (ПУ) является физическим производением, где к аналоговым выходам подключаются аналоговые входы токи и напряжения проверяемого устройства. Эти сигналы (токи или напряжения- осциллограмм аварийного процесса) и есть результаты моделирования. Проверочная установка управляется с помощью специализированного программного обеспечения (ПО), которое позволяет задавать время запуска, длительность испытания, конфигурирование ПУ, а также дает возможности просмотра, анализа и выбор нужной пользователю осциллограммы для последующего их воспроизведения.

Испытательная установка (ИУ) на основе PETOM-61 со специализированным ПО обеспечивает ее управление и настройку, сочетается с МПТ типа MiCOM P139 компании Schneider Electric. ПО PETOM-61 содержит подпрограммы, обеспечивающие выбор, воспроизведение и просмотр заранее подготовленных осциллограмм в формате Comtrade-файла.

Структура применяемого ИПАК на основе PETOM-61 фирмы НПП «Динамика» [10] представлена на рис. 5. Моделирование дефицитной энергосистемы по активной мощности выполнено программно-вычислительным комплексом для моделирования энергосистем – PSCAD.

Испытание устройств РЗ с помощью ИПАК в режиме разомкнутого цикла проведено на кафедре «Релейная защита и автоматизация энергосистем» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. Данная установка позволит получить методом вычислительного эксперимента входные информационные сигналы релейных защит силового электрооборудования.

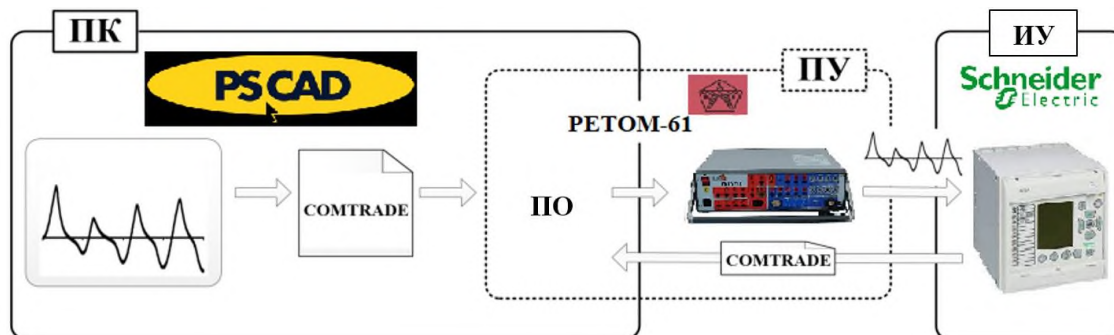


Рисунок 5 - Испытательный программно-аппаратный комплекс с разомкнутым циклом проведения испытаний

На рисунке 6 изображен собранный в лаборатории испытательный стенд, где цифрой 1 обозначен персональный компьютер, в котором находятся установленная программа PETOM-61, предназначенная для контроля и управления одноименным испытательным комплексом и программное обеспечение Easergy Studio, предназначенное специально для настройки и параметрирования цифровых терминалов релейной защиты серии MiCOM. Цифрой 2 обозначен цифровой терминал релейной защиты немецкого производства MiCOM P139, в который были загружены уставки и алгоритмов АЧР, и под цифрой 3 обозначен испытательный комплекс PETOM-61, с помощью которого и были проверены на работоспособность собранные логики автоматических частотных разгрузок путем записанных в программном комплексе PSCAD, Comtrade-файлы.

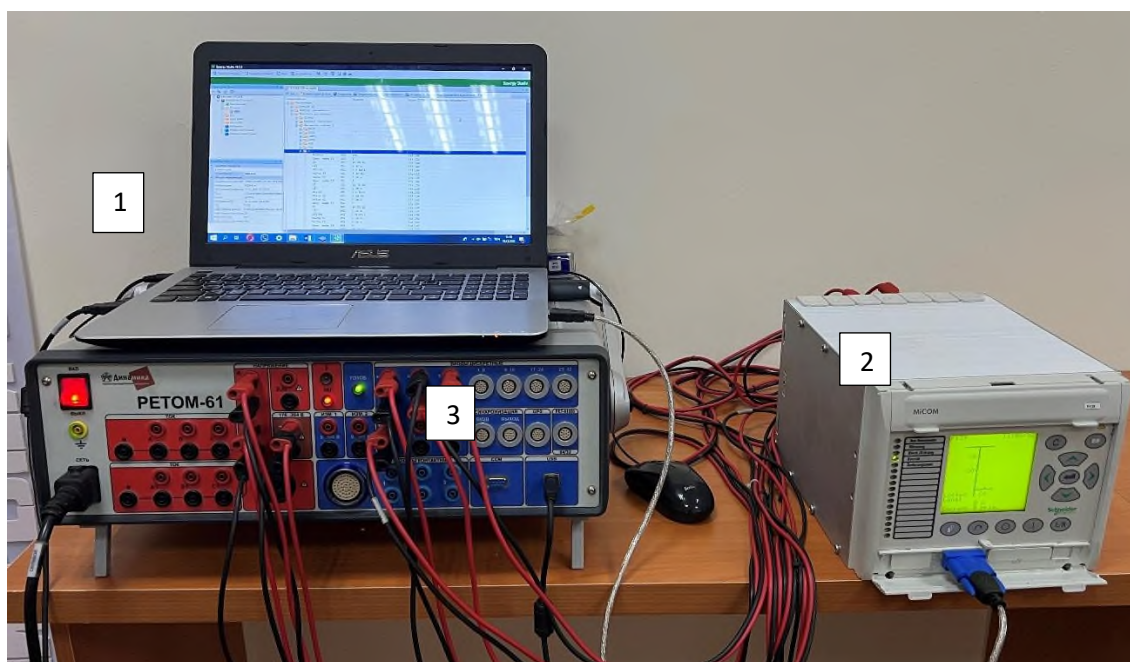


Рисунок 6 - Испытательный программно-аппаратный комплекс

Comtrade-файлы, содержащие осциллограммы аналоговых и дискретных величин, записываются с помощью элемента Comtrade/RTP Recorder [7].

В данной работе были сняты осциллограммы напряжения и частоты при заданных режимах работы сети – особенно при работе системы АОСЧ. Фрагмент модели с компонентами Comtrade/RTP Recorder показан на рисунке 7.

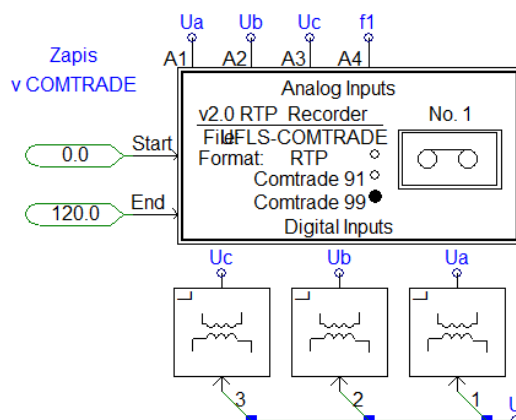


Рисунок 7 - Фрагмент модели с компонентом Comtrade/RTP Recorder

Как видно на рисунке 7 ко входу Start присоединяется время начала записи, заданное в виде действительной константы Real Constant, а ко входу End – его окончания. Записанный Comtrade-файл был использован для последующего преобразования в виде физического сигнала для испытания МПТ.

Настройка микропроцессорного терминала

MiCOM P139 является универсальным устройством релейной защиты и управления ячейкой, имеющий большое количество функций защиты и управления, которые, в зависимости от условий применения могут быть индивидуально введены или выведены из конфигурации [8].

Устройство P139 также контролирует повышение или снижение частоты до установленных верхнего и нижнего порогов (уставок срабатывания). Частота определяется из разницы времени прохождения кривой напряжения через нуль. Защита от снижения частоты имеет четыре ступени.

В зависимости от заданной уставки устройство P139 контролирует текущую частоту на пересечение установленных верхнего и нижнего порогов. В данной работе порог срабатывания выставлен ниже установленной номинальной частоты сети, т.е. устройство P139 контролирует, не выходит ли частота за нижний порог срабатывания. При пересечении нижнего установленного порога запускается ступень времени.

Для настройки терминала защиты от понижения частоты MiCOM P139 используем программу Easergy Studio. В разделе «Уставки» заданы параметры срабатывания АЧР, рисунок 8.

Enable	PS1	Yes	018.196
Oper. mode f1	PS1	£	018.120
f1	PS1	48.80 Hz	018.100
t f1	PS1	0.30 s	018.104
df1/dt	PS1	2.0 Hz/s	018.108
Delta f1	PS1	0.30 Hz	018.112
Delta t1	PS1	0.30 s	018.116
Oper. mode f2	PS1	£	018.144
f2	PS1	48.70 Hz	018.124
t f2	PS1	0.30 s	018.128
df2/dt	PS1	2.0 Hz/s	018.132
Delta f2	PS1	0.30 Hz	018.136
Delta t2	PS1	0.30 s	018.140
Oper. mode f3	PS1	£	018.168
f3	PS1	48.60 Hz	018.148
t f3	PS1	0.30 s	018.152
df3/dt	PS1	2.0 Hz/s	018.156
Delta f3	PS1	0.30 Hz	018.160
Delta t3	PS1	0.30 s	018.164
Oper. mode f4	PS1	£	018.192
f4	PS1	48.50 Hz	018.172
t f4	PS1	0.30 s	018.176
df4/dt	PS1	2.0 Hz/s	018.180
Delta f4	PS1	0.30 Hz	018.184
Delta t4	PS1	0.30 s	018.188

Рисунок 8 - Уставки АЧР в МП терминале

Для проверки правильности выбранных параметров настройки защиты (уставок) МПТ типа MiCOM P139 использован заранее подготовленный Comtrade -файл – записанный при моделировании в программе PSCAD.

После загрузки выбранного файла были назначены выходные физические каналы ИПАК в соответствии каналы РЕТОМ-61 и запущены на исполнение, рисунок 9.

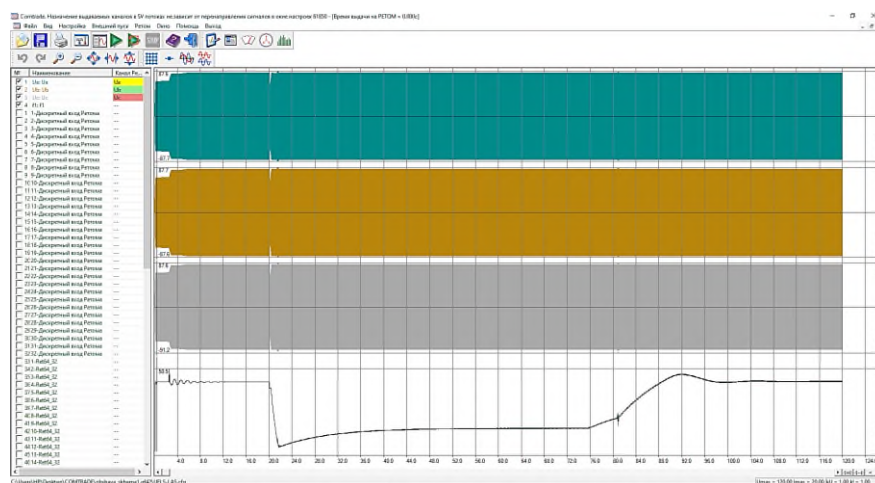


Рисунок 9 - Запуск Comtrade-файла, где показаны вторичные напряжения всех трех фаз и частота сети

На рисунке 10 показан внешний вид МПТ релейной защиты и автоматики типа MiCOM P139, в котором были загружены уставки и схема работы АЧР, красные лампочки показывают, что сработали все 4 ступени АЧР, свидетельствующие о корректной работе алгоритмов и проведенную работу в целом.



Рисунок 10 - Срабатывание ступеней АЧР, внешний вид МП термина MiCOM P139

Выводы

Современный этап развития технологии требует активного создания и внедрения в эксплуатацию МПТ релейной защиты и автоматики, которые получают массовое распространение в объектах энергетики.

В статье рассмотрены вопросы комплексной верификации программного компонента АЧР. Основным методом исследования принят метод экспериментального моделирования, а проведение испытаний основано на методе вычислительного эксперимента.

Исследованы методы тестирования устройств релейной защиты, повышающие эффективность их функционирования, применительно к устройствам автоматической частотной разгрузки.

Обоснована работоспособность разработанного авторами программного компонента АЧР.

Использование испытательного программно-аппаратного комплекса при испытаниях других устройств релейной защиты с применением расчетных тестовых информационных сигналов, подаваемых на испытываемую защиту с помощью испытательной установки РЕТОМ-61 является эффективным инструментом исследования электромагнитных процессов электроэнергетических установок и испытания устройств релейных защит и их моделей.

Рассмотренные в статье ИПК разработаны с использованием гибкой структуры моделей в системе динамического моделирования PSCAD.

А также в данной статье разработана методика проверки АЧР с использованием компьютерно-управляемой испытательной системы, позволяющая выполнять тестирование других МП терминалов, реализующих функции автоматической частотной разгрузки.

Литература:

1. Гиеев, Б. М. Анализ возможностей современных вычислительных моделирующих комплексов для решения электротехнических задач / Б. М. Гиеев, А. М. Расулов, Б. Ф. Ибрагимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 4(56). – С. 6-13. – EDN LKRGNG.
2. Новаш, И. В. Цифровое моделирование и вычислительный эксперимент – перспективные технологии для разработки и испытаний устройств релейной защиты / И. В. Новаш, Ф. А. Романюк // В кн. Перспективные материалы и технологии: монография. В 2-х т. Т. 2 / А. В. Алифанов [и др.] под ред. В. В. Клубовича. – Витебск : УО «ВГТУ», 2017. – С. 471–490.
3. Сайт научно-производственного предприятия «Динамика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dynamics.com.ru/>. – Дата доступа: 8.03.2016.

4. Гисев, Б. М. Влияние запаздывания в канале АЧР на реализацию способа отключения нагрузки на уровне 0,4 кВ / Б. М. Гисев, Я. Л. Арцишевский, А. Масуд // Электроэнергетика глазами молодежи - 2017 : Материалы VIII Международной научно-технической конференции, Самара, 02–06 октября 2017 года. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2017. – С. 369-372.

5. Расулов, А. М. Разработка эквивалентной модели энергосистемы Таджикистана с учетом реализации проекта CASA-1000 / А. М. Расулов // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тезисы докладов двадцать седьмой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов, Москва, 11–12 марта 2021 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Центр полиграфических услуг "РАДУГА", 2021. – С. 1123.

6. Гисев, Б. М. Разработка программного компонента АЧР среды вычислительного комплекса PSCAD / Б. М. Гисев, Б. Ф. Ибрагимов // Релейная защита и автоматизация. – 2022. – № 4(49). – С. 49-53.

7. PSCAD User's Guide Ver.4.6, Manitoba HVDC Research Centre, 2017. URL: <https://hvdc.ca/>.

8. Техническое руководство MiCOM P139, Feeder Management and Bay Control, IEC -103 XLS & IEC 61850 PICS, MICS, ADL, режим доступа: https://www.se.com/ru/ru/download/document/P139_PM_ADL_TelDoc/

9. Новаш, И. В. Моделирование энергосистем и испытание устройств релейной защиты в режиме реального и модельного времени /И. В. Новаш // Энергетика. Изв. высш. учеб.заведений и энерг. объединений СНГ. – 2017 – № 3 (60). – С. 198–210.

10. Сайт научно-производственного предприятия «Динамика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dynamics.com.ru/>. – Дата доступа: 8.12.2022.

11. Шуин, В. А. Влияние электромагнитных переходных процессов на функционирование токовых защит от замыканий на землю в электрических сетях 6-10 кВ / В. А. Шуин, О. А. Сарбеева, Е. С. Чугрова // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2009. – № 4. – С. 84-91. – EDN ITVBHN.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРОВ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Мирзозода Борбад Мирзо	Мирзозода Борбад Мирзо	Mirzozoda Borbad Mirzo
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
borbadtjk@mail.ru		
ORCID Id: 0000-0001-8230-7812		
TJ	RU	EN
Ибрагимов Бахтиёр Фатхуллоевич	Ибрагимов Бахтиёр Фатхуллоевич	Ibragimov Bakhtiyor Fatkhulloevich
Докторанти PhD	PhD докторант	PhD student
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S.Osimi
ibf-95@mail.ru		
ORCID Id: 0000-0001-6312-2660		

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДОХРАНИЛИЩ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ РАБОТАЮЩИХ В КАСКАДЕ

Раджабов М.Ш., Усмонов Х.И., Султонов Ш.М., Косимов У.У.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими,

Рациональное управление гидроэнергетическими ресурсами, как в мире, так и в нашей стране достигается путём строительства каскадов ГЭС на крупных реках. Это позволяет многократно увеличить эффективность использования водных ресурсов, но одновременно с увеличением эффективности использования гидроэнергоресурсов и увеличением выработки электроэнергии наличие каскадов ГЭС многократно усложняет управление режимами в таких энергосистемах. В статье приведён анализ режимов работы ГЭС Вахшского каскада. Для анализа и сравнения различных вариантов режимов работы ГЭС разработана модель каскада ГЭС на реке Вахш, которая учитывает режимы заполнения и сработки водохранилищ ГЭС, а также всех ограничений и расходов на орошения.

Ключевые слова – гидроэлектростанции, каскад, водохранилище, режим работы, выработка электроэнергии.

ТАДҶИҚИ РЕҶАҶОИ ОБАНБОРҶОИ НЕРУГОҶҶОИ БАҶҚИ ОБӢ, КИ ДАР СИЛСИЛАИ НӢО КОР МЕКУНАНД

Раҷабов М.Ш., Усмонов Х.И., Султонов Ш.М., Қосимов У.У

Истифодаи оқилонаи захираҳои гидроэнергетикӣ, чи дар ҷаҳон ва чи дар кишвари мо бо роҳи дар дарёҳои калон сохтани силсила неругоҳҳои барқи обӣ ба даст оварда мешавад. Ин имкон медиҳад, ки самарائي истифодаи захираҳои обӣ чандин маротиба зиёд карда шавад, вале дар баробари зиёд шудани самарائي истифодаи захираҳои гидроэнергетикӣ ва зиёд шудани истеҳсоли энергияи электрикӣ мавҷуд будани силсила неругоҳҳои барқи обӣ идоракунии реҷаҳо дар ҷунин системаҳои энергетикӣ хеле душвор мегардонад. Дар мақола таҳлили реҷаҳои кори силсила неругоҳҳои барқи обии дарёи Вахш оварда шудааст. Барои таҳлил ва муқоиса намудани вариантҳои гуногуни реҷаҳои кори НӢО модели силсила неругоҳҳои барқи обӣ дар дарёи Вахш тартиб дода шудааст, ки дар он реҷаҳои пур ва коҳиши обанборҳои НӢО, инчунин ҳамаи маҳдудиятҳо ва хароҷоти обёрӣ ба назар гирифта шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: неругоҳҳои барқӣ обӣ, силсила, обанборҳо, реҷаҳои кори, истеҳсоли энергияи электрикӣ.

ANALYSIS OF OPERATING MODES OF RESERVOIRS OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS WORKING IN CASCADE

Rajabov M.Sh., Usmonov Kh.I., Sultonov Sh.M., Kosimov U.U.

Rational management of hydropower resources, both in the world and in our country, is achieved by building cascades of hydropower plants on large rivers. This makes it possible to multiply the efficiency of water resources use, but simultaneously with an increase in the efficiency of the use of hydropower resources and an increase in electricity generation, the presence of HPP cascades greatly complicates the control of modes in such power systems. The article provides an analysis of the operating modes of the HPP of the Vakhsh cascade. To analyze and compare various options for HPP operation modes, a model of the HPP cascade on the Vakhsh River was developed, which takes into account the modes of filling and drawdown of HPP reservoirs, as well as all restrictions and costs for irrigation.

Key words: hydroelectric power plants, cascade, reservoir, mode of operation, power generation.

Введение

Принципы оптимального управления режимами гидроэлектростанций в электроэнергетических системах (ЭЭС) образует сложный комплекс задач, структура которых определяется особенностями функционирования ЭЭС, спецификой генерации электрической энергии в ней и характером ее потребления. Это приводит к отсутствию единых решений в назначении оптимальных режимов работы ЭЭС [1,2].

Задача управления каскадом водохранилищ с точки зрения теории оптимального управления представляет собой задачу управления подверженной случайным воздействием динамической системы на фазовые и управляющие переменные, которые наложены сложные ограничения. Основная трудность, стоящая на пути решения этой задачи, заключается в том, что рассматриваемые системы обычно имеют слишком большую размерность и сложную структуру. Каскады водохранилищ создаются преимущественно для удовлетворения нужд ирригации и энергетики [3].

Особенностью ГЭС, связанных каскадом, является то, что уровень нижнего бьефа вышележащей станции зависит от кривой подпора водохранилища нижележащей станции. Исходя из этого, расчет начинается со станции замыкающий каскад. После расчета верхнего бьефа нижележащей ГЭС по характеристикам определяется уровень нижнего бьефа вышерасположенной станции, что позволяет учесть снижение напора и, как следствие, снижение мощности [4].

Основой для расчетов режимов является модель ГЭС и каскада, которая формируется с учетом индивидуальных особенностей конкретной ГЭС и условий эксплуатации. Параметры модели включают топологические, гидрологические и технологические особенности ГЭС. Описание каскада учитывает

расположение отдельных ГЭС в каскаде и их взаимосвязь по напору и расходу воды. Учет последнего определяется наличием подпора уровня нижнего бьефа ГЭС за счет верхнего бьефа нижележащей станции. Уровень верхнего бьефа определяется по статическим значениям емкости водохранилищ с учетом времени добегания воды от вышележащей станции [5].

Необходимо отметить, что почти 98 % электрической энергии в республике Таджикистан вырабатываются на ГЭС. Почти вся мощность ГЭС сосредоточена на каскаде реки Вахш и при назначении оптимальных режимов работы ГЭС необходимо учитывать их связанность по стоку и по напору. Нурекской ГЭС, обладающая водохранилищем годового регулирования, составляет почти 80 % мощности всего Вахшского каскада. Такое доминирование приводит к тому, что расходы воды, получаемые другими ГЭС каскада, имеющих водохранилища, как правило, суточного регулирования, определяются, главным образом, транзитным стоком Нурекской ГЭС. Естественно, что при этом регулировочные способности этих ГЭС в ЭЭС чрезвычайно малы. Правительство Таджикистана активно работает над завершением строительства Рогунской ГЭС, которая расположена перед Нурекской ГЭС на реке Вахш. Рогунская ГЭС с установленной мощностью 3600 МВт станет самой крупной станцией в Таджикистане, со среднегодовой выработкой электроэнергии 13,1 млрд. кВт·ч. Рогунский гидроэнергетический узел является наиболее крупным на р. Вахш, обеспечивающий наиболее эффективную работу всего каскада [6,7]. С вводом этой станции возможно практически полное освоение водно-энергетического потенциала всей реки Вахш, а также зарегулирование стока реки Амударья. На данный момент введено в эксплуатацию два гидроагрегата Рогунской ГЭС. Первый агрегат мощностью 360 МВт был введен в эксплуатацию 16 ноября 2018 года, второй – мощностью 400 МВт 9 сентября 2019 года. Водохранилище Рогунской ГЭС будет иметь годовое регулирование стока, которое может запастись большим объемом воды в летнее время и сбрасывать в зимнее время.

При наличии Рогунской ГЭС, уровень воды в водохранилище Нурекской ГЭС можно будет поддерживать на постоянном уровне, в то время как водохранилище Рогунской ГЭС будет использовано для регулирования стока, разница уровня воды в нём будет варьироваться до 30 метров. Это позволит установить постоянный сезонный режим стока для Нурекской ГЭС. С вводом Рогунской ГЭС станет возможным экспорт электроэнергии в большом объеме не только в летнем периоде, но и в зимнем [1].

Исходная информация по каскаду ГЭС на реке Вахш

Река Вахш берет свое начало на высоте 3680 м в северо-восточной части алайской долины под названием р. Кызылсу. После слияния с р. Муксу река называется Сурхоб и только после впадения в нее р. Обихингоу приобретает свое настоящее название – Вахш. Бассейн реки Вахш (рисунок 1) расположен между 37,10 и 39,74 северной широты и 68,31 и 73,70 восточной долготы. Высота над уровнем моря в бассейне колеблется от 302 до 7050 м над уровнем моря. Река Вахш является основным правым притоком реки Амударья, длина реки составляет 524 км, площадь бассейна 39,1 тыс. км². Большая часть бассейна реки находится в горной системе Памиро-Алая. Основная часть стока реки Вахш формируется снеговыми и дождевыми водами, что определяет внутригодовое распределение стока с максимальной концентрацией в весенние месяцы (март, апрель, май) [8].

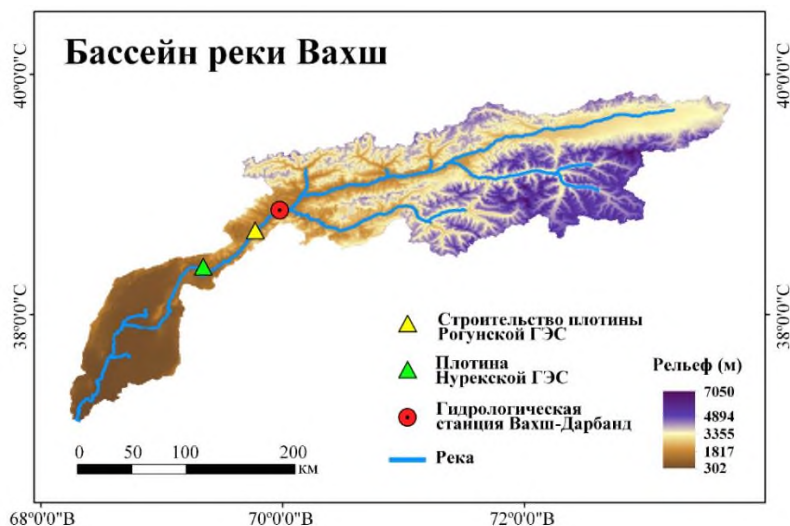


Рисунок 1 - Бассейн реки Вахш

Для реки Вахш характерно низкое состояние уровней и расходов в осенне-зимний период, когда питание реки осуществляется в основном грунтовыми водами и периодически выпадающими осадками. Подъем расходов воды начинается в апреле, наибольшие расходы воды наблюдаются в июле, иногда в конце или начале августа, с середины августа начинается спад, продолжающийся до октября. В середине октября устанавливается меженное состояние реки, с расходами порядка 150-250 м³/сек. Максимальные расходы воды на р. Вахш – могут изменяться от 1780 м³/с (30. 05. 1951 г.) до 3730 м³/с. (10. 07. 1953 г.). Среднегодовые расходы воды изменяются от 511 м³/с до 729 м³/с при среднемноголетнем значении 635 м³/с. Основной сток воды р. Вахш проходит с мая по сентябрь и составляет 76,0 % от годового стока [9,10]. Среднемноголетний сток в створе плотины Нурекской ГЭС составляет 20,5 км³. На рисунке 2 показана исторические среднегодовые расходы реки Вахш.

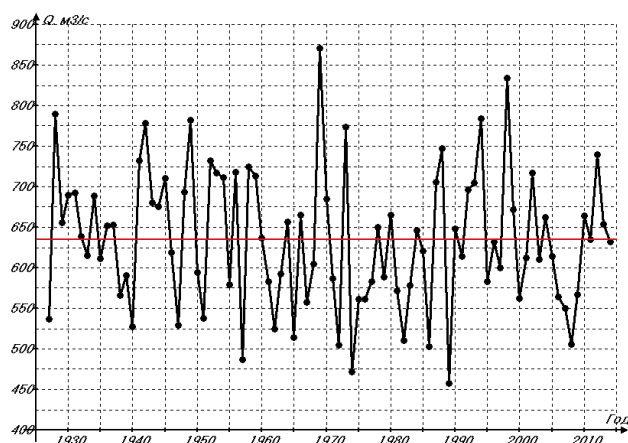


Рисунок 2 - Среднегодовые расходы реки Вахш

Изменение уровня воды в водохранилищах, расположенных выше по течению, повлияет на выработку электроэнергии гидроэлектростанциями, расположенными ниже по течению. Каскадное расположение ГЭС переопределяет взаимосвязь режимов водохранилищ ГЭС по расходам воды, а очень часто и по напорам, что должно учитываться в математических моделях расчета и анализа режимов ГЭС. Внутри года сток распределен крайне неравномерно.

На реке Вахш действуют гидростанции суммарной установленной мощностью 5540 МВт. Вахшский каскад включает в себя восемь ГЭС, существующих в настоящее время, и находящихся в процессе строительства. Шесть из них находятся на самой реке Вахш: Рогунская, Нурекская, Байпазинская, Сангтудинская ГЭС 1, Сангтудинская ГЭС 2 и Головная. А две из них на Магистральном Вахшском канале: Центральная и Перепадная [11]. Схема ГЭС Вахшского каскада показано на рисунке 3.



Рисунок 3 - Схема Вахшского каскада ГЭС

При оптимизации режимов работы ГЭС определяются также мощности ГЭС, расход воды через ГЭС, расход в нижний бьеф, холостые сбросы, уровни бьефов и другие энергетические и гидравлические показатели. Более того, возникают изменения режима каскада ГЭС для выполнения системных ограничений по балансу мощности. Все эти параметры необходимы для анализа эффективности использования водных ресурсов ГЭС и информационного обеспечения расчета режимов работы ГЭС. Кроме того, фактическая информация о конкретных режимах работы используется для построения имитационной модели каскада ГЭС.

Объект исследования

Обычно водно-энергетическое регулирование стока осуществляется по принципу максимальной эффективности всего каскада. В каскаде осуществляется совместное регулирование стока исходя из требований потребителей электроэнергии и мощности каждой станции каскада с учетом их возможностей.

Таким образом, для расчетов длительных режимов энергосистем с каскадом ГЭС должна быть разработана функциональная модель, связывающая между собой все основные среднеинтервальные параметры режима станций. Она должна базироваться на технологической модели каскада и учитывать особенности расчетов при больших интервалах осреднения параметров – декада, месяц. Модель должна учитывать и взаимосвязь режимов каскада ГЭС в энергосистеме как при наличии, так и при отсутствии гидравлической связи между ними [12, 13].

При составлении баланса расхода для каскада ГЭС необходимо учитывать:

изменение бытовой приточности от верхней ГЭС каскада до нижней за счет боковой приточности в зоне водохранилища каждой ГЭС;

динамическую емкость водохранилища, которая может и сбрасываться, и заполняться;

время добегания воды от вышележащей станции к нижележащей.

Каскады ГЭС могут иметь как гидравлическую связь по водотоку, так и энергетическую по напору (разомкнутые и сомкнутые каскады). Все эти условия должны учитываться при разработке правил управления режимами работы каскада ГЭС.

Необходимо отметить, что из рассматриваемых ГЭС с водохранилищами только водохранилище Нурекской ГЭС имеет способность годового (сезонного) регулирования стока, а остальные ГЭС, расположенные ниже по течению, обеспечивают лишь суточное регулирование. Оптимальное распределение стока в данной работе рассматривается для ГЭС Вахшского каскада, которые имеют водохранилище. Рогунская ГЭС, расположенная перед Нурекской ГЭС, которая на данный момент эксплуатируется не на полную мощность, и у которого водохранилища еще не заполнена до нормального подпорного уровня (НПУ) работает в основном на транзитном стоке реки Вахш. В данной работе принимается, что Рогунская ГЭС не участвует в перераспределении стока реки Вахш.

В таблице 1 приведены основные параметры водохранилищ ГЭС Вахшского каскада.

Таблица 1-Параметры водохранилищ ГЭС Вахшского каскада

Станции	Рогунская	Нурекская	Байпазинская	Сангтудин- ская 1	Сангтудин- ская 2	Головная
Регулирование	Годовое*	годовое	суточное	суточное	суточное	суточное
Полный объем, км ³	13,3*	10,5	0,12465	0,258	0,0665	0,096
Полезный объем, км ³	10,3*	4,5	0,0871	0,018	0,005	0,004
Напор, м	245*	223	54	58	21	23,3

*Проектные данные строящейся Рогунской ГЭС.

Дадим математическую постановку данной задачи без учета наличия гидравлической связи между станциями каскада. Такое допущение достаточно серьезно упрощает расчеты и дает возможность оперативно оценить эффект от перераспределения стока в каскаде [14].

Допустим в энергосистеме работает n гидростанций ($j=1, 2, \dots, n$). Каждая ГЭС за период Δt_j может вырабатывать определенное количество электроэнергии.

$$f(x) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n P_{ГЭСij}(x) \cdot \Delta t_i \longrightarrow \max \quad (1)$$

где $P_{ГЭСij}$ – мощность j – ой ($j=1, 2...n$) ГЭС в i – ом интервале ($i=1, 2...k$), МВт;

Δt_i – длительность i – го расчетного интервала, ч;

n – число ГЭС;

k – интервал времени;

Мощность каждой станции в рассматриваемом интервале

$$P_{ГЭСij} = 9,81 \cdot Q_{ij} \cdot H_{срj} \cdot \eta_{ij} \quad (2)$$

где $H_{срj}$ – средний за расчетный период напор;

Q_{ij} – расход воды через турбины j – ой ГЭС;

η_{ij} – к.п.д. j – ой ГЭС;

Уравнения ограничений для каждой ГЭС:

По уровням водохранилища.

Для каждой ГЭС задается максимальное и минимальное значение уровня верхнего бьефа.

$$Z_{ББminij} \leq Z_{ББj} \leq Z_{ББmaxij} \quad (3)$$

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

$$Z_{ББj} = f(V_{ББj})$$

По мощности каждой ГЭС

$$P_{minij} \leq P_{ГЭСij} \leq P_{maxij}, \quad (4)$$

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

По расходу воды для каждой ГЭС

$$Q_{minij} \leq Q_{ij} \leq Q_{maxij} \quad (5)$$

Здесь Q_{ij} – расход воды через турбину j – ой ГЭС;

Кроме этих основных ограничений необходимо также учитывать расходы воды на ирригацию, то есть водозаборы из реки Вахш.

В Таджикистане вдоль реки Вахш, имеется несколько ирригационных схем:

Туннель Дангара с расходом 100 м³/с был построен для орошения земель в Дангаринском районе (70000 га) через туннель из Нурекского водохранилища;

Туннель Яван расходом 75 м³/с, для орошения земель районов Яван, А. Джамии и Хурасон. Вода берется из водохранилища Байпазинской ГЭС;

Вахшский магистральный канал расходом 210 м³/с используется для орошения земель в районах Вахш, Бохтар, Дусти, Джайхун и Дж. Руми.

Также имеются другие ирригационные системы, но их расход не превышает 1 м³/с.

По данным Института Гидропроект (Москва) [15], испарение в Нуреке оценивается в 0,0523 км³/год, что представляет собой потерю расхода в 1,6 м³/с для Нурекской ГЭС.

Модель каскада ГЭС на реке Вахш

На рисунке 4 приведена модель ГЭС каскада Вахш с возможными комбинациями режимов, учитывающий все ограничения и водозаборы. Возможные режимы ГЭС каскада с учетом всех выше приведенных ограничений и расходов на орошение, при заданном расходе. Для ГЭС, расположенных ниже Нурекской ГЭС, рассматривается два режима [2,14].

Первый режим

На гидростанциях производится сработка собственных водохранилищ.

В этом случае суммарный расход воды через ГЭС состоит из двух составляющих – из транзитного расхода от Нурекской ГЭС, работающей по режиму, приведенному на рисунке 4, и расхода воды из собственного водохранилища Q_{Vj} :

$$Q_j^V = Q_{j-1} + Q_{Vj} - \Delta Q_{(j-1)-j} \quad (6)$$

где Q_j^V – расход j – ой ГЭС ($\text{м}^3/\text{с}$);

$\Delta Q_{(j-1)-j}$ – расходы на орошения (водозаборы) между j – ой и $j+1$ ГЭС, $\text{м}^3/\text{с}$;

Расход воды при сработке водохранилища j – ой ГЭС, соответствующий полезному объему V_j определяется по формуле:

$$Q_{Vj} = \frac{V_j}{t_{\text{сраб}}} \quad (7)$$

где V_j – полезный объем водохранилища j – ой ГЭС, м^3 ;

$t_{\text{сраб}}$ – период сработки водохранилища j – ой ГЭС, сек.

Второй режим

Нижерасположенные гидростанции работают на транзитном стоке от вышерасположенных, т.е на Q_{j-1} . При этом их водохранилища остаются заполненным до НПУ.

$$Q_j^T = Q_{j-1} - \Delta Q_{(j-1)-j} \quad (8)$$

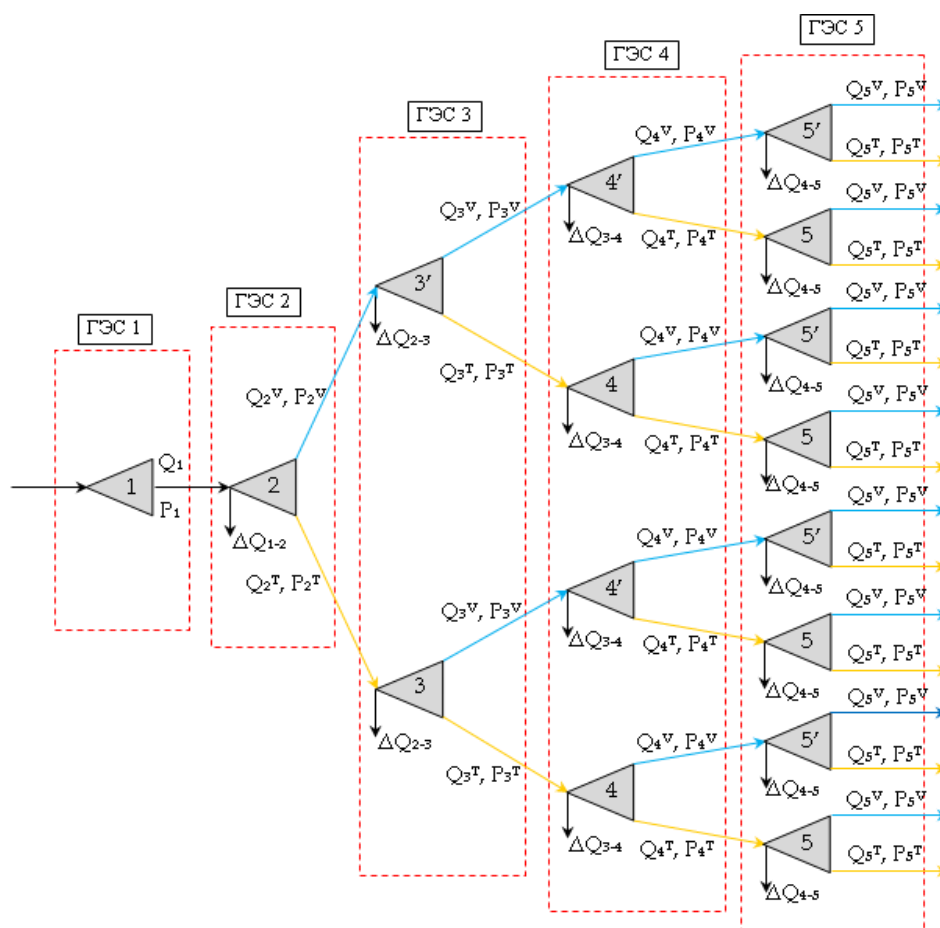


Рисунок 4 - Модель каскада ГЭС реки Вахш

Рассмотрим принципиальные особенности работы данной модели.

При работе Нурекской ГЭС (ГЭС 1) по графику, показанному на рисунке 4, ее расход равен Q_1 , что соответствует мощности P_1 .

Расход Нурекской ГЭС является транзитным для нижележащей Байпазинской (ГЭС 2).

При этом ГЭС – 2 может работать в двух режимах:

Первый – использовать расход Q_1 плюс дополнительный расход из собственного водохранилища Q_{V2} , рассчитанным по (7). В этом режиме суммарный расход ГЭС-2 Q_2^V определяется по (6), выдаваемая мощность P_2^V определяется по (2). При этом будут учтены водозаборы воды между ГЭС-1 и ГЭС-2 (ΔQ_{1-2}).

Второй – работать на транзитном стоке, то есть расходовать приток Q_1 , с учетом водозабора ΔQ_{1-2} . В этом режиме расход ГЭС-2 Q_2^T – определяется по (8). При этом выдаваемая мощность ГЭС-2, будет равна мощности на транзитном стоке, т.е. P_2^T ;

Таким же образом рассчитывается режим работы всех остальных станций в каскаде с учетом ограничений и расходов на орошения.

Заключение

Станции каскада связаны по расходу, напору, мощности и выработке электроэнергии. Схема связи достаточно сложная, и станции не могут рассматриваться изолированно. В каскаде могут быть ГЭС с различной степенью регулирования стока, причем каждая станция имеет определенные ограничения по ресурсам, что определяет их регулировочные возможности. За счет оптимального перераспределения стока с использованием приведенной модели каскада ГЭС на реке Вахш в различных режимах можно оптимально управлять водохранилищами ГЭС, работающих в каскаде.

Литература:

1. Гидроэнергетика: учебное пособие / Т.А. Филиппова, М.Ш. Мисриханов, Ю.М. Сидоркин, А.Г. Русина. - 2-е изд., перераб. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2012. -620 с.
2. Оптимальное управление режимами ГЭС в электроэнергетических системах. Монография / Секретарев Ю.А., Султонов Ш.М. // Душанбе: ТТУ имени академика М.С. Осими, 2020. 144 стр..
3. Моделирование в управлении водными ресурсами. / Наврузов С.Т.// Монография – Душанбе: «ЭР-граф», 2013. - 280 с.
4. Совбан Е.А. Разработка методики управления режимами объединенной электроэнергетической системы в условиях неопределенности баланса: дис.. канд. техн. наук : 05.14.02 / Совбан Е.А.; науч. рук. А. Г. Русина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 2019. – 170 с.
5. Моделирование краткосрочных режимов работы каскадов ГЭС / Алябышева Т.М., Цурлуков В.А., Юркин А. Г. // Энергия единой сети №4. С. 62-69.
6. // ОАХК «Барки Точик», официальный сайт: [сайт]. URL: <http://www.barqitojik.tj/>
7. Исследования ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС. Фаза II: определение вариантов плотины. Том 1, ОАХК «Барки Точик», Отчет №: Р.002378 RP58 Ред. Г, Июнь 2014.
8. Прогнозирование среднемесячных значений стоков рек с применением необобщающей модели машинного обучения и преобразованием пространства признаков (на примере реки Вахш) / Матренин П.В., Сафаралиев М.Х., Кирьянова Н.Г., Султонов Ш.М. // Проблемы региональной энергетики. 2022. № 3 (55). С. 99-110.
9. Исследования ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС. гидрология, ОАХК «Барки Точик», Отчет №: Р.002378 RP 07 Ред. Д, Январь 2013.
10. Особенности управления гидроэлектростанциями в энергосистеме республики Таджикистан. / Кокин С.Е., Сафаралиев М.Х., Султонов Ш.М. // Известия НТЦ Единой энергетической системы. 2017. № 2 (77). С. 109-118
11. Исследования ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС / Фаза II - Том. 3 – Глава 5: Исследования по моделированию эксплуатации водохранилища, ОАХК «Барки Точик», Отчет №: Р.002378 RP40 Ред. Д, Август 2014
12. Specifics of hydropower plant management in isolated power systems / Sultonov S., Dzhuraev S., Safaraliev M., Kokin S., Dmitriev S., Zicmane I. // Przegląd Elektrotechniczny. 2022. № 4. С. 53-57.

13. Гидроэнергетика / учебник для вузов // А.Ю. Александровский, М.И. Кнеллер, Д.Н. Коробова и др. ; Под ред. В.И. Обрезкова. - 2-е изд. перераб и доп. -М.: Энергоатомиздат, 1988.- 512с.
14. Оптимизация режимов работы энергосистемы с высокой долей гидроэлектростанций (на примере энергосистемы таджикстана). Султонов Ш.М. / автореферат дис., кандидата технических наук // Новосиб. гос. техн. ун-т. Новосибирск, 2016.// Группа Всемирного банка: [сайт]. URL: <http://www.worldbank.org/>

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРОВ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Рачабов Мирзошариф	Раджабов Мирзошариф	Rajabov Mirzosharif
аспирант	аспирант	graduate student
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Усмонов Хислатбек	Усмонов Хислатбек	Usmonov Khislatbek
аспирант	аспирант	graduate student
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Султонов Шерхон Муртазокулович	Султонов Шерхон Муртазокулович	Sultonov Sherkhon Murtazokulovich
к.т.н.	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
sultonzoda.sh@mail.ru		
ORCID Id: 0000-0003-2322-5272		
TJ	RU	EN
Қосимов Улуғбек Умриевич	Косимов Улугбек Умриевич	Kosimov Ulughbek Umrievich
н.и.т	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
kosimov@list.ru +992927372424		

МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАВОДШИНОСӢ - METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

УДК 549.2

БАЗАЛТЫ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ СИНТЕТИЧЕСКИЕ СПЛАВЫ

Насриддинов З.З.

Горно-металлургический институт Таджикистана

В статье рассматривается исследование минерального и химического состава базальтов и отходов базальтового производства ват, как перспективное сырьё для получения сплавов.

Ключевые слова: базальт, вата, фибра, сплав, синтетический сплав, шлак базальтовый, вулканическая горная порода, минералы.

ХУЛАИ СИНТЕТИКИИ БАЗАЛТӢ

Насриддинов З.З.

Дар мақола таркиби минералогӣ ва кимиёии базалтҳо ва ҳосилаи партовҳои саноатии истеҳсоли маводҳои гарминигордорандаи онҳо, ҳамчун ашёи заминавӣ барои ҳосил кардани хулаҳо, таҳқиқ карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: базалт, гарминигордорӣ, фибра, хула, хулаҳои синтетикӣ, партови базалтӣ, ҷинсҳои вулқонӣ, минерал.

SYNTHETIC BASALT-LIKE ALLOY

Nasriddinov Z.Z.

The article discusses the research of the mineral and chemical composition of basalts and wastes of basalt production of cotton wool, as a promising raw material for the production of alloys.

Key words: basalt, cotton wool, fiber, alloy, synthetic alloy, basalt slag, volcanic rock, minerals.

Введение. С развитием многосекторного народного хозяйства Республики Таджикистан потребность в металлах и различных сплавах растёт день ото дня. Сырьё для получения сплавов, могут служить разные минералы и горные породы, которые массово покрыты на территории республики. Один из перспективных источников для получения сплавов на фоне основного производства ват и разных строительных материалов является базальт [1, с.127].

Базальтовая порода инертна с точки зрения радиационной безопасности и не несёт вреда окружающей среде. Эту породу можно использовать во многих отраслях промышленности, особенно для получения сплавов. Практические использования базальтовых пород основывается на их качественных характеристиках, таких как высокая стойкость к истиранию, прочность на сжатие и химическую стойкость к среде [1, с.128].

Важно отметить, что магматические породы, основным представителем которых является базальт, являются уникальным сырьём для производства широкого спектра современных материалов, в первую очередь композитных сплавов. Потенциал получения сплавов из базальта определяется их минеральным и химическим составом, а также условиями плавления, кристаллизации и отжига. Результаты химического анализа для пород большинства месторождений мира общедоступны, тогда как данные о минеральном и химическом составе месторождений по Таджикистану практически отсутствуют (или представлены в виде состава основных минеральных видов, обычно содержащихся в базальтах).

Цель исследования: заключалась в определении и изучении химического, минералогического и структурного состава базальтовых и его переформированных сплавов в той мере, в какой они могут влиять на свойства сплавов.

Материалы и методы исследования: Материалом для изучения послужили в основном образцы базальтов из Дулонайского, Краснозвездного и Ташкентского месторождений Северного Таджикистана их общая производственная смесь. Также шлак из базальтового волокна - как природный синтетический сплав (рис. 1). Анализы по определению химического состава проведены в ООО «Завод Техно» г. Рязань, Российской Федерации, методом рентген флуоресцентного анализа на спектрофлуориметре «Bruker S4 Explorer», методикой Silicat, H₂BO₃ на прессовке материала со связующим (воском) под давлением 250 кН – аналитиком Миканевым И. (табл. 1, образцы №1, 2 и 3). Анализы по определению химического состава смещённых производственных

проб проведены в ГУП «Комплексная геологическая экспедиция Кайраккум» г. Гулистан, Республика Таджикистан методом силикатно-химического анализа на коллометрическом приборе (табл. 1, образцы №4, 5 и 6) – аналитик Атомамадова Ш. С целью уточнения элементного состава шлаков проводились исследования методом рентген флуоресцентного анализа на спектрометре «Спектроскан Макс-GF2E» – аналитик Ходжиев С., в городе Бустоне, Таджикистан (табл. 2). Фазовый состав определён методом рентгенофазового анализа (Дрон-3.0 Си-анод; Ni-фильтр) в лаборатории Физико-технического института имени С.У. Умарова НАН Таджикистана – аналитик Давлатов Б.



Рисунок 1 - Шлак – отход производства базальтовой ваты. Плотный металлообразный материал.

Результаты исследования и их обсуждение: согласно анализу литературы, в США в 1988 году исследователи производили металлические сплавы из базальта, таким образом были получены высоко насыщенные тройные сплавы на основе кобальта и железа с базальтом [2, с. 2].

Специалистами также был получен материал, которого интерпретировали как «синтетический минеральный базальт подобный сплав». По мнению исследователей синтетические минеральные сплавы являются материалы, лабораторного и или промышленного типа, которые появились при плавлении природного или техногенного минералого-оксидного сырья основного и ультраосновного типа с содержанием SiO_2 более 40 %, доля кристаллических фаз порядка 93–95 %, остальная часть структуры имеющее аморфное строение.[3, с.2]

Как раз, наши образцы являются исходным материалом, которые появились после плавлении природного минералогического вещества во время производства теплоизоляционных ват, таким образом подтверждая описанию термина синтетического базальт образного сплава.

Согласно таблице 1, который составлен по показателям приборов на основе наших материалов, базальты Аштского и Матчинского районов Согдийской области приблизительно отличаются по составу. Содержание кремнезёма (SiO_2) колеблется от 49 до 55–60 %, что указывает на кислую составляющую этих пород. Мы считаем, что показатели содержания кремнезёма (SiO_2) до 60%, для базальтов, являются в целом аномально высоким (– Аналитики Миканев И., Атомамадова Ш.). Сумма щелочей (Na_2+K_2) от 5 %, прямой показатель, щелочности базальтов вышеупомянутых месторождений. Визуально базальты этих месторождений не отличаются по цвету или формы текстур в естественном положении залеганий.

Таблица 1. Средний химический состав исследуемых базальтов

Компоненты	Образец исследуемых проб					
	Месторождения Дулона	Месторождения Краснозвездный	Месторождения Ташкескен	Смешанный измельчённый состав на производстве		
	1	2	3	4	5	6
SiO_2	49,59	56,55	56,85	60,82	60,55	60,47
TiO_2	1,10	0,80	0,85	1	1,2	1,10
Al_2O_3	19,05	17,35	16,44	16,38	16,25	16,25
Fe_2O_3	8,83	5,93	5,92	6,07	6,15	6,22
MnO	0,18	0,07	0,10	1,85	1,85	1,85
MgO	5,10	4,77	5,82	2,57	2,57	2,62

CaO	7,08	8,15	7,99	5,26	5,19	5,12
Na ₂ O	3,29	2,95	4,90	2,65	2,65	2,77
K ₂ O	2,48	2,92	1,59	2,42	2,50	2,58
Σ	96,7	99,49	100,46	99,02	98,91	98,98

Однако, исходя из особенностей минерального состава и структуры, можно предполагать, что формировавшиеся на глубине породы возникли за счет той же субстанции, что и ассоциирующиеся с ними лавы. Аргументацию в защиту этого положения можно развивать, идя от известных фактов к неизвестному. Рассмотрим, например, следующую серию сопоставлений. Базальт, образующий лавовые потоки, имеет достоверно магматическую природу. Наиболее типичный базальт состоит в основном из трех минералов — оливина, авгита и плагиоклаза. Последние два минерала часто образуют в базальтах характерные сростания, известные под названием офитовой структуры. Те же минералы в аналогичных структурных взаимоотношениях встречаются также в мелких пластообразных интрузивных телах (дайках и силлах). Тонкие пластообразные интрузивные тела могут слагаться базальтами, практически идентичными присутствующим в лавовых потоках. Однако более мощные интрузивы того же типа охлаждались медленнее, в связи с чем они приобрели несколько более крупнозернистое строение. Такие среднезернистые базальтовые породы называются долеритами. Однако несмотря на то, что долериты получили особое название в связи с характером зернистости и условиями залегания, не вызывает никаких сомнений их образование за счет того же материала, из которого возникли базальты. Наконец, и в крупных интрузивах, обнажающихся при глубокой эрозии в корневых частях вулканических областей и сложенных преимущественно теми же тремя минералами, часто проявляется характерная офитовая структура. Эти грубозернистые породы одинакового с базальтами состава называются габбро. Они обнаруживают постепенные переходы к долеритам, тогда как последние постепенно переходят в базальты. Не может быть каких-либо сомнений в тесной генетической связи всех этих пород. Базальты, долериты и габбро по существу имеют одинаковый химический состав, тогда как некоторые различия в их структуре и в деталях минерального состава легко можно объяснить охлаждением в разных условиях. Эти три типа пород, несомненно, происходят из одной магмы и, следовательно, могут быть названы комагматическими или генетически родственными. Последний термин подчеркивает не столько магматическую природу, сколько общность происхождения пород — они «единокровны». Многие другие породы, сильно отличающиеся от базальтов по составу, связаны друг с другом точно таким же образом, как базальты, долериты и габбро. Такие тесные генетические соотношения обычно характеризуют выделением соответствующих семейств горных пород [4, с15-16].

В результате деятельности камнеобрабатывающей предприятия ООО “Элегант” в городе Бустоне Согдийской области, особенно при получении ват из базальтовых пород, образовались отходы в виде сплавов естественным путём в неконтролируемой среде (рис.1). По механическим свойствам они довольно прочные, плотные и тяжелые. С целью уточнения их элементного состава нами проводились анализы и исследования. Полученные результаты приведены в таблице 2. Таким образом главным элементом систем сплавов на основе базальтов остаётся железо. Но исходная свойства прочности, плотности, цвета, текстуры и другие параметры получились на основе взаимодействия таких элементов как, медь, цинк, кобальт, титан, стронций и никеля. Задача также стоит в том, что определить присутствие каких элементов и в каких процентах могут влиять негативно на качество сплава.

Таблица 2 - Элементный состав отхода

№	Элемент	Процентное содержание
1	Sr	0.005864
2	Zn	0.076491
3	Cu	0.217522
4	Ni	0.006567
5	Co	0.004484
6	Fe	98.09507
7	Ti	0.345759

Нами впервые определен минерально-фазовый состав базальтов Северного Таджикистана, что является важнейшей информацией для продолжения научных исследований по предмету изучения местных базальтов, хотя выше отмечено, что типичный базальт состоит в основном из трех минералов — оливина, авгита и плагиоклаза. Материал имеет следующий фазовый состав (% масс.): Quartz (Si O₂) -51, Hematite (Fe₂

O_3)-17, Anorthite ($Ca Al_2 Si_2 O_8$) – 22, Cristobalite beta ($Si O_2$) -1, Chabazite (Ca-exchanged), Dehydrated ($Ca_{1.979} Al_{3.8} Si_{8.2} O_{24}$) – 8, Betpakdalite ($Ca_{1.96} K_{.66} Fe_3 As_2 Mo_8 H_{38} O_{54.76}$) – 1 (рис. 2). Здесь присутствие гематита указывает на обеспечения железо как основной компонент сплава. Анортит как плагиоклазный составляющий тоже определён в наших образцах, и исходя из его присутствие можно отнести базальтов Северного Таджикистану к классу плагиоклазовых.

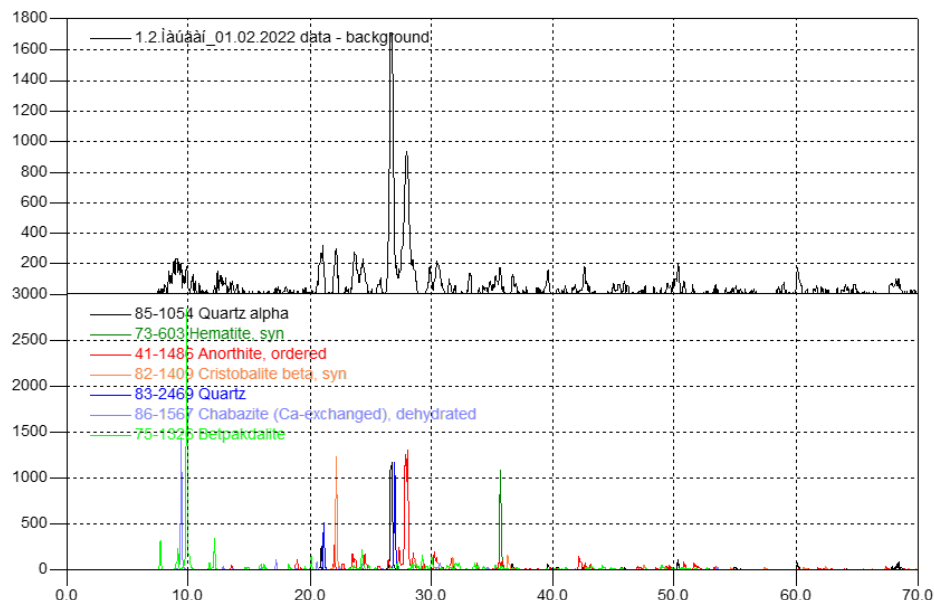


Рисунок 2 - Пиктограмма базальта до обработки

Также впервые идентифицирован оптической микроскопией структура исследуемого сплава (рис. 3). Микроструктура представляет собой зерна твердого раствора. Неоднородного состава местами с пористой ячейкой.



Рисунок 2 - Структура базальт образного синтетического сплава (x50)

Выводы: анализ лабораторных исследований показали некоторые важнейшие стороны производства базальт образных сплавов.

Как видно из табличных данных, отходы данного типа относительно богаты металлическими компонентами, в частности, железом до 98% и другими.

Анализ химического состава базальтов месторождений и сплава показывает, прямое отношение минерального состава и концентраций химических элементов.

Присутствие такого минерала, как Бетпақдалит является признаком попутных ценных компонентов, которые впоследствии входили в состав исходного сплава в виде элемента молибдена.

Исходя из присутствия анортита в минеральный состав базальтов согласно нашим анализам, можно отнести базальтов Северного Таджикистану к классу плагиоклазовых. Серый цвет пород базальта является прямым доказательством присутствия плагиоклазовых. С другой стороны, темно-серый цвет базальтов является косвенным признаком присутствия авгита. До этого никто из числа исследователей не определял класс базальтов Северного Таджикистана.

Макроструктура базальт образного сплава в силу его природного и естественного получения в неконтролируемой среде показывает пористую неоднородную связку, что делает его относительно аморфным. Для получения кристаллической структуры необходимы проведения расчетов и дополнительных экспериментов.

Впервые определен присутствие полиморфных видов кварца в составе базальтов.

Согласно проценту содержания кислых составляющих базальты Северного Таджикистана могут иметь соотношения к риолитам подгруппы вулканических пород. Для точного уточнения необходимо детальное исследование на других независимых лабораториях.

В дальнейшем нами будут проводиться исследования по выявлению технической возможности получения сплавов промышленного качества из описанных отходов производства ват. Исследования на предмет утилизации таких отходов, являются достаточно актуальными и высокоприоритетными как в Республике Таджикистан, так и за рубежом.

Литература:

1. Насриддинов З.З., Ходжиев С.К., «Базальт как перспективное сырьё для получения теплоизоляционных ват и сплавов». Материалы республиканской научно-практической конференции, Бустон -2022 С127-130
2. R. V. Major and C.M. Orrock, "High saturation ternary cobalt-iron basalt alloys," IEEE Transactions on Magnetics, vol. 24, no. 2, pp. 1856–1858, Mar. 1988.
3. Игнатова А.М. "Фазовые превращения и механизм разрушения синтетических минеральных базальт подобных сплавов при воздействии металлическим пробойником" Вестник ПНИПУ, Т.17, №3, 2015. 88-100 стр.
4. F.H. Hatch, A.K. Wells, M.K. Wells, "Petrology of the igneous rocks", Thomas Murby & Co, London, 1972. 512 p.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ-INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Насриддинов Замониддин Зайниддинович	Насриддинов Замониддин Зайниддинович	Nasriddinov Zamoniddin Zainiddinovich
номзади илмҳои геология ва минералогия	кандидат геолого-минералогических наук	candidate of geological and mineralogical sciences
Донишқадаи кӯхию металлургии Тоҷикистон	Горно-металлургического института Таджикистана	Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan
samoan@mail.ru		

УДК 669.017.12.22

РАСЧЁТ ВЗАИМНОЙ РАСТВОРИМОСТИ КОМПОНЕНТОВ В ЖИДКОМ И ТВЕРДОМ СОСТОЯНИЯХ В СИСТЕМАХ СЕРЕБРА С НЕКОТОРЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ (Sn, Ge, Pb, Si, Yb, Ca, Eu, Sr, Ba и Ra)

Нимонов Р.А.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В работе приведены результаты расчета концентрационных границ на основе двухзонной модели растворимости некоторых элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева (ПТ) в серебре. Установлено, что значения растворимости компонентов в жидком и твердом состояниях следуют определенным закономерностям. По мере увеличения атомного радиуса второго компонента растворимость в системе монотонно уменьшается, подчиняясь правилу Юм-Розери. Полученные результаты достаточно хорошо коррелируются с существующими экспериментальными данными, а их дополнение расчетами может быть полезным для разработки новых и оптимизации широко применяемых составов сплавов, лигатур и модификаторов на основе серебра.

Ключевые слова: серебро, элементы, периодическая таблица Д.И. Менделеева, растворимость, правило Юм-Розери, двухзонная модель.

ҲИСОБИ БАЯҚДИГАР ҲАЛШАВИИ КОМПОНЕНТҲО ДАР ҲОЛАТҲОИ МОЕЪ ВА САХТӢ ДАР СИСТЕМАҲОИ НУКРА БО БАЪЗЕ ЭЛМЕНТҲО (Sn, Ge, Pb, Si, Yb, Ca, Eu, Sr, Ba ва Ra)

Нимонов Р.А.

Дар мақола натиҷаҳои ҳисобкунии сарҳади консентратсия дар асоси модели думинтақавии ҳалшавандагии баъзе элементҳои ҷадвали даврии Д.И. Менделеев (ҶД) дар нукра оварда шудааст. Муайян карда шудааст, ки арзишҳои ҳалшавандагии ҷузъҳо дар ҳолати моёъ ва сахт бо тартиби муайян пайравӣ мекунад. Баробари зиёд шудани радиуси атомии компоненти дуюм, ҳалшавӣ дар система якранг кам мешавад ва ба қоидаи Юм-Розери итоат мекунад. Натиҷаҳои бадастомада бо маълумоти мавҷудан таҷрибавӣ қомилан мувофиқанд ва илова кардани онҳо бо ҳисобҳо барои таҳия ва оптимизатсияи композицияҳои ба таври васеъ истифодашавандаи ҳулаҳои нукра, ҳулаҳои асосӣ ва тағйирдиҳандаҳо муфид буда метавонанд.

Калимаҳои калидӣ: нукра, элементҳо, ҷадвали даврии Менделеев, ҳалшавандагӣ, қоидаи Юм-Розери, модели дузонагӣ.

CALCULATION OF THE MUTUAL SOLUBILITY OF COMPONENTS IN LIQUID AND SOLID STATES IN SILVER SYSTEMS WITH SOME ELEMENTS (Sn, Ge, Pb, Si, Yb, Ca, Eu, Sr, Ba and Ra)

Nimonov R.A.

The paper presents the results of calculating concentration boundaries based on a two-zone model of the solubility of some elements of the periodic table of D.I. Mendeleev (PT) in silver. It has been established that the values of the solubility of the components in the liquid and solid states follow certain patterns. As the atomic radius of the second component increases, the solubility in the system decreases monotonically, obeying the Hume-Rothery rule. The results obtained correlate quite well with the existing experimental data, and their addition with calculations can be useful for developing new and optimizing widely used compositions of silver-based alloys, master alloys, and modifiers.

Key words: silver, elements, Mendeleev's periodic table, solubility, Hume-Rothery rule, two-zone model.

Введение

В современном мире интерес представляют сплавы серебра с Ca, Sr, Ba, Eu, Yb, Si, Ge, Sn и Pb, добавки которых (от 0.01 до 1%) уменьшают величину его кристаллов, тем самым предотвращая рекристаллизацию сплавов и повышая их механическую прочность и коррозионную устойчивость. Взаимная растворимость этих элементов друг в друге при температуре эвтектики полностью не изучена. Приведенные данные по растворимости ставятся под сомнение, т.к. не подчиняются правилу Юм-Розери, когда с увеличением размерного фактора растворимость должна уменьшаться. Например, в работе [1-3] методом измерения удельного электросопротивления было установлено, что растворимость Si в (Ag) при температурах менее 700 °C составляет 0.002 % (по массе). Растворимость Ag в германии, изученная радиоактивным методом и измерением эффекта Холла сплавов [1], не превышает 0.009 % (ат.) при температуре 800 °C. Растворимость в твердом состоянии германия в серебре не установлена. Растворимость Sn в (Ag) изменяется от 11.5 % (ат.) при температуре 724 °C (температуре перитектики) до 10.7; 10.3 и 9.9 % (ат.) при температурах 500, 400 и 300 °C, соответственно [1]. Быстрой закалкой может быть получен пересыщенный твердый раствор (Ag) с 13 % (ат.) Sn [1]. Растворимость Ag в (βSn) не превышает 0.09 % (ат.) [1]. Растворимость Pb в Ag достигает 0.3 % (ат.) при температуре 200 °C. Максимальная растворимость Ag в Pb при эвтектической температуре равна 0.19 % (ат.) [1]. Взаимной растворимости компонентов двойных систем Ag-Ca (Sr, Ba, Ra, Eu и Yb) в твердом состоянии не обнаружено. Лишь в работе [1] указывается, что растворимость Eu в твердом серебре при температуре 712 °C составляет 0.01-0.02 % (ат.), а растворимость Yb при 685 °C – около 2% (ат.).

Методика и обработка результатов

Отсутствие некоторых экспериментальных данных по взаимной растворимости компонентов в двойных системах Ag-Sn (Ge, Pb, Si, Yb, Ca, Eu, Sr, Ba и Ra) и их сомнительность побудили нас, используя расчетные методы, восполнить этот пробел. С этой целью были применены следующие расчетно-теоретические методы.

Для определения первой и второй концентрационных границ в двухкомпонентных системах использовали уравнения двухзонной модели, предназначенные для твёрдых растворов [2,3]:

$$a_1 = \frac{[\Delta P(t)]^2 R_1(t) [R_2(t)]^3}{k_1 [R_1(t)]^3} \text{ и } x_1 = \frac{100}{a_1 + 1} [\text{ат. \%}] \quad (1)$$

$$a_2 = \frac{[\Delta P(t)]^2 R_1(t) [R_1(t)]^3}{k_1 [R_2(t)]^3} \text{ и } x_2 = \frac{100}{a_2 + 1} [\text{ат. \%}], \quad (2)$$

где P_i – внутренний потенциал компонентов, R_i – атомные радиусы, k – предельная энергия электронов.

Оценить величину контактных потенциалов можно из формулы:

$$P = \frac{h^2}{2m} \left(\frac{3n}{8\pi} \right)^{2/3}, \quad (3)$$

когда h – коэффициент Планка, n – электронная удельная плотность, m – электронная масса.

Следующая формула предназначена для определения значений предельной энергии электрона (k):

$$k = 16\pi e (C_{\text{пр.}}^{\text{эл.}} - z), \quad (4)$$

где e – элементарный заряд, $C_{\text{пр.}}^{\text{эл.}}$ – предельная электронная концентрация металла-растворителя, z – число свободных электронов на атом.

Если учесть образование твёрдых и жидких ограниченных растворов со стороны элементов для расчёта температур фазовых равновесий, то можно использовать уравнение Ван-Лаара [2]:

$$T_3 = \left[T_1^{\text{пл}} / 1 - \left(R T_1^{\text{пл}} \ln \frac{x_{\text{ТВ}}}{x_{\text{Ж}}} \Delta H \right) \right], \quad (5)$$

откуда T_1 – температура фазового перехода основного компонента; $x_{\text{ТВ}}$ и $x_{\text{Ж}}$ – величины концентраций растворов; ΔH – энтальпия перехода фазы и R – постоянная газа.

Опытные данные по ранее построенным двойным диаграммам состояния серебра [1] были использованы для определения значений k .

Исходные данные [2,4] и результаты расчетов по уравнениям (1-5) максимальной растворимости компонентов элементов в серебре в двойных системах Ag-Sn (Ge, Pb, Si, Yb, Ca, Eu, Sr, Ba и Ra) приведены в таблицах 1-2.

Таблица 1 – Исходные данные к расчету максимальной растворимости в двойных системах Ag-Sn (Ge, Pb, Si, Yb, Ca, Eu, Sr, Ba и Ra)

Элемент	Обозначение				
	P, эВ	R, Å	$k \cdot 10^8$, эВ	$t_{\text{пл}}$, °C	ΔH , кДж/г·ат
Ag	5.51	1.44	0.868	961	11.3
Sn	4.05	1.58	0.868	231	20.1
Ge	4.55	1.39	0.868	938	31.8
Pb	3.77	1.75	0.868	327.6	4.80
Si	4.97	1.34	0.868	1410	4.60
Yb	3.07	1.94	0.868	824	9.21
Ca	2.99	1.97	0.868	838	8.67
Eu	2.77	2.04	0.868	826	10.5
Sr	2.49	2.15	0.868	768	9.21
Ba	2.27	2.26	0.868	714	7.66
Ra	2.26	2.28	0.868	700	8.37

Таблица 2 - Результаты расчета максимальной растворимости Ca, Sr, Ba, Ra, Eu, Yb, Si, Ge, Sn, Pb, Ge, Sn, Pb в серебре в твёрдом (x_1) и жидком (x_2) состояниях при температуре эвтектики ($t_{эв}$, °C)

Система	n_r , %	x_1 , ат. %		x_2 , ат. %		$t_{эв}$, °C	
		Экспер.	Расчет	Экспер.	Расчет	Экспер.	Расчет
Ag-Sn	4.3	-	8.400	3.80	2.60	221	219
Ag-Ge	15.2	-	0.020	24.5	18.60	651	642
Ag-Pb	17.4	0.8	0.750	4.50	4.50	304	302
Ag-Si	18.7	-	0.015	10.0	2.40	848	837
Ag-Yb	25.5	2.00	3.95	13.0	19.8	685	678
Ag-Ca	27.4	-	3.56	14.0	19.5	655	681
Ag-Eu	27.8	0.02	2.73	12.5	12.5	712	670
Ag-Sr	32.8	-	1.94	10.8	18.0	747	675
Ag-Ba	33.4	-	1.49	16.5	17.7	726	678
Ag-Ra	38.5	-	1.46	-	17.8	-	678

Можно видеть (табл. 1 и 2), что значения растворимости компонентов в жидком и твердом состояниях следуют определённым закономерностям. По мере увеличения атомного радиуса второго компонента растворимость в системе монотонно уменьшается, подчиняясь правилу Юм-Розери [5].

Выводы

Полученные результаты достаточно хорошо коррелируются с экспериментальными данными, а их дополнение расчётами может быть полезным для разработки новых и оптимизации широко применяемых составов сплавов, лигатур и модификаторов на основе серебра.

Автор признателен профессору Джураеву Т.Д. за консультации и советы.

Литература:

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. Н.П. Лякишева.- М.: Машиностроение, 1996, 1997, 2001, т.1-3, 992, 1024, 1320 с.
2. Джураев Т.Д. Физико-химические основы разработки композиций и сплавов кальция, стронция и бария. Дисс. доктора наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 1991.368с.
3. Бескровный А.К. Определении границ растворимости в сплавах.- Ростов-на Дону: Ростовский университет.1966 .37с.11.
4. Физико- химические свойства элементов. Под ред. Г.В. Самсонова. Киев: Наукова Думка, 808с.
5. Даркен Л.С., Гурри Р.В. Физическая химия металлов.-М.: Металлургиздат, 1960.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ-INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Нимонов Ривож Амирович	Нимонов Ривож Амирович	Nimonov Rivoj Amirovich
Муаллими калон	Старший преподаватель	Senior Lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
rivoj1964@list.ru		
(+992) 918-39-09-90		
0000-0002-6821-7025		

УДК 541.123.7

МУВОЗИНАТҲОИ ФАЗАГИИ СИСТЕМАИ ПАНҶКОМПОНЕНТАИ K, Mg, Ca/SO₄, CO₃-H₂O ДАР ҲАРОРАТИ 0° С

Умаралии С., Усмонов М.Б.

Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айний

Системаи панҷкомпонента иборат аз сульфатҳои карбонатҳои калий, магний ва кальсий барои ҳарорати 0°С бори аввал бо ёрии усули транслятсия омӯхта шудааст. Муайян карда шудааст, ки барои системаи мазкур дар ҳарорати 0°С 9 нуқтаи нонвариантии сатҳи панҷкомпонента, 25 хатҳои моновариантии 22 майдонҳои дивариантии ҳос мебошад. Дар асоси далелҳои бадаст овардашуда бори аввал диаграммаи мувозинатҳои фазাগии системаи K, Mg, Ca/SO₄, CO₃-H₂O дар ҳарорати 0°С сохта шудааст.

Калимаҳои калидӣ: усули транслятсия, системаи бисёркомпонента, диаграмма, фазҳои сахт, нуқтаҳои нонвариантии, хатҳои моновариантии, майдонҳои дивариантии.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В ПЯТИКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЕ

K, Mg, Ca/SO₄, CO₃-H₂O ПРИ 0°С

Умаралии С., Усмонов М.Б.

Пятикомпонентная система состоит из сульфатов и карбонатов калия, магния и кальция при температуре 0°С, которая впервые изучена методом трансляции. Определено, что данная система при 0°С состоит из 9 нонвариантных точек уровня пятикомпонентной состава 25 моновариантной кривой и 22 дивариантных полей. На основе полученных данных, впервые построены диаграммы фазовых равновесий системы K, Mg, Ca/SO₄, CO₃-H₂O при 0°С.

Ключевые слова: Фазовые равновесия, многокомпонентная система, диаграмма, твёрдых фаз, нонвариантные точки, моновариантные кривые, дивариантные поля.

PHASE EQUILIBRIUM OF A FIVE-COMPONENT SYSTEM K, Mg, Ca/SO₄, CO₃-H₂O AT 0°С

Umarali S., Usmonov M.B.

The five-component system consisting of sulphates of potassium, magnesium and calcium for a temperature of 0°С was researched for the first time with the help of a transmission. It was found that for this system at a temperature of 0°С 9 non-invariant points 25 monovariate lines and 22 variable fields, each of which is in equilibrium, represents the corresponding solid phases with its saturated solution. Based on the obtained evidence for the first time a diagram of the phase equilibria of the system K, Mg, Ca/SO₄, CO₃-H₂O the temperature 0°С.

Key words: Phase balances, multicomponent system, component's, solid phases, nonvariant points, lines of monovariants, squares of divariants.

Муқаддима

Системаҳои бисёркомпонентаи обӣ-намакӣ таркиби бисёр объектҳои табиӣ ва техникӣ ифода мекунад, ки мавзӯи тадқиқоти саҳаҳои химия, петрология, минералогия ва металлургия ба ҳисоб меравад. Зарурати омӯзиши ҳалшавандагӣ ва мувозинатҳои фазাগӣ дар системаҳои химиявӣ аз он бармеояд, ки дар асоси далелҳои ба даст овардашуда, мо метавонем қонуниятҳои боҳамтаъсиркунии байни моддаҳоро дар системаи химиявӣ муайян намуда, диаграммаи ҳолатӣ ё мувозинатҳои фазাগии онро созем. Танҳо дар асоси чунин диаграммаҳо мо метавонем оиди системаҳои химиявии омӯхташаванда, маълумоти мукамал ба даст орем. Омӯзиши системаҳои химиявӣ дар асоси сохтани диаграммаҳои ҳолатии онҳо ба фанни махсус «Асосҳои таҳлили физико-химиявӣ» [1] мансуб мебошад.

Системаҳои химиявӣ, аз он ҷумла системаҳои химиявии обӣ- намакӣ, асоси бисёр объектҳои табиӣ (чинсҳои кӯҳӣ, маъданҳои оксид ва конҳои намакдошта) ва техникӣ (хуллаҳо, партовҳои саноатӣ) мебошанд. Усули асосии омӯзиши системаҳои химиявӣ - таҳлили физико-химиявӣ мебошад, ки бо ёрии он мо метавонем қонуниятҳои боҳамтаъсиркунии қисмҳои таркибии онҳоро муайян сохта, диаграммаҳои ҳолатӣ ё мувозинатҳои фазাগии онҳоро созем. Диаграммаҳои ҳолатии системаҳои химиявӣ ифодаи алоқамандии ҳосиятҳои моддаҳо (ғудохташавӣ, ҳалшавандагӣ, барқгузаронӣ ва ғ.) ба таъсири омилҳои беруна (ҳарорат, фишор ва ғ.) мебошад [1]. Омӯхтани системаҳои мураккаби обӣ намакӣ яке аз проблемаҳои актуалии химияи ғайриорганикӣ мебошад.

Асосгузори назарияи мувозинатҳои фазাগӣ дар системаҳои химиявӣ Д.В. Гиббс буда, вай аввалин шуда шароитҳои мувозинати химиявӣ ва қоидаи фазаҳоро пешниҳод намудааст. Таълимот оид ба мувозинатҳои фазাগӣ дар корҳои Тамман [2], Н.С. Курнаков [3], Скрениймаркес [4] инкишоф дода шудааст. Аз он ҷумла Тамман қайд кардааст, ки «Чи қадар, ки дар омехтаи системаи таҳқиқшаванда миқдори моддаҳо бисёр бошад, ҳамон қадар талабот ба таҳқиқкунанда зиёд аст, то ин ки таҷрибаҳо зиёд нашаванд. Дар ин ҳолат танҳо назария метавонад имконият диҳад, ки бо миқдори ками таҷриба натиҷаи дилхоҳ ба даст оварда шавад».

Дар такмили назарияи асосҳои таҳлили физико-химиявӣ махсусан саҳми асосгузори ин фан Н.С. Курнаков хеле калон мебошад [3]. Аз тарафи Н.С. Курнаков якумин маротиба вазифаҳои асосии таҳлили физико-химиявӣ ҳамчун илм муайян карда шудааст. Н.С. Курнаков муқаррар кардааст, ки таҳлили физико-химиявӣ яке аз бахшҳои химияи умумӣ буда, ба таҳқиқи алоқамандии байни таркиб ва хосиятҳои ҷеншавандаи системаҳои химиявӣ машғул аст, ки дар натиҷа диаграммаи ҳолатии он сохта мешавад. Н.С. Курнаков аввалин шуда принципҳои асосии таҳлили физико-химиявӣ -принсипҳои мувофиқа ва пардарпайиро пешниҳод намуд. Усули геометрии таҳқиқи сохтори диаграммаҳои химиявӣ дар инкишофи минбаъдаи назарияи асосҳои таҳлили физико-химиявӣ хеле нақши калонро бозиддааст.

Мушкилиҳои асосӣ дар омӯзиши системаҳои химиявии бисёркомпонента пеш аз ҳама ба он алоқаманд аст, ки то ҳоло усулҳои мавҷуда имконият намедиханд, ки системаҳои омӯхташавандаи бисёркомпонента бо таври фаҳмо бо ёрии фигураҳои геометрии мавҷудаи сеченака инъикос карда шаванд, иҷрои корҳои эксперименталӣ вақт ва маводи химиявии бисёрро талаб мекунад, зеро муайянсозии фазаҳои саҳти дар мувозинатбуда душвориро доранд ва ғ.

Мутобиқ ба гуфтаҳои боло аз тарафи Я.Г. Горощенко принциби сеюми таҳлили физико-химиявӣ принциби мутобиқат пешниҳод гардид, ки мувофиқи ин принцип қойивазкунии элементҳои геометрии ҷузъи (n -компонента) ба самти системаи умумӣ ($n+1$ —компонента) аз ҷиҳати илмӣ-назариявӣ асоснок кунонида шавад [5]. Дар асоси ин принцип усули нави омӯзиши системаҳои химиявии бисёркомпонента бо номи усули транслятсия аз ҷониби шодравон Солиев Л. пешниҳод карда шудааст [6,7], ки аз тарафи мутахассисон ҳамчун яке аз усулҳои универсиалии омӯзиши системаҳои химиявии бисёркомпонента пазируфта шудааст. Усули транслятсия аз принциби мутобиқат, ки аз тарафи Я.Г. Горощенко пешниҳод гардидааст, онро дар назар дорад, ки бо зиёдшавии компонентнокии системаи химиявӣ аз n то $n+1$ элементҳои геометрии (нуқтаҳои нонвариантӣ, хатҳои моновариантӣ, майдонҳои дивариантӣ) системаи n - компонента андозаи худро бо як воҳид зиёд карда ба сатҳи системаи $n+1$ компонента интиқол (транслятсия) мешаванд. Элементҳои геометрии интиқолшуда дар сатҳи $n+1$ компонентагӣ мутобиқи хосиятҳои топологии худ ва қоидаи фазаи Гиббс элементҳои геометрии ин сатҳро бунёд мекунад. Истифодаи усули транслятсия дар омӯзишӣ системаи химиявии бисёркомпонентаи обӣ - намакӣ муфассалтар дар корҳои Л. Солиев оварда шудааст [8-9]. Истифодаи усули транслятсия, барои омӯзиши мувозинатҳои фазагии системҳои химиявӣ, имконият фароҳам меоварад, ки диаграммаи схемагии онҳо сохта шавад. Дар ҷунин диаграммаҳо мувозинатҳои фазагии элементҳои геометрии системаи омӯхташаванда, бо алоқамандӣ ба координаташон, инъикос ёфта метавонанд.

Маводҳо ва усулҳои тадқиқот

Системаи панҷкомпонентаи обӣ- намакии $K, Mg, Ca//SO_4, CO_3-H_2O$ қисми таркибии системаи шашкомпонентаи муракаби аз сульфатҳо, карбонатҳои натрий, калий, магний ва калсийро ташкил медиҳад. Қонуниятҳои мувозинатҳои фазагии дар он ҷой дошта, натавонанд аҳамияти назариявӣ, балки аҳамияти амалии коркарди минералҳои табиӣ ва партовҳои саноатӣ, ки аз ин намакҳо ташкил ёфтаанд, ифода мекунад.

Чи тавре, ки аз таҳлилҳои адабиёт [11,12 бар меояд системаи панҷкомпонентаи $K, Mg, Ca//SO_4, CO_3-H_2O$ дар ҳарорати $0^\circ C$ умуман омӯхта нашудааст. Системаҳои чор ва секомпонентаи онро ташкилдиханда низ қисман омӯхта шудааст.

Дар қисми мазкур натиҷаи омӯзиши мувозинатҳои фазагии системаи $K, Mg, Ca//SO_4, CO_3-H_2O$ барои ҳарорати $0^\circ C$ бо усули транслятсия пешниҳод шудааст, ки дар асоси принциби (раванди) мутобиқат сохтани диаграммаи n - компонентҳои алоҳидаи система бо элементҳои соҳти диаграммаи умумии $n+1$ компонентаи система ифода шудааст [13].

Системаи панҷкомпонентаи омӯхташаванда бо худ системаи чоркомпонентаи зеринро дар бар мегирад: $K_2SO_4-MgSO_4-CaSO_4-H_2O$; $K_2CO_3-MgCO_3-CaCO_3-H_2O$; $K, Mg //SO_4, CO_3-H_2O$; $Ca, Mg//SO_4, CO_3-H_2O$ ва $K, Ca//SO_4, CO_3-H_2O$. Онҳо дар қорҳои пешини мо бо методи транслятсия омӯхта шудааст [14-18].

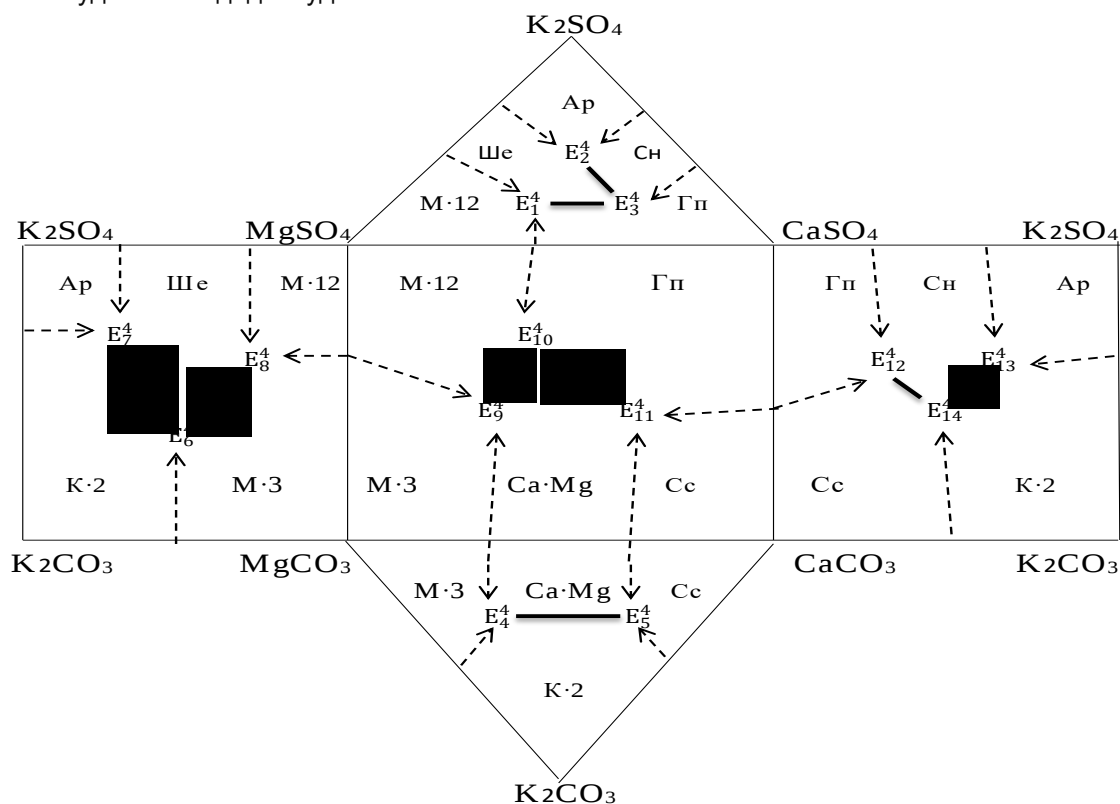
Нуқтаҳои нонвариансии системаҳои чоркомпонента бо мувозинатҳои фазагии саҳти ба онҳо хос дар ҷадвали 1 гирд оварда шудааст. Барои пешгӯӣ ва сохтани комплекси фазагии системаи панҷкомпонентаи $K, Mg, Ca//SO_4, CO_3-H_2O$ дар ҳарорати $0^\circ C$, аз далелҳои дар ҷадвали 1 оварда шуда, истифода карда шудааст.

Ҷадвали 1 – Мувозинатҳои фазагии системаи $K, Mg, Ca//SO_4, CO_3-H_2O$ дар нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента, барои ҳарорати $0^\circ C$

Нуқтаҳои нонварианти	Фазаҳои саҳти дар мувозинат буда	Нуқтаҳои нонварианти	Фазаҳои саҳти дар мувозинат буда
Системаи $K_2SO_4-MgSO_4-CaSO_4-H_2O$		Системаи $Ca, Mg//SO_4, CO_3-H_2O$	
E_1^4	$M \cdot 12 + \Gamma п + Ше$	E_9^4	$M \cdot 3 + M \cdot 12 + Ca \cdot Mg$
E_2^4	$Ар + Ше + Сн$	E_{10}^4	$M \cdot 12 + Ca \cdot Mg + \Gamma п$
E_3^4	$Сн + Ше + \Gamma п$	E_{11}^4	$Ca \cdot Mg + \Gamma п + Сс$
Системаи $K_2CO_3-MgCO_3-CaCO_3-H_2O$		Системаи $K, Ca//SO_4, CO_3-H_2O$	
E_4^4	$M \cdot 3 + Ca \cdot Mg + K \cdot 2$	E_{12}^4	$Сс + Сн + \Gamma п$
E_5^4	$Ca \cdot Mg + K \cdot 2 + Сс$	E_{13}^4	$Сн + Ар + K \cdot 2$
Системаи $K, Mg //SO_4, CO_3-H_2O$		E_{14}^4	$Сн + Сс + K \cdot 2$
E_6^4	$Ше + M \cdot 3 + K \cdot 2$		
E_7^4	$Ар + Ше + K \cdot 2$		
E_8^4	$Ше + M \cdot 3 + M \cdot 12$		

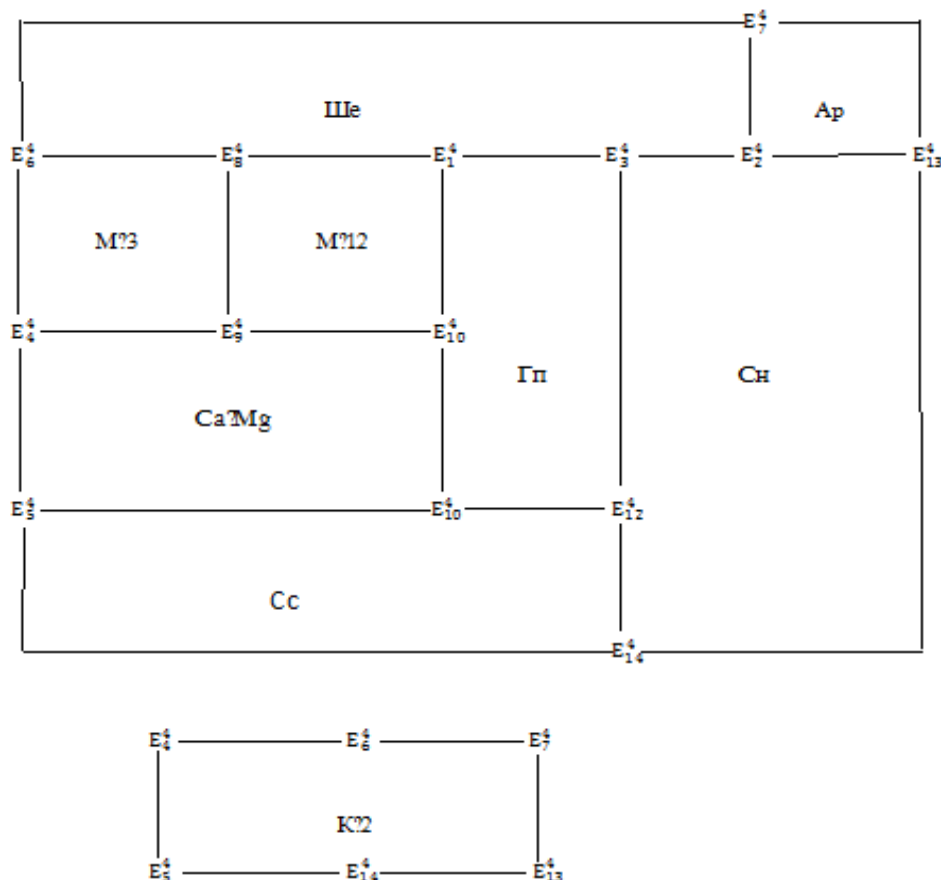
Дар ҷадвали 1 ва минбаъд E -нуқтаҳои нонвариантии ифода шуда, дараҷааш компонентнокии система ва индекс рақами тартибии онро нишон медиҳад. Барои фазаҳои саҳти дарҷадвал оварда шуда ифодаҳои шартии зерин: Ше-шенит ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$); $M \cdot 12$ -($MgSO_4 \cdot 12H_2O$); Сн-сингенит ($K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$); $\Gamma п$ -гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$); Ар-арканит (K_2SO_4); Сс- калсит ($CaCO_3$); $M \cdot 3$ - магнезит ($MgCO_3 \cdot 3H_2O$); $Ca \cdot Mg$ - доломит ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$); ва $K \cdot 2$ - $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$ хос мебошад.

Дар асоси далелҳои дар ҷадвали 1 овардашуда диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи тадқиқшаванда дар сатҳи чоркомпонента, ки қисми намакии он дар расми 1. ба намуди призмаи кушодаи панҷрӯя, сохта шуда нишон дода шудааст.


 Расми 1 – Қисми намакии диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи $K, Mg, Ca//SO_4, CO_3-H_2O$ барои ҳарорати $00C$, дар шакли призмаи кушодаи панҷрӯя

Муҳокима ва натиҷаҳои кор

Баъди мутахид намудани майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои якхелаи системаҳои чоркомпонентаи гуногуни ин системаи панҷкомпонентатаро ташкилдиҳанда, диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентаи тадқиқшавандаро дар сатҳи чоркомпонентагӣ сохта шуда, дар расми 2 оварда шудааст. Бо ин тарз сохта шудани диаграммаи мувозинатҳои фазагии сатҳи чоркомпонентагӣ ҳамчун асос (базис) барои сохтани диаграммаи мувозинатҳои фазагии система дар сатҳи панҷкомпонентагӣ истифода карда мешавад.

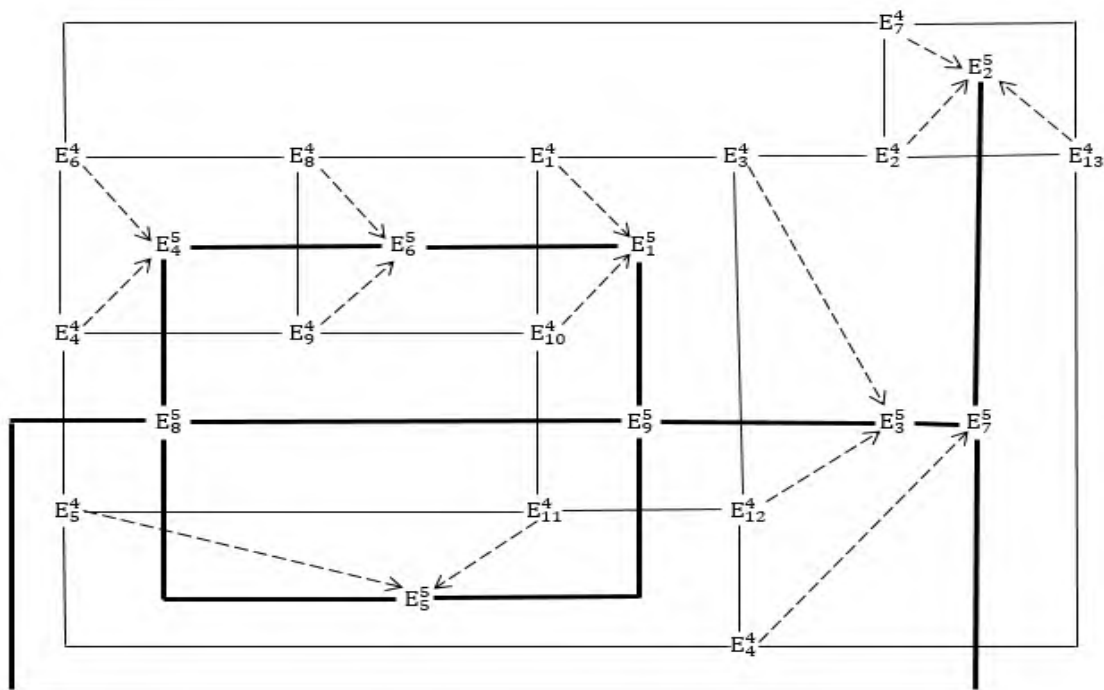


Расми 2 - Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи $K, Mg, Ca/SO_4, CO_3-H_2O$ дар сатҳи чоркомпонентагӣ барои ҳарорати $00C$

Ҳангоми транслятсия шудани нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента дар сатҳи панҷкомпонентагӣ бо ҳосилшавии чунин нуқтаҳои нонвариантии сатҳи панҷкомпонента сабаб мешаванд:

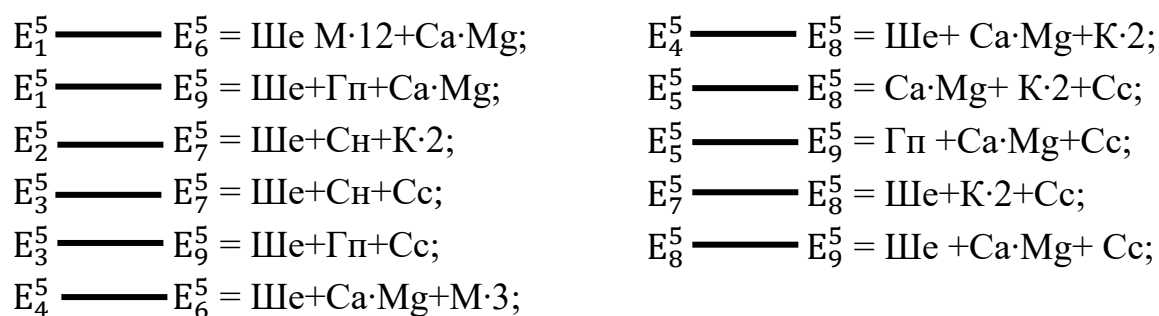
----->	$E_1^4 + E_{10}^4$	$E_1^5 = She + M \cdot 12 + \Gamma_{\Pi} + Ca \cdot Mg;$
----->	$E_2^4 + E_7^4 + E_{13}^4$	$E_2^5 = Ap + She + Cn + K \cdot 2;$
----->	$E_3^4 + E_{12}^4$	$E_3^5 = Cn + She + \Gamma_{\Pi} + Cc;$
----->	$E_4^4 + E_6^4$	$E_4^5 = M \cdot 3 + Ca \cdot Mg + K \cdot 2 + She;$
----->	$E_5^4 + E_{11}^4$	$E_5^5 = Ca \cdot Mg + K \cdot 2 + Cc + \Gamma_{\Pi};$
----->	$E_8^4 + E_9^4$	$E_6^5 = She + M \cdot 12 + M \cdot 3 + Ca \cdot Mg;$
----->	$E_{14}^4 + She$	$E_7^5 = Cn + Cc + K \cdot 2 + She;$
		$E_8^5 = She + K \cdot 2 + Ca \cdot Mg + Cc;$
		$E_9^5 = \Gamma_{\Pi} + She + Ca \cdot Mg + Cc;$

Чи тавре, ки мебинем барои системаи $K, Mg, Ca/SO_4, CO_3-H_2O$ дар ҳарорати $0^{\circ}C$ 9 нуқтаи нонвариантии сатҳи панҷкомпонента хос мебошад. Аз инҳо 1-тоаш бо усули транслятсияи яктарафа (E_7^5), 5- тоаш ($E_1^5, E_3^5, E_4^5, E_5^5, E_6^5$) бо усули транслятсияи дутарафа, 1- тоаш (E_2^5) бо усули транслятсияи сетарафа ва 2- тоаш ($E_8^5 - E_9^5$) дар тарзи нуқтаҳои мобайнии сатҳи панҷкомпонента ҳосил шудаанд. Дар асоси далелҳои ба даст оварда шуда даграммаи мувозинатҳои фазагии система сохта шудааст.



Расми 3 – Диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи $K, Mg, Ca // SO_4, CO_3-H_2O$ барои ҳарорати $0^\circ C$, ки бо усули трансляция сохта шудааст.

Диаграммаи сохташуда, ки дар расми 3 аварда шудааст, хатҳои дар он ҷойдошта бо се тарзифода гардидаанд. Хатҳои борики яклухт, ки байни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента мегузаранд, дар мувозинат будани ду фазаи сахтбо маҳлули сери худро ифода мекунанд. Хатҳои пунктири бошанд, самти трансляцияи нуқтаи нонвариантии чоркомпонентаро ба сатҳи панҷкомпонента ифода мекунанд. Хатҳои ғафси яклухт бошандбайни нуқтаҳои нонвариантии сатҳи панҷкомпонента гузашта онҳоро бо ҳам мепайвандад, ки дар мувозинат будани чунин фазаҳои сахт бо маҳлули сери худро ифода мекунанд:



Барои осон шудани хондани диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи $K, Mg, Ca // SO_4, CO_3-H_2O$, ки дар расми 3 оварда шудааст, онро бо майдонҳои диварианти фрагментатсия кунонида шудааст, ки дар ҷадвали 3 номгуй ва контури онҳо оварда шудааст.

Ҷадвали 2 – Номгуй ва контури майдонҳои диварианти системаи $K, Mg, Ca // SO_4, CO_3-H_2O$ барои ҳарорати $0^\circ C$

Фазаҳои саҳти дар мувозинат буда	Контури майдонҳо дар диаграмма (расми 3)	Фазаҳои саҳти дар мувозинат буда	Контури майдонҳо дар диаграмма (расми 3)
Ше+Гп	$E_1^4 \dashrightarrow E_1^5 \text{ — } E_9^5$ $E_3^4 \dashrightarrow E_3^5$	Сс+К·2	$E_5^4 \dashrightarrow E_5^5$ $E_{14}^4 \dashrightarrow E_7^5 \text{ — } E_8^5$
Ше + М·12	$E_1^4 \dashrightarrow E_1^5$ $E_8^4 \dashrightarrow E_6^5$	К·2 + Ше	$E_6^4 \dashrightarrow E_4^5 \text{ — } E_8^5$ $E_7^4 \dashrightarrow E_2^5 \text{ — } E_7^5$
М·12+ Гп	$E_1^4 \dashrightarrow E_1^5$ $E_{10}^4 \dashrightarrow E_1^5$	Ше+ М·3	$E_6^4 \dashrightarrow E_4^5$ $E_8^4 \dashrightarrow E_6^5$
Ше + Сн	$E_2^4 \dashrightarrow E_2^5 \text{ — } E_7^5$ $E_3^4 \dashrightarrow E_3^5$	Ап+ К·2	$E_7^4 \dashrightarrow E_2^5$ $E_{13}^4 \dashrightarrow E_2^5$
Ап + Ше	$E_2^4 \dashrightarrow E_2^5$ $E_7^4 \dashrightarrow E_2^5$	М·12+М·3	$E_8^4 \dashrightarrow E_6^5$ $E_9^4 \dashrightarrow E_6^5$
Сн+Ап	$E_2^4 \dashrightarrow E_2^5$ $E_{13}^4 \dashrightarrow E_2^5$	М·12+Са·Мг	$E_9^4 \dashrightarrow E_6^5$ $E_{10}^4 \dashrightarrow E_1^5$
Сн + Гп	$E_3^4 \dashrightarrow E_3^5$ $E_{12}^4 \dashrightarrow E_3^5$	Са·Мг + Гп	$E_{10}^4 \dashrightarrow E_1^5 \text{ — } E_9^5$ $E_{11}^4 \dashrightarrow E_5^5$
Са·Мг+ К·2	$E_4^4 \dashrightarrow E_4^5 \text{ — } E_8^5$ $E_5^4 \dashrightarrow E_5^5$	Гп+Сс	$E_{11}^4 \dashrightarrow E_5^5 \text{ — } E_9^5$ $E_{12}^4 \dashrightarrow E_3^5$
М·3 + К·2	$E_4^4 \dashrightarrow E_4^5$	Сс+Сн	$E_{12}^4 \dashrightarrow E_3^5$

Хулоса

1. Дар асоси далелҳои мавҷуда маротибаи аввал бо истифода аз усули тарнслятсия, мувозинатҳои фазагии системаи $K, Mg, Ca // SO_4, CO_3 - H_2O$ дар ҳарорати $0^\circ C$ муайян карда шуда, диаграммаи схемагии сарбастаи он сохта шудааст.

2. Фрагментатсияи майдонҳои кристаллизатсияи фазаҳои саҳти мувозинатӣ дар системаи $K, Mg, Ca // SO_4, CO_3 - H_2O$ дар ҳарорати овардашуда амалӣ гардониди шудаанд.

3. Барои системаи мазкур дар ҳарорати $0^\circ C$ чунин теъдоди элементҳои геометрӣ, дар сатҳи чоркомпонента (А) ва дар сатҳи панҷкомпонента (Б), хос мебошанд:

Сатҳи компонентнокӣ	А	В
Нуқтаҳои нонвариантӣ	14	9
Хатҳои моновариантӣ	20	25
Майдонҳои дивариантӣ	9	22

Адабиёт:

1. Л. Солиев. Асосҳои таҳлили физико-химиявӣ. Душанбе 2020, 151 с.
2. Тамман Г. Руководство по гетерогенным равновесиям. Ленинград. ОНТИ. 1935, 328с.
3. Курнаков Н.С. Введение в физико-химический анализ. М.Л.изд. АН СССР. 1940.562с.
4. Скрейнемаркерс Ф.А. Нонвариантные, моновариантные и дивариантные равновесия. М.1948. 214 с.
5. Горощенко Я. Г., Солиев Л. Основные направления методологии физико-химического анализа сложных и многокомпонентных систем (к 125-летию Н.С. Курнакова). Журнал неорганической химии АН СССР, 1987, Т.32, №7, с.1676-1681.
6. Л.Солиев. Прогнозирование строения диаграмм фазовых равновесий многокомпонентных водно-солевых систем методом трансляции. М.1987 .28 с Деп. в ВИНТИ АН СССР 20.12.87г. №8990-В87.
7. Л.Солиев. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системы морского типа методом трансляции (книга 1). Душанбе. ТГПУ им. К.Джураева 2000г. 247 с
8. Солиев Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции Кн. 2. –Душанбе: Шуджойён. 2011, – 147 с.
9. Солиев, Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции. Кн.3. –Душанбе. – ЭР-графф. 2019. – 236 с.
10. Солиев Л. Схематические диаграммы фазовых равновесий многокомпонентных систем. Журнал неорганической химии АН СССР, 1988. Т. 33, №5, с. 1305-1310
11. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно – солевых систем. – Т. II. Кн. 1-2. – Санкт –Петербург, Химиздат, 2004. – 1247 с.
12. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно – солевых систем. – Т.1. Кн. 1-2. – Санкт – Петербург, Химиздат 2003. – 1152 с.
13. Горощенко, Я.Г. Массцентрический метод изображения многокомпонентных систем.. Киев: Наукова думка, 1982. – 264 с.
14. Солиев Л., М. Усмонов. Фазовые равновесия системы $CaCO_3 - CaSO_4 - CaF_2 - H_2O$ при $0^\circ C$, ТО МАН ВШ. – 2012, –№ 1. – С.122 – 125.
15. Солиев, Л. Умаралии С. Муайянсозии мувозинатҳо фазагии системаи $Mg, Ca // SO_4, CO_3 - H_2O$ барои ҳарорати $25^\circ C$. Вестник ТГПУ им. С.Айни. –2019. –№2 (2). – С.132-138.
16. Солиев, Л. Усмонов М.Б., Умаралии С. Фазовые равновесия системы $K, Mg // SO_4, CO_3 - H_2O$ при $25^\circ C$. Международный научный журнал символ науки. –№7. 2018 – С.11-14.
17. Умаралии С., Л.Солиев, Б. Чабборзода, М.Усмонов. Мувозинатҳои фазагии системаи $Mg, Ca // SO_4, CO_3 - H_2O$ дар ҳарорати $0^\circ C$. Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. –2020. –№3. –С. 239-234.
18. Умаралии С. Мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентаи $K, Mg, Ca // SO_4, CO_3 - H_2O$ дар ҳарорати $25^\circ C$. Пайёми ДМТ, Бахши илмҳои табиӣ -2022. №1 -С.223-233

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ-INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Умаралии Сафаралӣ	Умаралии Сафарали	Umarali Safarali

Муаллими калони кафедраи Технология ва экологияи химиявӣ	Старший преподаватель кафедры Химических технологии и экологии	Senior lecturer of the Department of Chemical technology and ecology
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ.	Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айнӣ.	Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Ayni.
Телефон: (+992) 917861226. E-mail: safarali.umarali91		
TJ	RU	EN
Усмонов Муҳаммадсалим Бозорович	Усмонов Муҳаммадсалим Бозорович	Usmonov Muhammadsalim Bozorovich
н.и.х., дотсенти кафедраи Технология ва экологияи химиявӣ	к.х.н., дотсент кафедры Химических технологии и экологии	Associate Professor of Chemical technology and ecology
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ.	Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айнӣ.	Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Ayni.
E-mail: usmonov.86@mail.ru		

ТЕХНОЛОГИИ КИМИЌИ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY

УДК 536.242

РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ ДО ЭВТЕКТИЧЕСКИХ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ СИСТЕМЫ Al-Si-Me

Миров И.О.¹, Содатдинов Ш.С.², Акрамов М.Б.²

¹Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни

²Национальный исследовательский технологический университет МИСИС Душанбе

Доэвтектические сплавы алюминия широко применяются в промышленности, особенно машиностроении. Для исследования влияния некоторых модифицирующих элементов на теплофизические и механические свойства деталей применяющихся в машиностроении, нами отлиты десять пар образцов в виде цилиндров.

В статье приведены методы и анализ полученных образцов с применением квантометра ARL 9900.

Ключевые слова: сплав, кристаллизация, эвтектика, вариация, рентгеноспектральный анализ, фаза, зеркальная поверхность.

X-RAY SPECTRAL ANALYSIS OF SAMPLES TO EUTECTIC ALUMINUM ALLOYS OF THE Al-Si-Me SYSTEM.

Mirov I.O.¹, Sodatdinov Sh.S.², Akramov M.B.²

Hypoeutectic aluminum alloys are widely used in industry, especially mechanical engineering. To study the effect of some modifying elements on the thermophysical and mechanical properties of parts used in mechanical engineering, we cast ten pairs of samples in the form of cylinders.

The article presents the methods and analysis of the obtained samples using the ARL 9900 quantometer.

Key words: alloy, crystallization, eutectic, variation, X-ray spectral analysis, phase, mirror surface.

ТАҲЛИЛИ РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛИИ НАМУНАҲОИ ХУЛАҲОИ ТО ҲОЛАТИ ЭВТЕКТИКИИ АЛЮМИНИЙ СИСТЕМАҲОИ Al-Si-Me,

Миров И.О.¹, Содатдинов Ш.С.², Акрамов М.Б.²

Хулаҳои алюминий тоэвтектикӣ дар саноат, махсусан дар соҳаи мошинсозӣ мавриди истифодаи васеъ мебошад. Барои омӯхтани таъсири баъзе элементҳои модификатсиякунанда ба хосиятҳои термофизики ва механикии қисмҳои дар машинасозӣ истифодашаванда даҳ ҷуфт намунаро дар шакли цилиндр бо усули рехтагарӣ ҳосил намудем.

Дар мақола усулҳо ва таҳлили намунаҳои ғирифташуда бо истифода аз квантометр ARL-9900 оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: хӯла, кристаллизатсия, эвтектика, вариатсия, таҳлили рентгено спектрали, фаза, сатҳи оинагӣ.

Введение. Применяя различные физические методы при кристаллизации или используя вторичную кристаллизацию в зависимости их дальнейшего применения можно улучшить физико-механические и технологические характеристики сплавов алюминия системы Al-Si-Me (Me –модификатор, металл).

Контролируя процессы рафинирования и модифицирования в жидком расплаве, можно обеспечить протекание объемной кристаллизации расплава с получением плотной и мелкозернистой структуры в твердом состоянии. Поэтому, относительно дешевым, универсальным, технологически гибким и высокоэффективным методом управления структурой кристаллизующихся расплавов алюминия и его сплавов системы Al-Si-Me можно отнести физические методы при кристаллизации [1-5].

С этой точки зрения представляло бы интересным проводить экспериментальные исследования по получении мелкозернистой структуры, кристаллизующейся расплавов алюминиевых сплавов системы Al-Si-Me с использованием физических методов воздействия при кристаллизации.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в опытно-экспериментальном цехе (ОЭЦ) ОАО ТАлКо, лабораториях КЭЗ ОАО «Алюминий Казахстан» (КЭЗ – Казахстанский Электролизный завод) и в лабораториях Металлургии МИСИС Душанбе.

Образцы до эвтектических сплавов системы Al-Si-Me отлиты с применением лабораторной индукционной тигельной печи с добавками модифицирующих элементов, как Fe, Si, Cu, Mn, Mg, Zn, Ti, In и Ca. Контролировались, время охлаждения расплава от температуры заливки, до начала кристаллизации, во время кристаллизации и при последующем охлаждении для уменьшения объема, так называемой объемной усадки.

Разработаны методы и условия добавления модификаторов в расплав для каждого модификатора и комплекта модификаторов. Некоторые модификаторы добавлены в расплав в виде лигатур, а кремния в виде губки с известными содержаниями. На рисунке 1., приведена индукционный лабораторный печь и процесс литья отливок сплавов алюминия системы Al-Si-Me, для дальнейших экспериментов.



Рисунок 1 – Индукционный лабораторный печь и процесс литья отливок сплавов алюминия системы Al-Si-Me.

Всего нами, отлиты 10 пар цилиндрических образцов сплавов алюминия системы Al-Si-Me диаметрами 7мм, где концентрация кремния варьируются от 5,60 до 12,38%, а концентрация модифицирующее-легирующие элементов разные, согласно поставленным конкретным задачам.

Производства и применение до эвтектических сплавов системы Al-Si-Me с заданными физико-химическими и механико-технологическими характеристиками является одним из важнейших задач в металлургии. Они применяются в машиностроительной промышленности, и их иногда называют поршневыми сплавами.

Физические свойства алюминиевых сплавов системы Al-Si-Me, как и всех других сплавов, в значительной степени зависят от применённых модификаторов. Сведения о свойствах сплавов многочисленны, причем данные различных авторов, иногда значительно расходятся из-за неодинаковых методов исследования и чистоты изучаемых образцов металла [6-8].

Результаты и обсуждения. Содержание примесей сильно влияет на свойства образцов. Поэтому, пришлось более точно определить химический состав полученных образцов. Химический состав наших образцов определено в «Спектральной лаборатории» «ГУП ТалКо» и лабораториях КЭЗ ОАО «Алюминий Казахстан» на квантометрах. (КЭЗ – Казахстанский Электролизный завод Рисунок 2).



Рисунок 2 – Общий вид рентгеноспектрального прибора ARL 9900.

Подготовка образцов для анализа

Целью подготовки является полировка поверхности образца[9]. Для большей части анализов требуется поверхность без царапин. Для анализа легких элементов, часто требуется даже зеркальная поверхность. Для этой цели, используется два метода полировки:

- а) Затирка поверхности и токарный станок: для мягких металлов;
- б) Полировка поверхности: для твердых сплавов и хрупких материалов, таких как керамика.

При отделке поверхности сложным является полировка бороздок. Это дает так называемый экранирующий эффект, в результате чего уменьшается интенсивность флуоресценции. Как предполагается,

уменьшение интенсивности является более важным для легких элементов, когда первичное излучение перпендикулярно бороздкам и слабее, когда они являются параллельными. По этой причине, современные спектрометры оснащены вращающимися держателями образцов для сглаживания воздействия направления образца, в результате чего получается измеренная интенсивность на образцах и стандартах, которые являются воспроизводимыми.

Тем не менее, экранирующий эффект все еще может присутствовать; вращение образца может его компенсировать только в том случае, если величина эффекта является одинаковой для стандартов и производственных образцов; для этого необходимо, чтобы бороздки были одного размера и состав образца был одинаковым (одинаково-эффективная длина волн).

Бороздки, глубина которых превышает несколько мм, могут значительно повлиять на точность определений. Более того, существует риск размазывания более мягких компонентов: интенсивность элементов в более мягкой фазе увеличивается, в то время, как у более жестких фаз уменьшается.

Для получения желаемой отделки поверхности, необходимо принимать специальные меры предосторожности даже во время измельчения и, особенно, при окончательной полировке.

Для количественного анализа, образцы должны готовиться таким же образом, как стандартные образцы, использованные для калибровки.

Аналитическая программа прибора ARL 9900

В квантометре установлена программа «Ассистент аналитика». Эта функция представляет собой сердце аналитика. По существу она позволяет создавать аналитическую программу с помощью наиболее подходящих элементарных линий и аналитических параметров относительно чувствительности, выбора элементов и возможного наложения линий. Она предоставляет перечень потенциальных проблем и индикацию того, как они могут быть решены.

Все линии элементов, которые отсутствуют в Line Library (линейной памяти) автоматически создаются с помощью необходимых параметров. Более того, создается эталонный шаблон, который может использоваться для построения матричных данных.

В случае неясности или проблем в выборе элементных линий, предоставляются дополнительные функции для быстрой проверки настройки линий с помощью типового образца относительно сканирования, для проверки наложения линий и чувствительности, а также профиля энергии для проверки более высокого порядка наложений.

Knowledge Table. Knowledge Table – это на переводе таблица знаний. Ассистент аналитика является программой, которая основана на так называемой Knowledge Table, которая содержит аналитические параметры и потенциальные наложения по каждой возможной элементной линии. При любом использовании функции Ассистента аналитика, он срабатывает как "Wizard" («экспертная программа»), т.е. выбираются только соответствующие параметры для выполнения действия [10]. Более того, когда могут быть изменены предложенные параметры, выбор возможной альтернативы зависит от конфигурации прибора. Для наших образцов применена спектральный часть прибора. На клавиатуры компьютера прибора разными цветами приведены обычные, доступные, недоступные, инертные, нестабильные и сверх легкие элементы для анализа которых требуются отдельные условия анализа. (Рисунок 3).



Рисунок 3 - Аналитические возможности прибора

Применяя приведенные методы проб подготовки нами определены, химический состав экспериментальных образцов. Результаты рентгеноспектрального анализа образцов алюминия приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав отлитых экспериментальных образцов

№ обр	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	In	Ca	Основа
1	6,82	0,96	-	0,154	0,46	-	-	-	-	Al
2	5,61	0,70	-	-	0,53	-	0,14	-	-	Al
3	7,92	0,39	0,30	-	-	0,33	0,071	-	-	Al
4	7,14	0,44	0,32	-	0,37	0,36	0,091	-	-	Al
5	8,62	0,16	-	-	0,18	-	0,045	-	-	Al
6	9,58	0,77	-	-	-	-	0,047	-	0,031	Al
7	10,64	0,56	-	0,072	-	-	0,080	0,112	0,041	Al
8	11,63	0,35	-	0,149	-	-	0,130	-	0,053	Al
9	12,31	0,33	-	0,27	-	-	-	0,083	-	Al
10	12,31	0,171	-	0,25	-	-	0,013	-	0,030	Al

Согласно литературным данным в последние годы, достигнуто большой прогресс в изучении механизма измельчения зерна алюминиевых сплавов системы Al-Si-Me и характеристик измельчающих зерно лигатур [11,12].

На базе доэвтектических составов системы Al-Si-Cu-Mg разработаны сплавы, которые наряду с самой высокой прочностью и жаропрочностью среди этой группы сплавов имеют отличные технологические свойства. Правда, коррозионная стойкость их ниже, чем у сплавов системы Al-Si-Mg. Разработаны модели для предсказания размера равноосного зерна в направленно закристаллизованных модифицированных расплавах. Модели основаны на критерии свободного роста зародыша дендритного зерна и на равновесии между выделением скрытого тепла и внешним отводом тепла.

Выводы. Исходя из литературного обзора нами отлиты модифицированные образцы сплавов алюминия системы Al-Si-Me. Из отлитых образцов доэвтектических сплавов алюминия 8 проб модифицирована титаном (от 0,07 до 0,13%), 4 проб модифицирована кальцием (от 0,030 до 0,053%), 2 пробы модифицированы индием (от 0,083 до 0,112%), 8 проб модифицирована титаном (от 0,07 до 0,13%), 4 пробы модифицирована магнием (от 0,18 до 0,53%), и др. согласно таблицы 1. Для каждого элемента модификатора разработаны условия модифицирования сплавов алюминия системы Al-Si-Me.

Рентгеноспектральным методом определены химический состав полученных образцов.

Литература :

1. Фридляндер, И.Н. Избранные труды: создание, исследование и применение алюминиевых сплавов [Текст] / И.Н. Фридляндер. – М.: Наука, 2009. – 400с.
2. Макаров Г.С. Тенденции в применении продукции из алюминия и его сплавов в России / Г.С. Макаров / Цветные металлы. 2007. №5.- С. 82-89.
3. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение). Справочник. Под ред. И.Н. Фридляндера [Текст] / В.М. Белецкий, Г.Н. Кривов. -Киев: КОМИНТЕХ, 2005. –365 с.
4. Золоторевский, В.С. Металловедение литейных алюминиевых сплавов [Текст] / В.С. Золоторевский, Н.А. Белов. – М.: МИСиС, 2005.- 376с.
5. Пономарев, С.В. Теоретические и практические основы теплофизических измерений [Текст] / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, В.М. Полунин, А.Г. Дивин, А.А. Чуриков / Под ред. Пономарев С.В., Вертоградский В.А. –М.: Физматлит, 2008. –408 с.

6. Nizomov Z., Mirzoev F.M. Avezov Z.I., Turakhasanov I.T. Estimation of the contribution of heat radiation and convective heat exchange for aluminum of various degrees of purity with natural air heat discharge.-International Scientificpractical journal. Endless light in science, 2022, 15-16 april.-pp. 131-140. DOI 10.24412/2709-1201-2022-1-29-38.

7. Низомов З., Саидов Р.Х., Шарипов Д.Г., Аvezов З. Теплофизические свойства цинк-алюминиевых сплавов, легированных ЦЗМ И РЗМ.- Вестник Таджикского технического университета. 2015. № 4 (32). С. 30-34.

8. Акрамов М.Б., Суюндилов М.М. Основы физико-химических методов анализа для экспериментаторов. Душанбе: «Ирфон», 2014. – 238 с.

9. Акрамов М.Б., Мирзоев Ф., Низомов З. Рентгеноспектральный анализ образцов алюминия технической чистоты. Материалы международной конференции «Современные вопросы молекулярной спектроскопии конденсированных сред», Душанбе, 11-12 ноября 2011г.

10. Мирзоев Ф.М. Теплофизические свойства алюминия различной степени чистоты и сплавов системы Al-Si. Канд. диссертация.

11. Mahamani A. Evaluation of mechanical properties of AA6061-TiB₂/ZrB₂ in-situ metal matrix composites fabricated by K₂TiF₆-KBF₄-K₂ZrF₆ reaction system / A. Mahamani, A. Jayasree, K. Mounika, K. Reddi Prasad, N. Sakthivelan // International Journal of Microstructure and Materials Properties. – 2015. – Vol. 10, № 3/4. – P. 185–200.

12. Mousavian R. T. Fabrication of aluminum matrix composites reinforced with nano- to micrometer-sized SiC particles / R. T. Mousavian, R. A. Khosroshahi, S. Yazdani, D. Brabazon, A. F. Boostani // Materials & Design. – 2016. – Vol. 89. – P. 58–70.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРОВ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Миров Ислонджон Ояхмадович Ассистенти кафедраи Физикаи эксперименталии ДДОТ ба номи С. Айни	Миров Ислонджон Ояхмадович Ассистент кафедры Экспериментальной физики ТГПУ им. С. Айни	Mirov Islomjon Oyakhmadovich Assistant of the Department of Experimental Physics, TSPU named after S. Aini
mp.kulob@mail.ru		
Тел. (+992) 937262876		
TJ	RU	EN
Содатдинов Шахнавоз Садридинович	Содатдинов Шахнавоз Садридинович	Sodatdinov Shakhnavoz Sadridinovich
Муаллими калони кафедраи «Технологияҳои сарфаи энергетики ва захиравий» Филиали ДМТТ «МИСиС» дар ш. Душанбе	Старший преподаватель кафедры «Энергоэффективных и Ресурсосберегающих Технологий» НИТУ МИСИС в г. Душанбе	Senior Lecturer at the Department of Energy Efficient and Resource Saving Technologies, National University of Science and Technology MISIS in Dushanbe
Sodatdinov9191@mail.ru		
Тел. (+992)501868706		
TJ	RU	EN
Акрамов Мухаммад Бозорович Н.и.ф.-м , дотсент	Акрамов Мухаммад Бозорович К.ф.-м.н, доцент	Akramov Muhammad Bozorovich Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Мудири кафедраи «Технологияҳои сарфаи энергетики ва захиравий» Филиали ДМТТ «МИСиС» дар ш. Душанбе	Зав.кафедрой «Энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий» НИТУ МИСИС в г. Душанбе	Head of the Department of Energy Efficient and Resource Saving Technologies, National University of Science and Technology MISIS in Dushanbe
akramov60@mail.ru		
Тел. (+992)935102960		

НАҚЛИЁТ - ТРАНСПОРТ - TRANSPORT

УДК 656.072

ИСТИФОДАИ УСУЛҲОИ МУАЙЯНКУНАНДАИ ТАЛАБОТ БА ХИЗМАТҲОИ НАҚЛИЁТӢ ВА БАҲОДИҲИИ ИН УСУЛҲО ДАР СИСТЕМАИ НАҚЛИЁТИИ ЭРОН

¹Ризой Н.М., ²Юнусов Ф.М.

¹Маркази оморӣ ҚИЭ

²Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар мақолаи мазкур пажӯишҳо доир ба баҳодиҳии талабот ба хизматҳои нақлиёти музофоти ҚИЭ таҳлил гардидааст. Таҳлили усулҳо ва моделҳои истифодашуда ҳолати фаъолияти нақлиёти боркашу мусофирбарро равшан месозад.

Калимаҳои калидӣ: мусофир, бор, модел, талабот, баҳодиҳӣ, нақлиёт, музофот.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПРОСА НА ТРАНСПОРТНЫЕ УСЛУГИ И ОЦЕНКА ЭТИХ МЕТОДОВ В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ ИРАНА

Резаи Н.М., Юнусов Ф.М.

В данной статье анализируются исследования по оценке спроса на транспортные услуги в провинциях ИРИ. Анализ используемых методов и моделей уточняет состояние деятельности грузового и пассажирского транспорта.

Ключевые слова: пассажир, груз, модель, спрос, оценка, транспорт, провинция.

THE USE OF METHODS FOR DETERMINING THE DEMAND FOR TRANSPORT SERVICES AND THE EVALUATION OF THESE METHODS IN THE IRANIAN TRANSPORT SYSTEM

Rezai N.M., Yunusov F.M.

This article analyzes studies on assessing the demand for transport services in the provinces of Iran. An analysis of the methods and models used clarifies the state of the activity of freight and passenger transport.

Key words: passenger, cargo, model, demand, assessment, transport, province.

Муқаддима. Мусофирбарӣ ва боркашонӣ рушдбахшандаи фаъолияти тамоми дигар соҳаҳои хоҷагии халқ ба шумор меравад. Фаъолияти нақлиёти пешрафти соҳаҳои истеҳсоли ва ғайриистеҳсолиро тақвият бахшида, дар навбати дигар худ соҳаи истеҳсоли қавӣ аст.

Теъдоди пажӯишҳо дар баҳши мусофирбарӣ дар Ҷумҳурии Исломии Эрон маҳдуд буда, умдатан ба нақлиёти роҳи оҳан ва ҳавой марбут аст. Сабаби маҳдудиятҳо дар омӯзиши мусофирбарӣ набудани маълумот ва иттилооти муътамад буд. Тадқиқотеро, ки дар соҳаи мусофирбарӣ дар Эрон анҷом додаанд, таҳлил менамоем.

Муаллифи тадқиқоти [4] омилҳои асосии ташаккули талабот ба нақлиёти ҳавоиро омӯхтааст. Ҳадафи ин пажӯиш муайян кардани омилҳои буд, ки талабот ба мусофирбарии ҳавоиро тавсиф дода, дар асоси моделҳои математикӣ метавонад пешгӯӣ гардад. Модел гравитатсионӣ ва микроиктисодӣ мебошад. Дар маҷмӯъ, ин модел шакли зеринро мегирад:

$$T_{ij} = \alpha \cdot P_i^{\alpha_1} A_j^{\alpha_2} D_{ij}^{\alpha_3} \xi, \quad (1)$$

ки ин ҷо

T_{ij} – интиқоли ҳавоии байни минтақаи i ва j ;

P_i – арзиши мусофирбарӣ бо нақлиёти ҳавой дар минтақаи i ;

A_j – омили амалкунандаи ҷалби интиқол ба минтақаи j ;

D_{ij} – қобили қабул набудани ин намуди нақлиёт (масофа, арзиш ва ғ.) байни ду минтақаи i ва j ;

ξ – омили тасодуфии модели пешниҳодшуда;

α_0, α_3 – параметрҳои доимии модел.

Таҳияи ин модел ба усули ҳисобкунии регрессияи хаттии такрорӣ асос ёфтааст, ки он бо истифода аз логарифми хаттии ду тараф амалӣ карда мешавад.

Ба сифати объекти тадқиқот тамоми Эрон гирифта шуд. Дар ин тадқиқот талабот ба нақлиёти ҳавой аз сабаби ҷойгиршавии фурудгоҳҳо дар шаҳрҳо ба талабот ба нақлиёт байни ҷуфтҳои шаҳрӣ монанд аст. Дар қор ҳамчун маводи статистикӣ маълумоти соли 1987 дар бораи нақлиёти ҳавоии байни шаҳрҳо истифода шудаанд.

Тадқиқот 38 чуфт шахрхоро дар бар мегирад, ки шумораи мусофирон ва тарифи як километр барои соли мувофиқ маълум аст. Ҳаҷми солонаи мусофирбарӣ бо нақлиёти ҳавоии ин шахрҳо аз рӯи таносуби шумораи гардиши мусофирон ба масофаи байни шахрҳо муайян карда мешавад. Дар чуфтҳои шахрии интиқол (дар самти мустақим ва баръакс) бинобар ҳаракатҳои симметрӣ шумораи умумии интиқоли ҳавоӣ (дар самти мустақим ва баръакс) байни як чуфти шахрӣ ҳамчун талабот ба хизматрасонии нақлиётӣ интиҳоб карда мешавад. Дар ин тадқиқот теъдоди аҳоли ва даромади солона ба сари аҳоли ҳамчун омил интиҳоб шудааст.

Аҳолии шахр дар соли 1987 дар асоси барӯйхатгирии соли 1986 муайян гардидааст. Барои муайян кардани суръати афзоиши аҳоли ҳисоби миёнаи афзоиши аҳоли дар байни ду барӯйхатгирии соли 1976 – 1986 истифода бурда шуд. Аз сабаби набудани маълумот дар бораи дараҷаи даромад дар вилоятҳои мамлакат маълумот дар бораи даромади миёнаи солонаи шахрҳо дар соли ҳисоботӣ истифода бурда шуд. Шумораи миёнаи коргарони корхонаҳои калони истеҳсоли (аз 10 нафар ва бештар аз он) дар модел ҳамчун омил тағйирёбандаи захиравии талабот ба мусофирбарии нақлиёти ҳавоӣ ба назар гирифта шуд.

Афзудани масофа байни чуфтҳои шахрӣ ҳамчун омилӣ ҷудокунанда байни пайдоиш ва таъйинот ва ҳамчун омилӣ маҳдудияти интиқол арзёбӣ мешавад. Ҳар як нуқтаи фирист ва таъйинотро шартан ҳамчун омилӣ истеҳсол ва ҷалби интиқол ишора менамоям. Хусусияти онҳо ба модел дохил карда мешаванд:

$$T_{ij} = \alpha_0 (P_i P_j)^{\alpha_1} (A_i A_j)^{\alpha_2} D_{ij}^{\alpha_3} e^{\xi}, \quad (2)$$

ки ин ҷо

A ва P – муқаррароти собиқа доранд.

Пас аз логарифми дутарафа модел чунин шакл мегирад:

$$\ln T_{ij} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln (P_i P_j) + \alpha_2 \ln (A_i A_j) + \alpha_3 \ln D_{ij} + \xi, \quad (3)$$

Натиҷаҳои ҳисоб барои модели дар боло нишон додашуда дар ҷадвали 1 оварда шудаанд.

Ҷадвали 1 – Натиҷаҳои ҳисоби модели талабот ба нақлиёти ҳавоӣ байни чуфтҳои шахрӣ (логарифми хаттӣ)

Тағйирё- банда	1	2	3	4	5	6	7
Доимӣ	-12.7	-90.96	-49.81	-10.05	-66.42	-8.22	-38.30
$\ln (XPP)_{ij}^*$	1.16 (2.76)**	1.41 (3.41)		0.88 (2.32)	0.97 (2.58)	0.70 (3.20)	0.58 (2.36)
$\ln (XIN)_{ij}^*$		3.19 (2.28)			2.33 (1.63)		1.32 (1.57)
$\ln (XPI)_{ij}$			1.43 (3.40)				
$\ln (XEM)_{ij}$	-0.47 (-1.25)	-1.03 (-2.40)	-0.84 (-2.05)				
$\ln (+EM)_{ij}$				-0.35 (-1.35)	-0.95 (-0.56)		
$\ln (D_{ij})$	-0.58 (-0.94)	-0.54 (-0.92)	-0.69 (-1.18)	-0.33 (-0.55)	-0.15 (-0.24)	-0.25 (-0.43)	-0.07 (-0.1)
R^2	0.27	0.37	0.33	0.24	0.30	0.23	0.26
SSE	112.25	96.49	101.76	116.37	108.11	117.22	113.61

Дар он ҷое, ки аломати «+» ё «X» ҳаст, дар муқобили тағйирёбанда зарб ё ҷамъро нишон медиҳад; рақамҳои сатри якум намунаи ҳисобишудаанд (манбаи маълумот ҳисобҳои тадқиқотӣ аст); ададҳои дохили қавс қиматҳои t аст.

ки ин ҷо

PP – шумораи аҳоли;

IN – даромади миёна;

PI – натиҷаи зиёдшавии даромад, ки ба нуқтаҳои ибтидоӣ ва ниҳоии талабот ба мусофирбарии байнишахрӣ дахл дорад;

EM – баҳодиҳии тағйирёбандаи шумораи миёнаи коргарони истеҳсолот.

Таҳлили ҷадвали 1 нишон медиҳад, ки натиҷаи афзоиши шумораи аҳоли, нуқтаҳои фириш ва таъйинот ва натиҷаи афзоиши даромади солона ба ҳар сари аҳоли дар интиқоли ҳавой нақши муайянкунанда доранд.

Ғулом Ризой [1] оид ба талабот ба интиқоли бору мусофирон дар системаи нақлиёти роҳи оҳан тадқиқот гузаронидааст. Дар ин тадқиқот талабот ба нақлиёти роҳи оҳан (шумораи мусофироне, ки дар як километри нақлиёти роҳи оҳан бурда мешаванд) функсия аз шумораи мусофирон ва масофаи миёнаи мусофирбарӣ доништа мешавад. Ҳар омиле, ки ба ин нишондод таъсир мерасонад, боиси тағйир ёфтани шумораи мусофирбарӣ мегардад. Омилҳои асосии таъсиррасонӣ ба ин функсия шумораи аҳоли, даромади миллӣ ва нархи билети сафар мебошанд.

Барои ҳисоб кардани функсияи талабот ба мусофирбарӣ формулаи зерин истифода мешавад [1]:

$$MT=f(GDP,POP), \quad (4)$$

ки ин ҷо

MT – талабот ба кашониш бо нақлиёти роҳи оҳан (ҳаҷми мусофирон);

GDP – ММД аз рӯи арзиш ҳисоб карда мешавад (бо миллиард риёл);

POP – шумораи умумии аҳолии мамлакат.

Мо ин муодиларо дар шакли зерин менависем:

$$\ln(MT) = C + B_1 * \ln(GDP) + B_2 * \ln(POP) \quad (5)$$

ки ин ҷо

B₁ ва B₂ – чандирии даромад ва чандирии талабот.

Дар асоси маълумоти солҳои 1971 – 1990 функсияи талабот ба интиқол бо нақлиёти роҳи оҳан чунин баҳо дода мешавад:

$$\ln(MT) = 5 + 101\ln(GDP) + 0.45\ln(POP) \quad (6)$$

$$R^2 = 0.89 \quad D = 2.7$$

Иззатӣ ва Аҷелӣ [12] чандирии талабот ба интиқоли бору мусофирон дар системаи нақлиёти роҳи оҳани Эронро ҳисоб кардаанд. Дар ин тадқиқот ҳаҷми мусофирбарӣ дар шабакаи роҳи оҳан ҳамчун функсияи арзиши миёнаи сафар барои ҳар як мусофир дар як километр бо нақлиёти роҳи оҳан, арзиши миёнаи сафар барои ҳар як мусофир дар як километр бо автобус, масофаи миёнаи стансияҳо ва шумораи аҳоли дида баромада шуд. Ҳисоби функсия ба таври логарифмӣ бо усули квадрати камтарин анҷом дода шуд. Маълумоти бадастомада дар ҷадвали 2 оварда мешавад [10]:

Ҷадвали 2 – Натиҷаҳои ҳисоби татбиқи модели талабот ба хизматрасонии нақлиётӣ

Чандирӣ	Чандирии кӯтоҳмуддат	Чандирии дарозмуддат
Арзиши интиқол бо нақлиёти роҳи оҳан	-0.328	-0.962
Арзиши интиқол бо автобус	0.202	0.592
Масофа	-0.205	-0.601
Шумораи аҳолии минтақа	0.186	0.545

Колбаси Анораки [5] бо истифода аз модели гравитатсионӣ дар бораи талабот ба нақлиёти шаҳрӣ дар Техрон тадқиқот анҷом додааст. Муаллиф дар ин тадқиқот ҳаҷми интиқолро ба аҳолии коргар, шумораи ҷойҳои корӣ дар ҳар як минтақа ва арзиши миёнаи давомнокии сафар вобаста кардааст. Ҳисобҳо дар алоҳидагӣ барои автобус ва алоҳида барои таксӣ оварда шудаанд, ки дар ҷадвали 3 нишон дода шудаанд [5].

Ҷадвали 3 – Натиҷаҳои ҳисоби модели талабот ба нақлиёти шаҳрӣ Техрон

Нишондиҳандаҳо	Ҳамаи сафарҳо	Автобус	Такси
Шумораи коргарон дар ҳар як минтақа	0.71	0.71	0.76
Шумораи ҷойҳои корӣ дар ҳар як минтақа	1.04	1.04	1.09
Вақти миёнаи интиқол	-1.35	-1.04	-0.49

Барои баҳодиҳии функсияи талабот ба интиқоли роҳи оҳан дар Эрон муҳаққиқон [5] моделеро дар шакли зерин пешниҳод менамоянд:

$$TP_t = f(Y_t, RPF_t, R_t, PTP_t), \quad (7)$$

ки ин чо

TP_t – талабот ба мусофирбарӣ (миллион мусофир-километр);

Y_t – ММД;

RPF_t – даромад аз ҳар як мусофир;

R_t – дарозии хати роҳи оҳан (км);

PTP_t – нишондиҳандаи арзиши билети автобуси байнишаҳрӣ;

Шакли ниҳони модел пас аз коркарди математикӣ чунин аст:

$$GTP_t = \alpha + \mu_g \cdot GY_t + \mu_{RPF} \cdot GRPF_t + \mu_R \cdot GR_t + \mu_{PTP} \cdot GPTP_t + u_t, \quad (8)$$

ки ин чо

G – нишондиҳандаи баҳодиҳии рушд;

μ – нишондиҳандаи чандирии тағйирёбандаҳо;

u – саҳви модел.

Натиҷаҳои ҳисоб дар ҷадвали 4 оварда шудааст.

Ҷадвали 4 – Натиҷаҳои ҳисоб барои модели талабот ба хизматрасонии нақлиётӣ

Тағйирёбанда	GTP (-1)	GY	GRPF	GR	GR (-1)	GPTP	DI	DI (-10)	C
Доимӣ	0.11 (2.52)	0.74 (2.11)	-0.12 (-2.291)	0.51 (1.78)	0.12 (3.14)	0.42 (2.51)	0.21 (1.88)	0.19 (3.31)	-0.29 (-0.62)

Ҳисоб нишон дод, ки таносуби арзиш ва ҳаҷми мусофирбарӣ манфӣ буда, суръати рушди он таъсири мусбат мерасонад. Нишондиҳандаи арзиши билети автобуси шаҳрӣ ба ҳаҷми хизматрасонии нақлиёти роҳи оҳан вобастагии мустақим дорад.

Тадқиқи шабакаи нақлиёти минтақаи соҳили Зояндарӯдро баррасӣ менамоям [7]. Рушди ҳаррӯзаи саноат (комбинати металлургии Зубаҳон ва заводи фӯлодрезии Фӯлоди Муборакӣ) дар соҳили Зояндарӯд дар интиқоли коргарони минтақа проблемаҳои нави нақлиётро ба вуҷуд меоварад. Мавқеи ҷуғрофии шаҳри Исфаҳон ба масъалаи нақлиёти он муносибати махсусро металабад ва ҳалли ин масъала дар шароити муосир басо муҳим аст. Тадқиқоти мазкур бо мақсади баҳодиҳии имконоти мавҷудаи нақлиёт дар минтақа, муайян кардани имконоти беҳтарини қонеъ кардани талаботи пешбинишаванда, банақшагирӣ ва барномасозии системаҳои оптималии нақлиёт барои қисми асосии коргарони саноати минтақа гузаронида мешавад [7].

Масоҳати тадқиқотӣ 8000 км² масоҳат дорад ва 14 минтақаи дохилӣ ва 6 минтақаи беруниро дарбар мегирад. Тадқиқот ба омили соли 1984 асос ёфта, давраи пешгӯии 15-сола дорад. Дар ин тадқиқот усули моделҳои гуногун барои беҳтар намудани нақлиёт дар минтақа таҳия шудаанд.

Моделҳои тақсими байниминтақавӣ селани мусофирон имкон медиҳад, ки ҳаҷми талабот ба интиқол ва шаклҳои тақсими байниминтақавӣ таҳлил карда шавад. Тадқиқот дар асоси модели гравитатсионӣ, функсияи Кобб-Дуглас гузаронида шуд. Аз ҷиҳати математикӣ сохтори модел чунин аст [7]:

$$T_{ij} = (A_0 + A_4 D_{2ij} + A_5 DD_{1ij} + A_6 DD_{2ij}) (P_i P_j)^{A_1} (E_1 + E_2)^{A_2} D_{ij}^{A_3}, \quad (9)$$

ки ин чо

T_{ij} – ҳаҷми интиқол байни i ва j (дар самти мустақим ва баръакс) дар давраи омӯзиш;

P_i – аҳолии минтақаи i ;

P_j – аҳолии минтақаи j ;

E_i – шумораи коргарони корхонаҳо бо шумораи зиёда аз 50 нафар дар минтақаи i ;

E_j – шумораи коргарони корхонаҳо бо шумораи зиёда аз 50 нафар дар минтақаи j ;

D_{ij} – масофаи байни минтақаҳои i ва j ;

D_{2ij} , DD_{1ij} , DD_{2ij} – тағйирёбандаҳои ёрирасон барои ворид кардани параметрҳои бетағйир ба модел;

$A_0 - A_6$ – параметрҳои модели, ки бо усули регрессия дар асоси маълумоти соли 1984 ҳисоб карда шудааст.

Натиҷаи коркард чунин намуд мегирад:

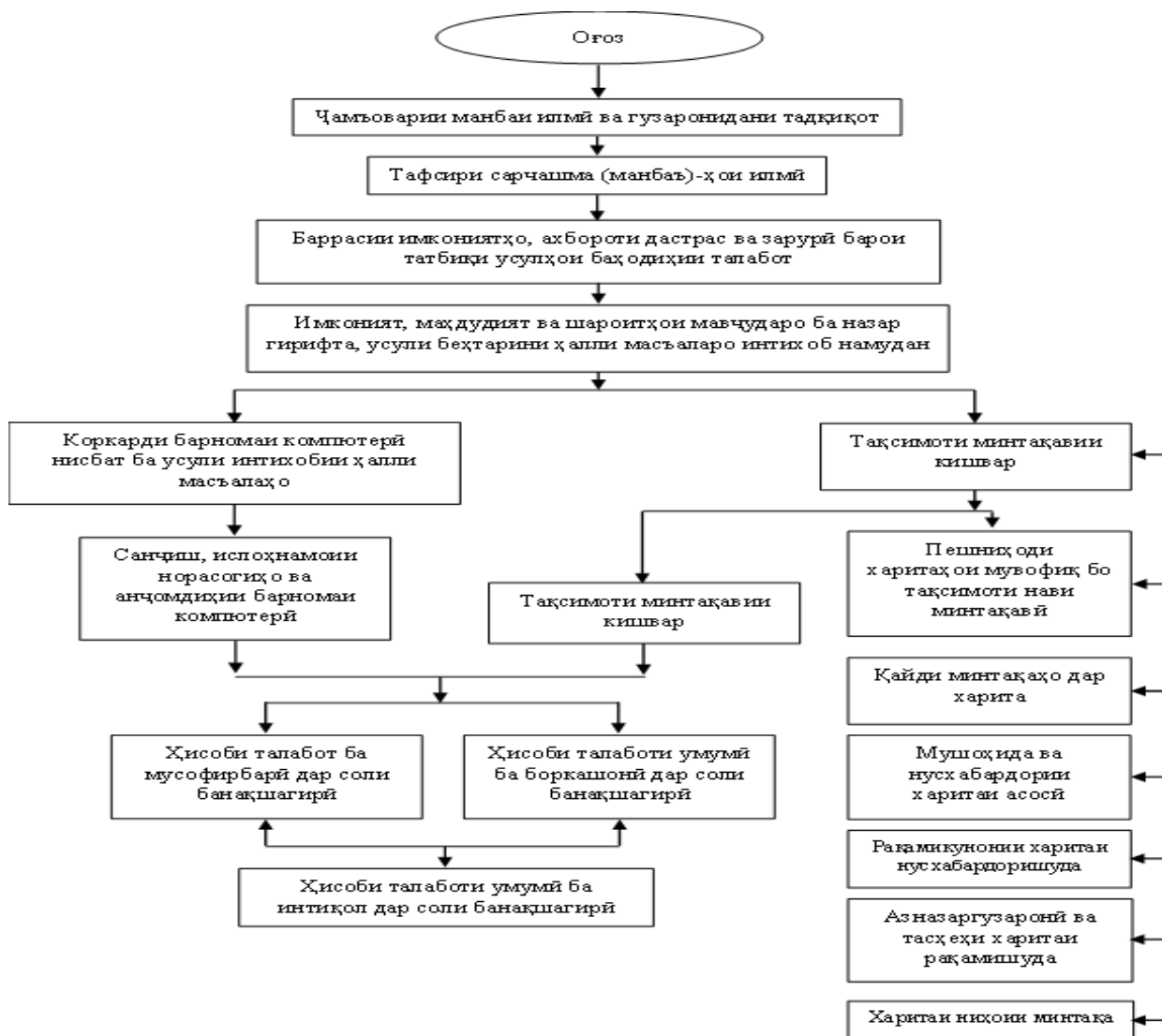
$$\begin{aligned}
 A_0 &= 0,58171 \cdot 10^{-5} \\
 A_1 &= 0,841358 \\
 A_2 &= 0,417169 \\
 A_3 &= 1,19091 \\
 A_4 &= 0,469140 \cdot 10^{-4} \\
 A_5 &= 0,94159 \cdot A^{-5} \\
 A_6 &= 0,101349 \cdot 10^{-4}
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

ки ин ҷо қимати коэффитсиенти $R^2=0.82$ аст.

Модели пешниҳодшуда (9) имкон медиҳад, ки ҳаҷми мусофирбарӣ муайян карда шавад.

Вазорати иқтисоди ҶИЭ соли 1995 барои баҳодиҳии талабот ва пешниҳод ба хизмати нақлиётӣ пажӯҳиш анҷом дод. Ин тадқиқот ба микроиқтисод ва модели гравитатсионӣ асос ёфтааст. Имкониятҳои мавҷуда ва маълумоти статистиқиро ба назар гирифта, ҳалли нисбатан оптималӣ интихоб карда шуд.

Дар тадқиқот таъминоти барномавии коркарди маълумот ва таснифоти минтақа истифода бурда шуд. Талабот ба интиқол дар ду категория – бор ва мусофир ҳисоб гардид. Натиҷаҳои ҳамаи ҳисобҳо барои ҳулосаи ниҳой ҷамъбаст карда шуданд. Тадқиқот нишон дод, ки шумораи бештари талабот дар ҷуфти шаҳрҳои Техрон – Дамованд ва Шероз – Марвдашт аст [6]. Марҳилаҳои асосии раванди баҳодиҳии талабот ба хизматҳои нақлиётӣ дар расми 1 нишон дода шудаанд.



Расми 1 - Давраҳои асосии раванди баҳодиҳии талабот ба хизматҳои нақлиётӣ.

Идонӣ дар кори худ [3] дар баҳодиҳии талабот ба интиқоли роҳи оҳан дар Эрон ММД ва аҳолиро ҷун омилоҳои асосии таъсирунонда тавсиф менамояд. Дар асоси маълумоти солҳои 1971 – 1990 омӯзиши талаботро ҳамчун функсия аз ин тағйирёбандаҳо мегузаронад.

Натиҷаҳои тадқиқот муайян карданд, ки оптималӣ будан далели асосии талабот ба интиқол мебошад [3].

Шаҳбозӣ дар асари худ [11] функсияи талаботро барои интиқоли бору мусофирон аз шаҳрҳои марказии музофоти мухталифи Эрон ба Техрон ҳисоб менамояд. Дар ин мақола таъсири омилҳои иҷтимоӣ-иқтисодӣ ва тағйирёбии арзиши билетҳо барои ҳамаи намудҳои нақлиёт дар давраи солҳои 1995-1999 баррасӣ шудааст. Модел бо истифода аз маълумоти мураккаб ва усули GLS (камтарин квадратҳои умумӣ) таҳия шудааст.

Дар тақроршавии аввал усули комплексӣ ва дар тақроршавии дуюм он ба усулҳои инфиродӣ нигаронида шудааст. Тадқиқот дар асоси татбиқи модели Бамол-Квант дар шакли умумии модели гравитатсионӣ асос ёфта, чунин аст [11]:

$$V_{kdm} = \alpha_0 (P_k P_d)^{\alpha_1} (I_k I_d)^{\alpha_2} (C_{kdm})^{b_1} (C_{kdb})^{b_2} \exp(c_1 D_1 + c_2 D_2) + (c_3 D_3 + c_4 D_4 + u_1), \quad (11)$$

ки ин ҷо

V_{kdm} - ҳаҷми интиқол байни нуқтаҳои d ва k бо роҳи m;

P_k – шумораи сокинони нуқтаи аҳолинишини k;

P_d – шумораи сокинони нуқтаи аҳолинишини d;

I_k - арзиши миёнаи даромад дар нуқтаи аҳолинишини k;

I_d – арзиши миёнаи даромад дар нуқтаи аҳолинишини d;

C_{kdm} – арзиши интиқол байни нуқтаҳои d ва k бо роҳи m;

C_{kdb} – арзиши интиқол байни нуқтаҳои d ва k бо истифода аз роҳҳои мутавозӣ;

D_1, D_2, D_3, D_4 – тағйирёбандаҳои виртуалӣ байни нишондиҳандаҳои фаслҳои гуногуни сол;

u_1 – саҳви модел.

Натиҷаи бадастомада ноустувории талаботро ба мусофирбарӣ нисбат ба арзиши билети автобус ва шумораи сокинони минтақа муайян кард. Муътадил будани талабот ба мусофирбарӣ нисбат ба билети қатора маълум гардид.

Натиҷаҳои бадастомада муайян карданд, ки дар модели тағйирпазирии нархҳо дар фосилаи 9,41 ва 7,07, дар модели чандирии аҳоли дар фосилаи 11,86 ва 2,44 ва чандирии даромад дар фосилаи 14,98 ва -16,88 онҳо дар масирҳои гуногун фарқ менамоянд.

Ҷамъовариҳои маълумоти зарурӣ аз нуқтаҳои фирист ва таъйинот аз солҳои 1994 ва 2004 аз терминалҳои нақлиёти кишвар амалӣ карда мешавад. Мақсади ҷамъовариҳои маълумот гирифтани ахборот дар бораи бор, мусофирон, воситаҳои нақлиёт, кормандони нақлиёт, интиқол ва шумораи сафарҳои ҳаррӯза аз як нуқтаи муайян ва ғайра буд. Натиҷаҳои асосии ба даст овардашуда дар зер нишон дода шудаанд:

-аз шумораи умумии автомобилҳои боркаш 51% бор кашонида, 49% бекор меистод;

-дар байни автомобилҳои боркаш 83%-и нақлиёт борхат доштанд ва 17% борхат надоштанд;

-аз ҳамаи автомобилҳои боркаш 56% нақлиёти ҷамъиятӣ, 41% нақлиёти шахсӣ ва 3% нақлиёти идории давлатӣ мебошанд;

-аз теъдоди умумӣ 44,5%-ро автомобилҳои сабукрав, 29,6%-ро автомобилҳои боркаш ва 25,9%-ро дигар намуди автомобилҳо ташкил медиҳанд;

-бе борхат асосан рег, тарбуз, помидор, ғалла, мебел ва хишт кашонида мешуд.

Аз шумораи умумии автомобилҳои санҷишшуда 34,2% ҳолӣ ва 65,8% мусофир доштанд. Аз нақлиёти мусофирдор 56,2% дар бораи ҳолати техникаи нақлиёт маълумотнома доштанд, 43,8% не. Агар фақат ба нақлиёти ҷамъиятӣ баҳо диҳем, пас 67% дар бораи ҳолати техникаи маълумотнома доштанду 33% не.

Аз ҳамаи автомобилҳои сабукрави санҷишшуда 84,2% нақлиёти ҷамъиятӣ, 13,3% хусусӣ ва 2,5% идории давлатӣ ё хизматӣ мебошанд. Аз теъдоди умумии нақлиёти мусофирбар 41,5%-ро автомобилҳои сабукрав, 35,2%-ро микроавтобусҳо ва 23,3%-ро автобусҳо ташкил медиҳанд.

Ҷадвали 5 – Фоизи муҳлати истифодабарии нақлиёти мусофирбар (сол)

<5 сол	5-10 сол	10-15 сол	15-20 сол	>20 сол	Номаълум	Ҳамагӣ
24.7%	12.9%	17%	11.2%	33.3%	0.9%	100

Автомобилҳои сабукрави аз назар гузаронидашуда бо тақсимои онҳо ба автомобилҳои мусофирдор ва бемусофир бо навъи рақамҳои давлатӣ дар ҷадвали 6 оварда шудаанд.

Чадвали 6 – Ҳолати автомобилҳои мусофирбар бо тақсими онҳо ба автомобилҳои мусофирдор ва бемусофир

Навъи рақам	Мусофирдор	Бемусофир	Ҳамагӣ
Чамбиятӣ	63779	19224	83003
Хусусӣ	9516	3756	13272
Хизматӣ	1321	1123	2444
Номаълум	43	65	108
Ҳамагӣ	74659	24168	98827

Соҳтори парки автомобилӣ аз рӯи муҳлати хизмат бо тақсими онҳо ба намудҳо дар чадвали 6 оварда шудааст.

Чадвали 7 – Соҳтори парки автомобилҳо аз рӯи муҳлати хизмат

Намуд	<5 сол	5-10 сол	10-15 сол	15-20 сол	>20 сол	Номаълум	Ҳамагӣ
Автобус	33.9	11.5	22.6	10.3	20.7	1	100
Микроавтобус	3.7	4.3	14.6	17.8	58.7	9	100
Такси	39.8	26.2	12.5	3.8	16.9	8	100
Другие	26.4	13	18.2	9.1	30.2	3.1	100

Омӯзиши талабот барои мусофирбарӣ аз Техрон ба марказҳои музофот бар асоси модели гравитатсионӣ асос ёфтааст. Ҳадафи пажӯҳиш муайян кардани омилҳои таъсиргузор ба талабот ба хизмати нақлиёти мусофирбар аз Техрон ба марказҳои музофот ва баҳодиҳии функсияи ин талабот мебошад. Ҳангоми таҳияи ин модел баҳодиҳӣ бо назардошти маълумоти ҷамъбастии солҳои 1997-2001 тариқи усули камтарин квадратҳои умумӣ дар ду самт гузаронида шуд:

-роҳҳое, ки хатсайри автобус ва микроавтобус доранд (Мозандарон, Ҳамадон, Исфажон, Занҷон, Марказӣ, Гелон, Симнон);

-роҳҳое, ки хатсайри автобус ва роҳи оҳан доранд (Хуросон, Озарбойҷон, Хузистон, Кирмон, Хурмузгон, Язд, Исфажон, Занҷон, Марказӣ).

Таҳлил маълум кард, ки коэффитсиенти нишондиҳандаҳои тағйирёбанда – шумораи аҳоли ва масофа дар сатҳи 5% муайян карда шуда, чандирии ҳаҷми интиқол ба ин тағйирёбандаҳо зиёда аз як аст. Тадқиқот нишон медиҳад, ки натиҷаҳои маблағгузорӣ барои рушд додани парки автобусҳо дар шаҳрҳои калон асоснок мешаванд.

Коэффитсиенте, ки арзиши билети қатораро тавсиф менамояд, қариб 5%-ро ташкил медиҳад ва ин нишондиҳанда дастрасии ин намуди нақлиётро муайян мекунад.

Коэффитсиенти тавсифдиҳандаи арзиши билет барои намудҳои дигари нақлиёт назаррастар аст ва чандирии ҳаҷми интиқол нисбат ба онҳо камтар аз як аст. Сатҳи ММД бошад, дар музофот ба ҳаҷми интиқол ҳам таъсир намерасонад.

Функсияи талабот барои интиқоли бору мусофирон бо усули ARDL (қафомонии регрессивии автоматӣ тақсимшуда) ҳисоб карда мешавад. Тадқиқот нишон дод, ки мусофирбарӣ назар ба боркашонӣ муътадилтар аст. Дар асоси маълумоти солҳои 1995-2004 омӯзиши функсияи талабот ба ин намудҳои нақлиёт гузаронида шуд.

Тадқиқот таъсири бузурги Маҷмӯи маҳсулоти дохилӣ (ММД)-ро ба ҳаҷми талабот дар самтҳои додашуда нишон дод, вале арзиши сӯзишворӣ таъсири манфӣ мерасонад [2].

Тағйирёбандаҳои модели талабот ба боркашонӣ дар чадвали 8 оварда шудааст:

Чадвали 8 – Тағйирёбандаҳои модели талабот ба боркашонӣ

Тағйирёбанда	Нишондиҳандаҳо
Qp	Ҳаҷми бори кашонидашуда бо нақлиёти ҷамбиятӣ
Pf	Арзиши интиқол
w	Ҳароҷот барои пардохти меҳнати коргарон
r	Сармоягузорӣ
Y	Ҳаҷми умумии истеҳсолот

Тағйирёбандаҳои модели талабот ба хизмати нақлиёти мусофирбар дар чадвали 9 оварда шудааст:

Чадвали 9 – Тағйирёбандаҳои модели талабот ба мусофирбарӣ

Тағйирёбанда	Қимат
Qp	Ҳаҷми мусофирони бурдашуда бо нақлиёти ҷамбиятӣ
Pp	Арзиши сафари мусофирон
Pt	Арзиши интиқол бо нақлиёти роҳи оҳан
PG	Арзиши сӯзишворӣ
y	Даромади миёна

Функсияи талабот ба мусофирбарӣ:

$$LQ_P = 10.86 - 0.70 LP_P - 0.32 LP_G + 1.02 L_y + 0.025T \quad (12)$$

Функсияи талабот ба боркашонӣ:

$$LQ_f = 0.84LQ_f(-1) - 0.31LP_f - 0.44LP_f(-1) - 0.18 L_w + 0.49L_y + 0.62LY(-1) \quad (13)$$

Дар асоси таҷрибаҳои байни тағйирёбандаҳои модели талабот ба мусофирбарӣ робитаи муҳим муайян карда шуд ва дар модели талабот ба боркашонӣ чунин робита вуҷуд надорад.

Дар асоси тадқиқоти гузаронидашуда бояд зеринро қайд кард:

-талабот ба мусофирбарӣ ба даромади миёнаи аҳоли бештар ҳассос аст. Коэффитсиенти бадастомада афзоиши миёнаи талаботро 1,02% муайян менамояд;

-мусофирбарӣ хизмати ноустувор аст. Коэффитсиенти бадастомада камшавии миёнаи талаботро 0,7% муайян менамояд;

-бо 1% зиёд шудани арзиши сӯзишворӣ талабот ба мусофирбарӣ 0,3% кам мешавад;

-афзоиши талабот ба хизматрасонии нақлиёт бо афзоиши шумораи аҳоли алоқаманд аст.

Коэффитсиенти ҳосилшуда афзоиши солонаи талаботро ба ҳисоби миёна 0,02% муайян кард.

Дар ҷадвали 10 намуди тағйирёбандаҳо бо арзиши онҳо ва дараҷаи таъсир ба системаҳои нақлиёти боркаш ва мусофирбар нишон дода шудааст.

Ҷадвали 10 – Тағйирёбандаҳои системаи боркашонӣ ва мусофирбарӣ

№	Боркашонӣ			Мусофирбарӣ		
	Тағйирёбанда	Намуди таъсир	Дараҷаи таъсир (%)	Тағйирёбанда	Ҷониби амал	Дараҷаи таъсир (%)
1	Дараҷаи истеъмоли бор бо танаффуси солона	+	0.84	Даромади миёнаи солона	+	0.02
2	Дараҷаи истеҳсолоти умумӣ бо танаффуси солона	+	0.62	Арзиши мусофирбарӣ	-	0.7
3	Ҳаҷми истеҳсолот (бетанаффус)	+	0.49	Арзиши муқарраршудаи сӯзишворӣ	-	0.32
4	Арзиши боркашонӣ бо танаффуси солона	-	0.44	Омили вақт	+	0.02
5	Арзиши боркашонӣ (бетанаффус)	-	0.31	Арзиши мусофирбарӣ бо нақлиёти роҳи оҳан	-	Нест
6	Пардохти меҳнат	-	0.18			

Ҷадвали 11 – Таҳлили модели баҳодиҳии талабот ба хизмати нақлиёт дар ҶИЭ

Намуди тадқиқот	Тағйирёбандаҳои истифодашуда	Таносуби байни тағйирёбандаҳо	Ҳассосияти тағйирёбандаҳои истифодашуда	Тавсифи модел	Шакли модел	Мураккабии модел	Дигар элементҳо
Омӯзиши нақшаи комплекси интиқол дар Эрон (модели пешгунии анбӯхи автомобилҳои шахсӣ)	аҳоли, масофа	0.83%		ҷалбнамоӣ	хаттии давравӣ	не	не
Омӯзиши шабакаи нақлиёти минтақаҳои наздизоҳилии Зояндарӯд (модели тақсими селани байниминтақавии мусофирон)	аҳоли, коргарон, масофаи ҳавой	0.89%		ҷалби Коб-Дуглас	ғайрихаттии давравӣ	не	не

Намуди тадқиқот	Тағйирёбандаҳои истифодашуда	Таносуби байни тағйирёбандаҳо	Хассосияти тағйирёбандаҳои истифодашуда	Тавсифи модел	Шакли модел	Мураккабии модел	Дигар элементҳо
Ҳисоби талаботи чандир ба интиқоли бору мусофирон бо шабакаи нақлиёти роҳи оҳани Эрон	наrx, масофа, аҳоли		бисёр, бисёр, миёна	чалби логарифмӣ	квадрати минималии муқаррарӣ	не	ха
Ҳисоби талабот ба боркашонӣ ва мусофирбарӣ бо шабакаи нақлиёти роҳи оҳани ҚИЭ	ММД, аҳоли, арзиши билети автобус ва самолёт		кам, бисёр	оли		не	не
Ҳисоби функцияи талабот ба интиқол бо нақлиёти автомобилӣ	арзиши билети автобус ва самолёт, аҳоли, даромад, арзиши билети қатора		кам, кам, бисёр, бисёр	Бамол-Квант	квадрати минималии муқаррарӣ	ха	ха
Ҳисоби функцияи талабот ба мусофирбарӣ аз Техрон ба маркази музофот	аҳоли, масофа, даромад, арзиши билети автобус, микроавтобус ва қатора	билети қатора ба дигар тағйирёбандаҳо мувофиқат наменамояд	бисёр, бисёр, кам, кам	чалбнамоӣ	квадрати минималии муқаррарӣ	не	ха
Ҳисоби функцияи талабот ба интиқоли бору мусофирон	даромад ба ҳар сари аҳоли, арзиши сафари мусофирон, нархи сӯзишворӣ, омили вақт, арзиши сафари мусофирон ба қатора		бисёр, бисёр, кам, миёна, аҳамият надорад	чалби ҳуҷусавӣ	чамъ	не	ха

Таҳлили коррелясионӣ-регрессионӣ имкон медиҳад, ки равандро ва падидаҳои мураккабро тадқиқ намоем. Ҳадафи асосии ин таҳлил таҳияи модели иқтисодӣ-риёзӣ, вобастагии нишондиҳандаи самаранок (ҳаҷми интиқоли мусофирон ва борҳо ё ҳаракати аҳоли дар хатсайрҳои шахрӣ, маҳаллӣ бо истифода аз нақлиёти шахрӣ, маҳаллӣ, инфиродӣ ва таксӣ) мебошад [8,9].

Хулоса, тадқиқоти гузаронидашуда дар ҚИЭ, шаҳри Техрон ва музофоти он имкониятҳои нақлиёти ин кишвар, талаботи аҳоли ба бору мусофирбариро муайян наменамояд. Олимони соҳа дар ҚИЭ дараҷаҳои гуногуни сатҳи дастрасии нақлиётро муқаррар намудаанд.

Адабиёт:

1. Голам Резайи, Ситран Акутак. Инженер программы главных дорог Ирана, Министерство путей сообщения, 1999.
2. Голизаде, Хеммат. Оценка функции спроса на грузовые и пассажирские перевозки. Магистерская диссертация. Тегеран, 2006.
3. Идани М. Оценка спроса на грузовые и пассажирские железнодорожные перевозки в Иране. Магистерская диссертация. Тегеранский университет, 1992.
4. Кермоншах Махаммад Факторы, характеризующие спрос на воздушные перевозки// Вторая конференция по вопросам транспорта страны. Университет Тарбият модарес, Иран, 1991.
5. Колбаси Н. Спрос на транспортировку в г. Тегеран. Магистерская диссертация. Университет Шахид Бехешти, 1989.
6. Моделирование в транспортировке. Высший исследовательский институт по программированию и развитию, Тегеран. 1992.
7. Пурзахеда Х., Закон Х. Программа транспортного планирования промышленного региона-побережья Зияндеруда и окружающих районов. Исфагон, Исфагонский технический университет, 2000- 187с.
8. Сангинов О.К. Проблема развития пассажирского автомобильного транспорта в горных районах Республики Таджикистан// Актуальные проблемы современной науки – М.: 2002. -С.407- 409.
9. Сангинов О.К. Формирование и развитие рынка услуг пассажирского автомобильного транспорта горных регионов. Дисс.... докт.экон.наук.- Душанбе, 2003- 330с.
10. Струмилин С.Т. Вопросы экономики. М.: 1969, №11. С. 59-69.
11. Шахбази, Каюмарс. Оценка спроса на дорожные поездки по редким направлениям. Магистерская диссертация. Тегеранский университет, 1999.
12. Эзати Агели, Асгари Р и др. Оценка функций железнодорожных перевозок Ирана // Исследовательский журнал «Эктесад» №69, 2005 -С. 109- 128.

МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ- INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Ризой Неъматуллох Муҳаммад	Резаи Неъматоллах Мухаммад	Rezaie Nematollah Muhammad
Номзади илмҳои иқтисодӣ	Кандидат экономических наук	Candidate of Economical Sciences
Маркази омили ҚИЭ	Статистический центр ИРИ	Statistical center IRI
ne_rezaee@yahoo.com		
TJ	RU	EN
Юнусов Фаридун Маъруфович	Юнусов Фаридун Маъруфович	Yunusov Faridun Marufovich
Номзади илмҳои иқтисодӣ	Кандидат экономических наук	Candidate of Economical Sciences
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
fariduny@mail.ru		
0000-0001-5000-4905		

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В КУЛЯБСКОЙ ЗОНЕ ХАТЛОНСКОЙ ОБЛАСТИ

Джалолзода Д.С.

Бохтарский государственный университет им. Носири Хусрав

В работе на основе большого фактического материала выявлены и раскрыты основные проблемы и факторы системного подхода к организации и функционирования пассажирских автомобильных перевозок в Кулябской зоне Хатлонской области.

Основная идея исследования состоит в том, что на основе системного подхода к организации и функционирования пассажирских автомобильных перевозок разработать экономико-математическая модель транспортно-технологической системы обслуживания населения в Кулябской зоне Хатлонской области, которая удовлетворяла бы потребность данного региона с учетом устойчивого развития транспортно-технологических инфраструктур.

Особый интерес представляет, что модели изменяются в пространстве и времени: они зависят от расположения рассматриваемого района по отношению к городам, транспортным коридорам, отдельным участкам обслуживания сети ТТИ или от конкретного времени (дня, дня недели, сезона).

Разработано экономико-математическая модель транспортно-технологической системы обслуживания населения в Кулябской зоне Хатлонской области.

Ключевые слова: процесс перевозки, среднемесячная заработная плата, корреляционно-регрессионного анализа, признак, среднегодовая валовая продукция, транспортно-технологическая инфраструктура, организации и функционирования.

МОДЕЛИ ИҚТИСОДӢ-МАТЕМАТИКИИ СИСТЕМАИ НАҚЛИЁТӢ-ТЕХНОЛОГИИ ХИЗМАТРАСОНИИ АҲОЛӢ ДАР МИНТАҚАИ КУЛОБИ ВИЛОЯТИ ХАТЛОН

Чалолзода Д.С.

Дар мақола дар асоси таҳлилҳои зиёди мавод мушқилоти асосӣ ва равиши мунтазами ташкили фаъолияти интиқоли автомобилҳои мусофирон дар минтақаи Кулоби вилояти Хатлон муайян ва ошкор карда шудааст.

Мақсади асосии тадқиқот аз он иборат аст, ки дар асоси равиши мунтазам оид ба ташкил ва фаъолияти нақлиёти автомобилҳои мусофирбар, қоркарди модели иқтисодӣ-математикии системаи нақлиётӣ-технологӣ ва хизматрасонии аҳолии минтақаи Кулоби вилояти Хатлон таҳия карда шавад, ки бо назардошти рушди устувори инфрасохтори нақлиётӣ технологияро таъмин намояд.

Ҷолиби диққат аст, ки моделҳо дар фазо ва вақт тағйир меёбанд: онҳо аз ҷойгиршавии минтақаи баррасишаванда нисбат ба шаҳрҳо, долонҳои нақлиёт, минтақаҳои хизматрасонии инфиродии шабакаи ИНТ ё вақти муайян (рӯз, рӯзи ҳафта, мавсим). Модели иқтисодӣ-математикии системаи нақлиётӣ-технологӣ ва хизматрасонии аҳолии минтақаи Кулоби вилояти Хатлон таҳия карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: раванди интиқол, музди миёнаи моҳона, таҳлили коррелясионӣ ва регрессионӣ, хусусият, маҷмуи маҳсулоти миёнаи солона, инфрасохтори нақлиётӣ-технологӣ, ташкил ва фаъолият.

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL OF THE TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEM OF SERVICE TO THE POPULATION IN THE KULYAB ZONE OF THE KHATLON REGION

Dzhalolzoda D.S.

Based on a large amount of factual material, the work identifies and discloses the main problems and factors of a systematic approach to the organization and functioning of passenger road transport in the Kulyab zone of the Khatlon region.

The main idea of the study is that, based on a systematic approach to the organization and functioning of passenger road transport, to develop an economic and mathematical model of the transport and technological system for servicing the population in the Kulyab zone of the Khatlon region, which would satisfy the needs of this region, taking into account the sustainable development of transport and technological infrastructures.

Of particular interest is that the models change in space and time: they depend on the location of the area under consideration in relation to cities, transport corridors, individual service areas of the TTI network, or on a specific time (day, day of the week, season).

An economic and mathematical model of the transport and technological system for servicing the population in the Kulyab zone of the Khatlon region has been developed.

Keywords: transportation process, average monthly salary, correlation and regression analysis, feature, average annual gross output, transport and technological infrastructure, organization and functioning.

Введение

В работах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] авторы на основе системного подхода к организации и функционирования пассажирских автомобильных перевозок при увеличении пассажиропотока, предложены экономико - математическая модель транспортно-технологической системы обслуживания населения в Кулябской зоне Хатлонской области.

Материалы и методы исследования

Достаточно подробно автор работы [1] рассмотрел проблему эффективности транспортного обслуживания населения горного региона в условиях рыночной экономики (на примере Республики

Таджикистан). В работе [2] авторы рассмотрели теоретические основы формирования и развития ресурсного потенциала рынка транспортных услуг города Душанбе. В работе [3] анализируются теоретические аспекты, системы оказания транспортных услуг населения горного региона в условиях рыночной экономики. Отдельного внимания заслуживает работа авторов [4] влияние факторов и выбор критерии автомобилей, работающих в условиях горных регионов Республики Таджикистан. Предлагаемый подход к изучению проблемы влияния потенциала транспортной инфраструктуры на развитие горных регионов Республики Таджикистан исследовано в работе [5], который имеет практическую значимость. Проблема выбора населения горного региона способ передвижений и особенности повышения эффективности транспортно-технологического системы обслуживания горных регионов Таджикистана исследовано в работах [6 и 7].

Цель и задачи

Создание экономико - математическая модель транспортно-технологической системы обслуживания населения в Кулябской зоне Хатлонской области.

Результаты исследования

На основе корреляционно-регрессионного анализа было выявлено следующие факторы(Таблица 1).

Таблица 1 - Перечень факторов влияющие на транспортно-технологической инфраструктуры на спрос и качество транспортное обслуживание в Кулябской зоне Хатлонской области в услугах автобусных сообщений, после второй стадии отбора [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

№	Показатели	Ед. изм.	Усл. Обозн.
Кулябская зона			
1.	Объем пассажирских перевозок автомобильным транспортом в Кулябской зоне Хатлонской области	млн. пасс	Y
2.	Среднемесячная заработная плата работника населения	сомони	X1
3.	Среднегодовая валовая продукция одного хозяйства	тыс. сомони	X3
4.	Количество обучающихся в средне-специальных учебных заведениях (СПТУ)	чел.	X20
5.	Плотность размещения населенных пунктов	ед./тыс. км2	X24
6.	Расположение и количество населенных пунктов, на расстоянии 21-50 км от центра джамоата	ед.	X36

Чтобы построить многофакторную регрессионную модель результативного признака объем пассажирских перевозок автомобильным транспортом в Кулябской зоне Хатлонской области, предварительно необходимо отобрать факторные признаки в модель. С этой целью находим матрицу парных коэффициентов корреляции:

Таблица 2 - Матрица парных коэффициентов корреляции

	Y	X1	X3	X20	X24	X36
Y	1	0,92804	0,88515	0,5511	0,94757	0,91415
X1	0,92804	1	0,97785	0,56622	0,99619	0,84649
X3	0,88515	0,97785	1	0,48805	0,98052	0,82616
X20	0,5511	0,56622	0,48805	1	0,54774	0,61198
X24	0,94757	0,99619	0,98052	0,54774	1	0,87793
X36	0,91415	0,84649	0,82616	0,61198	0,87793	1

В первой строке этой матрицы записаны коэффициенты R_{yx} , характеризующие тесноту взаимосвязи результативного признака с каждым факторным признаком.

Таблица 3 - Результаты расчета независимых переменных многомерной регрессии

Переменные	Среднее значение	Среднее квадратичное отклонение	Корреляция	Коэффициент регрессии	Ti
X1	878,88	189,55	0,92804	-0,2658	6,5919
X3	5312,7	1470,1	0,88515	-0,01201	5,033
X20	1678	147,35	0,5511	0,01197	1,7474
X24	99,311	6,0699	0,94757	13,97	7,8456
X36	116,33	9,206	0,91415	-0,4768	5,9663

Таблица 4 - Результаты расчета зависимых перемен многомерной регрессии

Зависимая переменная	
Среднее значение	Среднее квадратичное отклонение
36,278	15,226

Таблица 5 - Результаты расчета показателей многомерной регрессии

Показатель	Значение
Свободный член	-1019
Коэффициент множественной корреляции	0,99073
$S_{ост}$	3,3773
Число степеней свободы $k_1 = p$	5
Число степеней свободы $k_2 = n - p - 1$	3
$F_{набл}$	31,919

Проанализируем полученные результаты. Сначала рассмотрим выборочный множественный коэффициент корреляции $R_B = 0,99073$.

Прежде чем делать вывод о тесноте взаимосвязи между результативным признаком и совокупностью факторных признаков, проверим значимость выборочного множественного коэффициента корреляции при уровне значимости 0,05. Для этого выдвигаем гипотезы:

$$H_0 : R_{ген} = 0, H_1 : R_{ген} \neq 0.$$

$$\text{Находим: } T_{набл} = 12,633.$$

$$T_{крит.дв.}(0,05; 3) = 3,18.$$

Так как $T_{набл} > t_{крит.дв.}(0,05; 3)$, нулевую гипотезу отвергаем, справедлива конкурирующая гипотеза $H_1: R_{ген} \neq 0$. Таким образом, $R_B = 0,99073$ значим, связь между результативным признаком и совокупностью факторных признаков, включенных в регрессионную модель, тесная.

Найдём коэффициент детерминации $D = (R_B^2) \times 100\% = (0,99073)^2 \times 100\% = 98,1546\%$, следовательно, вариация результативного признака объем пассажирских перевозок автомобильным транспортом по Кулябской зоне Хатлонской области в среднем на 98,1546% объясняется за счёт вариации факторных признаков, включенных в модель (X_1 - Среднемесячная заработная плата работника населения, сомони; X_3 - Среднегодовая валовая продукция одного хозяйства, тыс. сомони; X_{20} - Количество обучающихся в средне-специальных учебных заведениях (СПТУ), чел.; X_{24} - Плотность размещения населенных пунктов, ед./тыс. км²; X_{36} - Расположение и количество населенных пунктов, на расстоянии 21-50 км от центра джамоата, ед.).

Далее анализируется множественная регрессионная модель, которая имеет вид:

$$Y = -1019 - 0,2658 \times X_1 - 0,01201 \times X_3 + 0,01197 \times X_{20} + 13,97 \times X_{24} - 0,4768 \times X_{36}$$

Проверяем значимость этой модели при уровне значимости 0,05. Выдвигаем гипотезы:

H_0 : регрессионная модель незначима ($H_0: A_1 = A_2 = \dots A_p = 0$)

H_1 : регрессионная модель значима (H_1 : хотя бы один $A_i \neq 0$, i изменяется от 1 до p).

Проверяем нулевую гипотезу с помощью случайной величины F , имеющей распределение Фишера-Снедекора.

$$\text{Находим } F_{набл} = 31,919, F_{крит}(0,05; 5; 3) = 9,01.$$

Так как $F_{набл} > F_{крит}(0,05; 5; 3)$, нулевую гипотезу отвергаем, справедлива конкурирующая гипотеза, то есть многофакторная регрессионная модель значима.

Таблица 6 - Смысл коэффициентов регрессии при увеличении соответствующего факторного признака на 1.

Факторный признак	Изменение результирующего
X_1 - Среднемесячная заработная плата работника населения, сомони.	-0,2658
X_3 - Среднегодовая валовая продукция одного хозяйства, тыс. сомони	-0,01201
X_{20} - Количество обучающихся в средне-специальных учебных заведениях (СПТУ), чел.	0,01197
X_{24} - Плотность размещения населенных пунктов, ед./тыс. км ²	13,97
X_{36} - Расположение и количество населенных пунктов, на расстоянии 21-50 км от центра джамоата, ед.	-0,4768

Изменения результативного признака при увеличении соответствующего факторного признака на 1 процент показано в таблице 7.

Таблица 7 - Коэффициенты эластичности при увеличении соответствующего фактора на 1 процента

Факторный признак	Изменение результирующего признака в (%)
X ₁ - Среднемесячная заработная плата работника	-6,44
X ₃ - Среднегодовая валовая продукция одного хозяйства, тыс. сомони	-1,76
X ₂₀ - Количество обучающихся в средне-специальных учебных заведениях (СПТУ), чел.	0,554
X ₂₄ - Плотность размещения населенных пунктов,	38,2
X ₃₆ - Расположение и количество населенных пунктов, на расстоянии 21-50 км от центра	-1,53

Составим уравнение регрессии в стандартизованном масштабе и рассчитаем его коэффициенты b_i:

$$Y = -47,1 \times X_1 - 13 \times X_3 + 3,97 \times X_{20} + 274 \times X_{24} - 11 \times X_{36}$$

Сравнивая коэффициенты b_i абсолютной величине, делаем вывод, что наибольшее влияние на результативный признак объема пассажирских перевозок автомобильным транспортом по Кулябской зоне Хатлонской области оказывает фактор X₂₄- Плотность размещения населенных пунктов., ед./тыс. км². В целом получаем следующую таблицу по степени влияния:

Таблица 8 - Влияние на результативный признак объем перевозок пассажиров по рангам

Ранг влияния	Признак
1	X ₂₄ - Плотность размещения населенных пунктов, ед./тыс. км ²
2	X ₃ - Среднегодовая валовая продукция одного хозяйства, тыс. сомони
3	X ₃₆ - Расположение и количество населенных пунктов, на расстоянии 21-50 км от центра джамоата, ед.
4	X ₁ - Среднемесячная заработная плата работника
5	X ₂₀ - Количество обучающихся в средне-специальных

Остающийся расчет переменной зависимости показан в таблице 9.

Таблица 9 - Остатков вычисления зависимой переменной

Заданное значение	Вычисленное значение	Остаток	Отклонения в (%)
14,3	13,7	0,638	4,67
16,6	18,1	-1,47	-8,11
27,2	26,4	0,751	2,84
33,5	33,8	-0,339	-1
36,1	33,2	2,95	8,9
43,4	46,3	-2,92	-6,3
46,4	48	-1,59	-3,31

Обсуждение результатов исследований

Для устойчивого развития транспортно-технологических инфраструктур (УРТТИ) населения Кулябской зоне Хатлонской области основное внимание должно быть уделено организации маршрутной системы, размещению остановочных пунктов, обеспечению социально необходимой частоты и регулярности движения. Однако при организации автомобильных перевозок, а также при оценке деятельности ПАТП или других транспортно-технологических инфраструктур населения Кулябской зоны Хатлонской области не может рассматриваться как некий постоянный фактор,

необходимо системный подход к организации и функционирования пассажирских автомобильных перевозок при увеличении пассажиропотока.

Выводы

1. Разработано экономико-математическая модель транспортно-технологической системы обслуживания населения в Кулябской зоне Хатлонской области.

2. Выявлено фактор X_{24} - Плотность размещения населенных пунктов, ед./тыс. км², влияющие существенно на результативный признак объема пассажирских перевозок автомобильным транспортом Кулябской зоне Хатлонской области.

Литература:

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

2. Фохаков А.С., Камолидинов Б.Т., Сайдалиев А.С. Теоретические основы формирования и развития ресурсного потенциала рынка транспортных услуг города Душанбе. // Вестник ТТУ им. акад. М.С. Осими №3 (35) – 2016г., стр. 58-65.

3. Фохаков А.С., Камолидинов Б.Т. Теоретические аспекты, системы оказания транспортных услуг населения горного региона в условиях рыночной экономики. // Вестник ТТУ им. акад. М.С. Осими, Т.2 №1 (37) – 2017г., стр. 71-81.

4. Фохаков А.С., Ашуров К.Р. Влияние факторов и выбор критерии автомобилей работающих в условиях горных регионов Республики Таджикистан. // Вестник ТНУ, (ISSN-2413-5151), № 2/7, Душанбе: «СИНО», 2017г., стр. 121-127.

5. Фохаков А.С., Ашуров К.Р., Ашуров А.М. Влияние потенциала транспортной инфраструктуры на развитие горных регионов Республики Таджикистан. // Вестник ТНУ, (ISSN-2413-5151), № 2/7, Душанбе: «СИНО», 2017г., стр. 142-149.

6. Фохаков А.С., Ашуров К.Р., Абдуллоев Х.К. Проблема выбора население горного региона способ передвижений. // Вестник ТНУ, (ISSN-2413-5151), № 2/8, Душанбе: «СИНО», 2017г., стр. 93-97.

7. Фохаков А.С., Каримов А.А. Особенности и проблемы повышения эффективности транспортно-технологической системы обслуживания горных регионов Таджикистана. // Вестник ТТУ им. акад. М.С. Осими, №1 (41)– 2018г. стр.198-208.

МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ- AUTHOR INFORMATION

TJ	RU	EN
Дилшодҷони Сайкабири Чалолзода	Дилшоджони Сайкабири Джалолзода	Dilshojoni Saikabiri Jalolzoda
Унвонҷу	Соискатель	Graduate
Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Н. Хусрав	Бохтарский государственный университета им. Н.Хусрава	Bokhtar State University named after N. Khusrawa
jalolzoda@mail.ru		
0000-0001-5414-1851		

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СХЕМА ДВИЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В БОХТАРСКОЙ ЗОНЕ ПО МАРШРУТУ ПГТ ВАХШ, РАЙОН ВАХШ (ТОЧКА А)-ТЕРМИНАЛ ООО «НУРАФКАН» ГОРОД БОХТАР (ТОЧКА Б)

Фохаков А.С., Джалолзода Д.С.

¹Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

²Бохтарский государственный университет им. Носири Хусрав.

В статье рассматриваются исследование и разработка схема движения общественного транспорта в Бохтарской зоне по маршруту ПГТ Вахш, район Вахш (Точка А) - терминал ООО «Нурафкан» город Бохтар (точка Б). На основе исследования выявлено перечень факторов влияющие на спрос транспортно-технологической инфраструктуры и качество транспортное обслуживания в Бохтарской зоне. Исследовано транспортно-технологическая инфраструктура маршрута. Разработано, схема движения общественного транспорта, расстояний между пунктами остановки, определено тариф проезда и багажа в пунктах между остановками, а также расписание движение общественного транспорта по маршруту поселок гордского типа Вахш, р. Вахш (точка А) до города Бохтар (точка Б).

Ключевые слова: общественный транспорт, транспортное обслуживание, схема движений, пассажирский транспорт, транспортной инфраструктуры, транспортный комплекс.

ТАҲҚИҚ ВА ТАҲИЯИ НАҚШАИ НАҚЛИЁТИ ЧАМЪИЯТӢ ДАР МИНТАҚАИ БОХТАР ДАР САЙРХАТИ ШАҲРАКИ ВАХШ, НОҲИЯИ ВАХШ (НУҚАИ А) - ТЕРМИНАЛИ ҶДММ «НУРАФКАН»-И ШАҲРИ БОХТАР (НУҚАИ Б)

Фохаков А.С., Ҷалолзода Д.С.

Дар мақола омӯзиш таҳияи нақшаи нақлиёти чамъиятӣ дар минтақаи Бохтар қад-қадӣ масири шаҳраки Вахш н. Вахш (Нуктаи А) - терминали ҶДММ «Нурафкан», ш. Бохтар (нуктаи Б) баррасӣ шудааст.

Дар асоси тадқиқот номгӯи омилҳои муайян карда шудааст, ки ба талабот ба инфрасохтори нақлиётӣ технология ва сифати хизматрасонии нақлиётӣ дар минтақаи Бохтар таъсир мерасонанд. Инфрасохтори нақлиётӣ технологияи сайрхат омӯхта шудааст. Схемаи ҳаракати нақлиётӣ чамъиятӣ, масофаҳои байни истоғҳо тартиб дода шуда, дар нуктаҳои байни истоғҳо нарх ва тарифи бағоч, инчунин, графикаи ҳаракати нақлиётӣ чамъиятӣ бо масири шаҳраки Вахш н. Вахш (нуктаи А) - терминали ҶДММ «Нурафкан» ш. Бохтар (нуктаи Б) дида баромада шудааст.

Калимаҳои калидӣ: нақлиётӣ чамъиятӣ, хизматрасонии нақлиётӣ, схемаи ҳаракати нақлиёт, нақлиётӣ мусофирбар, инфрасохтори нақлиётӣ, комплекси нақлиётӣ.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE SCHEME OF PUBLIC TRANSPORT IN THE BOKHTAR ZONE ON THE ROUTE OF VAKHSH, VAKHSH DISTRICT (POINT A) - TERMINAL OF LLC "NURAFKAN" CITY OF BOKHTAR (POINT B)

Fohakov A.S., Dzhallolzoda D.S.

The article discusses the study and development of a public transport scheme in the Bokhtar zone along the route of the urban settlement Vakhsh, Vakhsh district (Point A) - the terminal of Nurafkan LLC, the city of Bokhtar (point B).

Based on the study, a list of factors affecting the demand for transport and technological infrastructure and the quality of transport services in the Bokhtar zone has been identified. The transport and technological infrastructure of the route has been studied. A scheme of public transport movement, distances between stopping points, determination of the fare and luggage rates at points between stops, as well as a schedule for public transport along the route of the village of Gorsky type Vakhsh, r. Vakhsh (point A) to the city of Bokhtar (point B).

Keywords: public transport, transport services, traffic scheme, passenger transport, transport infrastructure, transport complex.

Введение

Пассажирские перевозки осуществляются различными видами транспорта. Подразделение транспорта по видам основано на технических различиях путей сообщения, по которым производится перевозка, и используемого подвижного состава. Видовые различия транспорта оказывают существенное влияние на используемую технологию перевозок, формы обслуживания пассажиров в пути, меры государственного регулирования деятельности перевозчиков, скорость перевозки и уровень тарифов.

В настоящее время существуют следующие виды транспорта [1, 2, 3, 4, 5]:

- наземный, использующий земную поверхность в качестве естественной опоры для путей сообщения. Наземный транспорт подразделяют на дорожный (автомобильный, трамвайный, троллейбусный, электромобильный и немеханический) и железнодорожный. Дорожный транспорт использует дорожную сеть общего пользования. Основу дорожного транспорта составляет автомобильный транспорт, подвижной состав которого представлен автомобилями различного назначения, прицепами к ним и мотоциклами. Помимо этого, к дорожному транспорту относятся городской наземный электрический транспорт (троллейбусы и вагоны трамвая, электромобили) и различные немеханические транспортные средства, приводимые в движение мускульной силой

человека или животных (велосипеды, рикши, конные повозки и др.), а также транспортные средства с двигателями внутреннего сгорания рабочим объемом до 50 см³ (мопеды и мотороллеры);

- железнодорожный транспорт осуществляет перевозки по железным дорогам;
- водный, использующий для движения судов водную среду. Водный транспорт подразделяют на морской и внутренний водный;
- воздушный (гражданская авиация), использующий для движения воздушных судов воздушную среду.

Способ передвижения пассажира определяется характеристикой - сообщением, которое отражает особенности перевозки [1, 2, 3, 8, 9]:

- объект перевозки;
- используемый при перевозке вид (виды) транспорта;
- класс дальности;
- режим движения подвижного состава (только для маршрутных перевозок).

Классы дальности сообщения устанавливаются для различных видов транспорта на основании отраслевых нормативно-технических документов. На автомобильном транспорте различают [1, 2, 3, 4, 5]:

- городское сообщение (в пределах административных границ города, иного населенного пункта);
- пригородное сообщение (удаление до 50 км от границы города);
- междугородное сообщение с подразделением его на внутриобластное (за пределы пригородного) и межобластное (в пределах двух или более);
- международное сообщение (за пределы территории страны) с подразделением его на сообщение со странами СНГ и за пределы СНГ.

В зависимости от режима движения подвижного состава, влияющего на скорость прохождения маршрута, различают следующие виды сообщения [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]:

- по остановочное (обычное), при котором пассажирообмен производят на всех остановочных пунктах маршрута;
- с остановками по требованию пассажиров. Данный вид сообщения характерен для автобусов особо малой пассажировместимости;
- скоростное, при котором автобусы останавливаются только на некоторых остановочных пунктах маршрута;
- полуэкспрессное, при котором автобус в начале маршрута собирает пассажиров на нескольких остановочных пунктах, а потом без остановок доставляет их на конечный пункт (сборный маршрут), либо, наоборот, пассажиры, севшие в автобус в начальном пункте маршрута, доставляются в микрорайон назначения, в котором их затем развозят по нескольким остановочным пунктам (развозочный маршрут);
- экспрессное, при котором движение по маршруту от начального до конечного пункта осуществляется без промежуточных остановок. На междугородных автобусных маршрутах под экспрессным понимают сообщение, осуществляющееся с высокой скоростью.

С точки зрения пассажира автобус, троллейбус и трамвай практически не имеют существенных различий, поэтому являются конкурентами на рынке перевозок. Достоинствами автобуса являются высокая эксплуатационная мобильность (независимость от контактно-кабельной сети и рельсового пути, возможность перевода с одного маршрута на другой), возможность быстрого изменения трассы маршрута, наличие достаточно широкого диапазона пассажировместимости подвижного состава, минимальные помехи движению других транспортных средств.

Для формирования оптимальной маршрутной сети необходимым является определение технико-экономических показателей для автобусных перевозок.

При разработке необходимо обеспечить:

- ввод и данных обследования пассажиропотока для автобусных перевозок пассажиров;
- обработку данных обследования пассажиропотока;
- ввод справочной информации по маршрутам, маркам подвижного состава, остановочным пунктам и ОПП;
- ввод расписания маршрутов;
- построение эпюр и расчёт сводных и качественных показателей;
- сравнение данных обследования и отчётных данных маршрутов.

Цель и задачи: Исследование и разработка схема маршрутов.

Для разработки схемы движения общественного транспорта по Бохтарской зоне по каждому маршруту исследовано длина маршрута между промежуточными остановками.

Результаты исследования.

Маршрут поселок городского типа Вахш, район Вахш (точка А) - терминал ООО «Нурафкан» город Бохтар (точка Б).

Общая протяженность расстояния между остановками маршрута от поселок городского типа Вахш, район Вахш (точка А) - терминал ООО «Нурафкан» город Бохтар (точка Б) измеряли по автомобилю марки «MERCEDES-BENZ 180», государственный номер TJ 93-93 BE 03, год выпуска 1993, стандартные колесо автомобиля R15. водитель Ашуров Носир Амонкулович.



Рисунок 1 - Начало конечный пункт маршрута поселок городского типа Вахш, район Вахш (точка А) до терминала ООО «Нурафкан» город Бохтар (точка Б).

Сведение о маршруте:

- наименование маршрута: из пункта - А (пос. город. типа Вахш, р. Вахш) в пункт-Б (терминал ООО «Нурафкан» город Бохтар) - на расстоянии 16,5 км, и наоборот, т.е. из пункта «Б» в пункт «А» на протяженности 16,5 километров и отнесется к типу маршрута «пригородный».

- ширина дороги от 8 до 10 м, ширина проезжей части дороги 8-9 м, обочина от 1 до 1,5 м, категория дороги -5, покрытие дороги теплый асфальт.

- по пути вдоль дороги - 5 мостов и труб на расстоянии -2,3км. -10,7км. -11,1км. -11,8км. -13,7км., изготовленный из железобетона с шириной от 8 метров, длиной от 2 до 20 метров, грузоподъемностью от 10 до 30 тонн.

- на 4,6 км дороги есть железнодорожный проезд.



Рис. 2 - Схема движения общественного транспорта по маршруту поселок городского типа Вахш, р. Вахш (точка А) – терминал ООО “Нурафкан” г. Бохтар (точка Б)

Расстояний между пунктами остановки, определили тариф проезда и багажа в пунктах между остановками, на основе приказа Минтранса РТ под № 19 от 16.01.18 г., преискуронт № 13-02-12-92/33 и уставом Минтранс РТ, который утвержден Правительством Республики Таджикистан.

Таблица 1 - Расстояний между пунктами остановки, определение тариф проезда и багажа в пунктах между остановками.

км.	тариф	Остановка улицы Карамов р. Вахш
0		
1	0,20	0,30
2	0,18	0,27
3	0,22	0,33
4	0,16	0,24
5	1,55	0,58
6	1,15	0,43
1	0,20	0,42
2	0,18	0,38
3	0,22	0,46
4	0,16	0,34
5	1,55	0,81
6	1,15	0,60
1	0,20	0,52
2	0,18	0,47
3	0,22	0,57
4	0,16	0,42
5	1,55	1,01
6	1,15	0,75
1	0,20	0,76
2	0,18	0,68
3	0,22	0,84
4	0,16	0,61
5	1,55	1,47
6	1,15	1,09
1	0,20	0,98
2	0,18	0,88
3	0,22	1,08
4	0,16	0,78
5	1,55	1,90
6	1,15	1,41
1	0,20	1,16
2	0,18	1,04
3	0,22	1,28
4	0,16	0,93
5	1,55	2,25
6	1,15	1,67
1	0,20	1,34
2	0,18	1,21
3	0,22	1,47
4	0,16	1,07
5	1,55	2,60
6	1,15	1,93
1	0,20	1,56
2	0,18	1,40
3	0,22	1,72
4	0,16	1,25
5	1,55	3,02
6	1,15	2,24
1	0,20	1,66
2	0,18	1,49
3	0,22	1,83
4	0,16	1,33
5	1,55	3,22
6	1,15	2,39
1	0,20	1,74
2	0,18	1,57
3	0,22	1,91
4	0,16	1,39
5	1,55	3,37
6	1,15	2,50
1	0,20	1,86
2	0,18	1,67
3	0,22	2,05
4	0,16	1,49
5	1,55	3,60
6	1,15	2,67
1	0,20	2,14
2	0,18	1,93
3	0,22	2,35
4	0,16	1,71
5	1,55	4,15
6	1,15	3,08
1	0,20	2,32
2	0,18	2,09
3	0,22	2,55
4	0,16	1,86
5	1,55	4,50
6	1,15	3,34
1	0,20	2,76
2	0,18	2,48
3	0,22	3,04
4	0,16	2,21
5	1,55	5,35
6	1,15	3,97
1	0,20	2,98
2	0,18	2,68
3	0,22	3,28
4	0,16	2,38
5	1,55	5,77
6	1,15	4,28
1	0,20	3,30
2	0,18	2,97
3	0,22	3,63
4	0,16	2,64
5	1,55	6,39
6	1,15	4,74
Остановка терминала "Восток"		
Остановка "Осишгоҳ"		
Остановка "Бозори ҶДММ "Восток"		
Остановка "ҶДММ "Бустон"		
Остановка село "Навбахор"		
Остановка "Телман"		
Остановка поворота "хоҷагии Хатлон"		
Остановка "Амонатбанк" р. Кушониён		
Остановка "МИМХД н. Кушониён"		
Остановка "Бозори марказӣ" р. Кушониён		
Остановка "Беморхона н. Кушониён"		
Остановка село "Хурсанди -1"		
Остановка село "Хурсанди -2"		
Остановка "Ворошил"		
Остановка "ҷуҷ. Тоҷикистон"		
Остановка терминала ООО "Нурафкан"		

Примечание: 1. Автобусов с бензиновым двигателем, для одного пассажира. 2. Автобусов с дизельным двигателем, для одного пассажира. 3. Микроавтобусов с бензиновым двигателем, для одного пассажира. 4. Микроавтобусов с дизельным двигателем, для одного пассажира. 5. Легковые автомобилей с бензиновым двигателем, для одного пассажира. 6. Легковые автомобилей с газовым двигателем, для одного пассажира.

Форма расписания маршрута. В справочнике маршрутов ведутся все маршруты с разделением на типы. Для каждого маршрута заводятся графики движения со временем выезда и заезда, а также составляется расписание (таблица 2): остановки в прямом и обратном направлении с указанием времени прибытия и стоянки, и расстоянием от предыдущей остановки. Остановки выбираются из справочника остановочных пунктов.

Расписание движение общественного транспорта по маршруту поселок городского типа Вахш, р. Вахш (точка А) до города Бохтар (точка Б), интервал движения в течение дня, в течение недели, субботы и воскресенья.

Таблица 2 - Расписание движение общественного транспорта по маршруту поселок городского типа Вахш, р. Вахш (точка А) до города Бохтар (точка Б)

Расписание движение	Время в пути от начала маршрута (от точки А)								
	Время в пути от конца маршрута (от точки Б)								
	1	2	3	4	Перерыв	5	6	7	8
1	06-00	07-40	09-20	11-00	11-30	12-40	14-20	16-10	17-50
	06-30	08-10	09-50	11-30	12-30	13-10	15-00	16-40	18-20
2	06-10	07-50	09-30	11-10	11-40	12-50	14-30	16-20	18-00
	06-40	08-20	10-00	11-40	12-40	13-20	15-10	16-50	18-30
3	06-20	08-00	09-40	11-20	11-50	13-00	14-50	16-30	18-10
	06-50	08-30	10-10	11-50	12-50	13-30	15-20	17-00	18-40
4	06-30	08-10	09-50	11-30	12-00	13-10	15-00	16-40	18-20
	07-00	08-40	10-20	12-00	13-00	13-40	15-30	17-10	18-50
5	06-40	08-20	10-00	11-40	12-10	13-20	15-10	16-50	18-30
	07-10	08-50	10-30	12-10	13-10	13-50	15-40	17-20	19-00
6	06-50	08-30	10-10	11-50	12-20	13-30	15-20	17-00	18-40
	07-20	09-00	10-40	12-20	13-20	14-00	15-50	17-30	19-10
7	07-00	08-40	10-20	12-00	12-30	13-40	15-30	17-10	18-50
	07-30	09-10	10-50	12-30	13-30	14-10	16-00	17-40	19-20
8	07-10	08-50	10-30	12-10	12-40	13-50	15-40	17-20	19-00
	07-40	09-20	11-00	12-40	13-40	14-20	16-10	17-50	19-30
9	07-20	09-00	10-40	12-20	12-50	14-00	15-50	17-30	19-10
	07-50	09-30	11-10	12-50	13-50	14-30	16-20	18-00	19-40
10	07-30	09-10	10-50	12-30	13-00	14-10	16-00	17-40	19-20
	08-00	09-40	11-20	13-00	14-00	14-50	16-30	18-10	19-50

Выводы

Разработано схема движения общественного транспорта по маршруту поселок городского типа Вахш, р. Вахш (точка А) – терминал ООО “Нурафкан” г. Бохтар (точка Б).

Выявлено расстояний между пунктами остановки, определено тариф проезда и багажа в пунктах между остановками.

Разработано расписание движение общественного транспорта по маршруту поселок городского типа Вахш, р. Вахш (точка А) до города Бохтар (точка Б).

Литература:

1. Петров В.К., Сосянц В. Г., Городской транспорт. Уч. пособие, М. — Л., 1949.
2. Страментов А. Е., Фишельсон М. С., Городское движение, 2 изд., М., 1965.
3. Городской транспорт № 4 (Организация движения), в сборнике: Научные труды Академии Коммунального хозяйства им. К.Д.Памфилова, в. 45, М., 1967.
4. Проблемы перевозок, «Труды Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике», 1968, т. 56, в. 4.
5. Галонен Ю. М., Науменко В. С., Современное состояние и тенденции развития общественного транспорта в крупных городах. Обзоры по городскому хозяйству, М., 1970.
6. Фохаков А.С., Ашуров К.Р. Влияние факторов и выбор критерии автомобилей работающих в условиях горных регионов Республики Таджикистан. // Вестник ТНУ, (ISSN-2413-5151), № 2/7, Душанбе: «СИНО», 2017г., стр. 121-127.

7. Фохаков А.С., Ашуров К.Р., Ашуров А.М. Влияние потенциала транспортной инфраструктуры на развитие горных регионов Республики Таджикистан. // Вестник ТНУ, (ISSN-2413-5151), № 2/7, Душанбе: «СИНО», 2017г., стр. 142-149.
8. Фохаков А.С., Ашуров К.Р., Абдуллоев Х.К. Проблема выбора населения горного региона способ передвижений. // Вестник ТНУ, (ISSN-2413-5151), № 2/8, Душанбе: «СИНО», 2017г., стр. 93-97.
9. Фохаков А.С., Каримов А.А. Особенности и проблемы повышения эффективности транспортно-технологического системы обслуживания горных регионов Таджикистана. // Вестник ТТУ им. акад. М.С. Осими, №1 (41)– 2018г. стр.198-208.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРОВ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Фохаков Абдурауф Сайдалиевич	Фохаков Абдурауф Сайдалиевич	Fokhakov Abdurauf Saydalievich
д.и.т., дотсент, аъзо-кор. Академияи муҳандисии Ҷумҳурии Тоҷикистон, сардори Раёсати таълими ДТТ ба номи акад. М.С. Осими	д.т.н., доцент, член-кор. Инженерной академии Республики Таджикистан, начальник Учебного управления ТТУ им. акад. М.С. Осими	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member Engineering Academy of the Republic of Tajikistan, Head of the Educational Department of the TTU named after acad. M.S. Osimi
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими	Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
fohakov68@mail.ru		
0000-0002-8451-6463		
TJ	RU	EN
Дилшодҷони Сайкабири Ҷалолзода	Дилшоджони Сайкабири Джалолзода	Dilshojoni Saikabiri Jalolzoda
Муаллими калони кафедраи “Нақлиёти автомобилӣ”-и Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Н. Хусрав	преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт» Бохтарского государственного университета им. Н. Хусрава	Senior Lecturer of the Department of Automobile Transport, Bokhtar State University named after Nosiri Khusrawa
Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Н. Хусрав	Бохтарский государственный университет им. Н.Хусрава	Bokhtar State University named after Nosiri Khusrawa
jalolzoda@mail.ru		
0000-0001-5414-1851		

ОЦЕНКА ТЕПЛОАГРУЖЕННОСТИ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОМОБИЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ ТОРМОЖЕНИЯ

Мажитов Б.Ж.

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

При различных схемах конструктивного исполнения тормозной системы, для оптимизации её работы, путем снижения тепловой нагруженности и обеспечения безопасности движения, возникает необходимость сохранения эффективности торможения запасными тормозными системами. В качестве вспомогательной тормозной системы в большинстве конструкций используется двигатель, который создавая тормозной момент, снижает нагруженность основной тормозной системы. В данной статье приводится методика оценки снижения тепловой нагруженности тормозных механизмов при торможении с неотсоединенным двигателем.

Ключевые слова: тормозной механизм, тормозная система, тепловая нагруженность, торможение двигателем, безопасность движения.

БАҶОДИҶИИ ТАЪСИРИ БОЗДОРӢ ТАВАССУТИ МУҲАРРИК БА ПАСТШАВИИ САРБОРИИ ГАРМИИ МЕХАНИЗМҶОИ БОЗДОРӢИ АВТОМОБИЛ

Мажитов Б.Ж.

Ҳангоми истифодаи схемаҳои гуногуни тарҳрезии системаи тормозии автомобил, бо мақсади оптимизатсияи кори он, бо роҳи кам кардани сарбории гармӣ ва таъмини беҳатарии ҳаракат, нигоҳ доштани самаранокии боздорӣ, системаҳои эҳтиётӣ боздорӣ зарур аст.

Дар аксари конструксияҳо муҳаррикро ҳамчун системаи ёрирасони тормоз истифода мебаранд, ки бо эҷоди моменти боздорӣ сарбории системаи асосии боздориро кам мекунад. Дар мақола методикаи баҳодиҳии камшавии сарбории гармии механизмҳои боздорӣ ҳангоми бақордарории онҳо бо муҳаррики ҷудонашуда оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: механизми боздорӣ, системаи боздорӣ, сарбории гармӣ, боздорӣ бо муҳаррик, беҳатарии ҳаракат

EVALUATION OF THE HEAT LOAD OF BRAKE MECHANISMS OF THE CAR WITH VARIOUS METHODS BRAKING

Majitov B.J.

With various schemes of the design of the brake system, in order to optimize its operation, by reducing the thermal load and ensuring traffic safety, it becomes necessary to maintain the braking efficiency of spare brake systems. Most designs use an engine as an auxiliary braking system, which, by creating a braking torque, reduces the load on the main braking system. This article provides a method for assessing the reduction in thermal loading of brake mechanisms during braking with an undisconnected engine

Keywords: brake mechanism, brake system, thermal loading, engine braking, traffic safety.

Введение

В результате трения, возникающего в процессе торможения в тормозных механизмах и в контакте шин с опорной поверхностью дороги, кинетическая энергия автомобиля уменьшается и переходит в тепловую энергию. Интенсивный нагрев тормозных механизмов особо проявляется при эксплуатации автомобилей в горных условиях, для которых характерны крутые и затяжные спуски с часто встречающимися крутыми поворотами малых радиусов, и данные условия не только снижает эффективность тормозной системы, но и зачастую приводит к полным их отказам. Отсюда возникает необходимость сохранения эффективности торможения запасными тормозными системами при различных схемах их конструктивного исполнения. Часто в качестве дополнительной тормозной системы используется торможение двигателем, что обеспечивает безопасность движения и сохранность системы. Ввиду этого, целесообразным является разработка методики оценки снижения тепловой нагруженности тормозных механизмов при торможении двигателем.

Объекты и методы

Общеизвестно, что производительность, себестоимость перевозки и безопасность движения являются основными составляющими эффективности системы ВАДС. Высокую производительность автотранспортных средств и низкую себестоимость транспортных работ невозможно реализовать без обеспечения требуемого уровня безопасности движения. При этом следует отметить, что безопасность движения во многом зависит от тормозных свойств автомобиля. Чем лучше тормозные свойства, тем выше безопасность движения, средняя скорость, производительность и тем самым себестоимость транспортных работ.

Дорожная статистика показывает, что большинство ДТП в той или иной степени связаны с тормозными свойствами АТС. В соответствии с ПДД во всех случаях, когда возникает опасность, водитель обязан снизить скорость или останавливать автомобиль, т.е. прибегать к торможению. Режим интенсивного торможения, в свою очередь, неблагоприятно влияет на детали тормозной системы, что при этом они испытывают повышенное напряжение и перегреваются. Режим интенсивного торможения

особенно часто используется в горных условиях эксплуатации и на крутых поворотах, где происходит значительный боковой увод колес, сдвиг и смещение траектории движения прицепных звеньев, которые способствуют резкому ухудшению устойчивости, интенсивному износу протектора шины и увеличению общих потерь на качение колес. При движении на спусках уменьшается сцепной вес автомобиля, резко снижаются его тормозные возможности и легко теряется его устойчивость. Все это приводит к резкому снижению тягово-скоростных, производительных свойств АТС, повышению себестоимости перевозок, т.е. снижению эффективности использования АТС в горных условиях.

Необходимо констатировать тот факт, что при сложных условиях эксплуатации АТС, особенно в горных дорогах при торможении на крутых затяжных спусках с большим числом поворотов малых радиусов происходит интенсивный нагрев тормозных механизмов, снижается эффективность работы рабочей тормозной системы и тем самым резко возрастает вероятность их отказа [1]. При этом оптимизация работы тормозной системы автомобилей с учетом условий эксплуатации, требует специального рассмотрения и проведения глубоких исследований. Речь идет не только о конструктивных особенностях, в частности, о динамике изменения теплонагруженности тормозных механизмов автомобиля, но главным образом, об анализе теплонагруженности тормозных параметров при торможении с учетом теплонагруженности тормозных систем в горных условиях эксплуатации. Возникает необходимость оценки их тепловой нагруженности и сохранения эффективности торможения запасными тормозными системами при различных схемах их конструктивного исполнения. В качестве вспомогательной тормозной системы в большинстве конструкций используется двигатель, который создавая тормозной момент, снижает нагруженность основной тормозной системы. При этом торможение двигателем может, осуществляется двумя способами:

- торможение только двигателем,
- торможение с неотсоединённым двигателем (комбинированное торможение).

В обоих режимах торможение двигателем, в основном применяется в горных условиях, при движении на затяжных спусках и в тех случаях, когда требуется небольшое замедление. Несмотря на то, что длительное торможение двигателем приводит к повышению износа и ухудшению экологических показателей двигателя, оно обеспечивает плавное торможение, сохранность колесных тормозных механизмов и устойчивость автомобиля против заноса. Торможение с неотсоединенным двигателем увеличивает срок службы тормозных механизмов, которые при длительных торможениях с отсоединенным двигателем сильно нагреваются и выходят из строя [3].

Результаты исследования и обсуждение

Для объективной оценки степени снижения тепловой нагруженности тормозных механизмов автомобиля при торможении двигателем, необходимо определить долю тормозного момента, создаваемого двигателем от общего тормозного момента, который требуется воспроизвести рабочими тормозными механизмами при конкретных условиях эксплуатации. Для этого требуется определить общий тормозной момент, создаваемый тормозными механизмами автомобиля на грани блокирования всех колес (в случае, когда торможение происходит на уклоне).

$$R_{x1} + R_{x2} = R_{z1} \cdot \varphi + R_{z2} \cdot \varphi = (R_{z1} + R_{z2}) \cdot \varphi = G \cdot \cos \alpha \cdot \varphi, \quad (1)$$

где R_{x1} и R_{x2} – тормозная сила на колесах автомобиля при уклоне α ; R_{z1} и R_{z2} – нормальные реакции дороги на колесах автомобиля при уклоне α ; φ – коэффициент сцепления.

Нормальные реакции дороги на колесах автомобиля при этом равны:

$$R_{z1} = \frac{G_a}{L} \cdot \cos \alpha \cdot (b + \varphi \cdot h_y); \quad R_{z2} = \frac{G_a}{L} \cdot \cos \alpha \cdot (a - \varphi \cdot h_y), \quad (2)$$

где G_a – полный вес автомобиля; a , b , h_y – координаты центр массы автомобиля.

Тормозной момент рабочей тормозной системы определяется по формуле

$$M_T = (R_{x1} + R_{x2}) \cdot r_k = G_a \cdot \cos \alpha \cdot \varphi \cdot r_k, \quad (3)$$

где r_k – радиус колеса;

Тормозной момент двигателя определяется по эмпирической формуле [4]

$$M_T = 10 \cdot V_{дл} \cdot (a \cdot \omega_e + b), \quad (4)$$

где $a = 0,01$; $b = 0,2$ – для дизельных двигателей; $V_{дл}$ – рабочий объем двигателя; ω_e – угловая скорость коленчатого вала двигателя.

$$\omega_e = \omega_k \cdot i_T, \quad \omega_k = V_a / r_k, \quad i_T = i_k \cdot i_{I.}$$

отсюда

$$\omega_e = \frac{V_a \cdot i_{TP}}{r_k}, \quad (5)$$

где V_a – скорость автомобиля, r_k – радиус колеса, i_{TP} – передаточное число трансмиссии, ω_k – угловая скорость колеса автомобиля.

Сравнивая полученные значения тормозных моментов (результаты расчетов формул (3) и (4)), создаваемые двигателем и механизмами рабочей тормозной системы, можно оценить степень снижения нагрузки на механизм рабочей тормозной системы. На рисунке 1 представлены результаты расчета для автомобиля ЗиЛ-5301АО в графическом виде. Результаты расчета показывают, что требуемый тормозной момент уменьшается более чем на 7,3%.

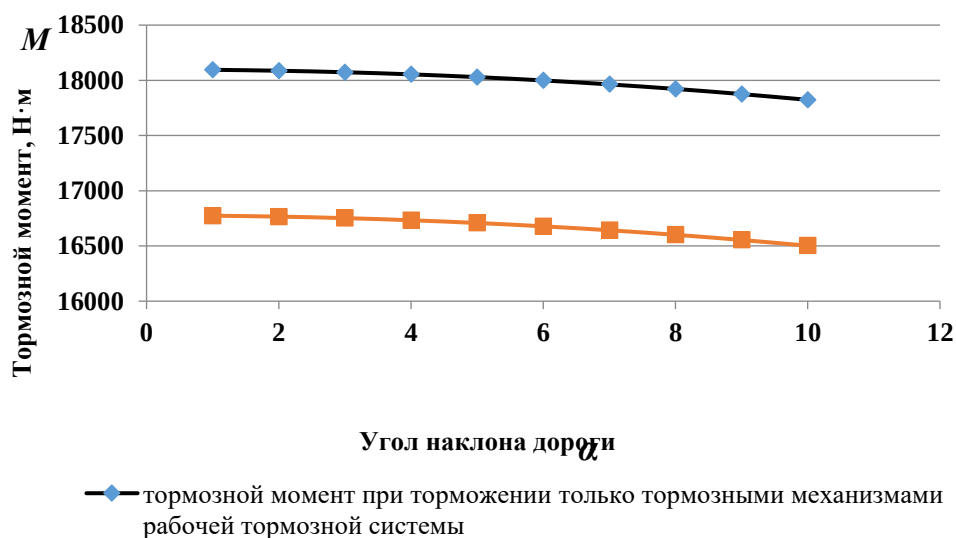


Рисунок 1 – Снижение потребного тормозного момента от механизмов рабочей тормозной системы автомобиля ЗиЛ- 5301АО при торможении с неотсоединенным двигателем

Аналогично можно определить степень снижения нагрузки на механизм рабочей тормозной системы при торможении с неотсоединенным двигателем на различных передачах (рисунок 2).

Максимальная степень снижения нагрузки на механизмы рабочей тормозной системы, при торможении двигателем на грани блокирования всех колес автомобиля, достигается на первой передаче и составляет 12,4% (при экстренном торможении на уклоне).

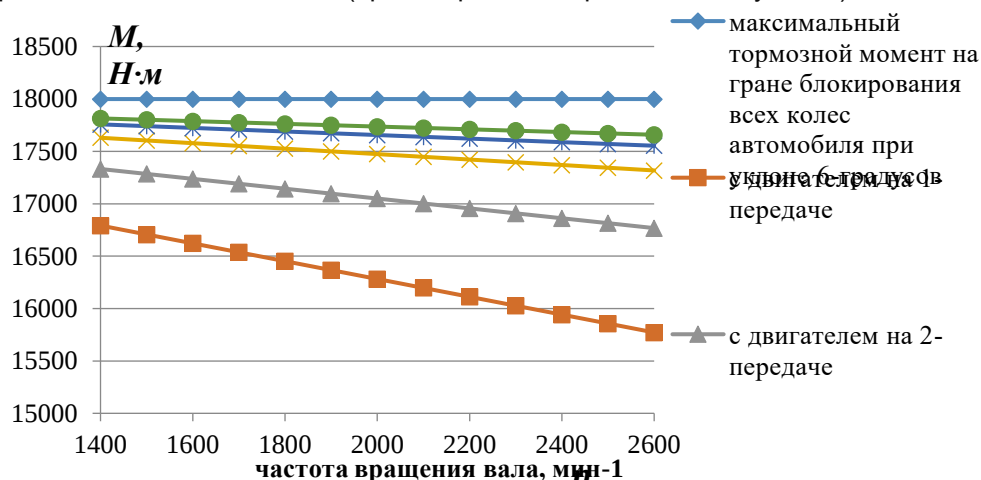


Рисунок 2 – Снижение потребного тормозного момента от механизмов рабочей тормозной системы автомобиля ЗиЛ-5301АО при торможении с не отсоединенным двигателем на разных передачах

По известным значениям тормозных моментов, создаваемых двигателем и механизмами рабочей тормозной системы, можно также оценить степень снижения тепловой нагруженности тормозных механизмов автомобиля.

С этой целью воспользуемся формулами для определения температуры тормозных механизмов [1].

а) для тормозных механизмов передней оси автомобиля

$$T_1 = T_0 + \frac{W_1}{\alpha_1 \cdot F_1} \left(1 - e^{\frac{-\alpha_1 \cdot F_1 \cdot t}{c_1 \cdot m_1}} \right); \quad (6)$$

б) для тормозных механизмов задней оси автомобиля

$$T_2 = T_0 + \frac{W_2}{\alpha_2 \cdot F_2} \left(1 - e^{\frac{-\alpha_2 \cdot F_2 \cdot t}{c_2 \cdot m_2}} \right), \quad (7)$$

где T_0 – температура тормозных механизмов перед торможением $T_0=293K$; α_i – коэффициенты теплоотдачи тормозных механизмов в окружающую среду $\alpha_{(при Va)} = 4,1868 (1,6+2,8 \sqrt{Va})$ [5]; F_i – площади охлаждения, соответствующих тормозных механизмов;

$F_i = \frac{\pi \cdot d_{\delta i}^2}{4} + \pi \cdot d_{\delta i} \cdot b_{\delta i} = \pi \cdot d_{\delta i} \left(\frac{d_{\delta i}}{4} + b_{\delta i} \right)$, m_1 , m_2 – масса тормозных барабанов
 $m_2 = \rho \cdot V = \left(\frac{\pi \cdot d_{\delta i}^2}{4} \cdot t_{\delta i} + \pi \cdot d_{\delta i} \cdot t_{\delta i} \cdot b_{\delta i} \right)$, $d_{\delta i}$, $b_{\delta i}$ и $t_{\delta i}$ – диаметр, ширина и толщина тормозного барабана; t – текущее время торможения.

Поглощаемая мощность тормозными механизмами определяется по формуле:

$$W_2 = R_{x2} \cdot V_a, \quad (8)$$

где R_{x2} – тормозные силы на колесах автомобиля.

Значение тормозных сил на колесах можно определить из ранее выявленных формулами (3) и (4) тормозных моментов на колесах автомобиля.

При известных значениях начальной скорости торможения, угла наклона дороги и других параметров, входящих в формулы (6) и (7) для конкретного автомобиля можно определить изменение температуры тормозных механизмов при различных способах торможения.

Результаты расчета для автомобиля ЗиЛ-5301АО представлены на рисунке 2. При этом установлено, что температура задних тормозных механизмов при длительном торможении тормозными механизмами с неотсоединённым двигателем на спуске с углом $\alpha=6^\circ$ и длиной 6000м (условия испытания типа II) уменьшается с 1196K до 572K.

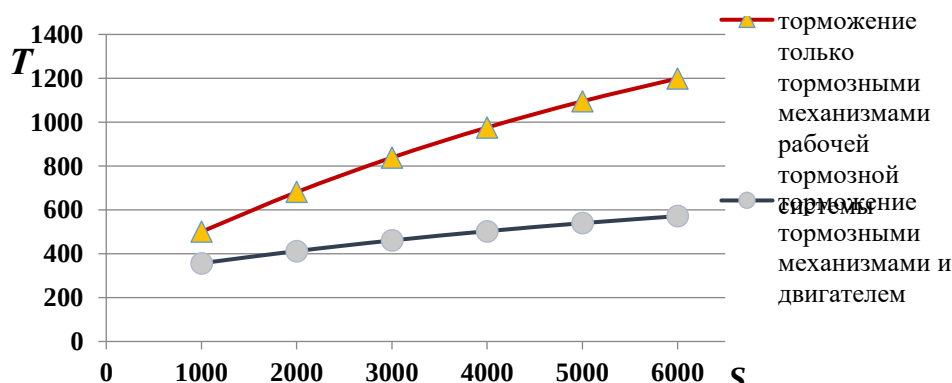


Рисунок 3 – Температура задних тормозных механизмов автомобиля ЗиЛ-5301АО при торможении двигателем и с отсоединенным двигателем

Алгоритм методики оценки снижения температуры тормозных механизмов при торможении двигателем представлен на рисунке 4.

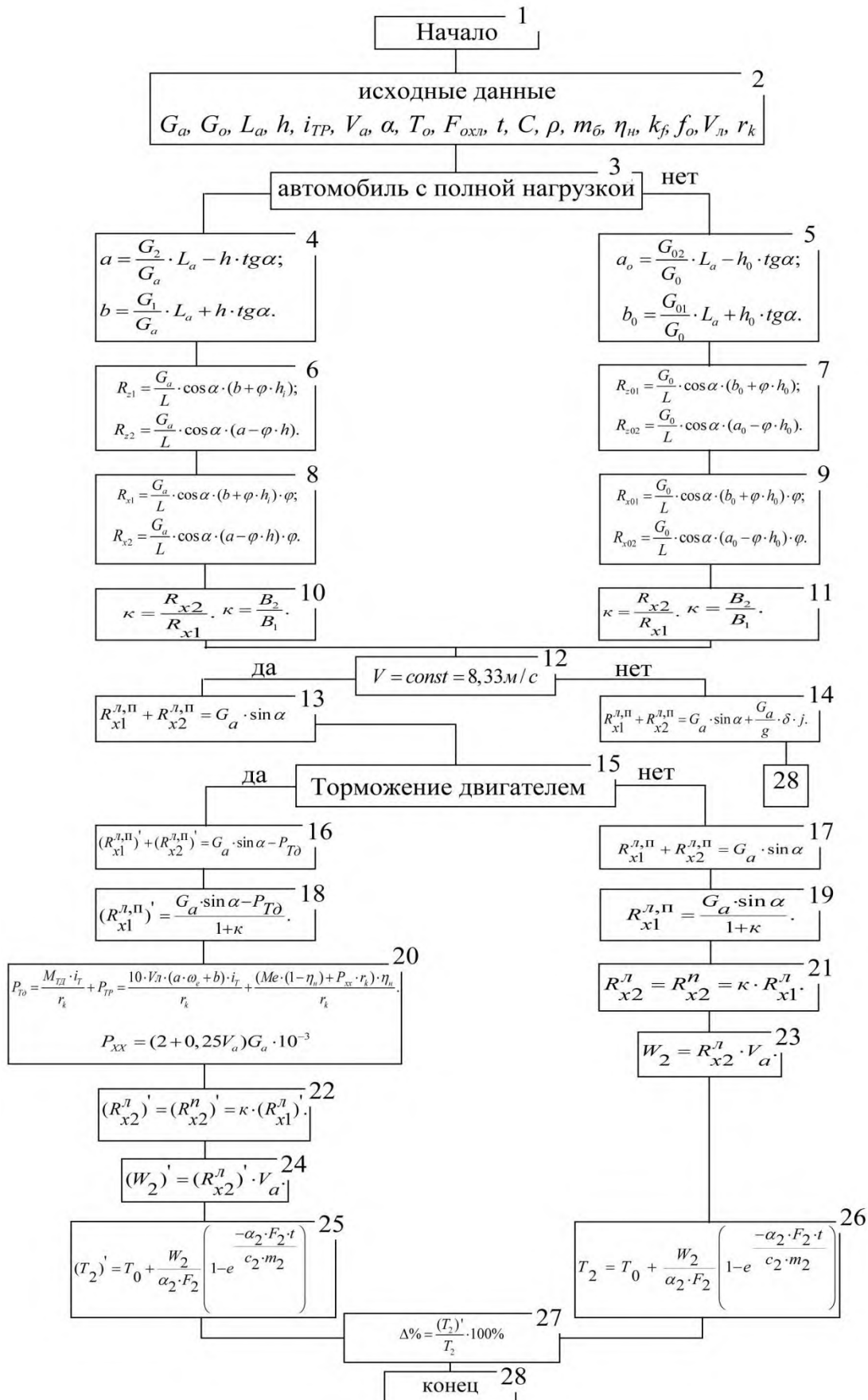


Рисунок 4 – Алгоритм методики оценки снижения температуры тормозных механизмов при торможении двигателем

Заклучение

Исследования, направленные на изучение тормозной системы автотранспортных средств на горных дорогах, показывают, что эксплуатация автомобилей в указанных условиях имеет ряд специфических особенностей, которые влияют на режим работы их узлов и агрегатов и, в особенности, деталей тормозной системы. Установлено, что при движении АТС на спусках и крутых поворотах в результате интенсивного торможения, детали тормозной системы испытывают повышенное напряжение и перегреваются, что приводит к снижению их эффективности и отказу. В горных условиях эксплуатации, особенно на затяжных спусках особое значение приобретает торможение двигателем, так как длительное пользование рабочих тормозов вызывает повышенный износ тормозных накладок и нагревание тормозных колодок и барабанов, что приводит к снижению ресурса тормозных механизмов, а также потерю безопасности и управляемости автомобиля. Результаты проведенного анализа на примере автомобиля ЗиЛ-5301АО показывают, что требуемый тормозной момент при торможении двигателем в этих условиях уменьшается на 7,3%. Максимальный степень снижения теплонагруженности при торможении двигателем на грани блокирования всех колес автомобиля достигается на первой передаче и составляет 12,7% (при экстренном торможении). При этом, тепловая нагруженность задних тормозных механизмов данного автомобиля при длительном торможении тормозными механизмами с неотсоединенным двигателем на спуске с углом $\alpha=6^\circ$ и длиной 6000м (условия испытания типа II) уменьшается с 1196К до 572К.

Литература:

1. Соцков Д.А. Повышение активной безопасности автотранспортных средств при торможении. - дис. ... докт. техн. наук : Соцков Д.А. – МАДИ, М., 1990, –565 с.
2. Мажитов Б.Ж. Методы снижения токсичности отработавших газов дизеля и теплонагруженности тормозной системы автомобилей при эксплуатации в горных условиях.- дис. ... канд. техн. наук: Мажитов Б.Ж. - Санкт-Петербург – 2011, – 149 с.
3. Турсунов А.А. Управление работоспособностью автомобилей в горных условиях эксплуатации. Душанбе, Маориф ва Фарханг 2003. – 356 с.
4. Литвинов А.С.. Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
5. Вольченко А.И. Тепловой расчет тормозных устройств /А.И. Вольченко. – Львов: Вища школа, 1987. – 134 с.
6. Никульников Э.Н. Разработка методов экспериментально-расчетного определения режимов работы, путей повышения эффективности и снижения нагруженности автомобильных тормозных механизмов. Дмитров, 1984. – 205 с.
7. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля. СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 478 с.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ-INFORMATION ABOUT AUTHOR

RU	TJ	EN
Мажитов Бахриддин Жамилович	Мажитов Бахриддин Жамилович	Majitov Bakhriddin
к.т.н.	н.и.т.	Ph.D.
ТТУ имени акад. М.С. Осими	ДТТ ба номи академик М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
mjbahriddin@mail.ru		
https://orcid.org/0000-0002-4324-7033		

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ АВТОТРАНСПОРТА ГОРОДА ДУШАНБЕ

Юнусов М.Ю., Абдулло М., Мажитов Б.Ж., Сахибов Н.Б.

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

Целью данной статьи является анализ состояния и разработка рекомендации по снижению уровня загрязнения атмосферы города Душанбе вредными выбросами транспортных средств, эксплуатируемых в городе. Методы. Достижения поставленной цели были осуществлены в два этапа. Первый этап работы заключается в определении основных источников загрязнения в городе, вклад различных видов транспортных средств и других факторов способствующих увеличению вредных выбросов. Второй этап включал обработку полученных материалов путем применения математических и статистических методов и на их основании разработку рекомендаций по решению рассматриваемой проблемы. Результаты исследований. На основании полученных данных построены соответствующие диаграммы. Установлено, что основная масса выбросов вредных веществ, в том числе выброс парниковых газов в атмосферу города приходится на долю автомобильного транспорта, что составляет более 80% от общего. Выводы. По полученным результатам исследований степени влияния факторов на уровень изменения концентрации парниковых газов в рамках выполнения НИР «Исследование сокращения эмиссии парниковых газов в городе Душанбе» предложены мероприятия по сокращению парниковых газов в г. Душанбе.

Ключевые слова: парниковые газы, транспорт, автомобиль, городской автотранспорт, экология, концепция развития.

GREENHOUSE GAS ASSESSMENT VEHICLE TRANSPORT OF DUSHANBE CITY

Yunusov M.Y., Majitov B.J., Sahibov N.B.

The purpose of this article is to analyze the condition and develop recommendations for reducing the level of atmospheric pollution in Dushanbe by harmful emissions of vehicles. METHODS. Achievements of the goal carried out in two stages. The first stage of the work is to identify the main sources of pollution in the city: various types of vehicles and other factors contributing to an increase in harmful emissions. The second stage included processing of the received materials by applying mathematical and statistical methods, and based on them to develop recommendations for solving the problem. RESEARCH RESULTS. Based on the obtained data, there are constructed corresponding diagrams. It found out that the bulk of emissions of harmful substances, including the emission of greenhouse gases into the atmosphere of the city, accounted for the share of motor transport, which is more than 80% of the total. CONCLUSION. Based on the results of the research, the degree of influence of factors on the level of change in the concentration of greenhouse gases within the framework of the research work "Explore the reduction of greenhouse gas emissions in the city of Dushanbe" proposed measures to reduce harmful emissions contributing to the greenhouse effect in the city.

Keywords: greenhouse gases, transport, car, urban transport, ecology, the concept of development.

БАҶОГУЗОРИИ ҲОЛАТИ ГАЗҲОИ ГАРМИОВАРИ ВОСИТАҲОИ НАҚЛИЁТИ АВТОМОБИЛИ ДАР ШАҲРИ ДУШАНБЕ

Юнусов М.Ю., Мачидов Б.Ч., Соҳибов Н.Б.

Мақсади мақолаи мазкур таҳлили вазъият ва таҳияи тавсияҳо оид ба паст кардани сатҳи ифлосшавии ҳаво дар шаҳри Душанбе аз партовҳои зараровар аз воситаҳои нақлиёти дар шаҳр истифодашаванда мебошад. Усулҳо. Ноил шудан ба ҳадаф дар ду марҳила сураат мегирад. Марҳилаи аввал муайян намудани манбаъҳои асосии ифлосшавии шаҳр, саҳми намудҳои гуногуни нақлиёт ва омилҳои ба афзоиши ҳаҷми партовҳои зараровар мусоидаткунандаро дарбар мегирад. Марҳилаи дуюм коркарди маводи гирифташударо бо истифода аз усулҳои математикию омории ва дар асоси онҳо таҳияи тавсияҳо оид ба ҳалли масъалаи баррасишавандаро дар бар мегирад. Натиҷаҳои тадқиқот. Дар асоси маълумоти гирифташуда диаграммаҳои мувофиқ тартиб дода шуданд. Муқаррар карда шудааст, ки қисми зиёди партовҳои моддаҳои зарарнок, аз ҷумла партовҳои газҳои гармиовар дар шаҳр ба нақлиёти автомобилӣ рост меояд, ки ин зиёда аз 80 ҷузъи ҳаҷми умумиро ташкил медиҳад. Хулосаҳо. Тибқи натиҷаҳои омӯзиши дараҷаи таъсири омилҳо ба сатҳи тағйирёбии консентратсияи газҳои гармиовар дар доираи қори илмӣ-тадқиқотӣ «Тадқиқот оид ба кам кардани партовҳои газҳои гармиовар дар шаҳри Душанбе» тадбирҳои пешниҳод карда шудаанд, ки баҳри кам кардани партовҳои газҳои гармиовар дар шаҳри Душанбе равона гардидаанд.

Калимаҳои калидӣ: газҳои паркникӣ, нақлиёт, мошин, нақлиёти шаҳрӣ, экология, консепсияи рушд.

Введение

Влияние парниковых газов на изменение термодинамических параметров окружающей среды г. Душанбе имеет характерные особенности. Прежде всего, это вызвано котлообразным расположением города, ограниченное почти со всех сторон горами и холмами, что затрудняет продувку атмосферы города. Душанбе расположен в Гиссарской долине на высотах от 750 до 930 м над уровнем моря и имеет общую площадь более 124 кв. км. Климат города является внутриконтинентальным, субтропическим и средняя температура воздуха составляет около +14,5°C. Население города в настоящее время насчитывает более 800 тыс. чел., а плотность населения по городу составляет примерно 6445 чел./км². Город Душанбе имеет развитую экономическую инфраструктуру, ключевыми элементами которой является промышленность и транспортная сеть [1, 4].

В настоящее время, основная доля выбросов, отработанных токсичных и канцерогенных газов, приходится на долю автотранспорта (более 90%). Однако, по уровню выброса парниковых газов, в последние годы, заметное влияние имеют стационарные источники промышленных предприятий.

Анализ состояния экологической обстановки г. Душанбе

Анализируя причины образования парниковых газов, к основным антропогенным источникам, приводящим к эмиссии парниковых газов, можно заключить, что:

1. Около 95% парниковых газов выбрасывается в атмосферу при сжигании ископаемых видов топлива (в первую очередь в энергетике, в транспорте и в процессе промышленного производства).

2. Оставшиеся 5% выбросов парниковых газов (углекислого газа, метана, закиси азота и других) приходится главным образом на процессы промышленного производства.

По экологическим оценкам г. Душанбе среди других городов Республики Таджикистан входит в список городов с наибольшим уровнем загрязнения. Качество атмосферного воздуха является одним из факторов, формирующих состояние окружающей среды и здоровья населения города. При северном направлении ветра отмечается перенос загрязняющих веществ (диоксид серы, цементной пыли и др.) от цементного завода. Кроме того, источниками загрязнения атмосферного воздуха являются неорганизованные источники, это: полигоны, строительные площадки, городская свалка и т.п.

Мировой опыт инвентаризации парниковых газов показывает, что примерно на 50 % парниковый эффект вызван углекислым газом [1, 2]. Парниковые газы различаются «силой» воздействия своего парникового эффекта, а также длительностью присутствия в атмосфере. Для сравнения парникового воздействия различных газов вводится эквивалент: их эффект пересчитывается в эффект от наиболее распространённого парникового газа – углекислого газа CO₂. Удельный вес различных газов выбрасываемых в результате антропогенных действий человека в создании парникового эффекта представлен на рис. 1.

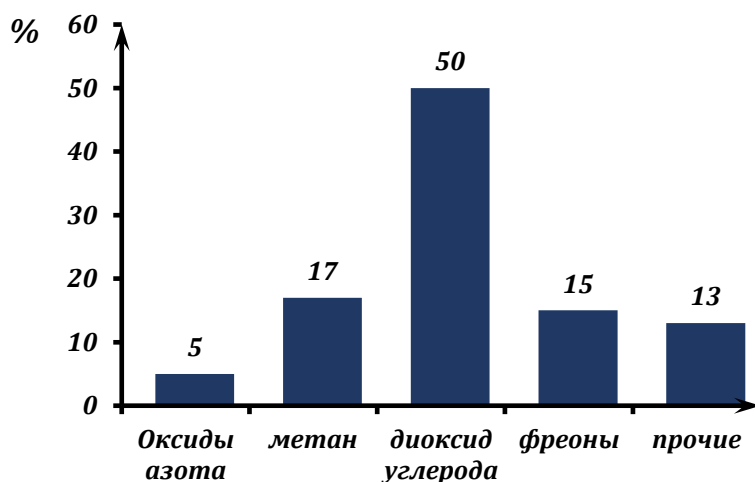


Рисунок 1 – Удельный вес различных газов в создании парникового эффекта

Анализируя условия города Душанбе с учетом перечисленных антропогенных воздействий на повышения уровня парниковых газов можно убедиться в том, что, как и во всех больших городах, основная масса выбросов приходится на долю автомобильного транспорта, как основного потребителя энергии, парк которого за последние годы неуклонно растет как в масштабе республики, так и в масштабе города Душанбе [3]. Динамика изменения количества автомобилей в г. Душанбе за последние 10 лет показывает неуклонный рост данного вида транспорта, что на сегодняшний день оно составляет чуть менее 90 тыс. единиц, причем основная масса относится к автомобилям со сроком эксплуатации более 10 лет с несоответствующими экологическими показателями (рис. 2). В условиях городов современный автомобиль будучи основным средством перевозки пассажиров и груза, играет значительную роль в развитии экономики, но с другой стороны он является и основным передвижным источником выброса загрязняющих веществ, и в т.ч. парниковых газов.

Количество выбросов загрязняющих веществ от указанного количества автотранспорта составляет более 80 тыс. тонн в год. Вместе с тем, в столице ежегодно в атмосферу города поступает около 10 тыс. тонн твердых и газообразных веществ от стационарных источников. По оценочным расчетам выброс загрязняющих веществ от неорганизованных источников составляет 9,8 тыс. тонн [5].

Динамичное увеличение автотранспорта привело к увеличению выброса загрязняющих веществ и соответствующему увеличению количества больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями городского населения и др. видов недугов, связанных с органами дыхания. Для улучшения ситуации в направлении оздоровления атмосферного воздуха городской среды, со стороны муниципальных властей проводится определенная работа организационного характера.

В городе реализуется концепция развития городского транспорта, включающая поэтапную замену микроавтобусов на автобусы среднего, большого и особо большого класса. Эффективно

обновляется парк автомобилей-такси за счет пополнения количества транспортных средств электромобилями. Поэтапно строится 2-х и 3-х ярусные развязки на местах перекрестков с повышенной интенсивностью дорожного движения, примерами которых могут служить развязки на 82 мкр. и в районе Караболо. При строительстве новых дорог и при расширении ранее действующих автодорог основных проспектов города, выделяется отдельные полосы для общественного транспорта.

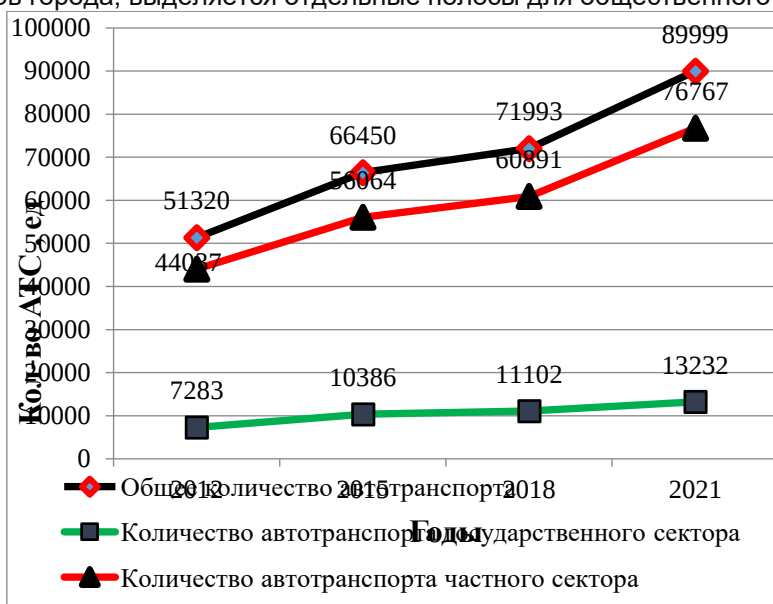


Рисунок 2 – Динамика изменения количества автотранспорта в г. Душанбе в период 2011 – 2021 гг.

Научно-исследовательские работы, направленные на сокращение эмиссии «парниковых газов» в г. Душанбе

На ряду с городскими властями, для решения проблем снижения влияния автотранспорта на экологическую обстановку города Душанбе, со стороны ученых и специалистов, также выполняются различные научно-исследовательские и поисковые исследования. В частности, для более детального исследования долевого вклада автотранспорта на загрязнение окружающей среды и повышении среднегодовой температуры города, учеными и специалистами кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Таджикского технического университета и ООО «Научно-исследовательский институт транспорта», в течении более 10 выполняется НИР «Исследование сокращения эмиссии парниковых газов в городе Душанбе».

Целью НИР является: на основе исследования эмиссии парниковых газов разработать конкретные рекомендации по снижению экологического воздействия автотранспорта г. Душанбе на окружающую среду.

Исследования призваны решить важные для страны задачи, которые относятся к охране окружающей среды. В рамках выполнения исследования было запланировано проведение:

- инвентаризации подвижного состава автомобильного транспорта г. Душанбе по видам автомобилей;
- мониторинга транспортного потока и интенсивности движения автомобилей на перегруженных узлах и участках улично-дорожной сети г. Душанбе;
- исследования перекрестков и эффективности установки технических средств организации дорожного движения.

Решение поставленных задач даст возможность:

- получить впервые новые данные по объемам выброса отработанных газов автомобильным транспортом;
- внести изменения в установленные формы статистической отчетности г. Душанбе;
- внести кардинальные изменения в стратегических планах развития автотранспортного и дорожного комплекса страны;
- разработать модель системы экологической безопасности АТС г. Душанбе;
- на основе анализа статистических данных УГАИ, Министерства транспорта Республики Таджикистан, НИИ Транспорта и Минздрава Республики Таджикистан за последние 10 лет выявить взаимосвязь между количеством поступления автомобилей (отдельно по видам и маркам в зависимости от применяемого топлива, года выпуска, назначения и т.д.) и динамикой соответствующих видов заболеваний.

Выводы

Реализация результатов проведенных исследований позволит снизить экологическое воздействие автотранспорта на окружающую среду и разработать рекомендации по оздоровлению экологической обстановки г. Душанбе. Отдельные позиции данных исследований ученых будут включены в тематику выполнения НИР студентов транспортных специальностей, и в целом, ожидается значительный экономический и социальный эффект от их реализации.

Литература:

1. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 2000. 256 с.
2. Марков В.А. Токсичность отработавших газов дизелей / В.А. Марков, Р.М. Баширов, И.И. Габитов 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 376 с.
3. Политехнический вестник. Серия инженерные исследования №1 (37)-2017. К.К.Атабеков. Влияние интенсивности транспортного потока и остановочных пунктов общественного транспорта на экологическую безопасность, с.72-81. Душанбе, 2017.
4. Турсунов А.А. Оценка влияния параметров горной среды на энергетические показатели энергоустановок транспортных машин / А.А. Турсунов, М.А. Абдуллоев, А.М. Умирзоков, Б.Дж. Маджидов. Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 2010. С. 330-334.
5. Охрана окружающей среды в Республике Таджикистан (статистический сборник). Душанбе. 2015.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРОВ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

RU	TJ	EN
Юнусов Мансур Юсуфович	Юнусов Мансур Юсуфович	Yunusov Mansur Yusufovich
к.т.н.	н.и.т.	Ph.D.
ТТУ имени акад. М.С. Осими	ДТТ ба номи академик М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
m-yunusov@mail.ru		
https://orcid.org/0000-0003-3456-9118		
RU	TJ	EN
Абдулло Мамадамон Абдурахмонбек	Абдулло Мамадамон Абдурахмонбек	Abdullo Mamadamon Abdurahmonbek
к.т.н., доцент	н.и.т., дотсент	Ph.D., associate professor
ТТУ имени акад. М.С. Осими	ДТТ ба номи академик М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
mamadamonabdullo@ttu.tj		
https://orcid.org/0000-0002-6253-5946		
RU	TJ	EN
Мажитов Бахриддин Жамилович	Мажитов Бахриддин Жамилович	Majitov Bakhriddin Jamilovich
к.т.н.	н.и.т.	Ph.D.
ТТУ имени акад. М.С. Осими	ДТТ ба номи академик М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
mjbahriddin@mail.ru		
https://orcid.org/0000-0002-4324-7033		
RU	TJ	EN
Сахибов Нурулло Бабаевич	Сохибов Нурулло Бобоевич	Sahibov Nurullo Babaevich
к.т.н.	н.и.т.	Ph.D.
ТТУ имени акад. М.С. Осими	ДТТ ба номи академик М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi

СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СТАТИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ И ИХ ОЦЕНКИ ПРИ ПРОХОДКЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Хасанов Н.М.¹, Холов Ф.А.², Алимардонов А.М.¹, Хасанов М.Н.²

Таджикский технический университет, им. акад. М.С.Осими¹

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана²

В статье рассматриваются производственный опыт и статических анализов результаты натурных измерений при проходке горных выработок способом контурного взрывания. Приведено решение выполнения натурных измерений при проходке горных выработок и произведен статистический анализ результатов с целью оценки возможности их использования для нормирования. Высокая степень соответствия фактического распределения результатов натурных измерений нормальному закону позволяет успешно использовать все статистические характеристики теоретического распределения в аналитических исследованиях и при решении задач по совершенствованию техники и нормированию с применением метода контурного взрывания. Основная масса результатов забойных измерений параметров контурного взрывания находится в узком интервале двух стандартов ($\bar{x} \pm S_x$), что позволяет в дальнейшем рассмотреть эти соотношения в качестве критериев для разработки нормативных допусков исполнения паспорта буровзрывных работ (БВР), обеспечивающего практически приемлемую точность оконтуривания и качество вновь образованной поверхности выработанного пространства.

Ключевые слово: метод контурного взрывания, горные выработки, переборы, шероховатость, паспорт буровзрывных работ (БВР), буровые работы, шпуров.

RESULTS OF IN-SITU MEASUREMENTS OF STATIC ANALYSES AND THEIR ASSESSMENT DURING HYDRAULIC STRUCTURES TUNNELING

Khasanov N.M.¹, Kholov F.A.², Alimardonov A.M.¹, Khasanov M.N.²

The article deals with production experience and static analysis of the results of full-scale measurements when sinking mine workings by means of contour blasting. The solution of full-scale measurements during driving of mine workings is given and statistical analysis of the results is made in order to assess the possibility of their use for rationing. The high degree of correspondence of the actual distribution of results of full-scale measurements to the normal law allows to use successfully all statistical characteristics of the theoretical distribution in analytical works and in solving problems of technological improvement and rationing with the use of the contour blasting method. The basic mass of results of downhole measurements of contour blasting parameters is in a narrow interval of two standards ($\bar{x} \pm S_x$), which allows us to consider these ratios as the criteria for development of normative tolerances of drilling and blasting operations passport ensuring practically acceptable delineation accuracy and quality of the newly formed surface of the mined-out space.

Keywords: contour blasting method, mine workings, overburden, and roughness, passport of drilling and blasting operations (BWO), drilling operations, boreholes.

НАТИҶАҶОИ ЧЕНКУНИҶОИ АСЛИИ ТАҲЛИЛИ СТАТИКӢ ВА БОҶОДИҶИИ ОНҶО ҲАНГОМИ ГУЗАРИШИ НАҚБИ ГИДРОТЕХНИКӢ

Хасанов Н.М.¹, Холов Ф.А.², Алимардонов А.М.¹, Хасанов М.Н.²

Дар мақола таҷрибаи истеҳсоли ва таҳлили статикӣ натиҷаҳои ченкуниҳои муқаммал ҳангоми гузариши (қандани) коркардҳои куҳӣ бо усули тарқониши контурӣ муҳокима карда мешавад. Дар бораи гузаронидани ченкуниҳои сахрой ҳангоми рондани қонҳои маъдан қарор қабул карда мешавад ва таҳлили омории натиҷаҳо бо мақсади баҳоиди имконияти истифодаи онҳо барои ба эътидол овардан гузаронида мешавад. Дарачаи баланди тақсмоти ҳақиқии ченкуниҳои сахро имконият медиҳад, ки тамоми хусусиятҳои статистикӣ тақсмоти назариявӣ дар тадқиқоти аналитикӣ ва дар ҷалли маъсалаҳои тақмил додани технология ва нормалкунонӣ бо усули тарқиши контурӣ бомуваффақият истифода бурда шаванд. Қисми асосии натиҷаҳои ченкуниҳои контурии параметрҳои тарқишҳои контурӣ дар доираи танги ду стандарт ($\bar{x} \pm S_x$) мебошанд, ки ба мо имкон медиҳад, ки минбаъд ин таносубҳоро ҳамчун меъёри таҳияи таҳаммулпазирии танзимкунонда барои иҷрои шаҳодатномаи пармакунӣ ва тарқиш баррасӣ кунем. (КПТ), ки дақиқии амалан қобили қабули контур ва сифати сатҳи нафтаъсиси навро таъмин мекунад.

Калидвожаҳо: усули тарқиши контурӣ, коркардҳои куҳӣ, ноҳамворӣ, шиносномаи қорҳи пармакунӣ ва тарқиш (КПТ), пармакунӣ, раҳнақҳо.

Введение

Контурное взрывание позволяет по возможности избегание нарушения скального массива горных пород за пределами проектного контура, также обеспечивая возможности более крутых и устойчивых откосов уступов и выемок, уменьшая трудоемкости работы по заоткоске оснований и откосов, уменьшает переборы и увеличивает устойчивости законтурного массива.

Применение метода контурного взрывания при проходке подземных горных выработок обуславливает повышение технических требований к точности оконтуривания и качеству вновь образованной контурной поверхности, показатели которых (законтурные переборы и шероховатость

поверхности выработанного пространства) определяются точностью исполнения проектного паспорта буровзрывных работ (БВР). Следует отметить, что паспорт БВР реализуется в производственных условиях, как правило, со многими отклонениями фактических параметров от расчетных, что вызывает инструментальными и методическими ошибками маркшейдерских измерений при выносе оси и проектного контура на забой выработки. Нарушениям технологии контурного взрывания является техническими возможностями применяемого горнопроходческого оборудования или структурно-геологическими особенностями разрабатываемых горных пород, а также организационными причинами, которые приводят к существенным нарушениям.

Одним из путей предотвращения технологических нарушений, как известно, является регламентирование буровых работ в соответствии с нормативными допусками отклонений от расчетных значений параметров размещения контурных шпуров. При этом нормы отклонений должны учитывать реальные возможности бурового оборудования и квалификационный уровень проходчиков, поэтому нормирование следует производить на основе фактических данных о параметрах размещения шпуров и результирующих показателей эффективности контурного взрывания. Однако, в связи с этим принято решение выполнить натурные измерения при проходке горных выработок и произвести статистический анализ результатов с целью оценки возможности их использования для нормирования.

Взрывное разрушение напряженных сред и выявление при этом закономерностей являются предметом исследований многих ученых. Значительный вклад по решению изложенной проблемы посвятили свои научные труды известные ученые: Адушкин В.В., Боровиков В.А., Жариков И.Ф., Клочков В.Ф., Крюков Г.М., Кутузов Б.Н., Родионов В.Н., Менжулин М.Г., Фокин В.А., Шемякин Е.И., Ханукаев А.Н., и др [1].

Материалы и методы исследования

Для количественной оценки точности выполнения паспорта буровзрывных работ (БВР) относительно проектного контура горных выработки на первом стадии были выполнены: соответствующие забойные измерения основных элементов пространственного расположения контурных шпуров (113 примеров). При проходке бурение горных выработки были применены буровой установки «Максиматик» фирмы «Тамрок» (Финляндия) без применения средств автоматического забуривания и ориентирования шпуров по направлению. В качестве метода взрывания, обеспечивающего повышение устойчивости обнажений массивов горных пород путем снижения воздействия на них взрыва, а также получение ровных стенок горных выработок заданного профиля и для относительного точного соблюдения выемочных контуров и сохранность сооружений применялся метод контурного взрывания

Результаты исследования и обсуждения

Следует отметить, что во время проходки горные выработки были пробурены 113 контурных шпуров также результаты забойных измерений основных элементов пространственного расположения контурных шпуров (113 примеров), которые приведены на рисунки 1 и в таблице 1. Полученные анализы в таблице 1 показывают, что исследуемые параметры меняется в широком диапазоне относительно их расчетных значений. Однако, лишь 24.8 % примеров укладываются в рекомендуемые интервалы изменения отклонения устья шпуров от линии проектного контура выработки ($C_0 = \pm 5$ см). Аналогичная картина и в изменении угла наклона шпуров к проектной поверхности выработки, где в пределах допустимых его значений ($\varphi = 2...4^\circ$) содержится 28.3% выборочных данных. Важно отметить, что общее количество шпуров с отрицательной направленностью в сторону выработанного пространства составило 23 %. Столь значительные отклонения указанных параметров от расчетного положения контурных шпуров обусловили еще большие пределы изменчивости величины отклонения шпурового дна от проектного контура выработки и законтурных переборов (размах соответственно 92 и 64 см).

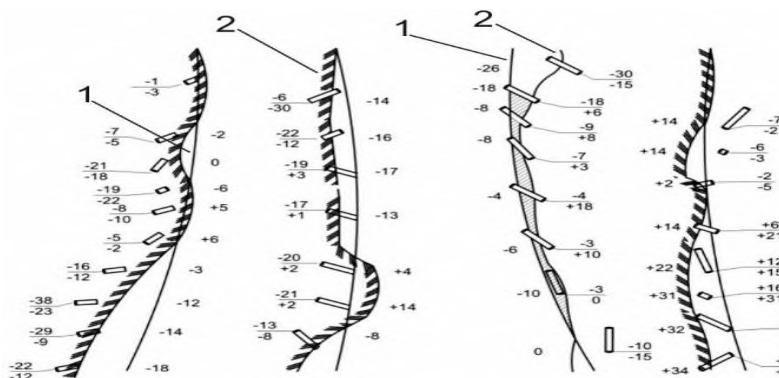


Рисунок 1- Результаты забойных измерений параметров контурных шпуров:

1 – линия проектного контура выработки, 2 – фактический контур, числитель – отклонения устья шпура, знаменатель – отклонение шпурового дна от линии проектного контура выработки.

Для всех исследуемых параметров расположения шпуров и результирующих показателей взрывания отмечена высокая степень изменчивости, которая характеризуется стандартными отклонениями S_x или коэффициентом вариации, за исключением расстояния между контурными шпурами в ряду, где $K_{\text{вар}}=24\%$; вместе с тем, как свидетельствуют значения критерия согласия А. Н. Колмогорова [10], фактическое распределение результатов забойных измерений во всех случаях с высокой точностью соответствует нормальному теоретическому (табл. 1), что указывает на случайный характер этих величин и позволяет успешно использовать закономерности нормального распределения при статистическом исследовании параметров контурного взрывания.

Оценка эффективности контурного взрывания с помощью показателя степени гладкости стенки и кровли выработки, определяемого по методике на основе результатов забойных измерений амплитуды шероховатости и законтурных переборов заслуживает внимание [10,11]. Показатель степени гладкости P , представляющий собой отношение количества амплитуд, значения которых не выходят за пределы $\pm 15\text{ см}$ (a -среднее значение), к общему количеству измерений, в данном случае составил 94 % при среднем квадратическом отклонении $S_a=8.2\text{ см}$ ($S_a \leq 9.1$), что соответствует первой категории гладкости с оценкой «отлично». Этот же показатель, вычисленный по данным о законтурных переборах, составил 85% при $S_h=11.5\text{ см}$, ($S_h \leq 11.7\text{ см}$), что соответствует второй категории качества оконтуривания с оценкой «очень хорошо».

Можно отметить, что на первый взгляд за счет высоких показателей эффективности контурного взрывания не соответствуют значительному разбросу и других характеристиках изменчивости параметры расположения контурных зарядов. Однако, анализы данные последней графы таблицы 1, можно видеть, что 67-75 % первичных результатов измерения этих параметров и результирующих показателей качества оконтуривания группируются около средних своих значений в довольно узком диапазоне их изменения, ограниченном величиной стандарта ($\bar{x} \pm S_x$), чем и обусловлено вполне удовлетворительное качество оконтуривания выработок. Также можно отметить, что средние значение переборов и амплитуды шероховатости весьма малы (0.9 и 0.04 см), и фактически соответствуют проектному контуру выработки, поэтому рассматриваемый интервал ($\bar{x} \pm S_x$) и содержание в нем первичных данных о параметрах размещения контурных зарядов могут быть использованы в качестве критериев при разработке нормативных, требований к точности исполнения паспорта БВР и нормирования законтурных переборов. Поскольку приведенные ранее факторы, ведущие к нарушениям технологии контурного взрывания на данном этапе развития производства, имеют место в любом случае БВР при проходке подземных горных выработок в скальных породах. Однако, можно заключить, что рассмотренные статистические характеристики параметров пространственного расположения контурных шпуров, а также законтурные переборы и показатели шероховатости являются типичными для условий ведения работ, где бурение осуществляется без применения автоматических средств установки бурового инструмента [10]. Однако подобные обобщения по результирующим показателям эффективности применения метода контурного взрывания требуют проведения специальных массовых измерений законтурных переборов в широком диапазоне условий проходки горных выработок и выполнения соответствующего оценочного статистического анализа полученных данных [1,7]. В качестве основополагающей концепции нормирования нами принято требование о взаимном соответствии между нормативными допусками для показателей геомеханической эффективности взрывания и для забойных параметров пространственного расположения контурных зарядов, обеспечивающих заданные ограничения законтурных переборов и шероховатости. Из-за значительного разброса исследуемых технологических параметров контурного взрывания проведено сравнение их между собой с целью выявления взаимосвязей, количественной оценки устойчивости последних и определения степени влияния аргументирующих факторов на законтурные переборы.

Таблица 1 - Статические характеристики фактических параметров пространственного расположения контурных шпуров при проходке подземных горных выработок

№ п/п	Характеристика	Расстояние между шпурами в ряду, м	Отклонение от проектного контура выработки, см		Угол наклона шпура к оси выработки град.	Законтурные переборы, см	Амплитуда шероховатости
			Устья шпура	Шпурового дна			
1	Пределы вариации параметра	0.1-0.84	-40-18	-42-50	-1.4-11.4	-24-40	-13-21
2	Количество примеров в выработке	202	113	113	113	113	128

3	Среднеарифметическое значение	0.5	-12.6	-1.6	-1.7	0.9	0.04
4	Доверительные интервалы среднего	0.48-0.52	-14.7-10.5	-4.7-1.5	1.2-2.2	-1.2-3	-1.4-1.5
5	Выборочная дисперсия S_x^2	0.015	129.1	272.2	7.8	132.4	68.1
6	Среднее квадратическое отклонения S_x	0.12	11.4	16.5	2.8	11.5	8.2
7	Критерий согласия Колмогорова λ	0.48	0.075	0.018	0.082	0.194	1.40
8	Вероятность реализации критерия $P(\lambda)$	0.965	1	1	1	1	0.178
9	Величина интервала $\bar{x} \pm S_x$	0.38-0.63	-24-1.2	-18.1-14.9	-0.5-4.5	-10.5-12.4	-8.2-8.3
10	Объем выборки в интервале	74.9	68.1	67.2	69.0	69.0	70.4

Степень соответствия выборочного распределения нормальному теоретическому определяется условием $P(\lambda) \gg 0.05$. Доверительные интервалы для среднего определены с надежностью 0.9.

Таблица 2 - Статистические характеристики корреляционных взаимосвязей между параметрами пространственного расположения контурных шпуров

Статистические характеристики	Корреляционное уравнение				
	$\hat{h} = 14 \dots 0.75C_0$	$\widehat{C}_1 = 8.3 + 0.8C_0$	$\hat{h} = 2.1 + 0.35C_1$	$\hat{h} = h(\varphi)$	$\widehat{C}_1 = -0 + 4.3\varphi$
Коэффициент корреляции r	0.570	0.570	0.490	0.042	0.640
Ошибка определения коэффициента корреляции σ_r	0.056	0.063	0.072	0.094	0.056
Надежность коэффициента корреляции μ	10.100	9.000	6.700	0.450	11.300
Среднее квадратическое отклонение относительно линии регрессии S_{n-2}	10.300	13.500	10.900	-	12.200
Коэффициент детерминации d	0.302	0.325	0.240	0.002	0.410
Объем выборки в доверительной зоне линии регрессии, %	31.000	30.100	29.200	-	29.200

$\hat{h}$ - законтурные переборы, см; C_0 - отклонение устья контурного шпура от линии проектного контура выработки, см; C_1 - то же, отклонение шпурового дна, см; φ -угол наклона контурного шпура к проектной поверхности выработки, град. Границы доверительной зоны во всех случаях установлены с вероятностью 0.99.

Определено, что между сопоставляемыми величинами имеются корреляционные зависимости и характеризуется коэффициентом корреляции $r=0.49-0.64$ с надежностью $\mu_r=6.7-11.3$, что существенно больше, чем критического значения ($\mu_k=2.6$ (табл. 2, рис. 2) [10,12]. Следует отметить, что практически полное отсутствие связи между величиной законтурных переборов и углом наклона шпуров к оси выработки, сопоставление которых $\hat{h} = h(\varphi)$ характеризуется низкими коэффициентами корреляции и детерминации (соответственно, 0.042 и 0,02). Наблюдается достаточно устойчивая корреляционная зависимость между законтурными переборами $\hat{h}$, отклонением шпурового дна C_1 от проектного контура выработки и угла наклона контурного шпура φ , выраженная уравнениями:

Следует отметить, что известно

$$\hat{h} = 2.1 + 0.35C_1; \quad (1)$$

$$\widehat{C}_1 = -10 + 4.3\varphi; \quad (2)$$

где: $\widehat{h}$, $\widehat{C}_1$ – законтурные переборы и отклонение шпурового дна от проектного контура выработки, соответствующие линии регрессии рассматриваемых зависимостей, см.

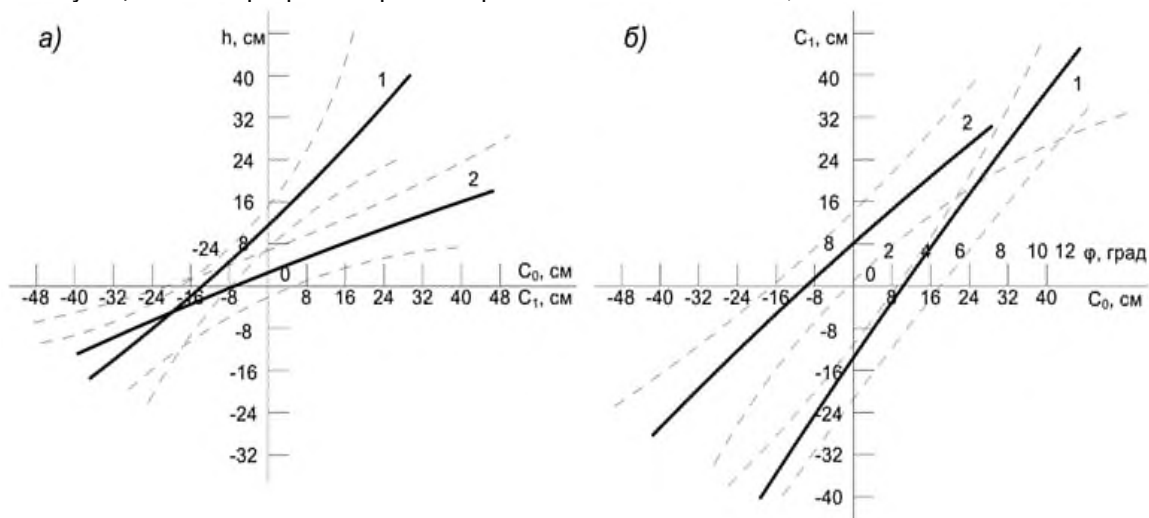


Рисунок 2 - Изменение законтурных переборов h в зависимости от величины отклонения:

а) 1 – устья шпура C_0 , 2 – шпурового дна C_1 , от проектного контура выработки (а) и зависимость отклонений шпурового дна C_1 ; б) 1 – угла наклона контурных шпуров φ , 2 – величины отклонения устья шпура C_0 от проектного контура выработки (б).

(сплошные – линии регрессии, штриховые – границы доверительной зоны с вероятностью 0.99 для соответствующих линий регрессии).

Из представленных в таблице 2 корреляционных зависимостей уравнение (2) характеризуется наибольшими значениями коэффициентов корреляции (0.64) и детерминации (0.41), указывающими на высокую степень влияния угла наклона шпура φ на величину отклонения $\widehat{C}_1$ что можно также видеть из геометрических построений при заданном значении $C_0=0$. По-видимому, корреляционная связь $\widehat{h} = h(\varphi)$ в сущности имеется, но в данной совокупности результатов забойных изменений не проявляется.

Сравнение зависимостей (1) и (2) с уравнениями:

$$\widehat{h} = 14 + 0.75C_0; \quad (3)$$

$$\widehat{C}_1 = 8.3 + 0.8C_0; \quad (4)$$

Полученные анализы показали, что изменение величины C_1 и соответствующее изменение переборов $\widehat{h}$ в уравнении (1) в большей мере обусловлены отклонениями устья шпуров C_0 от проектного контура выработки и эффективностью взрывной отбойки пред контурного слоя, характеризуется коэффициентом использования контурных шпуров, тогда как формула (2) совсем не учитывает взаимодействия взрыва контурного заряда с окружающим массивом породы.

Поэтому уравнение (1) и (2), несмотря на опосредованное соотношение между h , C_1 , φ и высокие показатели устойчивости корреляционной связи, не показывают наличия зависимости $\widehat{h} = h(\varphi)$ и не могут быть использованы для её установления путем совместного решения. Таким образом, изложенное позволяет исключить из дальнейшего рассмотрения параметр C_1 (отклонение шпурового дна от проектного контура выработки) как не имеющий определяющего влияния на результативность контурного взрывания, вследствие чего нормирование его нецелесообразно.

Для установления совместного влияния аргументирующих параметров C_0 и φ на величину законтурных переборов использовали метод множественной корреляции. Получены следующие корреляционные уравнения:

$$\widehat{h} = 7.6 + 0.56C_0 + 0.16\varphi; \quad (5)$$

$$\text{или } \widehat{h} = 8.1 + 0.56C_0 + 0.16\Delta\varphi; \quad (6)$$

где: Δ – отклонения угла наклона контурного шпура от расчетной технологической его величины, равной 3 град.

Зависимости (5), (6) характеризуются коэффициентом корреляции $R=0.55$ с ошибкой его определения $\sigma_R = \pm 0.065$ при коэффициенте надежности $\mu = 8.38 \gg 2.6$ (условие устойчивости корреляционной связи). Коэффициент детерминации, характеризующий долю вариации величины h , обусловленную суммарным влиянием отклонения C_0 и угла φ , составляет $d=0.302$, т. е. на уровне значений для парных (однофакторных) зависимостей в табл. 2, что соответствует объему выборки в пределах границ доверительной зоны. Стандартная ошибка, допускаемая при определении величины законтурных переборов по уравнениям (5) и (6), в зависимости от исследуемых факторов составляет:

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma_h(1 - R^2)^{1/2} = \pm 9.6 \text{ см},$$

где σ_h - среднее квадратическое отклонение по переборам (табл. 1); R - коэффициент корреляции для уравнений (5) и (6).

В отличие от уравнения $\hat{h} = h(\varphi)$, не получившего конкретного выражения из-за полного отсутствия корреляционной связи, рассматриваемые двухфакторные зависимости (5) и (6) обнаруживают заметное влияние угла наклона контурных шпуров φ на величину законтурных переборов при изменении его в пределах допустимых технологических отклонений:

$$\varphi_T + \Delta\varphi \geq \varphi > 0, \quad (7)$$

где φ_T - технологический угол наклона шпура к проектной поверхности выработки, $\varphi_T = 3^\circ$; $\Delta\varphi$ - рекомендованное отклонение от технологического угла, $\Delta\varphi = \pm 1^\circ$.

Из сопоставления угловых коэффициентов в уравнениях (5) и (6) следует, что влияние угла наклона φ на величину переборов в данном случае в 3,5 раза меньше, чем влияние параметра C_0 .

Аналитическое выражение связи исследуемых параметров может быть записано так:

$$h = C_0 + L\eta \cdot \sin\varphi, \quad (8)$$

где L - глубина контурного шпура, см; η - коэффициент использования шпуров. Для глубины $L=3\text{ м}$ и коэффициента $\eta=0.9$ в идеальном случае ведения буровзрывных работ формула (8) принимает вид:

$$h = C_0 + 270\sin\varphi, \quad (9)$$

С целью наглядного представления совместного влияния исследуемых факторов на законтурные переборы выполнено графическое сопоставление уравнений (5) и (9) в трехмерном измерении (рис. 3), где аргументирующие параметры, в соответствии с рекомендациями изменялись в пределах: $-5\text{ см} \leq C_0 \leq 5\text{ см}$ (относительно проектного контура выработки) и $2^\circ \leq \varphi \leq 4^\circ$. Наблюдаемое различие в пространственном положении функциональных поверхностей (корреляционной и теоретической), соответствующих уравнениям (5) и (9), показывает, что совместное влияние аргументирующих факторов C_0 и φ на величину переборов в выражении (9) существенно более интенсивное, чем в корреляционной зависимости (5), графически показанной на рисунок 3 заштрихованной плоскостью.

Для количественной оценки этого влияния выполнено сопоставление градиентов плоско-параллельного скалярного поля, характеризующих максимальную скорость изменения $h=h(C_0, \varphi)$ в направлении нормалей N_1 и N_2 к линиям уровня 1.1 и 1.2 (рис. 3). Так, в произвольно выбранных точках M_1 и M_2 с координатами $C_0=2\text{ см}$, $\varphi = 3^\circ$, $h_1=9.21\text{ см}$ и $h_2=16.12\text{ см}$ численные значения градиентов соответственно составили $\text{grad } h_1/\text{grad } h_2=0.56/5.70\text{ см}$ при значениях ортов $i=1\text{ см}$, $j=0.0174$, $K=1\text{ см}$. Таким образом, уравнение (9) отражает более чем десятикратное превышение интенсивности, изменения функции $h_2=h_2(C_0, \varphi)$ в сравнении с корреляционной зависимостью (5) $h_1=h_1(C_0, \varphi)$, что свидетельствует о высокой степени влияния исследуемых параметров на результирующий показатель эффективности контурного взрывания h .

Расчеты по условиям $C_0 = \text{const}$; $\varphi_1 = 2^\circ$; $\varphi_2 = 4^\circ$ (I) и $\varphi = \text{const}$; $C_0 = -2\text{ см}$; $C_0 = +2\text{ см}$ (II) показали существенно более интенсивное влияние угла наклона контурных шпуров на переборы, в сравнении с отклонением устья шпура C_0 , особенно в поле уравнения (9), где степень влияния угла φ (Δh при $C_0 = \text{const}$) в 30 раз превосходит величину приращения Δh по уравнению (5). Аналогичные сравнения результатов расчета по условию II характеризуются лишь двукратным превышением степени влияния C_0 (Δh при $\varphi = \text{const}$) в сопоставляемых формулах (9) и (5).

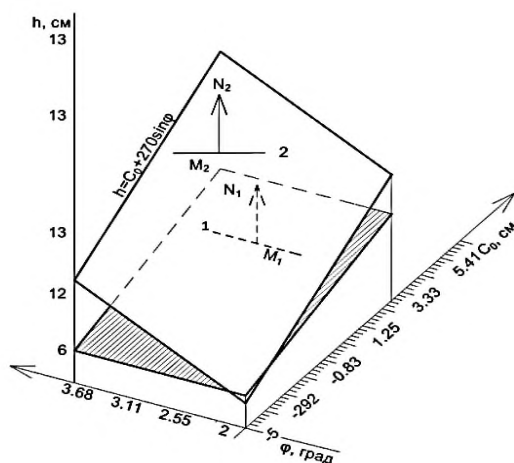


Рисунок 3 - Графическое сопротивление функциональной (1) и корреляционной (2) зависимости законтурных переборов h от величины отклонения устья шпуров C_0 и угла наклона их φ к проектной поверхности выработки.

Выводы:

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Фактический разброс параметров расположения контурных шпуров и соответствующие законтурные переборы, а также статистические характеристики стабильности этих величин являются типичными технологическими признаками буровзрывных работ без применения автоматических средств контроля бурения шпуров при проходке выработок в условиях отечественного горно-строительного производства;
2. Отклонение дна шпуров от проектного контура выработки, является функции угла наклонов шпура к оси выработки, также невозможно определять эффективности контурного взрывания, с тем, что использование его в качестве норматива при управлении разрушающим действием взрыва нецелесообразно;
3. Основная масса результатов забойных измерений параметров контурного взрывания (68-75 %) находится в узком интервале двух стандартов ($\bar{x} \pm S_x$), что позволяет в дальнейшем рассмотреть эти соотношения в качестве критериев для разработки нормативных допусков исполнения паспорта БВР, обеспечивающего практически приемлемую точность оконтуривания и качество вновь образованной поверхности выработанного пространства;
4. На переборы горных выработки углы наклонов контурных шпуров представляет существенно более высокие степени влияния, по сравнению величиной отклонения устья шпуров от проектного контура выработки (в пределах практически приемлемого значения КИШ контурных зарядов).

Литература:

1. Андреев Р.Е. Повышение эффективности контурного взрывания при проходке горных выработок глубоких горизонтов подземных рудников: дисс. к.т.н. Санкт-Петербург, 2009. С. 168
2. Проектирование и строительство больших плотин. Подземные работы и улучшение скальных оснований плотин. Издательство «Энергия» Москва. 1966г. Ленинград. По материалам VII и VIII международных конгрессов по большим платинам.
3. Шехурдин В.К., Несмотрев В. И. Федеренко П. И. Горное дело. М. Недра 1987 г. 440с.
4. Брылов С. А., Грабчак Л.Г., Комощенки В.И. Горно-разведочные и буровзрывные работы. М. Недра 1989г. 287 с.
5. Барон Л. И Ключников А.В. Контурное взрывание при проходке выработок М. Наук 2007г.
6. Хасанов Н.М., Ятимов У.А. Геологические факторы, влияющие на разрушение устойчивости гидротехнических тоннелей. Вестник КГУСТА. 2018. № 2 (60). С. 94-98.
7. Булычев Н. С. «Механика подземных сооружений». Изд-во: М.: Недра; Издание 2-е, перераб. и доп. 1994 г. 382 с.
8. Рыжов П.А. Математическая статика в горном деле. Москва Высшая школа, 1973г. 283с.
9. Лишин Г. А., Геймон Л. М. Ведение взрывных работ методом гладкого взрывания. Шахтное строительство №2. М. 2000г.
10. Колмогоров А.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Москва: Издательство «Наука», 1986. 535 с.
11. Барон Л. И., Тургоников И. А., Ключников А. В. Нарушение пород при контурном взрывании М. Наук 2005г, 176 с.

12. Бротанек И. Контурное взрывание в горном деле и строительстве. Москва Недра 1983г, 182 с.

13. Хасанов Н.М., Абдужабаров А.Х. Сейсмостойкость гидротехнических тоннелей частично заполненных водой. Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2018. № 1 (45). -С. 291-295.

МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ- AUTHORS BACKGROUND

RU	TJ	EN
Хасанов Нурали Мамедович	Ҳасанов Нуралӣ Мамедович	Khasanov Nurali Mamedovich
Доктор технических наук, доцент кафедры «Основания, фундаменты и подземные сооружения»	Доктори илмҳои техники дотсенти кафедраи «Асосҳо, таҳкурсиҳо ва иншоотҳои зеризаминӣ»	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Foundations, Foundations and Underground Structures
Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
Khasanov.nurali@mail.ru		
0000-0002-6718-6693		
Холов Фазлиддин Аббосович	Холов Фазлиддин Аббосович	Kholov Fazliddin Abbosovich
Соискатель	Унвонҷӯ	Applicant
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана	Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология АМ ИТ	Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan
RU	TJ	EN
Алимардонов Алишер Менгалиевич	Алимардонов Алишер Менгалиевич	Alimardonov Alisher Mengalievich
Ассистент кафедры «Основания, фундаменты и подземные сооружения»	Ассистенти кафедраи кафедраи «Асосҳо, таҳкурсиҳо ва иншоотҳои зеризаминӣ»	Assistant of the Department of Foundations, Foundations and Underground Structures
RU	TJ	EN
Хасанов Мухриддин Нуралиевич	Хасанов Мухриддин Нуралиевич	Khasanov Mukhriddin Nuralievich
Соискатель	Унвонҷӯ	Applicant
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана	Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология АМ ИТ	Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

ВНЕДРЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В БЕЛАРУСИ: ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Евстратенко А.В.

Белорусский государственный университет транспорта

В статье рассматривается достижение цели инновационного развития путём модернизации архитектурно-строительной деятельности благодаря внедрению информационного моделирования. В связи с этим растёт актуальность изучения BIM-технологий, позволяющих принимать эффективные решения на всех стадиях жизненного цикла зданий. Возникает острая необходимость изменений в подготовке специалистов, способных не только к получению новых знаний, но и практической адаптации их в современных условиях. Вместе с тем важно четко понимать все трудности и риски при внедрении цифрового моделирования.

Ключевые слова: информационная модель, проектирование, BIM-технологии, жизненный цикл, образовательный процесс.

IMPLEMENTATION OF BIM TECHNOLOGIES IN BELARUS: EDUCATIONAL AND PRACTICAL ACTIVITIES

Evstratenko A. V.

The article considers the achievement of the goal of innovative development by modernizing architectural and construction activities through the introduction of information modeling. In this regard, the relevance of studying BIM technologies that make it possible to make effective decisions at all stages of the life cycle of buildings is growing. There is an urgent need for changes in the training of specialists capable not only of obtaining new knowledge, but also of their practical adaptation in modern conditions. At the same time, it is important to clearly understand all the difficulties and risks when implementing digital modeling.

Keywords: information model, design, BIM technologies, life cycle, educational process.

ЧОРИ НАМУДАНИ BIM – ТЕХНОЛОГИЯ ДАР БЕЛОРУС: ФАЪОЛИЯТИ ТАЪЛИМИ ВА АМАЛИ

Евстратенко А.В.

Дар мақола ноил шудан ба ҳадафи рушди инноватсионӣ тавассути модернизатсияи фаъолияти меъморӣ ва сохтмонӣ тавассути чорӣ намудани моделсозии иттилоотӣ баррасӣ мешавад. Дар робита ба ин, аҳамияти омӯзиши технологияҳои BIM меафзояд, ки ба шумо имкон медиҳад, ки дар ҳама марҳилаҳои давраи ҳаёти биноҳо қарорҳои муассир қабул кунед. Дар тайёр кардани мутахассисоне, ки на танҳо донишдои нав, балки дар шароити дозира мутобик намудани амалии онҳо кодиранд, дигаргуниҳои таъҷили ба миён гузошта мешаванд. Дар баробари ин, ба таври возеҳ фаҳмидани тамоми мушкилот ва хатарҳо дар татбиқи моделсозии рақамӣ муҳим аст.

Калимаҳо калидӣ: модели иттилоотӣ, тарҳрезӣ, технологияҳои BIM, давраи ҳаёт, раванди таълим.

Введение

Цифровизация строительной отрасли Беларуси идет довольно активно, однако трудоемко. Многие девелоперы открывают у себя целые BIM-подразделения, архитектурные бюро стараются развивать это направление. Данная тенденция не может оставаться без внимания и в образовательном процессе учреждений высшего образования, осуществляющих подготовку специалистов архитектурно-строительного профиля, который все более сближается с соответствующими направлениями.

Не совсем корректным является всё ещё довольно распространенное мнение, что BIM-технология необходима для создания 3D-моделей с целью визуализации объектов проектирования и подготовки соответствующей документации. BIM (Building Information Modeling или Building Information Model) – это технология совместной работы с данными об объекте строительства на всех этапах жизненного цикла здания или сооружения: проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции и сноса. BIM-модель содержит сведения об объектах в нее входящих, параметрических связях между ними и позволяет добавлять новые данные в информационную модель на любом этапе всего жизненного цикла объекта, что упрощает взаимодействие участников проектной, строительной и эксплуатационной деятельности. Технология призвана снизить затраты на этапах проектирования и строительства, обеспечить эффективность информационного обмена, хранения данных и доступа к ним [1].

Информационная модель является базой данных для систем закупок, календарного планирования, управления проектами и других систем. Любое изменение в проекте отражается в других разделах проектной документации, к примеру, в сметах. Как указывают исследователи и специалисты, BIM-технологии позволяют оптимизировать трудовые процессы, оценивая различные варианты виртуального проектирования и строительства объектов и территорий, проводить тестирование используемого оборудования и строительных материалов, ускоряя и существенно упрощая весь процесс проектирования (от моделирования ситуации до проведения финансово-

экономических расчетов и оценки капитальных вложений в строительство), презентовать проект, эффективно управлять всеми процессами строительства и эксплуатации [2, С. 24].

В настоящее время всё ещё не является решенным ряд проблем, препятствующих использованию BIM-технологий всеми субъектами архитектурно-строительной деятельности.

Среди основных отметим следующие:

- потребность в техническом оснащении, которое может оказаться дорогостоящим для небольшой отраслевой компании;
- неоправданно увеличенные временные затраты при работе с малыми объектами, из-за чего проводимая работа является экономически неэффективной. Технология целесообразна для осуществления сложных и масштабных проектов;
- затруднения в реализации принципов цифрового моделирования на этапах строительства и эксплуатации. В настоящее время технологии используются на отдельных этапах проектирования для автоматизации процесса формирования проектно-сметной документации;
- несовершенство нормативно-правовой базы, регламентирующей архитектурно-строительную деятельность с использованием технологий информационного моделирования;
- необходимость полноценной поддержки программного обеспечения и баз данных;
- недостаток квалифицированных кадров, владеющих исчерпывающими знаниями в рассматриваемой области.

Своего рода революция в архитектурно-строительной отрасли является серьезной предпосылкой для определенных трансформаций в процессе подготовки будущих специалистов. Однако можно констатировать, что в настоящее время отсутствует четкое видение таких изменений. Можно предположить, что в ходе освоения обучающимися образовательной программы получение ими знаний, умений и навыков должно соответствовать последовательности этапов жизненного цикла строительного объекта, условно выделенных в такие стадии, как предпроект (предпроектное предложение, технико-экономическое обоснование), проект (эскизный проект, технический проект), рабочий проект и рабочая документация, строительство, управление и эксплуатация, ремонт и (или) реконструкция, снос [5, С. 3].

В связи с вышесказанным не вызывает сомнений необходимость освоения студентами архитектурно-строительного профиля целого ряда программных комплексов, в которых ведется проектная работа. В качестве основных программ, рекомендуемых для ознакомления и освоения в ходе учебного процесса, можно отметить следующие: Autodesk Robot Structural Analysis Professional; SOFISTIK; Autodesk Revit MEP; Autodesk AutoCAD; Autodesk Revit Architecture; Autodesk 3ds Max; Autodesk Revit Structure; Autodesk Design Review; Grasshopper; Rhinoceros 3D. В таблице 1 приведены основные функции перечисленных программных продуктов.

Таблица 1 – Функции программных продуктов, в которых возможна реализация BIM-технологий, в том числе образовательный процесс

№	Наименование программного продукта	Основные разрабатываемые разделы
1	Autodesk Robot Structural Analysis Professional SOFISTIK	Строительная механика, механика грунтов, динамические расчёты строительных конструкций; основания и фундаменты; железобетонные и каменные конструкции, металлические конструкции и др.
2	Autodesk Revit MEP	Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики; теплоснабжение с основами теплотехники; электроснабжение; инженерное оборудование систем отопления и вентиляции и др.
3	Autodesk AutoCAD, Revit, Architecture, 3D Max, Revit Structure	Инженерная графика, компьютерная графика в проектировании, информационные технологии, геодезия, основания и фундаменты, металлические конструкции, конструкции из дерева и пластмасс и др.
4	BIM 4D-календарное планирование, ППР, стимуляция процесса строительства; BIM 5D-экономическая оценка, сметная документация	Технологические процессы в строительстве; технология воздействия зданий и сооружений; основы организации и управления в строительстве; модели и методы организации строительства зданий и сооружений; экономика и организация инвестирования в строительстве.
5	Autodesk Design Review	Групповая работа над проектом; курсовое и дипломное, реальное проектирование

Autodesk Robot Structural Analysis Professional предоставляет в распоряжение проектировщиков полный набор инструментов для расчетов и анализа конструкций зданий любого размера и сложности. Инженеры получают возможность быстрее проводить строительные расчеты для самых разных видов конструкций.

SOFiStiK – универсальный программный комплекс, использующий метод конечно-элементного анализа для расчета и проектирования строительных конструкций, решения задач геотехники любой сложности, анализа газо- и гидродинамики.

Autodesk Revit MEP – программный комплекс для проектирования инженерных сетей, может быть изучен в рамках дисциплины «Инженерные сети и оборудование» при освоении принципов проектирования систем водоснабжения, водоотведения и отопления.

Autodesk AutoCAD – это система автоматизированного проектирования, являющаяся мировым лидером среди графических программ для 2D- и 3D-проектирования.

Работая над концептуальной моделью гражданского или промышленного здания с использованием программы Autodesk Revit Architecture, далее в этой же программе студент может продолжить курсовое задание по разработке архитектурно-строительных чертежей.

Autodesk 3ds Max – один из мощнейших 3D-редакторов, которому под силу решать самые разнообразные задачи. Он по многим причинам считается программой архитекторов и дизайнеров интерьера, одна из которых – возможность качественного создания фотореалистичных визуализаций. Современный 3ds Max – это не только архитектурная визуализация, но ещё и 3D-моделирование, качественная физика объектов на основе реальных законов физики, настройка анимации, система частиц и многое другое.

Autodesk Revit Structure является средством проектирования строительных конструкций с согласованным обновлением моделей и видов, двунаправленной связью с расчетными программами и моделированием с учетом материалов. Взаимодействие с Autodesk Revit Architecture и Autodesk Revit MEP, инженеры и архитекторы могут использовать все преимущества платформы Revit, работая с единой базой данных. Программа позволяет выполнять проверку согласованности данных по архитектурным решениям, строительным и инженерным системам. Более того, можно получать уведомления об изменениях, внесенных другими проектными коллективами.

Autodesk Design Review – программа для просмотра файлов проектов 2D и 3D, внесения в них электронные пометки, вывода на печать и отслеживания изменений в файлах. Все это становится возможным без использования исходных САПР.

Rhinoceros 3D – программа для 3D проектирования и моделирования. Программа используется в CAD проектировании, архитектуре, графическом дизайне и корабельном или промышленном планировании. Rhinoceros содержит множество плагинов и инструментов для моделирования объектов различного размера или сложности. Программа дает возможность работать с NURBS объектами, проводить анализ работы, редактировать и преобразовывать проекты в различные форматы. Также Rhinoceros позволяет расширить возможности программы путем подключения множества плагинов

Grasshopper – подключаемый модуль для программы трехмерного NURBS-моделирования Rhinoceros. Grasshopper позволяет вести параметрическое моделирование и проектирование, результатом которого являются впечатляющие алгоритмические трехмерные модели. В отличие от RhinoScript, Grasshopper не требует знания программирования [3].

Технологии BIM в проектировании опираются на создание трехмерной модели здания, но в данном случае модель является не просто набором геометрических элементов и текстур, а многомерной моделью объекта строительства, которая несет в себе всю информацию о нем. Это единая программируемая виртуальная модель, используемая на всех этапах проектирования, включая визуализацию, проверку на наличие пространственных коллизий, автоматизированное компьютерное производство, планирование этапов строительства и т.д. Такую модель могут одновременно использовать и изменять все участники процесса строительства, от архитекторов и инженеров-консультантов до подрядчиков и заказчиков. Основные преимущества рассматриваемых технологий заключаются в возможности осуществления качественной трёхмерной визуализации, централизованном хранении данных о модели, автоматическом получении спецификаций и любых других объемов из модели, использовании модели для последующего сопровождения объекта в ходе его эксплуатации.

В качестве примера можно привести реализацию в 2018–2021 гг. государственной компанией «Минскметропроект» объектов Минского и Московского метрополитена с использованием технологии информационного моделирования для всех разделов: стадия «Р» двух станций Московского метрополитена, стадия «С» первого участка третьей линии – отдельные станции и притоннельные сооружения и стадии «А» второго участка третьей линии Минского метрополитена. Специалистами использовались продукты Autodesk (Revit, Civil3D, Navisworks, 3Ds

Max, AutoCad), VitroCad для организации среды общих данных, и уникальная разработка ОАО «Минскметропроект» – «АСУП-Метро» – комплексная система автоматизации функций управления административной, инженерно-технической и производственно-технологической деятельностью ОАО «Минскметропроект» [4].

Одним из пионеров внедрения информационного моделирования в рабочий процесс в стране называют ОАО «Институт Белгоспроект». В 2013 году институт был определен базовой проектной организацией, которой предстояло освоить BIM-технологии. Институтом реализованы проекты Китайско-Белорусского центра сотрудничества в индустриальном парке «Великий камень», Республиканского клинического медицинского центра в поселке Ждановичи, Национального центра электронных услуг, ясли-сада на 230 мест с бассейном в границах пр-та Дзержинского – пр-та Любимова – ул. Семашко в г. Минске.

Анализируя опыт освоения BIM-технологий в учебном процессе, отметим, что в Белорусском государственном университете транспорта при изучении профильных дисциплин студенты, обучающиеся по направлению «Промышленное и гражданское строительство» и «Архитектура», получают знания и навыки работы в Autodesk AutoCAD, Autodesk Revit Architecture и Autodesk 3ds Max. То есть обучение строится таким образом, чтобы студенты получили навыки создания плоскостных архитектурно-строительных чертежей в соответствии с действующими стандартами. А далее изучили более сложные программы функционал которых позволяет поэтапно проектировать от создания концептуальной модели здания до выпуска рабочей документации архитектурно-строительной части проекта (рис. 1–3).

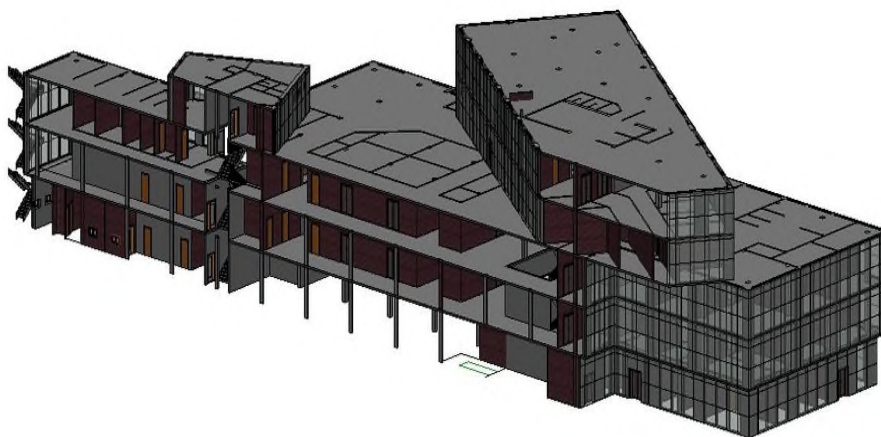


Рисунок 1 – Этап создания модели здания (работа студента Алампиева В.О.)



Рисунок 2 – Этап визуализации объекта (работа студента Алампиева В.О.)

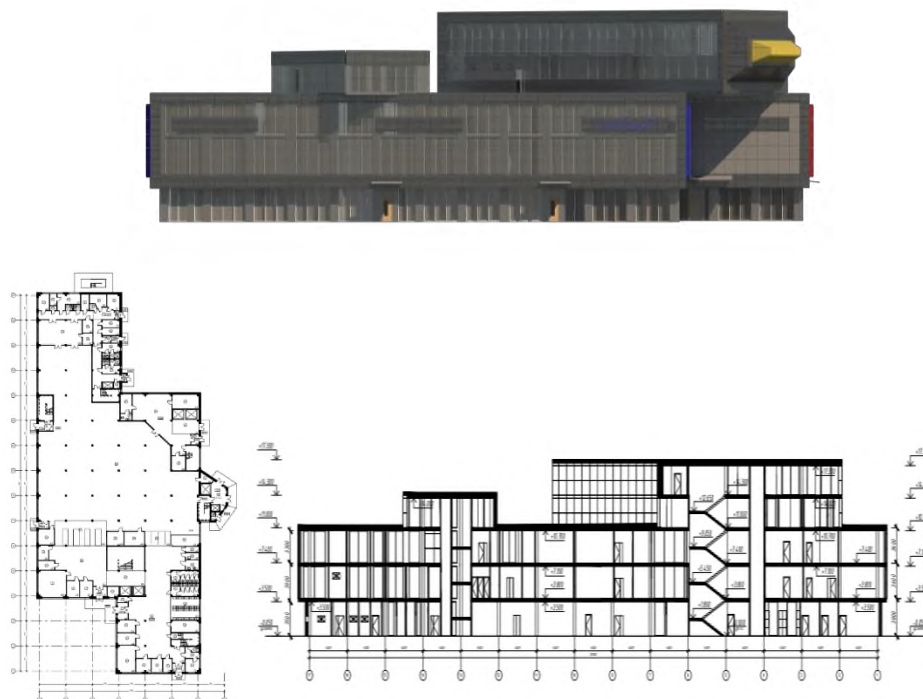


Рисунок 3 – Этап создания рабочей документации (работа студента Аламиева В.О.)

Потребность в компетентных кадрах в строительной отрасли существовала всегда. Сегодня практически каждая строительная компания в стране в той или иной мере испытывает дефицит кадров, причем это касается не только специалистов рабочих профессий, но и инженерно-технических работников. Новые технологии стимулируют и новые квалификационные требования к специалистам. Именно цифровизация признана перспективным направлением развития для всех секторов экономики, в том числе строительного комплекса. Рутинные операции передаются для выполнения машинам и механизмам, ведется поиск мер для снижения издержек и уменьшения финансовых рисков. И данные тенденции будут только усиливаться.

Авторы статьи [1] отмечают такие проблемы в сфере кадрового обеспечения строительной отрасли, как отсутствие у выпускников вузов необходимой производственной практики; несоответствие качества подготовки квалифицированных специалистов требованиям работодателей; резкое сокращение подготовки профильных инженерно-технических специальностей; неактуальность образовательных программ современным технологиям и отсутствие актуальных знаний у преподавателей в области новых технологий. Однако, по нашему мнению, и многие работодатели всё ещё не готовы к работе в новых условиях и навыки молодых специалистов, порой, оказываются не в полной мере востребованы.

Благодаря цифровизации процессов в строительной деятельности появляются новые профессии. Например, недавно появились такие профессии, как BIM-мастер – специалист по разработке семейств, шаблонов, своего рода контент-мейкер; BIM-программист – разработчик дополнительного программного обеспечения, плагинов; BIM-менеджер/координатор – человек, который координирует процессы внедрения и последующего использования технологии информационного моделирования. Также инновация не обошла стороной и строительную площадку. Выполнением работ занимаются специалисты новых профессий: оператор дрона – проводит облет строящихся зданий снаружи и внутри для видеофиксации изменений; оператор камеры 360 – занимается съемкой внутри здания, обходя все пространства по утвержденному маршруту; ассессор – занимается разметкой видеорядов и фотографий с объектов для настройки работы искусственного интеллекта для распознавания дефектов, нарушений требований безопасности и охраны труда, классификации оборудования и подсчета фактических объемов выполненных работ.

В сфере образования высказываются различные предположения о выборе наилучшего пути внедрения BIM-технологий в учебный процесс [5, С. 78–79; 6, С. 14]. С одной стороны может быть введен объёмный дополнительный курс для студентов, с другой – осуществлена полная реорганизация образовательных программ. Второй путь, по нашему мнению, предпочтительнее, несмотря на радикальность изменений, которые за этим должны последовать. Весьма интересен опыт реализации в 2019 году нового подхода в Каунасском Технологическом Университете, где с помощью практики проектных совещаний студенты разных факультетов или специальностей в

пределах одного факультета формировали группу для проектирования здания путем моделирования процессов BIM [7, С. 341]. Для каждого участника определялась своя роль – заказчика, архитектора, инженера-конструктора, сметчика и координатора и т.д. Такая образовательная методика имитирует фактические проектные совещания и командную работу по BIM-технологии.

Все указанное, несмотря на наличие заметных трудностей при внедрении цифровых технологий, свидетельствует о необходимости в ближайшей перспективе пересмотра компетенций специалистов и соответствующей корректировке образовательных программ в части перечня изучаемых дисциплин и возможности последовательного выполнения практических задач по смежным дисциплинам в общей среде.

В настоящее время в Беларуси технологию в полной мере использует ряд крупных государственных проектных организаций. Процесс внедрения продолжается и необходимы изменения в содержании Единого квалификационного справочника должностей служащих и разработка соответствующих стандартов. Следует учитывать и то, что работа с использованием BIM-технологий не является консервативной. С появлением нового программного обеспечения и технологий коммуникации специалистам потребуется обучение.

Таким образом, информационное моделирование предполагает новый подход к созданию и управлению архитектурно-строительным объектом, передаче данных об объекте и слаженной командной работе. Внедрение BIM-технологий в образовательный процесс архитектурно-строительных вузов должно происходить с первых дней обучения, формируя целостное представление о многоэтапном проектировании. Для этого необходимо не только выделить ещё большего объема часового фонда для проведения занятий по ознакомлению с программными комплексами, при помощи которых можно создать цифровую информационную модель объекта строительства, но и пересмотр содержания учебных планов с целью формирования всестороннего представления о будущей профессиональной деятельности.

Литература:

1. Голдобина Л.А., Орлов П.С. BIM-технологии и опыт их внедрения в учебный процесс при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» // Записки Горного института. 2017. Т.224. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tehnologii-i-opyt-ih-vnedreniya-v-uchebnyy-protsess-pri-podgotovke-bakalavrov-po-napravleniyu-08-03-01-stroitelstvo> (дата обращения: 16.01.2022).
2. Орловская Т.Н. Внедрение BIM-технологий как аспект инвестиционной безопасности в сфере строительства / BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции; СПбГАСУ. СПб., 2018. С. 22–27.
3. BIM-технологии. Применение BIM-технологий [Электронный ресурс]. Ульяновск: Строительная компания «ПСК Твой дом», 2021. URL: <http://www.psktd.ru/bim> (дата обращения: 18.01.2022).
4. Практика внедрения BIM на примере проектирования и строительства Минского метрополитена. URL: <https://metropr.by/images/metropr/docs/conference12122018.pdf> (дата обращения: 16.01.2022).
5. Хапин, А.В., Махиев Б.Е. Проблемы внедрения технологий BIM в архитектурно-строительное образование. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы III Международной научно-практической конференции; СПбГАСУ. Санкт-Петербург, 2020. С. 75–80.
6. Булавина Д.А., Снежкина О.В., Бочкарева О.В. О внедрение BIM-технологий в учебный процесс. Приднестровский научный вестник. 2019. Т. 1. № 2. С. 13–16.
7. Масёнене А.Р. Практико-ориентированный подход в обучении BIM-технологиям студентов старших курсов строительных вузов. Проблемы внедрения технологий BIM в архитектурно-строительное образование. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы III Международной научно-практической конференции; СПбГАСУ. Санкт-Петербург, 2020. С. 338–343.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРОВ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

RU	TJ	EN
Евстратенко Анжелика Владимировна	Евстратенко Анжелика Владимировна	Evstratenko Anzhelika Vladimirovna
кандидат архитектуры, доцент	Номзади меъморӣ, дотсент	PhD in Architecture, Associate Professor
Белорусский государственный университет транспорта	Донишгоҳи давлатии нақлиёти Беларус	Belarusian State University of Transport
Тел.: +375(29) 306 16 34. E-mail: angelikaevstratenko@gmail.com		

УДК.626/627:691.32

ХИМИЧЕСКИЕ ДОБАВКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ СОСТАВА БЕТОНА НАПОЛНЕННЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Акрамов А.А.

Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими

В данной статье рассматриваются физико-механические и реологические свойства модифицированного состава бетона, наполненного неорганическими вяжущими веществами при введении в их состав химической добавки органического происхождения. Результаты указывают на то, что химические добавки растительного происхождения эффективно влияют на модифицированный состав бетона, чем на обычном составе бетона. При введении этих добавок на модифицированный состав бетона повышается физико-механические и реологические свойства бетона, при этом происходит экономия цемента на 25-30 %.

Ключевые слова: вяжущие вещества, бетон, химические добавки, щелочный экстракт стеблей хлопчатника, щелочный экстракт рисовой лузги, керамзитовая пыль, отходы обогащения флюоритовых руд.

ИЛОВАҶОИ ХИМИЯВИИ РАСТАНӢ БАРОИ ТАҒЙӢР КАРДАНИ ТАРБИЯИ БЕТОНИ ПУР ШУДАНИ ИЛОВАҶО

Акрамов А.А.

Дар ин мақола хусусиятҳои физикавӣю механикӣ ва реологӣи бетони таркибаш тағйирёфтаи аз пайвастиҳои ғайриорганикӣ аз таъсири иловаи кимиёвӣю органикӣ оварда шудааст. Натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки иловаҳои кимиёвӣю органикӣ гирифташуда нисбат ба таркиби бетони муқаррарӣ ба таркиби бетони тағйирёфта таъсири муассир доранд. Дар сурати ба таркиби бетони тағйирёфта ҷорӣ намудани ин иловаҳо хосиятҳои физикавӣю-механикӣ ва реологӣи бетон баланд шуда, цемент 25—30 Ҷонз сарфа карда мешавад.

Калимаҳои калидӣ: пайвандкунанда, бетон, иловаҳои химиявӣю, экстракти шиқорию гузапою, экстракт шиқорию куракҳои шолӣ, хоки гили керамзит, партовҳои коркарди маъдани флюорит.

CHEMICAL ADDITIVES OF VEGETABLE ORIGIN FOR MODIFICATION OF THE COMPOSITION OF CONCRETE FILLED WITH INORGANIC BINDERS

Akramov A.A.

This article discusses the physical, mechanical and rheological properties of the modified composition of concrete filled with inorganic binders when a chemical additive of organic origin is introduced into their composition.

The article presents the results of the influence of a chemical additive of organic origin on the modified composition of concrete filled with inorganic binders. The results indicate that plant-derived chemical additives have an effective effect on modified concrete composition than on conventional concrete composition. With the introduction of these additives on the modified concrete composition, the physical-mechanical and rheological properties of concrete increase, while saving cement by 25-30%.

Keywords: binders, concrete, chemical additives, alkaline extract of cotton stalks, alkaline extract of rice husks, expanded clay dust, fluorite ore beneficiation waste.

Введение

Наиболее энергоёмким считается производство строительных конструкции и изделий на основе неорганических вяжущих материалов, а также его самого производства. Применение неорганических вяжущих веществ в строительных конструкциях и изделий, а также в чистом виде делает расточительным возрастание стоимости энергоносителей. Проведенные исследования показали, что применение минеральных добавок, которые состоят из неорганического вяжущего и минерального наполнителя эффективнее, так как при применении их в состав бетонной смеси, снижается энергопотребность их производства.

Цементные и гипсовые вяжущие, которые являются наполненными неорганическими вяжущими веществами, в структуре образовавшегося цементного камня играют роль микронаполнителя при твердении минералов состава вяжущего и гидратации. Известно, что себестоимость применяемых минеральных добавок как микронаполнители вяжущего вещества всегда ниже себестоимости самого вяжущего, так как вещество состава наполнителей не всегда подвергаются термической обработке.

Основным компонентом состава сухого строительного смеси (ССС) является минеральные добавки наполненными неорганическими вяжущими веществами, ассортимент и производство которых в последние годы резко возросло в мире. Неорганические минеральные вяжущие, минеральные наполнители из неорганических веществ разного состава, которые входят в состав многокомпонентной порошкообразной мелкозернистой композиции, составляют сухую строительную смесь. Современные СССР, основой которой является неорганические вяжущие – это

продукция новейшей технологии, которое значительно увеличивает производительность труда и дает качественные результаты по сравнению с традиционными.

В нашей Республике месторождения сырьевого материала для получения вяжущего вещества очень много, но производство их ограничено. Широкое применение минеральных наполнителей и химической добавки, получаемого из местного вида сырья и отходов некоторых производств уменьшают дефицит количества неорганических вяжущих материалов, одновременно улучшая их качества.

Введение в состав бетона наполненными неорганическими вяжущими веществами и многофункциональными химическими добавками полученного из растительного сырья, считают наиболее рациональным способом улучшения технологического качества и эксплуатационного свойства строительных композиций. Это объясняется тем, что растительное сырьё является наиболее распространенным и возобновляемым веществом, по видам и запасам имеется почти во всех регионах нашей Республики. Многие компоненты растительного сырья способны изменить реологические свойства минерального неорганического вяжущего вещества при одином и при комплексном введении их в состав. В данной работе для модификации неорганического вяжущего вещества были использованы следующие химические добавки: декстрин, модифицированный лигносульфат технический, щелочный экстракт стеблей хлопчатника, щелочный экстракт рисовой лузги, картофель, кукуруза, а в качестве армирующей добавки минеральные наполнители: отходы обогащения флюоритовых руд и керамзитовая пыль. Ежегодно в различных отраслях промышленности Республики используют выше приведенные химические добавки.

Материалы и методы исследования

Для модифицирования неорганического вяжущего вещества, нами были приняты следующие добавки: декстрин, модифицированный лигносульфат технический, щелочный экстракт стеблей хлопчатника и щелочный экстракт рисовой лузги. Совместно было использовано микрокристаллическая целлюлоза как армирующая добавка. В качестве минеральных наполнителей было использовано отход обогащения флюоритовых руд и керамзитовая пыль.

Образцы для испытания изготавливали из бетона состав которой 1:1,7:3,45:0,45 (обычный портландцемент:песок:щебень:вода) при введении добавки в разных пропорциях твердевшие в течении 28 дней. Размер образцов бетона (кубика) принимали согласно стандарту 10x10x10 см. Через сутки твердения их расформировали и часть оставили твердеть в комнатной температуре, а часть образцов оставили твердеть в открытом воздухе.

Для определения срока схватывания согласно стандартной консистенции изготовили тесто гипсовой вяжущей. Производили формировку балочек, размер которых согласно стандарту 4x4x16 см. Образцы в воздушно-сухом состоянии твердели 24 часа. Образцы испытывали на универсальном малогабаритном гидравлическом прессе марки ПГМ-500 МГ 4А. Для определения прочности часть образцов испытывали при сжатии и на изгиб, а другую часть испытывали на прочность после водонасыщения. Эксперименты проводились в НИИ "Строительство и архитектура".

Результаты исследования и обсуждения

Экспериментальным путем было установлено оптимальное дозирование состава модифицированного наполненного вяжущего, обеспечивающих повышение технологического и технического качества строительных смесей и снижении энергозатрат в их производстве. Установлено, что наиболее эффективным регулятором срока схватывания гипсового и цементного вяжущего являются химические добавки из щелочного экстракта стеблей хлопчатника и щелочного экстракта рисовой лузги. Эти добавки способны изменять водопотребность и сроки схватывания вяжущих, как в чистом цементе, так и с наполненными минеральными добавками. При введении ЩЭСХ и ЩЭРЛ в состав вяжущих, в оптимальных количествах прочность не меняется.

Декстрин и ЩЭСХ одновременно повышая прочность и водостойкость гипсовых вяжущих, как на чистом, так и на так и на наполненном минеральными добавками гипсовом вяжущем, пластифицируют гипсовое тесто. [9-12]

От минералогического состава и расхода химической добавки в гипсовом вяжущем зависят сроки схватывания вяжущих, регулирующее влиянием ЩЭСХ и ЩЭРЛ. Малое содержание химических добавок в модифицированном наполненном вяжущем уменьшают время схватывания вяжущего, а большое их содержание повысит время схватывания. По степени влияния на регулирование срока схватывания цементного теста, щелочный экстракт рисовой лузги является более активным, чем щелочный экстракт из стеблей хлопчатника. Данные расхода приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Расходы экстракта стеблей хлопчатника, нормальная густота и сроки схватывания цементов

Цемент и его свойства	Расход добавки, % от массы цемента					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Обычный портландцемент:						
- нормальная густота, %	24,5	23,4	22,0	21,5	21,0	20,5
- сроки схватывания, мин.:						
начало	160	45	40	40	60	65
окончание	290	200	115	110	190	280
Сульфатостойкий цемент:						
- нормальная густота, %	24,0	23,5	22,5	21,5	-	-
- сроки схватывания, мин.:						
начало	170	35	60	120		
окончание	270	140	100	200	-	-

Химические добавки, изменяя вязкость цементного теста увеличивают подвижность бетонной смеси, что способствует повышению их прочности. Самым оптимальным содержанием ЩЭСХ в составе цемента является 0,05-0,2% от массы цемента.

Таблица 2 – Расходы экстракта рисовой лузги, нормальная густота и сроки схватывания цементов

Цемент и его свойства	Расход добавки, % от массы цемента					
	0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7
Обычный портландцемент:						
- нормальная густота, %	24,5	24,0	23,25	23,0	20,5	20,25
- сроки схватывания, мин.:						
начало	160	20	25	25	45	60
окончание	290	190	130	130	130	190
Сульфатостойкий цемент:						
- нормальная густота, %	24,0	-	23,0	22,0	-	20,0
- сроки схватывания, мин.:						
начало	110	-	25	25	-	50
окончание	240	-	110	120	-	170

С введением этой добавки во всех агрессивных средах, в которых находятся образцы, повышается их стойкость. Результаты показали, что после 6-ти месячного нахождения образцов в дистиллированной воде и в растворе 0,25н H_2SO_4 коэффициент стойкости бетона равняется 0,88-1,7 для дистиллированной воды и более 0,6 для раствора 0,25н H_2SO_4 .

Содержание керамзитовой пыли и гашения, флюоритовых руд до 20% в составе цементного вяжущего являются наиболее эффективными минеральными наполнителями, так как они сохраняют, а иногда и повышают прочность бетона, при варьировании их содержания.

Совместное использование этих наполнителей в составе цемента расширяет их содержание до 20-30%, не нанося ущерб на прочность бетона. По сравнению с цементом у этих наполнителей водопотребность более высокая. Добавки из МЛСТ и декстрина регулируя сроки схватывания цемента, снижают на 8-11% водопотребность наполнителей.

Результаты эксперимента указывают на то, что при совместном использовании вышеуказанных добавок с наполненной цементной вяжущей, бетон получается высокопрочным.

При введении вышеуказанных добавок по отдельности с химическими добавками или с минеральными добавками в состав цемента, или без добавок, прочность бетона получается невысоким.

Опыты показывают, что при введении добавок из декстрина из ЩЭСХ, образцы бетона в более поздние сроки твердения приобретают высокую прочность, достигнув прочности бетона с добавкой МЛСТ. Отсюда можно прийти к выводу, что согласно влияниям добавок на сроки твердения бетона, можно их располагать в один ряд, то есть МЛСТ-декстрин-ЩЭСХ. На коррозионностойкость бетона в агрессивных средах благоприятно влияют растительные химические добавки на модифицированном наполненном цементном вяжущем.

Коэффициент стойкости бетонных образцов бетонных образцов, которые находились в течении 360 суток в агрессивных средах (дистиллированная и минеральная вода, раствора сульфата магния $MgSO_4$), равнялся от 0,85 до 1,1.

Удельный расход уменьшался от 29 до 41% у модифицированных неорганических вяжущих с химической добавкой растительного происхождения, и у цемента уменьшился от 25 до 30%, при получении соответствующих сухих строительных смесей, имеющего оптимального параметра по времени схватывания и подвижности теста. Введенные добавки в эти смеси дают нам возможность получить более высокопрочные конструкции и изделия по сравнению без добавки.

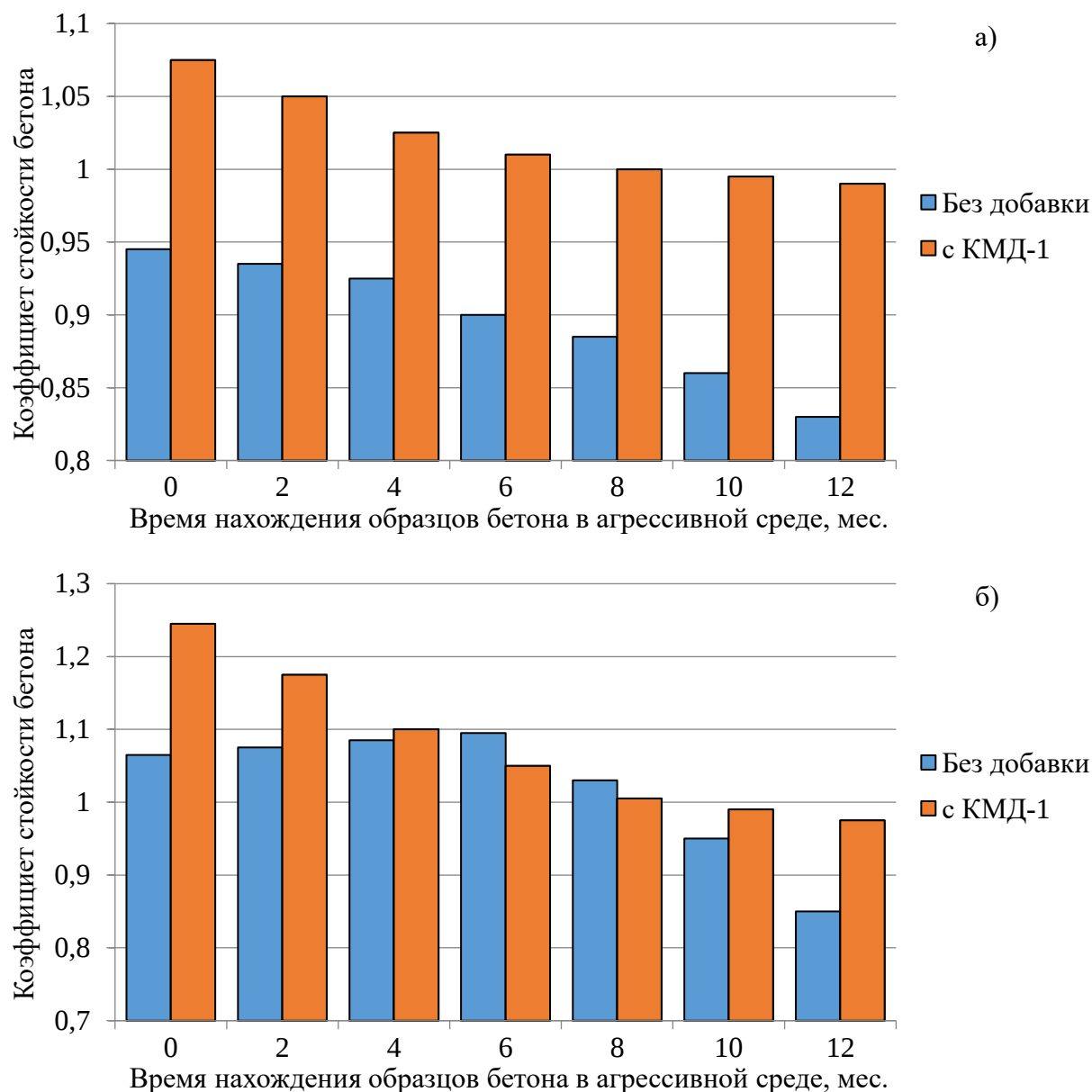


Рисунок 4.1.2. - Зависимость стойкости бетона состава 1:1,51:2,57:0,4 от времени нахождения образцов в дистиллированной воде (а) и 6% растворе $MgSO_4$ (б) для составов вяжущего (цемент: КМД-1), масс. %: (1-100:0 и 2- 80:20)

Вывод

Разработанная технология модифицирования экспериментально доказала, что применения этих добавок для производства сухих строительных смесей очень кстати и они никак не влияют на их качества. Нужно отметить, что применение минерально-химических добавок из местного вида сырья и других отходов (отход обогащения флюоритовых руд, керамзитовая пыль с сочетанием декстрина, МЛСТ, ЩЭСХ, ЩЭРЛ, микрокристаллическая целлюлоза из хлопкового линта) позволяют регулировать сроки схватывания строительных смесей, повышает прочность и водостойкость гипсобетона, прочность и коррозионностойкость цементного бетона. На основе вышесказанного и результатов эксперимента с минерально-химическими добавками можно приготовить гипсовые и цементные вяжущие строительного изделия с предварительно прогнозируемыми сроками схватывания и прочности.

Нужно отметить, что изделия из модифицированного вяжущего с химическими добавками, наполненных с гипсовым вяжущим более водостойкие, чем при обычном гипсе.

Строительные изделия приготовленного из модифицированного наполненного цементного вяжущего, можно использовать в гидротехнических, дорожных, ирригационных и др. сооружениях. Минерально-химические добавки, применяемые в исследованиях, были получены из отходов других производств и ежегодно возобновляемых растений, при применении которых в состав вяжущих получили улучшенные качества гипсовых и цементосодержащих материалов. И при производстве их снизилась энергопотребность.

Надо так же отметить, что утилизация отходов обогащения флюоритовых руд и производства керамзита, а также стеблей хлопчатника и рисовой лузги для получения минерально-химических добавок к вяжущим материалам имеет не только техническое значение для расширения сырьевой базы производства добавок, но также имеет экологическое значение по улучшению природных условий на местах их образования и хранения.

Литература

1. Шарифов А., Камолов Г. Применение отхода флюоритового производства в составе цементных бетонов. -Докл.АН Тадж.ССР, 1989, №9, с.611-614.
2. Шарифов А. А.с. СССР №1590464, МКИ С 04 В 28/02, 24/10. Способ получения добавки для бетонной смеси, 1984.
3. Шарифов А. А.с. СССР №1664763, МКИ С 04 В 28/18. Комплексная добавка для бетонной смеси, 1984.
4. Шарифов А. А.с.СССР №1735225, МКИ С 04 В 24/38. Комплексная добавка для бетонной смеси, 1985.
5. Шарифов А., Умаров У.Х., Камолов Г.,Саидов Д.Х., Хокиев М.К. Эффективный регулятор схватывания вяжущих веществ. -Сухие строительные смеси, 2011, №4,с.32-33.
6. Шарифов А., Умаров У.Х., Камолов Г.,Саидов Д.Х., Хокиев М.К. Регулятор процесса схватывания неорганических вяжущих веществ. -Вестник Таджикского технического университета им. акад. М. Осими, 2010, №2(10), с.50-54.
7. Шарифов А.,Умаров У.Х., Акрамов А.А. Отходы хлопчатника эффективные добавки для модифицирования наполненных гипсовых вяжущих. -Сухие строительные смеси, 2012, №2, с.31–33.
8. Шарифов А.,Умаров У.Х., Акрамов А.А. Повышение прочности и снижение водопоглощения гипсобетона минерально–химическими добавками. -Технологии бетонов, 2012, №1–2, с.68–69.
9. Шарифов А., Акрамов А.А., Сайрахмонов Р.Х., Камолов С.Г. Влияние декстрина на водонепроницаемость и морозостойкость бетона на цементно – волластонитовых вяжущих Вестник Таджикского технического университета, серия 1(21), Душанбе: «Шинос», 2013. – С.49 – 52..
10. Шарифов А., Акрамов А.А. Назиров Я.Г., Муминов А.К. Прочность и деформативность бетонов с добавкой щелочного экстракта стеблей хлопчатника. Известия АН Республики Таджикистан, №4 (153), Душанбе: «Дониш», 2013. – С. 106–112..
11. Шарифов А., Акрамов А.А. Назиров Я.Г., Муминов А.К. Щелочный экстракт стеблей хлопчатника – регулятор свойств строительного гипса. Доклады АН Республики Таджикистан, Т.57, №11-12-, Душанбе: «Дониш», 2014. – С. 860-863.
12. Шарифов А., Акрамов А.А. Назиров Я.Г., Муминов А.К. Повышении прочности и коррозионно-стойкости цементосодержащих композиций с экстрагируемыми веществами состава стеблей хлопчатника. Доклады АН Республики Таджикистан, Т.59, №5-6-, Душанбе: «Дониш», 2016. – С. 248-252.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ - INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Акрамов А.А.	Акрамов А.А.	A.A. Akramov
н.и.т.	к.т.н.	candidate of technical sciences
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими	TTU named after Academician M.S/Osimi
akramov.avaz@mail.ru		
ORCID Id 0000-0002-7084-9128		

УДК 7.711.4(575,3)

ОСНОВНЫЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО ЛАНДШАФТА ТАДЖИКИСТАНА.

Рахматуллаева Н.И.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.

В статье описываются проблемы размещения и формирования торгово-бытовых зон, с учетом современного положения дорожно-транспортных коммуникаций, типа рельефа, почвы. Проведен сравнительный анализ стационарных сооружений и сборно-разборных торгово-бытовых модулей на предмет целесообразности использования и внедрения определенного типа конструкций, собраны основные статистические данные, представленные в виде картографических изображений, которые позволят изучить данную тему, и более развернуто описать возможные неблагоприятные природные явления. Также в статье уделяется внимание рассмотрению основных природно-климатических факторов, и их основных составляющих, которые в дальнейшем будут способствовать оптимальному выбору методов проектирования, планировочных решений, и типов застройки в горных и мало доступных регионах Таджикистана.

Ключевые слова: сельская местность, модуль, быт, сборно-разборные конструкции, ремесло, рельеф, ландшафт.

ОМИЛҲОИ АСОСИИ ТАБИИЮ ИҚЛИМИИ БА УСУЛҲОИ ЛОИҲАКАШӢ ТАЪСИРКУНАДА ДАР ШАРОИТИ МАНЗАРАҲОИ КУҲИИ ТОҶИКИСТОН

Рахматуллаева Н.И.

Дар мақола проблемаҳои ҷобачогузорӣ ва ташаккули минтақаҳои савдою маишӣ бо назардошти вазъи робитаан роҳҳои нақлиётӣ, намудҳои рельеф ва ҳок, дар замони муосир тавсиф карда мешавад. Таҳлили муқоисавии иншооти статсионарӣ ва модулиҳои фурӯхташавандаи ҷаҳона ва маишӣ барои имконпазирии истифода ва ҷорӣ намудани ин намуди иншоотҳо, инчунин маълумотҳои асосии омӯрӣ дар шакли тасвирҳои картографӣ оварда шудаанд, ки онҳо имкон медиҳанд то ин, ки мавзӯ муфассалтар омӯхта шавад.

Ҳамчунин, дар мақола ба дида баромадани шаклҳои асосии табию иқлимӣ ва таълифоти асосии он, ки дар оянда барои ҷудо намудани усулҳои лоиҳабандӣ, ҳалли тарҳрезии он ва намудҳои маскуншавӣ дар ноҳияҳои қуҳии дастнораси Тоҷикистон мусоидат мекунад, диққат дода шудааст.

Калимаҳои калидӣ: деҳотҷой, модуль, зисту зиндагӣ, кӯструксияҳои ҷамъу ҷудошаванда, ҳунармандӣ, рельеф, манзара.

MAIN NATURAL-CLIMATIC FACTORS INFLUENCING THE METHODS OF DESIGN IN THE CONDITIONS OF MOUNTAIN LANDSCAPE OF TAJIKISTAN

Rakhmatullaeva N. I.

The article describes the problems of placement and formation of trade and household zones, taking into account the current state of road transport communications, such as relief, soil. A comparative analysis of stationary structures and collapsible retail and household modules for the feasibility of using and introducing a certain type of structures has been carried out, basic statistical data presented in the form of cartographic images have been collected, which will allow to study this topic, and to describe in more detail possible adverse natural phenomena. The article also pays attention to the consideration of the main natural and climatic factors, and their main components, which will further contribute to the optimal choice of design methods, planning solutions, and types of development in mountainous and poorly accessible regions of Tajikistan.

Key words: countryside, module, trade, everyday life, collapsible structures, craft, relief, landscape.

Введение: Сложный рельеф Таджикистана является основным фактором, когда речь идет о доступности к отдаленным регионам страны. Для того чтобы сравнить показатели проходимости, можно воспользоваться статистическими данными и результатами для получения подробной информации о транспортно-коммуникационных связях отдаленных горных регионов с более крупными локализациями располагающихся на относительно равнинной поверхности с большей численностью населения.

Материалы и методы: Существует структура расселения, о котором были сделаны исследования доктором Акбаром А.А[1], вертикально-поясные зоны.и изучить проектирование горно-рекреационных комплексов. Необходимо организовать композиционную структуру в форме линейно-осевой и компактной структуры. Линейно- осевая преобладает во многих случаях и такая система наиболее удобна. В горных районах в основном преобладают незначительные селения на 300-500 жителей, и развитие селений ограничено [2]. В связи со сложным рельефом жилые поселения развиваются бессистемно, поэтому необходимо исследовать основные методы и принципы их развития.

Для начала необходимо перечислить основные проблемы постоянного размещения торгово-бытовых стационарных сооружений, которые невозможно передвигать, переносить и разбирать. Основные трудности возникающие при проектировании названных построек связаны со следующими факторами:

- Лавины;
- Сели;

- Движение ледников;
- Наводнения;
- Землетрясения;

Каждый из перечисленных факторов является определяющим при проектировании в отдаленных горных регионах, также на лавиноопасные места приходится около 75% всей территории Таджикистана. По данным ОБСЕ в республике 30 000 - 40 000 потенциальных мест где может сойти снежная лавина, 573 селевых очага подразделенные на категории происхождения:

Дождевые – 338, Ледниковые – 8, Снежниковые – 148, Смешанного типа – 79 (сели содержащие в себе сразу несколько вышеперечисленных явлений). Среди селевых источников, 194 составляют опасные, представляющие угрозу инфраструктуре [3].

Изучив карту ледников Таджикистана, можно спрогнозировать потенциальную опасность, исходящую от возможных прорывов замерзших ледниковых озер при потеплении и селевых потоков. Современные технологии предоставляют ранее невиданные возможности, такие как цифровые карты ледников общей площадью 6855 кв. км. На территории Таджикистана около 542 ледниковых озер.

Определим главные минусы стационарных капитальных торгово-бытовых сооружений:

Дороговизна, стоимость проекта возрастает ввиду сложной архитектурно-планировочной ситуации, так же как и при организации строительных работ потребуются не малые средства доставить строительный материал в отдаленные, труднодоступные места, где из подручных ресурсов есть только скалистые породы, без древесины.

Сложность при проектировании и размещения сооружения на рельефе, так как речь идет о сельских регионах Таджикистана, то практически все они локализованы на сложном горном рельефе, что неизбежно приведет к детальному изучению конкретного места топографами, геодезистами, архитекторами, инженерами и другими специалистами для решения поставленных задач. Если на относительно равнинной поверхности производятся эти же процедуры, то строительство на горном рельефе требует индивидуального подхода, что делает невозможным типовую застройку и делает обязательным пересмотр общих норм и правил, которые будут меняться в зависимости от ландшафта и климата присущего проектируемому месту.

Стационарность, привязанность к определенному месту для городской среды является плюсом, чего нельзя сказать о горных поселениях, которые часто меняют свое местоположение из-за перечисленных факторов (наводнение, сель, лавина, землетрясение), которые вынуждают жителей горных регионов не раз переносить свои жилища в более благоприятные условия.

Для наглядного ознакомления с географической ситуацией представлен (рисунок 1), на котором лавиноопасные зоны и типы рельефа [3].

Также на карте обозначены уровни лавиноопасности, самые высоко опасные из них обозначены темно красным цветом, что покрывает больше половины карты Таджикистана и типы рельефа [4]. На (рисунок2) отображены селевые явления на территории Таджикистана и уровни подверженности селевым потокам, с классовым разделением их типового происхождения [5]. Дождевой тип, снежниковый тип, гляциальный тип (гляциальный сель - это селевой поток, формирование которого, связано с нарушением устойчивости ледниковоморенных комплексов; жидкая составляющая потока образуется преимущественно за счет талых ледниковых вод), смешанный, локальный, рассредоточенный очаг [6,7].

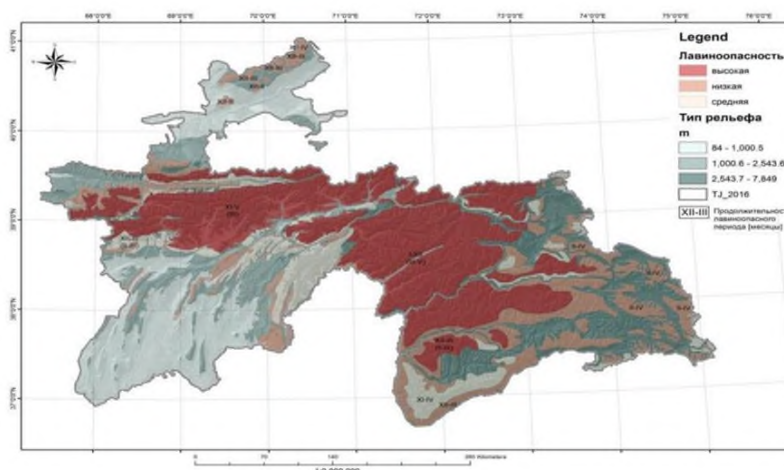


Рисунок 1- Лавиноопасные зоны, лавиноопасность: высокая; низкая; средняя.

Характер рельефа и природные анамалии формируют местный микроклимат и оказывают влияние на размещение застройки и планировки различных объектов обслуживания, а в некоторых случаях накладывают определённые ограничения и снижают эффективность размещения таких объектов. Особенности природно-климатических условий горного пояса Республики, влияют на размещение структуры объектов, жилых образований.

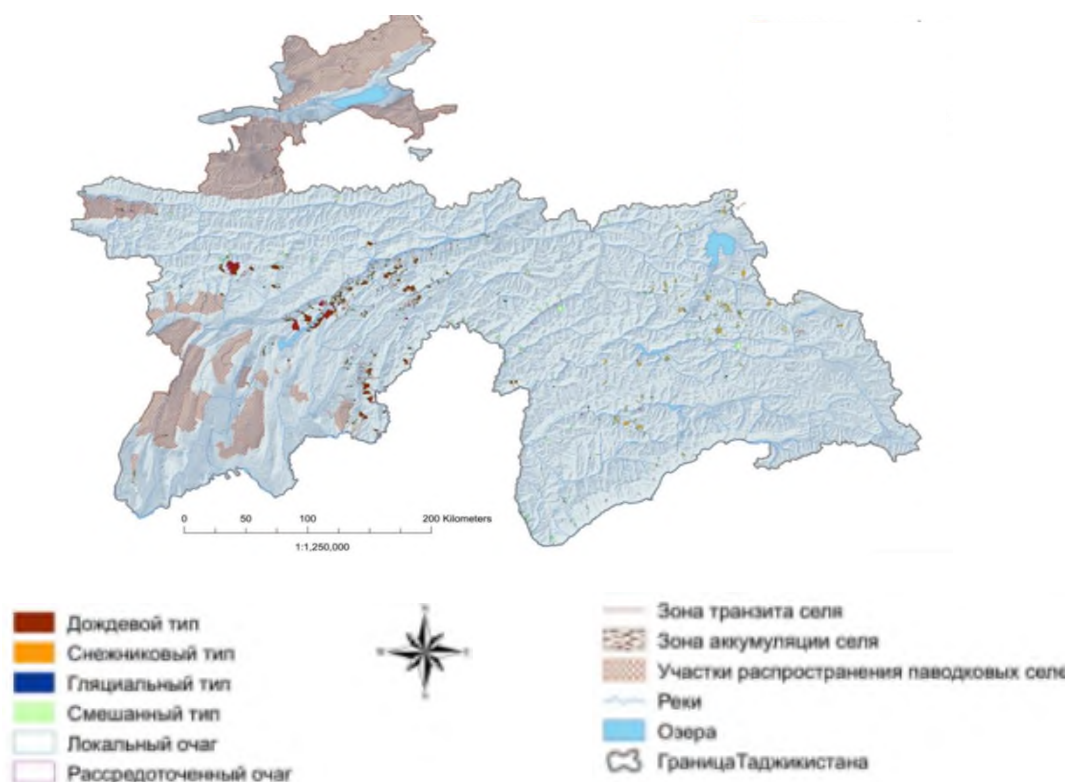


Рисунок 2- Селевые явления на территории Таджикистан

Перечислив минусы стационарного проектирования, можно перейти к плюсам торгово-бытовых модулей:

Мобильность, так как торгово-бытовые постройки представляют собой модули, значит они передвижные, что дает большое преимущество в сравнении со стационарным типом размещения.

Экономическая сторона вопроса, в данном определении, немаловажным будет момент, что проектирование обойдется гораздо дешевле, готовый модуль можно будет доставить непосредственно на необходимую локацию. Такой подход позволяет обойтись без специальной грузоподъемной техники, для доставки строительных материалов в труднодоступные высокогорные регионы страны.

Безопасность, возможность заранее спрогнозировать основные проблемные природно-климатические факторы, и заблаговременно избежать природных катаклизмов, ведь современные методы метеорологии способны предугадывать погоду и другие основные природные явления, основываясь на данные со спутников.

Перечислив основные плюсы данного типа проектирования, можно определить основной минус, который решаем при усиленном развитии транспортной инфраструктуры в труднодоступных горных регионах Республики Таджикистан, на сложных перевалах и ущельях. Этот минус заключается в транспортировке торгово-бытового модуля к предполагаемой локализации.

Результаты исследования: Основные пути решения данного вопроса, кроме как улучшение и развитие транспортной инфраструктуры, возможен при внедрении в задание на проектирование не только критерий мобильности модуля, но и сборно-разборный аспект, что позволит осуществить транспортировку и доставку торгово-бытового модуля на место в разборном виде. Предложения доктора Акбарова А.А., является актуальным в настоящее время, где предлагается модель «Формирование посёлков АПК в условиях горного региона».

Обсуждения результатов исследования: Также необходимо сделать этот процесс максимально простым и не требующим обширных знаний в области архитектуры и строительства. Хорошим каркасом для предложенной идеи может послужить грузоперевозной контейнер, который можно будет спланировать внутри под конкретные нужды и снаружи, используя понравившийся облицовочный материал, такой каркас отличается прочностью, легкостью и общей площадью до 30

кв.м. Площадь в 25-30 кв.м является оптимальной для ремесленных и торгово-бытовых модулей, легкость конструкций и модульная система дает возможность объединять контейнеры между собой, располагать их друг под другом, образуя этажи или террасы, в зависимости от назначения будущего сооружения, тем самым расширив полезную площадь. Возможное планировочное решение торгово-бытового и ремесленного модуля представлено ниже на (рисунок 3,4.). Такие варианты предлагались для труднодоступных населений и горных районов Таджикистана. Предлагаются различные планировочные системы внутреннего помещения контейнера, и его пространства. Тем более в настоящее время преобладает тенденция возрождения горных кишлаков и ремесла.

Тархи ошона дар сатҳи 0.00



Рисунок 3- Предлагаемые мини ремесленные предприятия, лепешечная КВД Душанбе, Шахрофар.

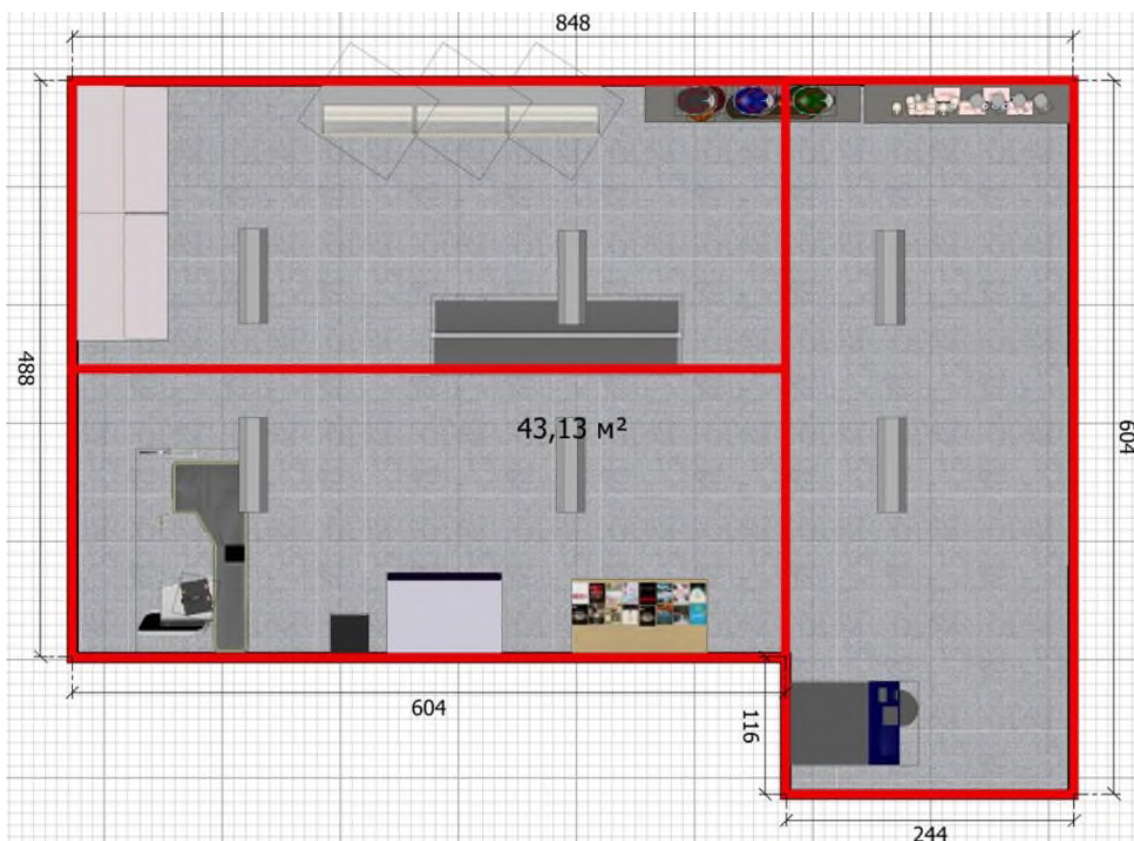


Рисунок 4- Планировочное решение торгово-бытового модуля

Выводы: Исходя из всего представленного в данной статье, можно прийти к заключению, что временные торгово-бытовые, сборно-разборные и передвижные модули, на сегодняшний день являются оптимальным решением для большинства горных регионов, так как в любой момент, есть возможность разобрать или передвинуть постройку данного типа, без ущерба, ввиду непростой географической ситуации на территории Таджикистана.

Литература:

1. Акбаров А.А. Проектирование горно-рекреационных комплексов. Методические пособия. Душанбе -2019г.
2. Рахматуллаева Ш.И. Градостроительные особенности развития социальной инфраструктуры горных районов Таджикистана. Москва. 1999г.
3. «ОБСЕ» организация по безопасности и сотрудничеству в Европе. Опасные природные явления в Таджикистане. Душанбе, Таджикистан 2018г.
4. Интернет ресурс <https://www.cntraveler.com/gallery> 2020г.09.08.22.
5. Акбаров А.А Особенности формирования и тенденции развития сельских поселений. Минск БНТУ, 2013-170с.
6. Патерсон Ю. С. Физика ледников. М., “Мир”, 1984, 471с.
7. Лосев К. С. Лавинный режим в горных районах СССР по анкетным данным. «Метеорология и гидрология», 1962, № 3.159с.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ - INFORMATION ABOUT AUTHOR

RU	TJ	EN
Рахматуллаева Н.И.	Рахматуллаева Н.И.	
Доктори PhD	Докторант PhD	PhD student
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
nasib2727@gmail.com, тел.:985-70-60-00.		

УДК 691.328.2+691.8-411

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЛЕГЧЕННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ С КОМБИНИРОВАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ (ОПКА) ПО ПРОЧНОСТИ, ЖЕСТКОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ

Шарифов А.Х.

Южно-Уральский государственный университет

В данной статье предлагается методика расчета облегченных плит с комбинированным армированием. Плиты выполнены из тяжелого бетона с вкладышами из легкого бетона (арболитовый блок), армированы стальной и стеклопластиковой арматурой. Для определения прочности комбинированных плит (ОПКА) расчет проводился методом предельного равновесия на полосовое и смежное разрушения с добавлением характеристик комбинированного армирования. Расчет по второму предельному состоянию осуществлялся в соответствии с действующими нормами и исследованиями зарубежных и отечественных экспериментов.

Ключевые слова: метод предельного состояния, облегченная плита, стеклопластиковая арматура, комбинация, напряжённо-деформированного состояния.

УСУЛИ ҲИСОБ КАРДАНИ ПЛИТАҲОИ САБУК БО АРМАТИ ОБИН (ОПКА) АЗ РЀИ ҚУВВАТ, САҲТӢ ВА ТОБОВАРӢ БА ШИКОҒТ

Шарифов А. Ҳ.

Дар мақолаи мазкур, усули ҳисоб кардани плитаҳои сабук бо армиронии омехта пешниҳод шудааст. Плитаҳо аз бетони вазнин бо васлкунаҳои бетони сабук (блоки арболит) ва бо арматураи охану композитӣ сохта шудаанд. Ҳисоби мустақамии плитаҳои омехта (ОПКА) бо усули маҳдуди мувозинат то тарзи шикасти тасма ва ҳамхӯдуд бо илова кардани хосиятҳои арматураи омехта муайян шудааст. Ҳисоб барои ҳолати дуҷуми мувозинат мувофиқи стандартҳои ҷорӣ ва омӯзиши таҷрибаҳои хориҷӣ ва ватанӣ гузаронида шудааст.

Калимаҳои калидӣ: усули ҳолати мувозинат, плитаи сабук, арматураи нахи шишагӣ, комбинатсия, ҳолати шидатнокӣ-шаклтағйирӣ.

METHOD OF CALCULATION OF LIGHTWEIGHT FLEXIBLE PLATES WITH COMBINED REINFORCEMENT (OPKA) ON STRENGTH, RIGIDITY AND CRACK RESISTANCE

Sharifov A.H.

This article proposes a method for calculating lightweight slabs with combined reinforcement. The slabs are made of heavy concrete with light concrete inserts (arbolite block), reinforced with steel and GFRP reinforcement. To determine the strength of combined slabs (OPKA), the calculation was carried out by the method of limiting equilibrium for strip and adjacent fractures with the addition of the characteristics of combined reinforcement. The calculation for the second limit state was carried out in accordance with the current standards and studies of foreign and domestic experiments.

Key words: limit state method, lightweight slab, fiberglass reinforcement, combination, stress-strain state.

Введение

Применение комбинированного армирования и использование облегченных конструкций в современном строительстве является известным и перспективным направлением [1, 2].

Использование композитной арматуры при комбинированном армировании подразумевает замену традиционной стальной арматуры на арматуру из стеклопластика или других видов композитных материалов. Это особенно актуально в агрессивных средах, где стеклопластик по сравнению со стальной арматурой может обеспечить лучшие долговременные характеристики [3–6]. Конструкции с использованием облегченных плит уже доказали свою перспективность в современном строительстве [7–9].

Методика исследования

Расчетные значения деформаций арматуры (стальной, композитной), бетона, арболитовых блоков для эксплуатационной стадии комбинированных плит с армированием стеклопластиком определялись в соответствии с действующими нормами и фактическими исследованиями. Для того чтобы приблизить расчеты к реальному поведению предлагаемой модели, формулы, входящие в действующие нормы и рекомендации, были рационально изменены на основании исследований отечественных и зарубежных работ [10-18,] и рассчитаны по предлагаемой методике, приведенной ниже.

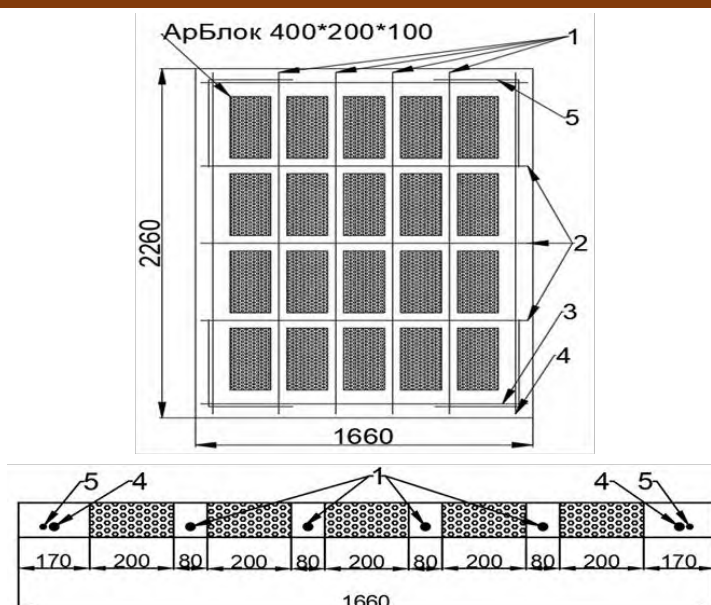


Рисунок 1- Геометрическая характеристика и поперечные сечения плиты

АСК_б^о – местоположение композитных арматур в центральных ребрах по длинной стороне, 2) АСК_а^о) местоположение композитных арматур в центральных ребрах по короткой стороне, 3) А_{са}^к – местоположение стальной арматуры в крайних ребрах по короткой стороне, 4) А_{sb}^к – местоположение стальной арматуры в крайних ребрах по длинной стороне, 5) ребро жесткости

Для плит свободно опертым на четырех углах величина изгибающего момента (на погонную единицу ширины) зависит от суммарной величины нагрузки и способа ее приложения [21].

Соответственно несущая способность плит, работающих в двух направлениях, определяется, как правило, по методу предельного равновесия, как наиболее простой по сравнению с другими методами, который позволяет достаточно просто и достоверно определять несущую способность элементов конструкций. При расчете методом предельного равновесия предполагается, что плита разламывается на плоские звенья (полосовое и смежное), соединенные друг с другом по линиям излома линейными пластическими шарнирами.

Результаты исследования

Полосовое разрушение: определяем предельную расчетную нагрузку при изломе средней полосы плиты в предположении, что в рассматриваемой полосе образуются линейные пластические шарниры, параллельные оси этой полосы: один линейный пластический шарнир в пролете с раскрытием трещин снизу и по одному линейному пластическому шарниру у опор с раскрытием трещин сверху.

$$q \frac{a \times b^2}{8} = M_{int} \quad (1)$$

$$M_{int} = R_s A_s Z_{np} = R_s (A_{s,np}^k \times Z_{np}^k + A_{s,np}^c \times Z_{np}^c) \quad (2)$$

$$q \frac{l_y(l_x - 2c_x)^2}{8} = R_s \times A_{s,np} \times Z_{np} = R_s \times A_{s,np}^{мет} + R_f \times A_{f,np}^{пл} \quad (3)$$

Смежный излом: при расчете на смежных излома принимается, что в пролете середине образуются взаимно перпендикулярные и взаимно параллельные линейные пластические шарниры с раскрытием трещин внизу. Плита разделяется этими пластическими шарнирами на четыре звена, вращающиеся вокруг опорных линейных пластических шарниров, оси которых расположены в зоне опор, как правило, ниже плиты, под углом к рядам опор. При этом трещины над опорными пластическими шарнирами раскрываются и развиваясь сверху вниз, трещины прорезают всю толщу плиты.

Для смежных излома плиты применительно к схеме излома, расчет ведется по формуле (4-7):

$$q \frac{l_x \times l_y}{8} \left(\frac{l_x + l_y}{2} \right) = M_{ext} \quad (4)$$

$$M_{ext} = \frac{R_s}{2} (A_{s,np}^k \times Z_{np}^k + A_{s,np}^c \times Z_{np}^c) \quad (5)$$

$$q \frac{l_x \times l_y}{8} \left(\frac{l_x + l_y}{2} - 2c + \frac{4}{3} \times \frac{c^3}{l_x \times l_y} \right) = \frac{R_s}{2} (A_{s,np}^k \times A_{s,np}^c); \quad (6)$$

$$\left[\frac{R_s}{2} \times A_{s, \text{пр}}^x \times Z_{\text{пр}} + \frac{R_f}{2} \times A_{f, \text{пр}}^x \times Z_{\text{пр}} \right] + \left[\frac{R_s}{2} \times A_{s, \text{пр}}^y \times Z_{\text{пр}} + \frac{R_f}{2} \times A_{f, \text{пр}}^y \times Z_{\text{пр}} \right] \quad (7)$$

где q — заданная равномерно распределенная нагрузка на плиты; $l_x=166$ см — размер плиты в направлении, перпендикулярном оси рассматриваемой полосы; $l_y = 220$ см — размер панели в направлении вдоль полосы; $C_x= 13$ см — расстояние от крайнего пластического шарнира до ближайшего к нему ряда опор; $A_{s, \text{кр}}$ — площадь сечения стальных арматур по краям плиты; $A_{f, \text{пр}}^{\text{пр}}$ — площадь сечения стеклопластиковых арматур в середине плиты; R_s — расчетная сопротивленности стальной арматуры, R_f — расчетная сопротивленности композитной арматуры Z_k и Z_n — плечи внутренних пар соответственно в крайнем и среднем плиты.

Соответственно, расчеты следует производить для предельных состояний второй группы, что позволяет более рационально проектировать и производить более правильную оценку прочности, трещиностойкости и деформируемости данной конструкции.

Расчеты по предельным состояниям второй группы включают: расчет по образованию трещин, по раскрытию трещин и по деформациям.

В настоящее время в России действуют два нормативных документа по определению деформируемости железобетонных конструкций и армированных полимеркомпозитной арматурой СП63.13330.2018 и СП295.1325800.2017. Однако методика расчета комбинированных элементов с учетом композитных материалов более детально приводятся в [18]. Вычисление ширины раскрытия трещин облегченных плит с комбинированным армированием осуществлялся по формуле (8):

$$a_{\text{crc}} = \varphi_1 * \varphi_2 * \varphi_3 * \psi_{s, f} \frac{\sigma_{s, f, \text{red}}}{E_{s, f, \text{red}}} * l_{s, f, \text{red}} \quad (8)$$

$\psi_{s, f}$ — напряжение в продольной растянутой стальной и композитной арматуре в нормальном сечении с трещиной от соответствующей внешней нагрузки.

$l_{s, f, \text{red}}$ — базовое расстояние между смежными нормальными трещинами, определялся согласно исследованию [18] учитывая работу комбинированной арматуры:

$$l_{s, f, \text{red}} = k_{s, f, \text{red}} (A_{bt} / A_{s, f, \text{red}}) d_{s, f, \text{red}} \quad (9)$$

$A_{s, f, \text{red}}$ принимает вид учитывая вклад стеклопластиковой арматуры

$$A_{s, f, \text{red}} = A_s + A_f (E_f / E_s) \quad (10)$$

В данном случае приведенный к стали условный диаметр комплексной арматуры можно получить из формулы площади круга

$$A_{s, f, \text{red}} = \pi * d_{s, f, \text{red}}^2 / 4$$

$$d_{s, f, \text{red}} = \sqrt{0.785 * A_{s, f, \text{red}}} \quad (11)$$

$k_{s, f, \text{red}}$, A_{bt} — принимается согласно исследованию [18]

$\psi_{s, f}$ — коэффициент, учитывающий неравномерное распределение относительных деформаций растянутой арматуры между трещинами следует определять по:

$$\psi_{s, f} = 1 - 0.8 (M_{\text{crc}} / M_{\text{max}}) \quad (12)$$

Для расчета второго предельного состояния комбинированных плит из стеклопластиковой арматуры и совместного применения тяжело-легкого (арболита) бетона используется следующее выражение для эффективного $A_{\text{red}} S_{\text{red}}$ и момента инерции I_{red} , которое учитывает разномодульные деформации $E_{s, f, \text{red}}$ комбинированных плит и различные характеристики материала.

«Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами» и многие исследователи [10-14,16,17] предлагают рассчитывать приведенное сечение момента инерции с учетом композитных материалов. В нашем случае с учетом легких блоков формула принимает вид:

$$I_{\text{red}} = I_b + I_s \alpha_s + I_f \alpha_f + I_{\text{blok}} \alpha_{\text{blok}} \quad (13)$$

Соответственно A_{red} и S_{red} поперечного сечения плиты, определяется по формуле:

$$S_{red} = S_b + S_s \alpha_s + S_f \alpha_f + S_{blok} \alpha_{blok} \quad (14)$$

$$A_{red} = A_b + A_s \alpha_s + A_f \alpha_f + A_{blok} \alpha_{blok} \quad (15)$$

Величины напряжений $\sigma_{s,f,red}$ в растянутой арматуре для комбинированной плиты со стеклопластиковой арматурой определяли по формуле:

$$\sigma_{s,f,red} = \frac{M}{Z_{s,f,red} * A_{s,f,red}} \quad (16)$$

$Z_{s,f,red}$ - расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до точки приложения равнодействующей усилий в сжатой зоне элемента определяли согласно предложению [18]

$$Z_{s,f,red} = 0.77 * h_0$$

$E_{s,f,red}$ — приведенный модуль деформации растянутой стальной и композитной арматуры, определяли по формуле:

$$E_{s,f,red} = \alpha_f * (E_s / \psi_s) = (E_s / \psi_s) * (E_f / E_s) \quad (17)$$

E_s - модуль упругости стальной арматуры

E_f - модуль упругости стеклопластиковой арматуры

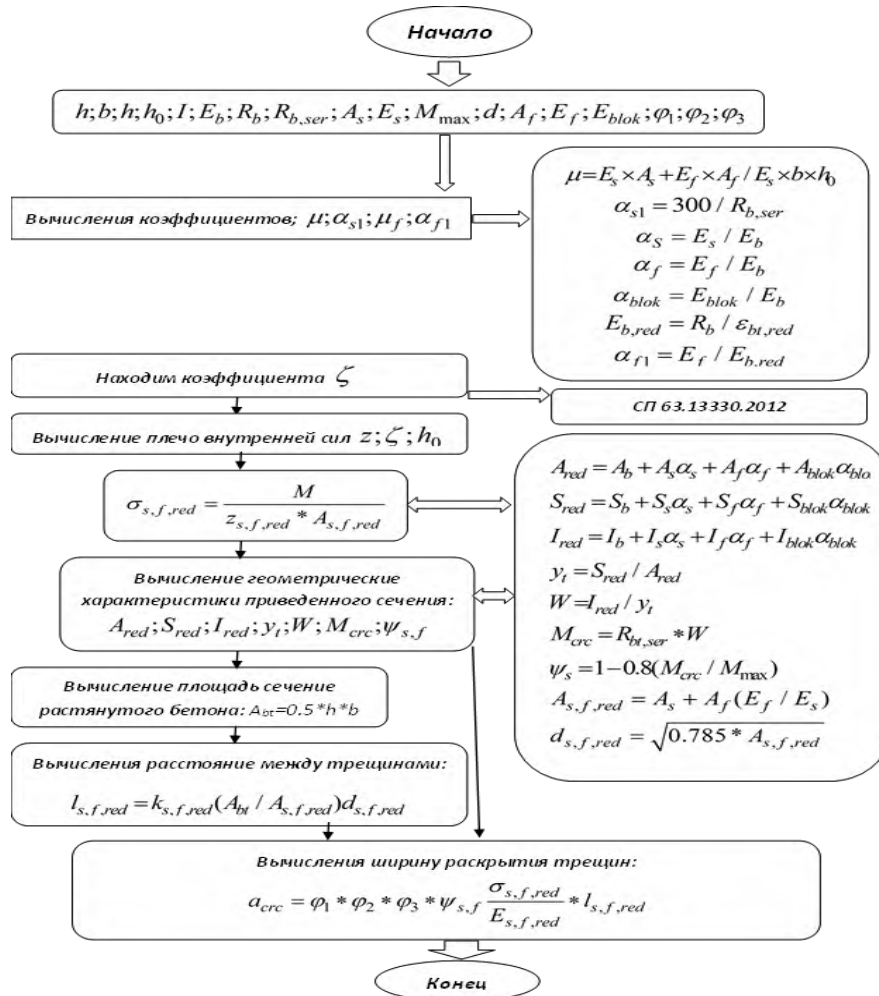


Рисунок 2- Блок схема для расчета образования и ширина раскрытия трещин для комбинированных плит

Для расчета железобетонных элементов с композитными материалами часто используется предельное состояние. Точный расчет прогибов предельное состояние может быть выполнен путем

интегрирования кривизны. Однако такие расчеты трудоемки и усложняют проектирование. Поэтому важно разработать упрощенные методы расчета для оценки прогибов железобетонных элементов с композитными материалами с приемлемой точностью.

Согласно [СП 295], п.6.2.18 допускается определять прогибы конструкций по общим правилам строительной механики в зависимости от характеристик изгиба, сдвига и осевого деформирования элемента в сечениях по его длине, но с заменой характеристик упругой жесткости на изгиб E^*I и кривизны $1/r$ непосредственно характеристикой жесткости D .

$$f_{\max} = S l^2 \left(\frac{1}{r} \right)_{\max} \quad (18)$$

S - коэффициент, определяемый по табл.4.3 [19] как для свободно опертой в зависимости от схема загрузки.

Кривизну элементов $\left(\frac{1}{r} \right)_{\max}$ от действия соответствующих нагрузок определяется по формуле:

$$\left(\frac{1}{r} \right)_{\max} = \frac{M}{D} = \frac{M}{E_{b,red} * I_{red}} \quad (19)$$

где M - изгибающий момент от внешней нагрузки

D - изгибная жесткость приведенного поперечного сечения с учетом дополнительных вкладышей и стеклопластиковой арматурой.

$E_{b,red}$ - приведенный модуль деформации сжатого бетона, принимаемый равным $E_{b,red} = \frac{R_{b,ser}}{\varepsilon_{b1,red}}$

—, где значение $\varepsilon_{b1,red}$ принимаем согласно (СП 295):

I_{red} - момент инерции приведенного поперечного сечения элемента относительно его центра тяжести определяем по общим правилам сопротивления упругих элементов с учетом площади сечения бетона только сжатой зоны и площади сечения растянутой арматуры с коэффициентом приведения арматуры к бетону α_{f1} ,

$x_{ms,f}$ - средняя высота сжатой зоны бетона, учитывающая влияние работы растянутого бетона между трещинами, и определяем согласно [СП 295]:

$$x_{ms,f} = h_0 * \sqrt{(\mu_s \alpha_{s2} + \mu_f \alpha_{f1})^2 + 2(\mu_s \alpha_{s2} + \mu_f \alpha_{f1})} - (\mu_s \alpha_{s2} + \mu_f \alpha_{f1}) \quad (20)$$

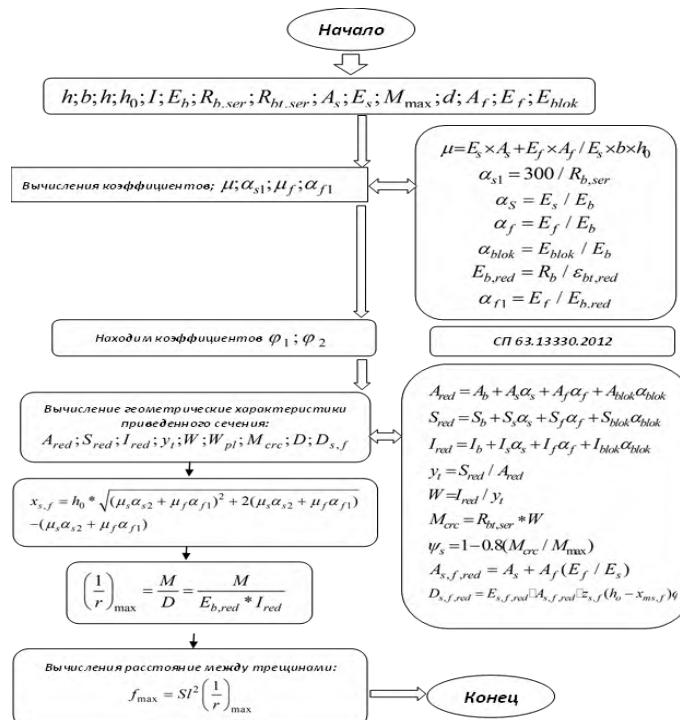


Рисунок 3- Блок схема расчета по деформациям для комбинированных плит

Вывод

Существующие нормативные документы по определению прочностных характеристик комбинированных плит неудовлетворительно оценивают работу облегченных плит с композитной арматурой и нуждаются в корректировке.

Предлагаемый метод расчета о влиянии совместной работы тяжелого легкого бетона, стальной и стеклопластиковой арматуры, а также их количество в предлагаемых формулах повышают достоверность теоретического расчета.

Литература:

1. Yinghao, L. Arrangement of hybrid rebars on flexural behavior of HSC beams / Liu Yinghao, Yuan Yong. – DOI 10.1016/j.compositesb.2012.08.023. – Текст: непосредственный // Composites Part B: Engineering. – Volume 45, Issue 1. – 2013. – P. 22–31.
2. Менейлюк, А. И. Облегченные монолитные перекрытия для зданий с «гибкой планировкой» / А. И. Менейлюк, А. А. Остапчук, В. В. Таран // Будівельне виробництво. – 2012. – № 53. – С. 9–15.
3. Mariko, O. Experimental analysis and flexural behavior of reinforced-concrete beams reinforced with Glass-fiber-reinforced polymers / Ousmane Mariko. – Текст: непосредственный // Инженерно-строительный журнал. – № 4 – 2010. – P. 5–12.
4. Is GFRP Rebar a Potential Replacement for Steel Reinforcement in Concrete Structures? / P. Gandhi, D. M. Pukazhendhi, S. Vishnuvardhan [etc.]. – DOI 10.1007/978-81-322-2187-6_157. – Текст: непосредственный // Advances in Structural Engineering. – 2015. – Volume 3. – P. 2043–2056.
5. Flexural response of SF concrete beams internally reinforced with different types of FRP bars / I. A. Sharaky, H. K. Shehab Eldin, Mohamed M. Shehata, Heba A. Mohamed. – DOI 10.14256/JCE.3009.2020. – Текст: непосредственный // GRAĐEVINAR. – № 12 – 2020. – P. 1117–1130.
6. Waleed, A. Flexural behavior of concrete beams reinforced with hybrid FRP Bars and HRB Bars / A. Waleed, Z. Z. Zhang, X. J. Ruan. – Текст: непосредственный // IOSR Journal of Engineering. – 2019. – Volume 9, Issue 6. – P. 25–33.
7. Бугаевский, С. А. Применение самоуплотняющегося бетона в технологии устройства облегченных железобетонных перекрытий / С. А. Бугаевский. – Текст: непосредственный // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2015. – № 69. – С. 79–90.
8. Шмуклер, В. С. Система «Монофант» для возведения монолитных железобетонных каркасов / В. С. Шмуклер, С. А. Бугаевский, В. Б. Никулин. – Текст: непосредственный // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2015. – № 71. – С. 70–84.
9. Аралов, Р. С. Анализ использования облегченных конструкций монолитных плит в Российской и зарубежной практике / Р. С. Аралов, В. И. Римшин. – Текст: непосредственный // Проблемы науки. – 2017. – № 7 (20). – С. 24–29
10. Михуб Ахмад, Польской П.П. Зарубежные методики расчета железобетонных конструкций, усиленных композитными материалами, //сб.научн.тр. "Вопросы проектирования железобетонных конструкций". Ростов -на -Дону: РГСУ, 2011, с.52-61.
11. Михуб Ахмад, Польской П.П., Котеленко Р. В. Блягоз А.М. «Расчет железобетонных балок, усиленных композитными материалами, по методу аналоговой фермы»: Новые технологии, МГТУ, вып.2, Майкоп, 2012. с. 79-88.
12. Михуб Ахмад, Польской П.П., Маилян Д.Р., Блягоз А. М. «Сопоставление опытной и теоретической прочности железобетонных балок, усиленных композитными материалами, с использованием разных методов расчё-та»:Новые технологии, МГТУ, вып.4,Майкоп,2012.с. 101-110.
13. Польской П.П., Хишмах Мерват, Михуб Ахмад. Сопоставление деформативности балок армированных стальной, углепластиковой и комбинированной арматурой.-М.: «Научное обозрение» 2012, №6 с.208-210.
14. Польской П.П., Михуб Ахмад. О программе исследования изгибаемых железобетонных элементов, усиленных различными видами композитных материалов//сб.научн.тр."строительство-2012".Ростов-на-Дону:РГСУ, 2012. с.51-52. с. 159-162.
15. Adam M.A., Said M., Mahmoud A.A., Shanour A.S. Analytical and experimental flexural behavior of concrete beams reinforced with glass fiber reinforced polymers bars // Construction and Building Materials. . Vol. 84. Pp. 354–366. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.03.057
16. Urbanski M., Lapko A., Garbacz A. Investigation on concrete beams reinforced with basalt rebars as an effective alternative of conventional R/C structures // Procedia Engineering. 2013. Vol. 57. Pp. 1183–1191. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.04.149
17. Lapko A., Urbanski M. Experimental and theoretical analysis of deflections of concrete beams reinforced with basalt rebar // Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2015. Vol. 15. No. 1. Pp. 223–230. DOI: 10.1016/j.acme.2014.03.008
18. Михуб Ахмад. Прочность, деформативность и трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов, усиленных композитными материалами: диссертация кандидата технических наук : 05.23.01 /

Михуб Ахмад; [Место защиты: Рост. гос. строит. ун-т].- Ростов-на-Дону, 2013.- 211 с.: ил. РГБ ОД, 61 13-5/1662

19. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры / ГУП «НИИЖБ». - 2004. – С. 140.

20. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами / В. Л. Чернявский [и др.]. – М., 2006. –48с.

21. И.И. Улицкий, С.А. Ривкин, М.В. Самолетов. Железобетонные конструкции (расчет и конструирование). Издание третье, Киев-1972, 992 стр.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ-INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Шарифов Абубакр Хайдарович	Шарифов Абубакр Хайдарович	Abubakr Kh. Sharifov
аспирант	аспирант	
Донишгоҳи давлатии Урали-Чанубӣ	Южно-Уральский государственный университет	South Ural State University
sharifov.a.h@mail.ru		

УДК 691.532.3.419.8

ИСТИФОДАБАРИИ БОСАМАРИ ИҚТИСОДИИ МАСОЛЕҲҲОИ АРБОЛИТӢ АЗ ТАРКИБҲОИ РАСТАНИЮ ЧАСПАНДА (ТРЧ) ДАР АСОСИ ҒУЗАПОЯИ ПАХТА

Чуракулов М.Р., Саидов Х.Х., Муродализода Х.М.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи ак. М.С.Осимӣ

Дар кори мазкур ҳисоби асосии босамарии иқтисодӣ аз истифодабарии панелҳои берунаи деворӣ бо гармичудокунӣ аз МГХҒГ бар ивази панелҳои вучуддоштаи якқабатаи керамзитобетонӣ дар биноҳои камшӯна дар шароитҳои Тоҷикистон оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: сохтмон, ашёҳои хом, масолеҳ, панел, девор, гузапоия пахта, технология, конструксия, маснуот, гарминигордор.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АРБОЛИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИТОВ (РВК) НА ОСНОВЕ СТЕБЛЕЙ ХЛОПЧАТНИКА

Джуракулов М.Р., Саидов Х.Х., Муродализода Х.М.

В данной работе приведены основные расчеты экономического эффекта от применения в малоэтажных зданиях в условиях Таджикистана наружных стеновых панелей с теплоизоляцией из ГГТМ в замены существующих однослойных керамзитобетонных панелей.

Ключевые слова: строительство, сырьё, материал, панель, стена, стебли хлопчатника, технология, конструкция, изделие, теплоизоляция.

ECONOMIC EFFICIENCY OF THE USE OF ARBOLITE MATERIALS FROM VEGETABLE BINDING COMPOSITES (VBC) BASED ON COTTON STEMS

Jurakulov M.R., Saidov Kh.H., Murodalizoda Kh.M.

This paper presents the main calculations of the economic effect of the use of external wall panels with thermal insulation from GGGTM in low-rise buildings in Tajikistan to replace existing single-layer expanded clay concrete panels.

Keywords: construction, raw materials, material, panel, wall, cotton stems, technology, construction, product, thermal insulation.

Муқаддима

Чӣ тавре, ки Президенти Ҷумҳурӣ дар Пайёмҳои худ қайд карда буданд, дар Ҷумҳурии мо барои ба даст овардани масолеҳҳои сохтмони дар асоси ашёҳои хоми маҳаллӣ тайёршуда диққати махсусро додан лозим аст. Проблемаи асосӣ, ин дар соҳаҳои сохтмони камшӯна барои панелҳои деворӣ беруна ин ашёҳои хоми дастрас ва нисбатан арзон мебошад. Барои комёб шудан ба мақсадҳои гузашташуда дар соҳаи сохтмон ва меъморӣ, бояд масолеҳҳо, конструксияҳо, технологияҳои самти сарфаи захира ва босамарии энергияи навро бо истифода аз ашёи хоми маҳаллӣ ва хусусан партовҳои истеҳсоли хоҷагии деҳот, ғузапоия пахтаро ба кор бурд. Партовҳои селлюлоздор бо минералҳои часпандаи вучуддошта метавонад шароитҳоро барои кор карда баромадан ва сохтани масолеҳҳои композитсионӣ бо истифода аз таркибҳои растанию часпанда (ТРЧ), ки барои истеҳсоли масолеҳҳои сохтмони гармичудокунанда ва гармичудокунандаю–конструксионӣ барои маҳали деҳот дар сохтмони камшӯна васеъ истифода карда мешавад, муҳайё созанд. Дар ин сурат имконияти истифодабарии часпандаҳои минералӣ ва органикиро ба ҳайси масолеҳҳои пайваस्तкунанда қайд кардан лозим аст.

Ҳамаи комплекси омилҳои табиӣ–иқлимӣ ва инчунин шароитҳоро ҳам дар миқёси минтақаи муҳандисӣ–геологӣ ва ҳам иқтимоӣ–иқтисодӣ ба инобат гирифтани лозим аст, чун ки ин ҳама барои ҳалли меъморию–лоиҳакашӣ ва конструктивӣ нисбати сохтмони бино ва иншоотҳо, таъсири худро мерасонанд. Нақши аввалиндараҷа дар ин маврид ба конструксияҳои деворӣ бино ва иншоотҳо, ки ба онҳо талаботҳои додашудаи хос, чун: мустаҳкамӣ, дуруштӣ, устуворӣ ва инчунин иқтисодӣ ҳам дода мешавад ва бояд истифодабарии самаранокии ашёи хоми маҳаллиро бо ҳисоби параметрҳои ҳақиқии маҳалла ва муҳит ба инобат гирифт.

Дар Ҷумҳурӣ ба сохти аграрию–саноатӣ диққати махсус дода шудааст ва дар ин маврид ноҳиябандии биоиклимии онро, ки дар адабиёти илмӣ мавҷуд аст, муоина мекунем:

1) ҳамворию–пастӣ, хеле гарм; 2) доманакуҳӣ (наздикуҳӣ), гармии муътадил; 3) пасткуҳӣ, гарм; 4) миёнакуҳӣ, салқин; 5) баландкуҳӣ, хунук; 6) нивалӣ, харсангҳо, сангрезаҳо, пирахҳо, ки барои ҳаёт ношоям аст.

Таснифоти дар боло овардашуда аз он дарак медиҳад, ки ноҳияҳои биоклиматии 1-, 2- ва 3-юм барои парвариши кишукори хоҷагии қишлоқ – пахта тааллуқ дорад. Ин маънои онро дорад, ки маҳз дар ин ноҳияҳо истеҳсоли ТРЧ-ро аз ғузапоия пахта барои масолеҳ, маснуот ва конструкцияҳои сохтмонӣ асос гузоштан мумкин аст.

Фикри дар боло зикршударо ба назар гирифта, қайд кардан зарур аст, ки дар Тоҷикистон дар ҳар як минтақаи иқлимӣ, хусусияти махсуси ба худ хосро ба инобат гирифтани лозим аст, махсусан агар ғап дар бораи беҳтаркунии микроклимат иншоот ва ҳуҷраҳо равад. Қайд кардан ба маврид аст, ки талаботи додашударо дар мавриди истифода бурдани масолеҳ, маснуот ва конструкцияҳои таъсирбахш (ба он масолеҳҳое, ки параметрҳои баланди гарминигӯҳдории ҳеле ба худ хосро доранд ва бояд бо вучуди ин ба талаботҳои истифодабарӣ ва иқтисодӣ низ ҷавобгӯ бошанд), ба даст овардан мумкин аст.

Дар мавриди гузаронидани баҳогузори асосноккунии иқтисодию техникии биноҳои камшоёна дар маҳалаи деҳот, коэффитсиенти хароҷотҳои меҳнати нисбии навбатии умумӣ қабул шудааст, ки дар майдончаҳои сохтмонӣ ҳангоми: сохтмони хонаи хиштӣ – 1,0; сохтмони хонаи монолитӣ – 1,37; сохтмони хонаи қафасдор – 0,97; сохтмони хонаи пайванди калонандоза – 0,70; сохтмони хонаи панели калонандоза – 0,56 мутобиқ аст. Чунин баҳогузори аз ҷараёни инкишофи хонасозии панелҳои калонандоза шаҳодат медиҳад. Дар ин маврид асосан панелҳои якҷабата бо интиҳоби бештари бетони сабук истифода мешаванд.

Дар вақти сохтмон дар ноҳияҳои хоҷагии қишлоқ аз ҳама бештар гил ва гилхок истифода карда мешавад. Ин масолеҳҳо дар мавриди тақсими худудӣ, ҳислатҳои фарқкунандаи ба худ хосро доро мебошанд, масалан дар қисми таркиби андозавии онҳо. Таркиб ва фраксияи дар асоси таҳлили таркиби андозавии гилҳои фурунишини кони шаҳри Душанбе дар ҷадвали 1.1 оварда шудааст.

Ҷадвали 1.1 - Таҳлили таркиби андозавии гилҳои фурунишин (кони ш. Душанбе)

Кон	Фраксияҳо, мм				
	Регӣ			Гардӣ	Гилӣ
	1,0–0,25	0,25–0,10	0,10–0,05	0,01–0,005	аз рӯи Робинзон 0,005
Душанбе	0,50–0,93	0,80–2,65	2,80–3,95	44,30–61,30	1,0–0,25

Дар асоси истифодабарии захираҳои табиӣ нишон додан мумкин аст, ки гилҳо ва гилхокҳои фуруниширо метавонанд ба сифати ашёи хомӣ ибтидоӣ барои коркарди пуркунандаҳои ковок истифода баранд. Дар шароитҳои озмоишгоҳ санҷишҳои сафолию–технологӣ гузаронидашуда нишон доданд, ки барои истеҳсоли керамзит истифодабарии 11 кони гил; бо мақсади истеҳсоли аглопорит ҳамагӣ 7 кони гилхокҳои фурунишин мутобиқ аст. Дигар 29 кони гил ва 14 кони гилхокҳои фурунишин бошад, метавонанд ба сифати ашёи хом барои истеҳсоли хишти хом, поҳса, қаҳил ва ғайра хизмат расонанд.

Миқдори бисёри корхонаҳо барои истеҳсоли масолеҳ, маснуот ва конструкцияҳои сохтмонӣ, асосан дар минтақаи Ҳисор ва шимоли Тоҷикистон ҷойгир аст. Дар ин ҳудудҳо низ базаҳои асоси барои сохтмони деҳот ҷойгир шудаанд. Бояд қайд намуд, ки ҷойгиркунӣ ва ҷойгиршавии истеҳсоли масолеҳҳои сохтмонӣ дар қисми марказии Ҷумҳурии Тоҷикистон метавонад ба паст шудани самаранокии сохтмон, бо сабабҳои хароҷоти нақлиётӣ, оварда расонад. Аз рӯи ин мақсад, онҳоро бояд аз рӯи аломати худудӣ, ҷойгир кардан зарур аст.

Дар айни замон имконияти баланд бардоштани ҳосилнокии семент, аз он ҷумла истифодаи шлами нефелинӣ, ки маҳсулоти истеҳсоли кони гилҳои Турпии минтақаи Гарми Тоҷикистон ба ҳисоб меравад, пайдо шудааст. Бо вучуди ин, ҷи тавре таҷриба нишон медиҳад, хароҷотҳои истифодабарӣ, дар вақти коркарди масолеҳи сементӣ аз шлами нефелинӣ, маълум мешавад, ки 10–15% нисбати хароҷот барои чунин намуди сифати сементи дар асоси оҳаксанг ва гилҳо коркардшуда, камтар аст.

Аммо, қайд менамоем, ки барои ҳалли проблемаҳои мазкур дар Тоҷикистон барномаи устувор мавҷуд нест, чунки асосноккунии техникую–иқтисодии истифодабарии захираҳои ашёи хомӣ гузаронида нашудааст. Бо мақсади комёбшавӣ ба ҳадафҳои гузошташуда нисбати ҳалли проблемаҳои зарурӣ, ки ба баҳогузори мавҷудбудаи дахлдор ва инчунин ҳолати базаи минералию–ашёи хомӣ барои сохтмон, мониторинги васеъ гузаронидан лозим аст.

Сохтмон дар маҳалли деҳот ҳеле зиёд, дар навбати аввал аз рӯи имконияти васеъи истифодабарии захираҳои ашёи хомӣ ва инчунин ҷамъшавии ҳар гуна партовҳо фарқ мекунад. Онҳоро дар истеҳсолоти масолеҳҳои сохтмонӣ бо муваффақият истифода бурдан мумкин аст, ки номгӯи масолеҳ, маснуот ва конструкцияҳои сохтмониро дар манбаъи худ сохтмони деҳот васеъ мекунад. Сарчашмаҳои адабиёт ва корҳои гузаронидашуда имконияти ҳулоса бароварданро, барои истифода бурдани имкониятҳои технологияи асоснокшуда ва коркарди комплексиро медиҳад, ки як

тонна партовҳои ҷамъшуда дар намуди ғузапояи пахта, комилан метавонад хароҷоти тақрибан 2 м^3 चुبي кориро иваз намояд [1,2,3,4,7,8].

Илова бар ин, он воқеиятро низ ба ҳисоб инobat гирифтани лозим аст, ки ҷӯб ба молҳои воридоти ба Ҷумҳурии Тоҷикистон дохил мешавад ва он аз ноҳияҳои шимолии Федератсияи Русия оварда мешавад. Бояд қайд намуд, ки босамарии истифодабарии ашёи хоми растании маҳаллӣ дар истеҳсоли масолеҳ, маснуот ва конструксияҳои сохтмонӣ, махсусан барои сохтмони кампошонаи Тоҷикистон баланд баҳогузори карда мешавад.

Дар асоси тадқиқотҳо он воқеият исбот карда шуд, ки вектори асосии усули босамар ва даромаднокии истифодабарии масолеҳҳои растанӣ, махсусан ғузапояи пахта – дар асоси онҳо истеҳсоли масолеҳҳои сохтмонӣ ҳам гарминигордор ва ҳам гарминигордору–конструксионӣ мебошад. Масъалаи актуалӣ ва босамарии чунин нуқтаи назар, инчунин дар технологияи осон ва дастраси истифодашаванда мебошад, ки нисбатан сармоягузори ва хароҷотҳои энергияи зиёди муҳимро талаб намекунад.

Дар баробари он, қайд намуд, ки омили манфии босамарии истеҳсоли масолеҳ, маснуот ва конструксияҳо бо истифода аз ғузапояи пахта низ вуҷуд дорад ва мо ба он меҳнатталабии нисбатан калонро дар вақти ғундоштан ва ниғаҳдории ғузапояи пахта мансуб медонем. Дар вақтҳои охир, бо вуҷуди ин, тақмилдиҳии механизатсияи ҷараёнҳои додашуда бо амалиётҳои минбаъда (решаковии ғузапояи пахта, фишурдани онҳо дар дарза, боркунии механикӣ ва инчунин интиқолдиҳии дарзаҳо ва тӯдаҳо ба анборҳо барои ниғаҳдорӣ) ҳалли проблемаи додашударо то чӣ андоза осон мегардонад.

Ҳамин тавр барои нишон додани нархи 1 м^3 масолеҳи МГХҒГ нуқтаи назари «арзиши» умумӣ истифода карда шуд. Бо вуҷуди он, ки муайянсозии дақиқтари нишондоди матлуби дигари омилҳоро низ, масалан: ҳосиятҳои физикию–техникӣ, физикию–химиявӣ ва сохтмонию–истифодабарӣ ва инчунин баъдан усулҳо ва шароитҳои ниғаҳдории масолеҳи додашударо ба ҳисоб гирифтани зарур аст.

Ба сифати меъёрҳои фарқкунанда қимматҳои арзиши 1 м^2 «қисми маҳками» панелҳои девориро иҷозат медиҳем. Тавсифҳои асосии фарқкунандаи панелҳоро меорем:

Барои фарқият панелҳои сеқабата пешниҳод карда шудаанд, ки пайваस्ताгиҳои чандирро бо гарминигордор аз масолеҳҳои коркардшудаи МГХҒГ дорад. Қабати дарунаи борбардоранда аз оҳанубетон иборат аст ва ғафсии 100 мм – ро дорад. Чунин ғафсӣ ба ғафсии минималии тавсиявии деворҳои панели калонандоза тааллуқ дорад ва ба МваҚС ҚТ 22-07-2018 «Сохтмони силсилатобовар» ва барои деворҳои панели калонандозаи истиқоматӣ низ мутобиқ аст. Ғафсии қабати берунаи оҳанубетонӣ 50 мм тавсия дода мешавад. Қабати гарминигордор бошад ғафсии 100 мм – ро ташкил мекунад, ки аз масолеҳи коркардшудаи МГХҒГ тайёр карда шудааст. Дар вақти нархгузори дар боло зикршуда, қимматҳо дар ҷадвали 1.2. оварда шудаанд, ки нархи 1 м^2 «қисми маҳками» панели фарқкунандаи додашуда $C = 78,43$ сомониро ташкил намуд.

Шабеҳ ва прототип барои фарқи панел, девори панелӣ 3 қабатае, ки СНИИЭП граждaнселстрой барои сохтмони кампошона кор карда баромадааст, пайваस्ताгиҳои чандирро дорад ва аз силсилаи маълуми 228 аст. Ғафсии қабати дарунии борбардорандаи оҳанубетонӣ аз ин прототип ба 100 мм баробар аст ва ғафсии қабати берунаи оҳанубетони конструктивӣ дар ин сурат 65 мм – ро ташкил медиҳад. Прототип қабати гарминигордори пенопористироли ПСБ–С – ро бо ғафсии 60 мм дорад. Дар асоси нархгузори (қимматҳои ҷадвали 1.3.), қиммати арзиши 1 м^2 «қисми маҳками» панели прототип ба $C = 80,62$ сомонӣ мувофиқат мекунад.

Иншооти татбиқкунии корҳои таҷрибавӣ, девори панелӣ берунаи калонандозаи якқабатаи бетони керамзитӣ мебошад, ки ғафсии он ба 300 мм баробар аст. Ин панел дар ҷараёни воридсозӣ ба шароити ҳақиқии лоиҳа мутобиқ карда шудааст, ки ҳамчун бинои якқабатаи духучрагӣ бо манзили 5 хонагӣ, мутобиқ бо минтақаи лоиҳаи намунавии Тоҷикистон 181–55–32с.–13.87 муарифи карда шудааст.

Ҳисоби арзиши 1 м^2 «қисми маҳками» панели додашуда чунин аст:

$$C_3 = C_{\text{кх}} \cdot \delta = 695,56 \cdot 0,3 = 208,67 \text{ сомонӣ}, \quad (1.1)$$

ки дар инҷо: $C_{\text{кх}}$, сомонӣ – қиммати арзиши бетони керамзитӣ (синфи В5,5) бо $\gamma = 1200 \text{ кг/м}^3$, аз Маҷмуаи нархҳои миёнаи сметаи барои захираҳои асосии сохтмони ҚТ, №1–2019с. бармеояд.

δ , м – ғафсии панелӣ бетони керамзитӣ.

Пас, бо истифода аз меъёрҳои муқоисакунии 1 м^2 «қисми маҳками» панел, таъсири иқтисодиро бо ёрии формулаи зирин тасдиқ кардан мумкин аст:

$$\Delta = C_{2,3} - C_1 \quad (1.2)$$

Инчунин, аз рӯи ин формула, чунин қимматҳоро муайян месозем:

$$\Delta_2 = C_2 - C_1 = 80,62 - 78,43 = 2,19 \text{ сомонӣ/м}^2$$

$$\Delta_3 = C_3 - C_1 = 208,67 - 78,43 = 130,24 \text{ сомонӣ/м}^2$$

Аз рӯи дар боло овардашуда, ба ҳулосае меоем, ки барои воридсозии амалӣ, оиди истифодабарии панелҳои девори берунаи дахлдор, он босамар ба ҳисоб меравад ва барои истифодабарӣ дар шароитҳои сохтмони камшоёнаи Тоҷикистон тавсия карда мешавад.

Ҷадвали 1.2 - Нархгузори хароҷот барои 1 м² «қисми маҳками» панели сеқабатаи девори беруна бо пайвастиҳои чандирӣ дар вақти истифодабарии гарминигордорӣ аз ғузапои пахта

№	Асосноккунӣ	Номгӯи хароҷот	Воҳ. ченак	Шумора	Нархи воҳид, сомонӣ	Хароҷотҳо бо сомонӣ
1.	Маҷмуаи нархҳои миёнаи сметаӣ барои захираҳои асосии сохтмони ҚТ, №1–2019с.	Бетони вазнини синфи В10	м ³	0,150	400,78	60
2.	Бо нархгузорӣ (ҷадвали 1.1) ва аз рӯи Ҳисоби 1	Масолеҳи ғачию хокии ғузапои пахтаи гарминигордор (МГХГГ)	м ³	0,100	141,45	14,15
3.	Маҷмуаи нархҳои миёнаи сметаӣ барои захираҳои асосии сохтмони ҚТ, №1–2019с.	Арматур (дар вақти коэф. армирони бетон $\mu = 0,05\%$)	м ³	$0,150 \cdot \frac{0,05}{100} = 7,5 \cdot 10^{-5}$	$7,85 \times 7283 = 57171,55$	4,29
Ҷамағӣ						78,43

Ҷадвали 1.3 - Нархгузори хароҷот барои панели сеқабатаи бо пайвастиҳои чандирӣ силсилаи 228, ки аз тарафи СНИИЭП граждaнселстрой коркард шудааст (дар вақти ҳисоби 1 м² «қисми маҳкам»)

№ тр	Асосноккунӣ	Номгӯи хароҷот	Воҳ. ченак	Шумора	Нархи воҳид, сомонӣ	Хароҷотҳо бо сомонӣ
1	2	3	4	5	6	7
1.	Маҷмуаи нархҳои миёнаи сметаӣ барои захираҳои асосии сохтмони ҚТ, №1–2019с.	Бетони вазнини синфи В7,5 F35, $\gamma = 2300$ кг/м ³ , СБД 25192-82	м ³	0,165	372,76	61,50
2.	Маҷмуаи нархҳои миёнаи сметаӣ барои захираҳои асосии сохтмони ҚТ, №1–2019с.	Пенопласти полистиролӣ ПСБ-С СБД 15588-2008 бо $\gamma = 40$ кг/м ³	м ³	0,06	$12/0,05 = 240$	14,4
3.	Маҷмуаи нархҳои миёнаи сметаӣ барои захираҳои асосии сохтмони ҚТ, №1–2019с.	Арматур (дар вақти коэф. армирони бетон $\mu = 0,05\%$)	м ³	$0,165 \cdot \frac{0,05}{100} = 8,25 \cdot 10^{-5}$	$7,85 \times 7283 = 57171,55$	4,72
Ҷамағӣ						80,62

Адабиёт:

1. Батырбаев, Г.А. Перспективы развития производства арболита на основе стеблей хлопчатника, рисовой соломы, одурины и камыша [Текст] / Г.А. Ашкинази. -М.: Стройиздат, 1977. –66 с., С. 3 – 5.
2. Бобров, Ю.Л. Новые теплоизоляционные материалы в сельском строительстве [Текст] / Ю.Л. Бобров. -М.: Стройиздат, 1974. –111 с.
3. Бухаркин, В.Н. Производство арболита в лесной промышленности [Текст] / В.Н. Бухаркин, С.Г. Свиридов, З.П. Рюмина. -М., 1969. -С.8-15.

4. Волобуев, В.Г. Использование отходов сельскохозяйственного производства в качестве энергетического топлива [Текст] / В.Г. Волобуев, В.И. Сапего. – Минск, 1980. – 40 с.
5. Гончаров, Н.А. Плиты из стеблей хлопчатника [Текст] / Н.А. Гончаров, В.М. Курдюмова // Плиты и фанера: научно-технический реферативный сборник. – М., 1981. – Вып. 3. – С.14-15.
6. Завражнов, А.М. Сельскохозяйственные отходы – сырье для строительных материалов [Текст] / А.М. Завражнов, В.И. Барулин, Е.А. Баженов // Строительные материалы и конструкции. –1984. –№ 2. –С.20-21.
7. Саидов Д.Х., Умаров У.Х., Джуракулов М.Р. Свойства глины Рошткалинского месторождения Таджикистана и строительные материалы на их основе для обеспечения доступного жилья // Бюллетень строительной техники. -2019. -№1. –С.12-19.
8. Саидов Д.Х., Умаров У.Х., Джуракулов М.Р. Механизмы структурообразования и технологические особенности производства материалов на основе растительно-вяжущих композиций // Вестник ТТУ им. М.С.Осими. – Душанбе, 2019. -№(145). –С.224-229.

МАЪЛУМОТ ОИДИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ- AUTHORS BACKGROUND

TJ	RU	EN
Чуракулов Муродали Роҳатович	Джуракулов Муродали Роҳатович	Jurakulov Murodali Rohatovich
Номзади илмҳои техники, и.в. дотсент	Кандидат технических наук, и.о. доцента	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон баноми академик М.С.Осимӣ, кафедраи “Масолеҳҳо, технология ва ташкили сохтмон”	Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими, кафедра “Материалы, технология и организация строительства”	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi, Department of Materials, Technology and Organization of Construction
murodali1969@gmail.ru		
0000-0003-3604-8682		
TJ	RU	EN
Саидов Хуршед Ҳамидуллоевӣ	Саидов Хуршед Хамидуллоевич	Saidov Khurshed Hamidulloevich
Муаллими калон	Старший преподаватель	Senior Lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон баноми академик М.С.Осимӣ, кафедраи “Масолеҳҳо, технология ва ташкили сохтмон”	Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими, кафедра “Материалы, технология и организация строительства”	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi, Department of Materials, Technology and Organization of Construction
Said-0785@mail.ru		
TJ	RU	EN
Муродализода Худойдод Муродалӣ	Муродализода Худойдод Муродалӣ	Murodalizoda Khudoidod Murodali
Донишҷӯи баҳши 3-юми гурӯҳи 700201-05A1	Студент 3-го курса группы 700201-05A1	3rd year student of group 700201- 05A1
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон баноми академик М.С.Осимӣ, факултети “Сохтмон ва меъморӣ”	Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими, факультет “Строительство и архитектура”	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi, Faculty of “Construction and Architecture”
rohatov.khd2002@gmail.ru		

УДК УДК 693.221

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И АНАЛИЗ РАСЧЕТНОГО ЗНАЧЕНИЯ СВЯЗЕЙ (КЭ56) МЕЖДУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ НЕСУЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ КАРКАСА С КАМЕННЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ.

Акромов А. А.

Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ.

Статья посвящена вопросам моделирования контактных поверхностей между каменным заполнением и элементами рамы при учете жесткости каменного заполнения на сейсмические воздействия. В статье приведены методы определения критических усилий возникающих при сейсмических воздействиях на каменное заполнение и определения жесткостных характеристик связей между каменным заполнением и элементами рамы.

В данной статье приведены анализы возникающих усилий основных несущих элементов каркаса после учета жесткости каменного заполнения. Приведены положительные эффекты учета каменного заполнения каркаса при сейсмических воздействиях.

Целью настоящей статьи является разработка рекомендаций метода учета жесткости каменного заполнения каркаса при расчете зданий на сейсмические воздействия. Определение характеристик контактных поверхностей между каменным заполнением и элементами рамы являются основными условиями учета жесткости каменного заполнения каркаса при расчете зданий на сейсмические воздействия.

Ключевые слова: анализ, усилие, КЭ56, сейсмика, каменное заполнение, каркасно-связевое здание, расчетное сопротивление, срез, перемещение.

МУАЙЯН КАРДАН ВА ТАҲЛИЛӢ ҚИМАТИ ҲИСОБИИ ПАЙВАСТИ (КЭ56) БАЙНИ УНСУРҲОИ БОРБАРДОРИ СИНЧӢ ОҲАНУБЕТОНӢ ВА ПУРКАРДИ ХИШТӢ.

Акромов А. А.

Мақола ба моделсозии пайвасти байни пуркарди сангин ва унсурҳои синҷ бо назардошти сахтии пуркарди сангин ба таъсири сейсмиқ бахшида шудааст. Дар мақола усулҳои муайян кардани қувваҳои муҳими аз таъсири сейсмиқ ба пуркарди сангин ва муайян кардани хусусиятҳои сахтии пайвандҳои байни пуркарди сангин ва унсурҳои синҷ оварда шудаанд.

Дар мақолаи мазкур таҳлилі чандирии унсурҳои асосии синҷ баъди ба ҳисобгирии чандирии пуркарди хишти дар ҳисоби бино дар таъсири сейсмиқ оварда шудааст.

Мақсади асосии мақола таҳияи тавсияҳо оид ба усули ба назар гирифтани чандирии пуркарди сангини синҷ ҳангоми ҳисобгирии биноҳо дар ҳолати таъсири қувваҳои сейсмиқ мебошад. Муайян намудани характеристикаҳои чандирии алоқаи байни пуркарди сангин ва унсурҳои борбардори синҷ, шартҳои асосии ба ҳисоб гирифтани сахтии пуркарди хишти ҳангоми ҳисоб кардани биноҳо барои таъсири сейсмиқ мебошад.

Калимаҳои калидӣ: таҳлил, КЭ 56, зилзила, пуркарди хиштӣ, бинои синҷӣ алоқавӣ, қувваи уфуқӣ, муқовимат, буриш, кӯчиш.

DETERMINATION AND ANALYSIS OF THE CALCULATED VALUE OF THE LINKS (KE56) BETWEEN REINFORCED CONCRETE SUPPORTING ELEMENTS OF THE FRAME WITH STONE FILLING.

Akromov A. A.

The article is devoted to the modeling of contact surfaces between the stone filling and the frame elements, taking into account the rigidity of the stone filling on seismic impacts. The article presents methods for determining the critical forces arising from seismic impacts on the stone filling and determining the stiffness characteristics of the connections between the stone filling and the frame elements.

This article presents analyses of the emerging forces of the main load-bearing elements of the frame after taking into account the rigidity of the stone filling. The positive effects of taking into account the stone filling of the frame under seismic influences are given.

The purpose of this article is to develop recommendations for the method of taking into account the rigidity of the stone filling of the frame when calculating buildings for seismic impacts. Determining the characteristics of the contact surfaces between the stone filling and the frame elements are the main conditions for taking into account the rigidity of the stone filling of the frame when calculating buildings for seismic impacts.

Keywords: KE56, seismic, stone filling, frame-link building, horizontal transverse force, design resistance, shear, destruction.

Введение

Согласно нормам [1; 2; 3] при оценке перемещений каркасных стен для определения периода собственных колебаний каркасных зданий, вызванных динамическими нагрузками, допускается учитывать работу каменного заполнения при условии применения раствора марки не ниже марки М50 и при толщине каменного заполнения не менее 25см. Опираясь на вышеуказанные нормы учет жесткости каменного заполнения каркаса при расчете зданий на сейсмические воздействия, является не решенным и актуальным вопросом.

Цель работы:

Разработка и научное обоснование методологии расчета каркасно-связевых зданий с каменным заполнением на воздействия сейсмических сил, основанной на комплексном учете совместной работы каменного заполнения с конструкциями каркаса.

Методология и методы проведения работы:

Анализ существующего состояния и разработка принципов расчета и проектирования каркасно-связевых зданий с каменными заполнениями на сейсмические воздействия.

Общие принципы

При условии повышения поэтажной жесткости каркаса путем учета каменного заполнения каркаса, следует учесть допустимое расчетное значение горизонтальной поперечной силы в заполнении согласно формуле (1).

Определяем допустимое расчетное значение горизонтальной поперечной силы в заполнении для здания принятое в качестве примера.

Так как при построение расчетной модели здания мы разбиваем расчетную модель на конечные элементы, длина которых составляет в среднем 50см длину заполнения панели каркаса берем равным $l=50\text{см}$. Толщина заполнения $H=25\text{см}$

Значение расчетного сопротивления срезу принимаем по таблицы 10 [4] для раствора марки М25 $R_{sq} = 1,1$

5.	По	0,16(1,6)	0,11(1,1)	0,05(0,5)	0,02(0,2)	0,01(0,1)
неперевязанному	для					
сечению	сечению					
кладки	для					
видов	всех					
(касательное						
сцепление)						

Рисунок 1 - Фрагмент таблицы №10 по ГНУП РТ 51-01-2013 [4].

$$Q_u = \frac{0,7 \cdot R_{sq} \cdot L \cdot h}{1 - \frac{\alpha}{\beta}} \cdot \gamma = \frac{0,7 \cdot 1,1 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \cdot 50 \text{ см} \cdot 25 \text{ см}}{1 - \frac{0,4}{1}} \cdot 1 = 1604 \text{ кг} \approx 1,6 \text{ т} \quad (1)$$

Величина Q_u является основной при определении максимальной воспринимаемой горизонтальной поперечной силы в заполнении.

Жесткость горизонтальных арматурных сеток, прокладываемых в теле каменного заполнения следует принять как дополнительную удерживающую жесткость каменного заполнения при сейсмических воздействиях. Для определения жесткости горизонтальных арматурных сеток при динамических воздействиях, определяем наименьшее значение из 3-х основных факторов, которые могут привести к потери первичной устойчивости стержней.

Определяем наименьшее значение из 3-х основных факторов согласно вышеуказанными формулами (2; 3; 4; 5; 6; 7).

Первый фактор: расчетное сопротивление арматуры срезающему усилию;

$$V_{Rd,s} = 0,6 \cdot A_s \cdot \frac{f_{uk}}{\gamma_{ms}} = 0,6 \cdot 226 \text{ мм}^2 \cdot \frac{550 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}}{1,5} = 49720 \text{ Н} = 5,07 \text{ т} \quad (2)$$

Второй фактор: расчетное сопротивление разрушению кромки бетона;

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_a \cdot f_{AR} = 35,2 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,61 = 24,69 \text{ кН} = 2,82 \text{ т} \quad (3)$$

$$f_B = \sqrt{\frac{f_{cube}}{25}} = \sqrt{\frac{32,7}{25}} = 1,15 \text{ кН} \quad (4)$$

Соответствии с Европейскими техническими требованиями ETAG. Для растянутой и сжатой зоны бетона В25 $V_{Rd,c}^0 = 35,2 \text{ кН}$ [43; 44; 45; 46].

Для облегчения расчетов направление воздействия динамической силы на заполнение принимаем строго перпендикулярно $f_a = 1$.

f_{AR} : Влияние расстояния от оси анкера до края бетона

$$f_{AR} = 0,35 + \frac{c}{3 \cdot h_{ef}} + 0,6 \cdot \left(\frac{c}{3 \cdot h_{ef}} \right)^2 \leq 1 \quad (5)$$

c-расстояние до края бетона;

h_{ef} -длина заделки арматурных стержней

$$f_{AR} = 0,35 + \frac{8}{3 * 12} + 0,6 * \left(\frac{8}{3 * 12} \right)^2 = 0,61$$

Третий фактор: Расчетное сопротивление разрушению на скол раствора кирпичного заполнения:

$$N_{RD,P} = N_{RD,P}^0 * f_B * f_A * f_{AR} = 13,62 * 0,42 * 1 * 0,405 = 2,32 \text{ кН} = 0,248 \text{ т} \quad (6)$$

т.к анкерующих стержней 2 полученное значение умножаем на 2.

Согласно с пунктом 7.22 «Пособием по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81)». При оценке перемещений, определений периодов собственных колебаний каркасных зданий с заполнениями из мелкоштучных материалов, вызванных динамическими воздействиями, допускается учитывать работу заполнения из мелкоштучных материалов при условии применения раствора марки не ниже 50 и при толщине стены не менее 25 см [1].

В качестве марки раствора каменного заполнения применяем М50.

Соответствии с Европейскими техническими требованиями ETAG. Для растянутой и сжатой зоны бетона М50 $N_{RD,P}^0 = 13,62 \text{ кН}$ [4; 5; 6].

$$f_B = \sqrt{f_{cube}/25} = \sqrt{\frac{4,6}{25}} = 0,42 \text{ кН}$$

$$f_A = 0,5 + \frac{s}{6 * h_{ef}} \leq 1 - \text{влияние осевого расстояние между арматурными стержнями}$$

$$f_{AR} = 0,35 + \frac{8}{3 * 50} + 0,6 * \left(\frac{8}{3 * 50} \right)^2 = 0,405$$

Наименьшим значением из вышеуказанных трех факторов является расчетное сопротивление разрушению на скол раствора кирпичного заполнения.

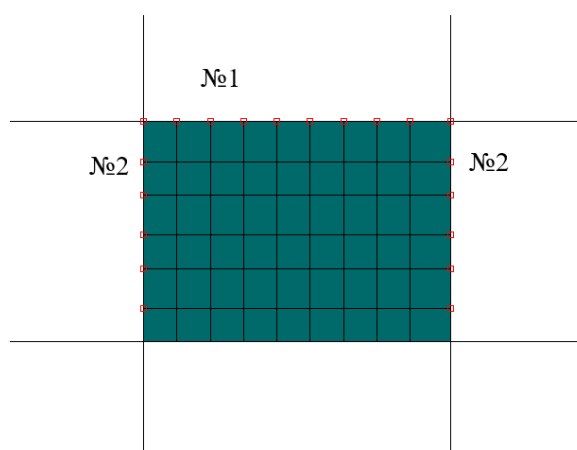


Рисунок 2 – Схема расположения КЭ56. В качестве погонной жесткости связи на растяжение-сжатие КЭ56 №1 задаются допустимое расчетное значение горизонтальной поперечной силы Q_u в заполнении (26).

В качестве погонной жесткости связи на растяжение-сжатие КЭ56 №1 задаются наименьшее значение из 3-х основных факторов согласно вышеуказанными формулами (1; 2; 3; 4; 5; 6).

2. Анализ результатов исследований.

2.1 Анализ периодов колебания и перемещений зданий при сейсмических воздействиях.

Анализ результатов расчета зданий с и без учета жесткости каменных заполнений показывает, что период колебания здания без учета жесткости каменного заполнения составляет 1,1279с в том случае, когда период колебания аналогичного здания с учетом жесткости каменного заполнения составляет 0,7191с. Период колебания здания с учетом жесткости каменного заполнения в 36% меньше, чем аналогичное здание без учета жесткости каменного заполнения.

Анализ результатов исследований показывает, что включение кирпичных стен заполнения в пространственную работу ж/б каркасного здания приводит к существенному уменьшению перемещений ж/б каркасного здания. Результаты исследования показывают, что в каркасах с кирпичным заполнением на всех этажах включение кирпичных заполнений в пространственную работу ж/б каркасного здания при сейсмических воздействиях, приводит к минимальному уменьшению (32,91%) перемещений здания. Мозаика перемещений и график совмещений перемещений зданий с и без учета кирпичного заполнения приведены на рисунках (3; 4; 5; 6).

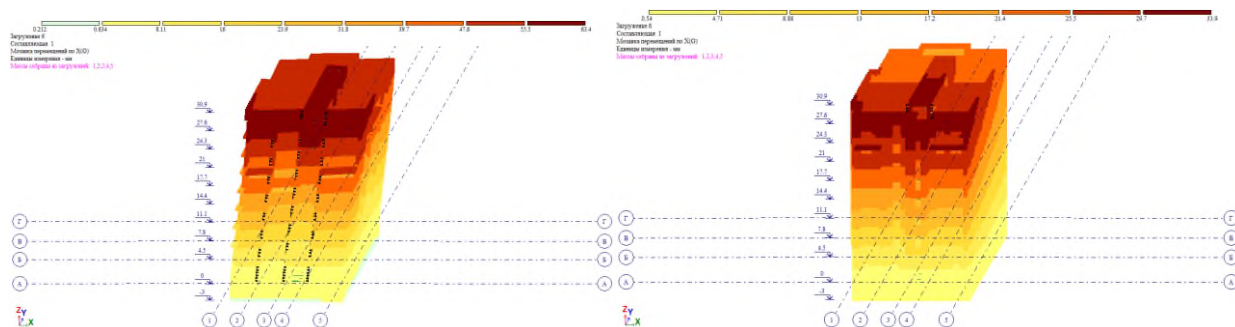


Рисунок 3 – Мазайка перемещений зданий с и без учета кирпичного заполнения по оси X(G).

График совмещения перемещений по оси X(G)

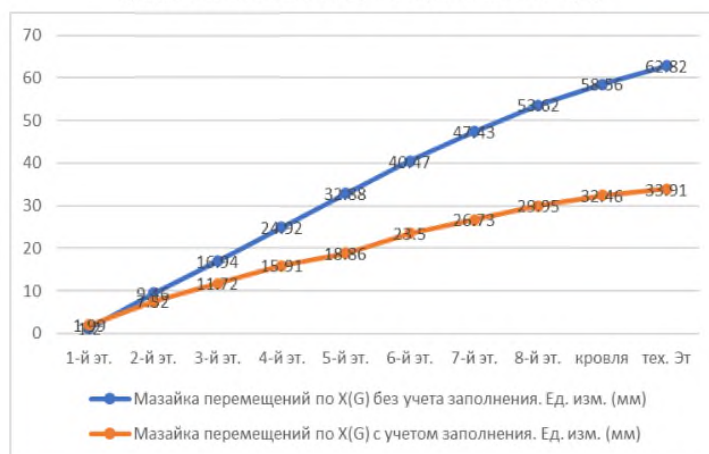


Рисунок 4 – График совмещения перемещений по оси X(G)

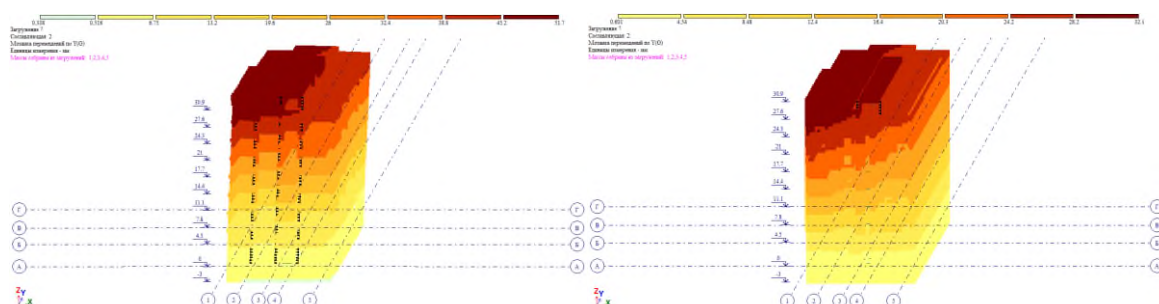


Рисунок 5– Мазайка перемещений зданий с и без учета кирпичного заполнения по оси Y(G).

График совмещения перемещений по оси Y(G)

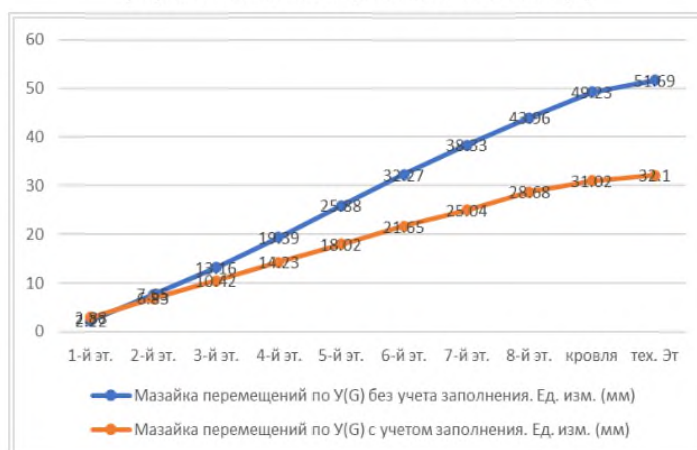


Рисунок 6 – График совмещения перемещений по оси Y(G)

2.2 Определение усилий в одноузловых конечных элементах (КЭ 56) от сейсмических воздействий

Анализ результатов исследований показывает, что усилия в одноузловых КЭ 56 значительно меньше, чем расчетная погонная жесткость связи на растяжение-сжатие вдоль заданных глобальных осей, определенных предварительно по формулам (28; 29; 30; 31; 32; 33).

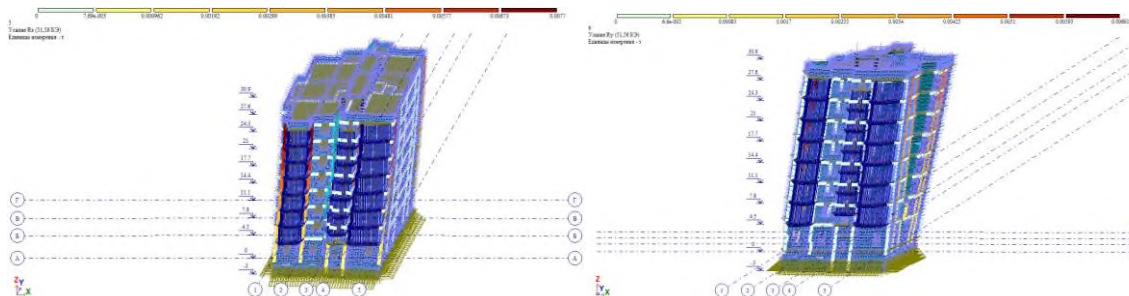


Рисунок 7 – Мазайка усилий в одноузловом КЭ 56 по результатам РСН5 и РСН6.

Максимальное усилие возникающее в одноузловом КЭ 56 от сейсмических воздействий в пределах 8-го этажа составляет 0,00763т, которое значительно ниже чем расчетная погонная жесткость связи $N_{RD,P} = 0,248$

Выводы

1. Проведены анализ между численными исследованиями зданий с и без учета жесткости кирпичных заполнений на пространственную работу ж/б каркасного здания при сейсмических нагрузках.
2. Установлены количественные уменьшения усилий (N , M_y) в (ригелях и колоннах) восьмиэтажного ж/б каркасного здания в зависимости от места их расположения по плану и высоте конструктивной системы.
3. Показано участие кирпичных заполнений в пространственной работе ж/б каркасных зданий как часть несущей системы.
4. Приведены методики расчета погонных жесткостей одноузловых связей КЭ56, расположенных между основными несущими элементами ж/б каркасного здания и кирпичного заполнения.

Литературы:

1. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81) Госстрой СССР, 1987.
2. ГНиП РТ 51-01-2013. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования; 105с.
3. ГНиП РТ 22-07-2018 Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования; 17с.
4. ETA-98/0001 – Hilti stud anchor HST, HST-R, HST-HCR, HST3, HST3-R (Deutsches Institut für Bautechnik 28.07.2016);
5. ETA-02/0042 – Hilti HSL3 (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment 23.01.2017)
6. ETA-14/0069 – Hilti HMU-PF (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment 24.12.2015)

МАЪЛУМОТ ОИДИ МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ- AUTHOR BACKGROUND

TJ	RU	EN
Акрамов Азиз Абдуразакович	Акрамов Азиз Абдуразакович	Akramov Aziz Abdurazakovich
Аспирант	Аспирант	Postgraduate
Институти геология, сохтмони ба заминчунби тобовар ва сейсмология АМИТ	Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ	Institute of geology, Earthquake engineering and seismology
akramov92@mail.ru		

САМАРАНОКИИ СИСТЕМАҲОИ ТАЪМИНОТИ ГАРМӢ БО ҚОРИ НАМУДАНИ НУҚТАҲОИ АВТОМАТИИ ИНДИВИДУАЛИИ ГАРМИДИҲӢ ДАР ШАҲРИ ДУШАНБЕ

Холмуратов Т.Р.

Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими

Мақола ба баланд бардоштани самаранокии системаҳои таъминоти гармӣ бахшида шудааст. Мо натиҷаҳои таҳқиқот ва таҳлили вобастагии нишондиҳандаҳои кори системаи гармидиҳиро дар сатҳи гуногуни таҷҳизоти истеъмолкунандагон бо нуқтаҳои гармидиҳии автоматикунонидашуда нишон додем.

Калимаҳои калидӣ: таҷҳизот, системаҳои гармидиҳии марказӣ, энергияи гармӣ, нуқтаҳои автоматии индивидуалии гармидиҳӣ, системаи таъминоти гармидиҳӣ, сарфи энергия, элементҳои система.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ В Г. ДУШАНБЕ

Холмуратов Т.Р.

Статья посвящена повышению эффективности систем теплоснабжения. Приведены результаты исследования и анализа зависимости показателей работы системы отопления от различных уровней оснащённости потребителей автоматизированными пунктами теплоснабжения.

Ключевые слова: оборудование, системы центрального отопления, тепловая энергия, автоматические индивидуальные тепловые пункты, система теплоснабжения, энергопотребление, элементы системы.

EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY SYSTEMS DURING THE INTRODUCTION OF AUTOMATIC INDIVIDUAL HEAT POINTS IN DUSHANBE

Kholmuratov T.R.

The article is devoted to increasing the efficiency of heat supply systems. The results of the study and analysis of the dependence of the performance indicators of the heating system on various levels of equipment of consumers with automated heat supply points are presented.

Key words: equipment, central heating systems, thermal energy, automatic individual heating points, heat supply system, energy consumption, system elements.

Муқаддима

Системаи таъминоти гармӣ дар ҳолате самаранок аст, ки агар: интиқолдиҳандаи гармии зиёда аз хароҷот вучуд надошта бошад ва аз ин рӯ, ҳангоми интиқоли он сарфи зиёдатии энергияи гармӣ вучуд надошта бошад; режими кори гидравликии хатҳои гармидиҳии марказӣ муътадил аст; хароҷоти истифодабарӣ ва асосӣ, ки чун қоида дар натиҷаи кори ғайрисамарабахши системаҳои гармидиҳии марказӣ ба амал омадаанд (миқдори зиёди садамаҳо ва вайрон шудани шабакаҳои магистрالي, ки дар натиҷаи вайрон кардани режими кори гидравликии, хароҷоти барзиёди гармидиҳанда дар система ва ғайра ба амал омадаанд) хеле кам аст; арзишҳои меъёрии ҳарорат дар ҳуҷраҳои гармшуда вобаста ба таъиноти онҳо нигоҳ дошта мешаванд [1].

Яке аз чорабиниҳои асосӣ, ки дар татбиқи барномаҳои баланд бардоштани самаранокии энергетикӣ шаҳрҳо пешниҳод карда мешаванд, ин насб кардани нуқтаҳои автоматии индивидуалии гармидиҳӣ (НАИГ) дар узвҳои охири абонентӣ мебошад.

Яке аз тадбирҳои асосие, ки дар татбиқи барномаҳои баланд бардоштани самаранокии нерӯи барқӣ шаҳрҳо пешниҳод карда мешавад, насби нуқтаҳои автоматии индивидуалии гармидиҳӣ (НАИГ) дар гиреҳҳои истифодабарандагони ниҳой мебошад.

Бо вучуди ин, ҳангоми навсозии системаҳо тавассути насби НАИГ танҳо таъсири иқтисодӣ ва энергетикӣ ба назар гирифта мешаванд, ки ба истифодабарандаи ниҳой (аҳоли) таъсир мерасонанд ва таҳлили пурраи таъсири ин амалҳо ба системаи таъминоти гармӣ дар маҷмӯъ, маънои таъсир ба истеъмолкунандагоне, ки бе системаи идоракунии автоматӣ мондаанд ва ба реҷаи кори шабакаҳои гармидиҳии марказӣ ва реҷаи таъмини энергияи гармӣ аз манбаъҳои гармӣ ҳанӯз ба назар гирифта нашудааст [2].

Аз сабаби алоқаи гидравликии ҳамаи элементҳои система таҷҳизоти ғайрисистемаи истеъмолкунандагони НАИГ боиси нодуруст танзим шудани реҷаи гидравликии кори он мегардад. Он ба эътимоднокии таъминоти гармӣ таъсири манфӣ мерасонад ва кори умумии манбаъҳои гармӣ ва умуман системаро коҳиш медиҳад.

Маводҳо ва усулҳо

Дар рафти таҳқиқот мо вобастагиро ба даст овардем, ки имкон медиҳад фарқияти фишори зарурии ҳангоми баромадан аз манбаи гармӣ вобаста ба фарқияти номиналии фишор дар нуқтаҳои гиреҳи система (зеристансияи гармидиҳии ноҳиявӣ) ҳангоми қорӣ намудани НАИГ барои истифодабарандагони ниҳой ҳисоб кунем [3].

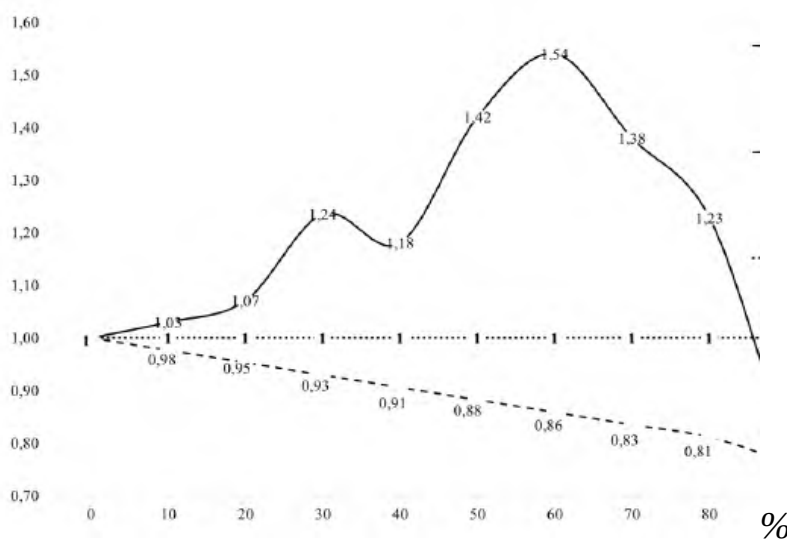
Вобастагии тағйирёбии нишондиҳандаҳои асосии системаҳои гармидиҳии марказӣ дар ғоизҳои гуногуни насби НАИГ дар истеъмолкунандагони ниҳой, аз ҷумла микдори нерӯи барқе, ки барои интиқоли гармибаранда сарф шудааст ва нишондиҳандаҳои тағйирёбии истеъмоли сӯзишворӣ барои тавлидоти гармӣ, ки дар натиҷаи тадқиқот ба даст оварда шудаанд, дар расми 1 нишон дода шудаанд.

Дар натиҷаи тадқиқот ғоизи оптималии истеъмолкунандагоне, ки бо НАИГ муҷахҳаз шудаанд, аз шумораи умумии истеъмолкунандагон муайян карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки агар истеъмолкунандагоне, ки бо НАИГ муҷахҳаз шудаанд, камтар аз 30% ё зиёда аз 75% сарбории умумии гармиро истифода кунанд, ин боиси тағироти назаррас дар реҷаи кори системаи таъмини гармӣ намегардад [4-6].

Таҷҳизонидани истеъмолкунандагоне, ки аз 30 то 75 ғоизи сарбории умумии гармиро бо НАИГ истифода мекунанд, боиси номутаносибии гидравликии тамоми система мегардад ва як қатор мушкилотро дар шабакаҳои гармидиҳии шаҳр ба миён меорад: баланд шудани фишор дар қубурҳои мазкур ва дар натиҷа нишондиҳандаҳои ҳароҷоти қувваи гармӣ, ки барои интиқоли гармӣ талаб карда мешавад; баландшавии ҳарорати об дар лӯлаи бозгашт; нокифоя бартараф кардани гармӣ аз истеъмолкунанда.

Бо вучуди ин, сарфаи сӯзишворӣ аз ҳисоби кам шудани сарбории гармии истеъмолкунандагон, ки бо асбобҳои ҳисобкунак ва танзимкунандаи НАИГ муҷахҳаз шудаанд, боқӣ мемонад [7].

Бо назардошти системаи таъминоти гармидиҳӣ дар маҷмӯъ, муайян карда шудааст, ки самаранокии бештари иҷрои чорабиниҳои номбаршуда дар ҳоле ба даст меояд, ки зиёда аз 90% истеъмолкунандагон бо НАИГ муҷахҳаз бошанд. Камшавии сарфи энергияи барқ аз руи нишондиҳандаҳои кори система пеш аз навсозӣ ва кам шудани сарфи сӯзишвории муқаррарӣ барои тавлиди гармӣ ба назар мерасад. Вақте ки аксарияти истеъмолкунандагон бо НАИГ муҷахҳаз шудаанд, режими кори гидравликии шабакаҳои гармидиҳӣ ва режими гармӣ дар ҳуҷраҳои гармшаванда муътадил мегардад.



Расми 1- Вобастагии нишондиҳандаҳои кори умумии системаи таъминоти мутамаркази гармидиҳӣ аз ғоизи истеъмолкунандагоне, ки бо НАИГ муҷахҳаз шудаанд. НА-нишондиҳандаҳои асосӣ; %- ғоизи истифодабарандагон, ки бо НАИГ муҷахҳаз шудаанд; 1.05 -Тағйирёбии энергияи барқ, ки ба насосҳои электрикӣ барои интиқоли гармӣ сарф мешавад; --- Тағйирёбии сарфи сӯзишворӣ, ки барои тавлиди энергияи гармӣ сарф мешавад, вобаста ба ғоизи истеъмолкунандагон, ки бо НАИГ муҷахҳаз шудаанд; нишондиҳандаҳои системаҳои таъминоти гармӣ.

Натиҷаҳои таҳқиқот

Дар асоси вобастагии бадастомада, ташкилотҳое, ки дар таҳияи ҳуҷҷатҳои пеш аз лоиҳавӣ барои қабули қарор дар бораи татбиқи чораҳо оид ба татбиқи НАИГ аз ҷониби истифодабарандагони ниҳой иштирок мекунанд, метавонанд пасандозҳои миёнаи иқтисодиёти пешбинишударо дар ғоизҳои гуногуни таҷҳизонидани истеъмолкунандагон бо НАИГ пешақӣ арзёбӣ кунанд. [8–11].

1. Барои манбаи энергияи гармӣ самарائي кам кардани сарфи сузишворӣ ба даст оварда мешавад. Ҳангоми интиқоли ҳамаи истеъмолкунандагон : биноҳои истикоматӣ, ҷойҳои ҷамъиятӣ ва муассисаҳои маишӣ шаҳр, ки аз системаи гармидиҳии марказӣ таъмин карда мешаванд, назорати нуқтаҳои автоматии индивидуалии гармидиҳӣ аз ӯҳ ҳаво вобаста буда, сарфаи сузишворӣ барои истеҳсоли гармии шаҳр назарас коҳиш меёбад[12].

2. Барои корхонаҳое (шабакаҳои гармидиҳанда), ки гармибарандаро интиқол медиҳад, самараро аз мучаҳҳаз гардонидани истеъмолкунандагонӣ ниҳой бо НАИГ ва бо назардошти устувории гидравликии системаи гармидиҳӣ аз кам кардани ҳаҷми воқеии интиқоли гармӣ ва кам шудани хароҷоти энергия шаҳодат медиҳад. Ин арзишҳо ба кам шудани истеъмоли оби шабакавӣ, ки барои таъмини истеъмолкунандагон бо сарбории гармӣ заруранд, асос ёфтаанд. Нишондиҳандаҳои тағйир додани энергияи барқӣ заруриро барои интиқоли гармибаранда бо назардошти хусусиятҳои ҳар як система ва таҷҳизоти насоси (навъ, тамғаи таҷҳизоти насоси ва самаранокии он), ки дар шабакаҳои гармидиҳӣ гузошта шудаанд, танзим кардан мумкин аст. Камшавии хароҷоти истифодабарӣ ва асосӣ барои хизматрасонӣ, сохтмон ва азнавсозии шабакаҳои гармидиҳӣ марказӣ ва марказҳои гармидиҳӣ низ бояд ба назар гирифта шавад [13].

3. Барои истифодабарандагонӣ ниҳой (биноҳои истиқоматӣ, ҷойҳои ҷамъиятӣ ва объектҳои тиҷоратӣ) самараро, ки пас аз насби НАИГ ба даст меояд, аз ноил шудан ба нишондиҳандаҳои муътадили ҳарорат дар ҳуҷраҳои гармшуда иборат аст ва танҳо барои гармии истеъмолшуда ҳисоб карда мешавад. Бо назардошти он, ки танзими ҳарорат дар дохили бино тибқи ҷадвали ҳарорат сурат мегирад ва аз тағйирёбии ҳарорати ҳавои беруна мустақиман дар истеъмолкунанда вобаста аст, ба истилоҳ «камгармҳо» ва «аз ҳад зиёд гармшавӣ» истисно карда мешаванд. Нишондиҳандаҳои солонаи сарфи гармӣ ба ҳисоби миёна назарас кам мешавад. Ин камшавии истеъмоли гармӣ барои истифодабарандаи ниҳой дар кам шудани пардохт инъикос меёбад. Азбаски пардохт барои истеъмоли гармӣ одатан дар байни ҳама хизматрасониҳои коммуналӣ қисми баландтарин аст ва вобаста ба он ки барои насби НАИГ (соҳибони хонаҳо ё иттиҳодияи моликони хона) пардохт мекунад, ҳисоб метавонад ба ҳисоби миёна 45% кам карда шавад [14-15]

Пешгирии сарфакорӣ дар ҳар як унсури системаи мутамаркази гармидиҳӣ (манбаъ – таъминоти гармидиҳӣ – истеъмолкунанда), дар сурати мунтазам ва ҳамзамон ҷорӣ намудани НАИГ дар истеъмолкунандагон имкон медиҳад, ки нишондиҳандаҳои умумии тамоми системаи марказонидашуда баланд бардошта шавад.

Хулоса

Натиҷаҳои гирифташуда ба баланд бардоштани самараро тадбирҳои сарфаи энергия нигаронида шуда, барои баланд бардоштани самаранокии умумии системаҳои пушидаи таъминоти мутамаркази гармидиҳӣ, ки дар як вақт бо якҷанд манбаъҳои энергияи гармӣ, ки дар ҳудуди як шаҳри калон фаъолият мекунад, истифода мешаванд.

Адабиётҳо

1. Ю.Н. Звонарева Энергосбережение в системах теплоснабжения крупных муниципальных образований с питанием от нескольких источников тепла / Ю.В. Ваньков, Вестник Томского политехнического университета Геоактивности Инжиниринг 326(11), 75-82 (2015)
2. Н.В. Кассина Математическое моделирование разветвленных гидросистем /Л.М. Смирнов, Журнал компьютерных исследований и моделирования, 1(2), 173-9 (2009).
3. Воропай Н Моделирование интегрированных систем энергоснабжения: основные принципы, модель и приложения, /Стенников В., Сендеров С., Барахтенко Е., Войтов О., Устинов А.Журнал Energy Engineering - ASCE 143(5).), 04017011-1-11 (2017)
4. С.А. Назарычев, Эффективность системы отопления Поэтапное внедрение блока автоматического управления /Ю.В. Ванков, Ю.В. Измайлова, Ю.Н. Звонарева, Helix ISSN 2319 - 5592 (Online) (2018)
5. В.Е. Попов, Инвестиции в инфраструктуру и экономический рост: региональный аспект Региональная экономика 1, 59-69 (2009)
6. Постников И., Стенников В., Медникова Е., Пеньковский А. Методика оптимизации надежности компонентов систем теплоснабжения. 2018. № 227. С. 365-74.
7. Ю.Н. Звонарева, Моделирование режима работы тепловой сети с целью повышения ее энергетической эффективности Международная конференция по промышленной инженерии, приложениям и производству Ю.В. Ванков, Е.М. Онучин, /(ICIEAM) Санкт-Петербург 1-3 (2017)
8. А.Г. Батычин, Моделирование современных систем централизованного теплоснабжения /А.В. Калыгин, Вестник Иркутского государственного технического университета, 8(55), 84-91 (2011)
9. С. Путц, П. Райтер, Р. Зёлль, Интеллектуальное теплоснабжение в Австрии в рамках проекта PITAGORAS, журнал Energy Procedia 91, 573-7 (2016)
10. И.С. Шеин, А.В. Извеков, Взаимодействие двух источников теплоснабжения Надежность и безопасность электроснабжения 2(17), 55-60 (2012)
11. Ю.Н. Звонарева, Ю.В. Ваньков, С.А. Назарычев, Оценка экономического эффекта для потребителей от внедрения автоматических узлов приема тепловой энергии Журнал Инженерный вестник Дона 4 URL: iv don.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3315 (2015)
12. Л.О. Дикуль, Приоритетные направления венчурной инвестиционной деятельности в промышленном секторе экономики Журнал экономики, статистики и информатики 4, 30-35 (2011)
13. М.Ф. Дриго, Методология оценки экономической эффективности инвестиционных решений в России и за рубежом 1, 18-24 (2008)

14. Т.А. Рафальская, Исследование нарушений в работе тепловых сетей крупных систем теплоснабжения Теплотехника 64(4), 313-7 (2017)

15. Ю.Н. Звонарева, Ю.В. Ваньков, Работа системы теплоснабжения при поэтапном внедрении автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетиков 19(1-2), 30-41 (2017)

МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ- AUTHOR INFORMATION

TJ	RU	EN
Холмуратов Туроб Рахимович	Холмуратов Туроб Рахимович	Kholmuratov Turob Rakhimovich
Номзоди илмҳои техники, и.в. дотсент	Кандидат технических наук, и.о. доцента	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, кафедраи “Системаҳои таъмини об, газу гармӣ ва ҳавотозакунӣ”	Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими, кафедра “Системы водоснабжения, теплогоснабжения и вентиляция”	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi, Department of Water supply systems, heat and gas supply and ventilation
turob-2016@mail.ru		
0000-0003-3604-8682		

УДК:625.855

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АСФАЛТОВЯЖУЩИЙ МАТЕРИАЛ С ДОБАВКАМИ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Р.Х.Сайрахмонов, Н.С. Арабзода, С.С.Умаров, Т. Асад

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В работе исследовано влияние добавки из микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) на основы целлюлозы, выверенной из низкосортных волокнистых отходов тонковолокнистого хлопка, резинового порошка (РП), получаемого при переработке изношенных автомобильных шин и порошок измельченного минерала воллостонита (ВП) на битумаемкости и показатели физико-механические характеристики асфальтовяжущего для щебеночно мастичного асфальтобетона (ЩМА). Доказано, что применение добавки из МКЦ, РП и ВП в комплексе, улучшает физико-механические характеристики асфальтовяжущего с высоким коэффициентом битумоудерживающей способности.

Ключевые слова: целлюлоза, асфальтовяжущий, изношение, добавки, свойства.

MODIFIED ASPHALT BINDING MATERIAL WITH ADDITIVES FOR VARIOUS FUNCTIONAL PURPOSE FOR GROUND-MASTER ASPHALT CONCRETE

R.Kh.Sayrakhmonov N.S. Arabzoda, S.S.Umarov, T. Asad

Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi

In this work, the influence of an additive from microcrystalline cellulose (MCC) on the basis of cellulose, verified from low-grade fibrous waste of fine-staple cotton, rubber powder (RP) obtained during the processing of used car tires and powder of the crushed mineral wollastonite (VP) on bitumen capacity and physical and mechanical indicators characteristics of the asphalt binder. It has been proven that a complex additive of MCC, RP and VP improves the physical and mechanical characteristics of an asphalt binder with a high bitumen-holding capacity.

Key words: cellulose, asphalt binder, wear, additives, properties.

МАСОЛЕҲИ ЧАСПАКИ МОДИФИТСИРОНИДАШУДАИ АСФАЛТӢ БО ИЛОВАГИҲОИ ГУНОГҶУН БАРОИ АСФАЛТОБЕТОНҲОИ ШАҒАЛИВУ МАСТИКӢ

Р.Ҳ. Сайрахмонов, Н.С. Арабзода, С.С.Умаров, Т. Асад,

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

Дар кори мазкур таъсироти иловагиҳо аз селлюлозаи микрокристаллӣ, хокаи резина ва хокаи майдакардашудаи воллостонита ба хосиятҳои физикӣ-механикии асфальтобетон оварда шудааст. Исроти карда шудааст, ки иловагии комплекси дар асоси иловагиҳои номбаршуда хосиятҳои физикӣ-механикии асфальтобетонхоро беҳтар намуда, коэффисиенти мумкании асфальтобетонхоро баланд мекунад.

Калимаҳои калидӣ: селлюлозаи пахта, хурдашавӣ, иловагӣ, хосият.

Введение

В настоящее время в дорожном строительстве наиболее распространения получили дорожные покрытия с применением органические вяжущие. Хорошо известно, что дорожные покрытия с применением органических вяжущих склонены к пластическим деформациям: колея, бугров, волнистость и др. Нарастание этих неровностей интенсивно происходят в летний период эксплуатации. Проведенные исследования авторов [1-2] показали, что максимальный температура дорожных покрытий в летний период в ряд регионов средней Азии, в том числе республики Таджикистан не опускается ниже +75°C. Не все битумы можно рекомендовать для применения в жарком климате. Здесь могут эксплуатироваться относительно покрытия толка на битумах с температурой размягчения не ниже высокие летные температуры. Битум как вяжущий материал является основным структурообразующим компонентом асфальтобетона. Битум с отдельные минеральные зерна асфальтобетона образует прочный монолит, способный противостоять механическим усилиями и действию атмосферных факторов. Учитывая определяющую структур образующую роль битума в асфальтобетоне или в большой степени определяющими свойствами асфальтобетона, улучшение свойства битума является гарантом повышение эксплуатационные качества покрытий с его применением.

Теоретические предположения.

В практике с целью повышение вязкость и прочности битума его наполняют минеральным порошком. Минеральный порошок полидисперсный материал, является важнейшим компонентом асфальтобетона как наполнителя битума переводит объемный битум в пленочное состояние. Минеральный порошок вместе с битумом образует структурированную дисперсную систему, которая и выполняет роль вяжущего материала в асфальтобетоне, а также необходимое его количества способствует повышению плотности минерального остова а следовательно, и повышению

плотности асфальтобетона. В связи с этим в практике для регулирования свойства асфальтобетона, одновременно регулируют количество объемного битума [5,8].

Взаимодействие минерального порошка с битумом обуславливается физико-химическими процессами, происходящими на границе битум и каменными материалами. В этом смысле на поверхности минеральных частиц образуется пленка, обволакивающая их, но и прочно сцепленная с ними.

При проектировании дорожных покрытий с применением битумных вяжущих весьма важна дифференциация материалов к различным климатическим условиям эксплуатации, в том числе для регионов с жаркими климатами, которыми относятся территории Республики Таджикистан.

Научные опыты и практика применения дорожных покрытий с применением битумных вяжущих в условиях с жаркими климатами показывают, что свойства минерального материала в диапазоне эксплуатационных температур, практически не, меняется в тоже время как свойства связующего, зависит от температуры. Исходя из этого с учетом возрастания интенсивности движения и современные нагрузки в сочетании с жарким климатом, где являются большинстве территории нашей Республики Таджикистан, обеспечение качества верхних слоев дорожных покрытий является актуальной задачей. В настоящее время наряду с традиционных высококачественных асфальтобетонов, щебеночно-мастичной асфальтобетон (ЩМА) является наиболее перспективным материалам в условиях жаркого климата. В практике для повышения устойчивости (ШМАС) к расслаиванию при транспортировке и укладке используются в его составе стабилизирующих добавок. Вид, свойства, доступности этих добавок имеют большое значение для обеспечения требуемого содержания вяжущего и повышения качества смеси. Каждый вид добавок оказывают свои влияния на структуры и свойства ЩМА смесь в зависимости от своей природы. По данным авторов [3,5,6] в соответствии с классификации и номенклатурой добавки, стабилизирующие добавки можно разделить, минеральные и органические. Основными используемыми органическими волокнистыми стабилизирующими добавками для ЩМА смесь являются синтетическими волокна и волокна целлюлозы. Известно, что образцы целлюлозы, выделенные из различных природных источников, существенно различаются между собой свойствами и надмолекулярной структурой, что связано со специфическими особенностями биосинтеза целлюлозы. В Таджикистане ежегодно образуются значительное количество целлюлозосодержащих вторичных продуктов переработки хлопка сырца и изделий на их основе, содержащие 70-93% целлюлозы.

В работе [4] исследовано влияние МКЦ на основы целлюлозы выверенной из низкосортных волокнистых отходов тонковолокнистого хлопка на показатели свойства ШМАС. Однако данные по стабилизирующий добавок МКЦ не систематизировано, не исследований по оценку битум удерживающей способности. По мнению автора [3,4,5], повышения качества асфальтовяжущего в ЩМА смесей, можно достичь, совместных применения минерально-органических добавок. С точки зрения экономия эффективность их применения возрастает за счет их доступности и возобновлением источники сырья для производства.

В практике в процессе получения смесей из асфальтовых бетонов, при взаимодействии битума с минеральными частицами менее 0,071 мм формируется микроструктура смеси и после асфальтобетона. Для ее изучения используется модельная система «битум + минеральный порошок», т.е. асфальтовяжущее вещество [3]. Исследуя зависимости физико-механических свойств асфальтовяжущего от количества битума в нём, сравнивая между собой свойства асфальтовяжущего оптимальной структуры с различными стабилизирующими добавками, можно предварительно оценить, в каком направлении будут изменяться свойства микроструктуры асфальтобетона, и как это будет влиять на свойства асфальтобетона.

По мнению автора [3,6,7], асфальтовяжущее оптимальной структуры с оптимальным количеством битума, т.е. с наибольшей средней плотностью, прочностью и с низким водонасыщением представляет собой высококонцентрированную дисперсную систему, в которой поверхность раздела представляет собой ориентированный слой битума с содержанием объемного битума до 15%. По их мнению, удельная поверхность минеральных частиц мельче 0,071мм в асфальтобетоне изменяется от 190 до 700 м²/кг. Для фракции гранитного щебня 5-10мм она составляет 0,74 м²/кг для фракции 5-10мм она составляет 0,44 м²/кг а также битумоемкость известняковых частиц размером менее 0,071мм составляет 16%, для частиц фракции 0,071-0,14 - 9,4%, битумоемкость частиц щебня фракции 5-10мм составляет 5,2%, а частиц 10-15мм-4,7%. Таким образом в щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесях, содержание щебня может доходить до 75%, а содержание минерального порошка до 20%, где наиболее битумоемкими являются тонкодисперсные частицы минерального порошка с большой удельной поверхностью [4]. В такие смесей обычно в практике, битумоудерживающая способность определяется по показателю стекания смеси при 170оС, который характеризует степень налипания мастики на стенки стеклянного стакана. Стабилизирующие добавки в ЩМА смесей должны уменьшает показатель

стекания [3,6] Битумоемкость также зависит от битумоудерживающую способность минеральных частиц различной крупности и минерального состава. При введении в асфальтовяжущее стабилизирующих добавок различного функционального назначения и свойства будет изменяться битумоудерживающая способность асфальтовяжущего. По степени изменения битумоемкости по сравнению с асфальтовяжущим без добавок можно будет оценить и сравнить битумоудерживающие способности различных добавок в ЩМА смесей.

Экспериментальная часть

В нашей Республики МКЦ, резиновой порошок (РП) и воллостонитовый минеральный порошок (ВП) имеет с большими запасами, перспективности их применения в ЩМА обусловлено, наличием запасов больших сырьевых ресурсов для их производства. Определение битумоудерживающей способности МКЦ в сравнение с добавки из резиновой порошка и порошка из воллостонита с точки зрения их совместимости применения является актуальной.

С целью обоснование битумоудерживающей способности добавок в ЩМА смесь, изготавливалось несколько серии образцов асфальтовяжущего с различным количеством битума и минерального порошка в смеси: без стабилизирующих добавок, с добавками микрокристаллической целлюлозы (МКЦ), резиновой порошок (РП) и воллостонит (ВП). С учетом, рекомендуемым нормативными документами расходам стабилизирующих добавок для производства ЩМА смесей [3,8,9], было выбрана соотношение добавка/минеральный порошок 3/97 по массе. В рис.1-3 приведены зависимость средней плотности, водонасыщения и прочности при сжатии асфальтовяжущего от количества битума.

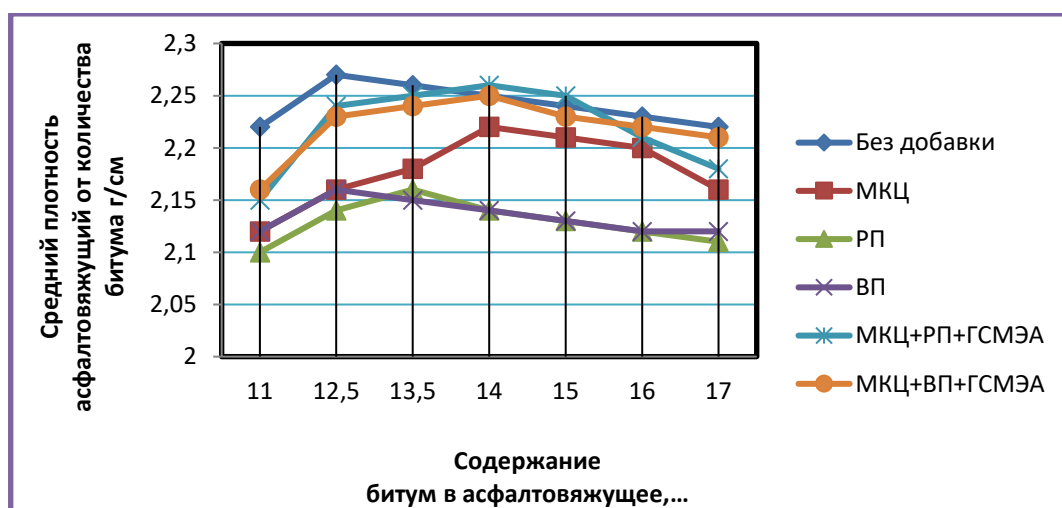


Рисунок 1 – Зависимость средней плотности асфальтовяжущего от количества битума

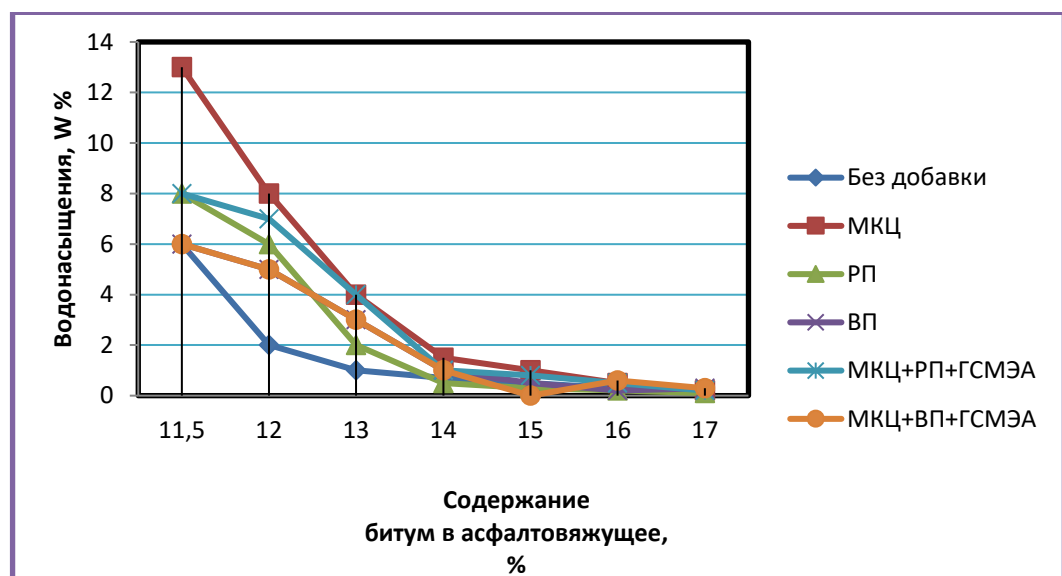


Рисунок 2 – Зависимость водонасыщения асфальтовяжущего от количества битума и добавки

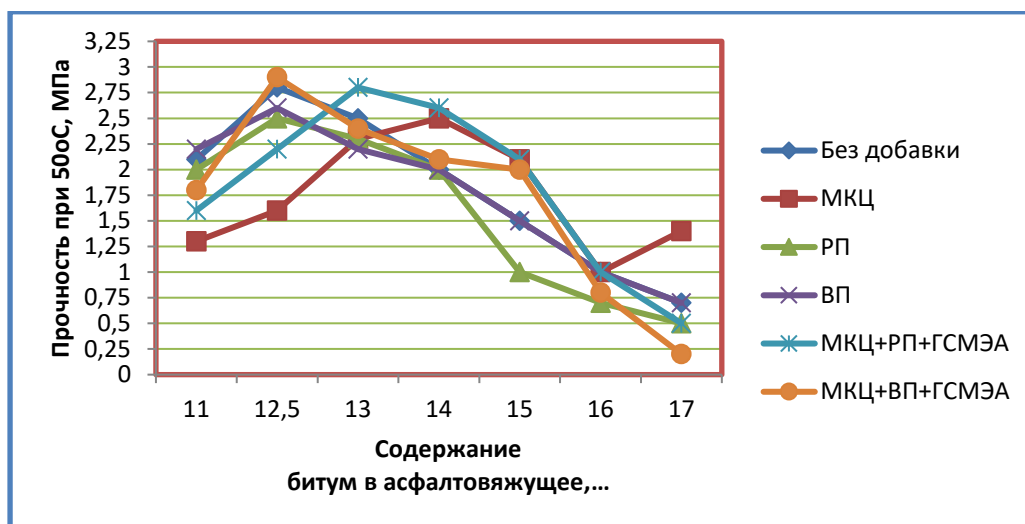


Рисунок 3 – Зависимость прочности при сжатии при 50°C асфальтвяжущего от количества битума и добавки

Готовая смесь асфальтвяжущего с избыточным количеством битума представляла собой подвижную массу с чёрным жирным блеском. Такие образцы имели низкое водонасыщение и пониженную среднюю плотности и прочность (см. рис. 1-3). Образцы асфальтвяжущее без добавок, имеет среднюю плотность 2,27 г/см³, при введении 3% целлюлозосодержащий добавка из МКЦ, средняя плотность, снижается до 2,23 г/см³, при введении 3% РП средняя плотность снижается до 2,22 г/см³ с добавкой воллостонит до 2,21 г/см³. В асфальтвяжущим с оптимальным количеством битума соотношение битум/минеральный порошок является оптимальным, при этом средняя плотность и прочность асфальтвяжущего достигает максимально возможных значений. Для асфальтвяжущего без добавок битумоёмкость смеси составляет 12,2%, для образцов с добавками МКЦ-14%, РП-13% и ВП-12,6%. Результаты определения физико-механические свойстваасфальтвяжущего оптимальной структуры с добавками различного функционального действия представлены в таблице1 и 2.

При сравнении полученных результатов установлено, что прочность при сжатии при 20°C и 0°C образы асфальтвяжущего без добавок выше по сравнению с асфальтвяжущим со добавками, а при 50°C прочность образцы асфальтвяжущий со добавками примерно на 18-25% выше чем образцы без добавки, особенно можно отметить, что образы с добавки в комплексе имеют преимущества. Из данные табл. 1. видно, что образцы с добавками из резинового порошка и порошка воллостонита имеют меньшую прочность при температуры 20°C и 0°C и повышенную прочность при температуры 50°C. Отсюда можно сделать выводы о том, что РП и ВП в асфальтвяжущем повышает его теплостойкость, не увеличивая прочность на сжатие при 0°C, т.е. не изменяют температуру трещинообразования при пониженных температурах и колея образования при высоких температуры эксплуатации. Образцы с добавкой из МКЦ имеют меньшую прочность при температуры 20°C и 0°C и повышенную прочность при температуры 50°C. Где из проведенные данные исследования, видно, что целлюлозосодержащая добавка в асфальтвяжущем снижает его жёсткость, т. к. почти на 25%, уменьшает прочность на сжатие при 20°C, почти на 35% снижается прочность асфальтвяжущего при 0°C, т. е. понижается температуры трещинообразования при пониженных температурах и повышает теплостойкости материала при повышенных температурах.

При сравнении полученных результатов установлено, что битумоёмкость смесей асфальтвяжущего полученного из минерального порошка, битума и добавки различного функционального назначения составляет от 12 до 15% от объёма битума и добавки. Стабилизирующая добавка из целлюлозосодержащих вторичных продуктов переработки хлопко-сырца, увеличивает битумоудерживающей способности асфальтвяжущего до 14,5%. Волокнистый добавка МКЦ имеет развитую пространственную структуру, состоит из не спрессованных целлюлозных волокон, в которых битум, распределяется между волокнами, образует гомогенную мастичноподобную массу. Удерживают битум в процессе набухания волокон и проникания компонентов битума в межфибрилярное пространство и фиксацией внутри набухших волокон, которые равномерно распределены между зернами минерального порошка в асфальтвяжущем. Добавка из минерала валлостонита в асфальтвяжущем особо не не приводит к увеличению битумоудерживающей способности асфальтвяжущего. Добавка из порошка резина увеличивает способности асфальтвяжущего удержанием битума меньше чем с добавкой МКЦ (см.таблица 2).

Таблица 1 - Показатели физико-механических свойств асфальтовяжущего добавками и без них

№ п/п	Состав асфальтовяжущего, %	Физико-механические показатели						
		Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение, по объёму, %.	Предел прочности, МПа				Водостойкость
				водонасыщенном состоянии при 20°С	При 20°С	При 50°С	При 0°С	
1	Мин. порошок - 100%, битум - 12,5% от массы минеральной части	2,27	0,36	4,36	5,68	1,67	9,94	0,71
2	Мин. порошок - 97%, МКЦ- 3%, битум - 14% от массы минеральной части	2,21	0,33	4,53	4,65	2,17	6,97	0,82
3	Мин. порошок - 97%, РП - 3%, битум - 13% от массы минеральной части	2,12	0,62	4,42	5,16	2,28	7,23	0,81
4	Мин. порошок - 97%, ВП- 3%, битум – 12,6% от массы минеральной части	2,23	0,25	4,32	5,78	2,14	7,68	0,85
5	Мин. порошок- 94%, МКЦ - 3%, РП- 3%, битум - 14% от массы минеральной части	2,21	0,32	3,29	4,57	2,49	6,42	0,95
6	Мин. порошок - 94%, МКЦ - 3%, ВП- 3% битум - 13% от массы минеральной части	2,30	0,36	3,86	4,84	2,35	7,88	0,94
7	Мин. порошок - 91%, РТЭП- 3%, РП-3 %, ВП-3% битум - 13,5% от массы минеральной части	2,22	0,28	4,17	4,59	2,67	6,88	0,88

Таблица 2- Битумоудерживающая способность добавок в асфальтовяжущем

№ п/п	Состав асфальтовяжущего, %	Оптимальное количество битума в смеси, %	Коэффициент битумоудерживающей способности
1	Мин. порошок - 100	12,5	1
2	Мин. порошок - 97, МКЦ-3	14	1,129
3	Мин. порошок - 97, РП-3	13	1,048
4	Мин. порошок - 97 ВП-3	12,6	1,009
5	Мин. порошок - 94, МКЦ-3, РП- 3	13,5	1,088
6	Мин. порошок - 94, МКЦ-3, ВП - 3	13,2	1,049
7	Мин. порошок - 91, МКЦ-3, РП – 3, ВП-3	13,5	1,089

Выводы

Было изучено взаимодействия добавки различного функционального назначения в асфальтовяжущий для ЩМА смесей в интервале технологической температуры. Анализ полученных результатов показывают, что волокно МКЦ сорбирует поверхность большого количества битума повышая битумоемкости асфальтовяжущего, что позволяет его использовать его в качестве эффективной стабилизирующей добавки для производства ЩМА смесей.

Определяя битумоудерживающей способности резиновой порошок и волластонитового минерального порошка в асфальтовяжущего показано, что они имеют недостаточная битумоудерживающая способность по сравнению с добавкой МКЦ. Совместное применение добавки микрокристаллической целлюлозы, резиновой порошок и волластонитовый минеральный порошок по сравнению с волластонитом и резиновой, повышают битумоемкости асфальтовяжущего до 13,5% с высоким коэффициентом битумоемкости (1,089). Однако чрезмерное увеличение содержание добавки, повышают жесткость асфальтовяжущего. В практике с этой целью предлагается, использование поверхностно-активные добавки в комплексе с вышеприведённые добавки.

Литература:

1. Бутильский Ю.В., Каримов Б.Б. Автомобильные дороги Таджикистана. - Душанбе, 1989.
2. Сайрахмонов Р.Х., Арабзода Н.С., Азизов У.М., Шарифов Ф.А. Анализ условий работы асфальтобетонных покрытий и характер их разрушения в условиях Республики Таджикистан.//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2021. №4.(56). С.142-147.
3. Соломенцев А.Б, Баранов И.А [Текст] Оценка битума-удерживающей способности стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона в асфальтовяжущем, //Строительство и реконструкция. 2010. №4 (30) С.53-58.
4. Сайрахмонов Р.Х., Оев С.А. Повышение физико-механических свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона на основе поверхностно-активной и стабилизирующей добавки //Научно-теоретический журнал «Вестник Санкт-Петербургского Инженерно-строительного университета», Санкт-Петербург 2016. 1(215).
5. Хозин В.Г. и др. Модификация нефтяных битумов полимерами: Материалы V акад. Воронеж, 1999. С.508 – 510.
6. Соломенцев А.Б. Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битумов //Наука и техника в дорожной отрасли. 2008. №1. С.14-15.
7. Соломенцев А.Б., Баранов И.А. Влияние добавки УНИРЕМ-001 на свойства асфальтовяжущего и щебеночно-мастичного асфальтобетона //Материалы 5-й Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством образования, продукции и окружающей среды»: Сб. тез. докл. - Бийск: Изд-во БТИ Алт ГТУ им. И.И. Ползунова, 29 сентября - 1 октября 2011. С.159 - 164.
8. Сайрахмонов Р.Х., Умаров С.С. Повышение адгезионных свойства битумов путем применения комплексной добавки //Научно-теоретический журнал «Вестник Таджикского национального университета », Душанбе 2016- 1(110)

9. Арабзода Н.С., Сайрахмонов Р.Х., Шарифов Ф.А. Улучшение физико-механических свойств асфальтовых бетонов путем пластификации и дисперсного армирования. //Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2021. №3.(55). С.94-98.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

TJ	RU	EN
Сайрахмонов Раҳимҷон Хусейнович	Сайрахмонов Рахимджон Хусейнович	Sayrakhmonov Rahimjon Huseynovich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	candidate of technical sciences associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический Университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi
srivakn@mail.ru		
0000-0003-1743-2951		
+992 906 22 96 96		
TJ	RU	EN
Умаров Саидҷамол Саидмухторович	Умаров Саидджамол Саидмухторович	Umarov Saidjamol Saidmukhtorovich
н.и.т.	к.т.н.	candidate of technical sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический Университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi
umarovss@mail.ru		
0000-0001-9794-4304		
+992 93 512 16 75		
TJ	RU	EN
Асад Тошмаҳмадзода Унвонҷӯ	Асад Тошмахмадзода Соискатель	Asad Toshmahmadzoda Graduate student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический Университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi
abdulloasad@mail.ru		
0000-0003-1771-2831		
+992 906 22 96 96		
TJ	RU	EN
Арабзода Нурали Сайвали Унвонҷӯ	Арабзода Нурали Сайвали Соискатель	Arabzoda Nurali Sayvali Graduate student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический Университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi
srivakn@mail.ru		
0000-0003-1771-2728		
+992 906 22 96 96		

УДК 699.86

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ НА МИКРОКЛИМАТ

Нигматов И.И., *Усмонов Ш.З., Джимолов Ф.Д.

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

*Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими

В статье рассматривается влияние теплоустойчивости наружных стеновых ограждения жилых зданий на микроклиматические параметры помещений с использованием различных строительных материалов, а также расход энергии на охлаждение зданий в перегревных условиях (летом).

Использованы материалы микроклиматических исследований авторов, основанных на аналитических данных и данных программно-обеспеченная летнего климатического режима в жилых зданиях.

Ключевые слова: микроклимат, перепад температур, амплитуда, теплоустойчивость, внутренняя температура, затраты, энергоэффективность, теплообмен, тепловой баланс, санитарно-гигиенический, лучистая теплопередача.

ТАЪСИРИ РЕЖИМИ ҲАРОРАТИ САТҲИ ДОХИЛИИ ДЕВОРҶОИ БЕРУНА ВА ҲАРОРАТИ ҲАВОИ ҲУҶРА БА МИКРОИҚЛИМ

Нигматов И.И., *Усмонов Ш.З., Чимолов Ф.Д.

Дар мақола таъсири муқовимати гармии деворҳои берунии биноҳои истиқоматӣ ба параметрҳои микроклиматии биноҳо бо истифода аз масолеҳи гуногуни сохтмонӣ, инчунин сарфи энергия барои хунук кардани биноҳо дар шароити гармӣ (дар тобистон) баррасӣ карда мешавад.

Материалҳои тадқиқоти микроклиматии муаллифон дар асоси маълумотҳои аналитикӣ ва маълумотҳои таъмини барномавии режими иқлими тобистон дар биноҳои истиқоматӣ истифода мешавад.

Калимаҳои калидӣ: микроиқлим, фарқияти ҳарорат, амплитуда, муқовимати гармӣ, ҳарорати дохилӣ, ҳароҷот, самаранокии энергия, интиқоли гармӣ, баланси гармӣ, санитарно-гигиенӣ, гармии радиационӣ.

INFLUENCE OF THE TEMPERATURE REGIME OF THE INTERNAL SURFACES OF THE EXTERNAL FENCES AND THE AIR TEMPERATURE OF THE ROOMS ON THE MICROCLIMATE

Nigmatov I.I., *Usmonov Sh.Z., Dzhimolov F.D.

The article discusses the influence of the heat resistance of the external wall fencing of residential buildings on the microclimatic parameters of premises using various building materials, as well as the energy consumption for cooling buildings in overheating conditions (in summer).

Materials of microclimatic research of the authors based on analytical data and software-supported flight climate regime data in residential buildings were used.

Keywords: microclimate, temperature difference, amplitude, heat resistance, internal temperature, costs, energy efficiency, heat transfer, heat balance, sanitary and hygienic, radiant heat transfer.

Введение

Комфортность среды жилых зданий определяется совокупностью целого ряда параметров, влияющих на температуру внутренних поверхностей ограждения - лучистую температуру и температуру внутреннего воздуха в помещениях. Наряду с другим составляющими-относительная влажность, подвижность воздуха, солнечная радиация и т.д. Эти показатели сказывают существенное влияние на микроклиматический режим. В целях проверки воздействия на микроклимат и снижения энергетических затрат в зданиях произведены расчеты теплоустойчивости различных наружных стен. На основе данных по программному обеспечению оценена энергоэффективность зданий по внутренней летней температуре, связь температур на внутренних поверхностях наружного

Цель работы

Определение связи температур на внутренних поверхностях наружного стенового ограждения с микроклиматом и комфортной внутренней температурой с анализом расхода энергии в жилом доме.

Методология и методы проведения работы:

Жилое помещение с различными материалами наружных стен для определения их теплоустойчивости и амплитуды колебаний температуры на внутренней поверхности;

Определение расхода энергии для поддержания оптимальных температур внутри помещения на основе программного обеспечения.

Общие принципы

В жилых зданиях теплообмен человека с окружающими его конструкциями происходит, в первую очередь, со стенами и окнами, граничащими с наружным воздухом. Чем холоднее их поверхность, тем больше поглощает тепло, излучаемое человеком. Поэтому проектирование наружных ограждающих конструкций должно

производиться таким образом, чтобы температура на их поверхности не опускалась ниже допустимого перепада которая может привести к переохлаждению. Энергоэффективность здания находится в зависимости от его оболочки. Основными из показателей являются теплозащитные параметры ограждений и их теплоустойчивость. При надлежащей тепловой защите стен по всей их площади сохраняется необходимая температура.

Комфортное состояние человека в здании означает, что теплоотдача происходит в оптимальных пропорциях и уравнивается температурой поверхностей стен, окон, потолков и полов, влажностью воздуха и его подвижностью.

К наиболее значимым санитарно-гигиеническим показателям микроклимата относится тепловое излучение человека с окружающей средой. А тепловой баланс может быть достигнут при координации процесса теплопродукции и теплоотдачи. Его можно описать следующим уравнением.

$$(Q_m + Q_{т.в}) - (Q_{изл.} + Q_{конв.} + Q_{исп. \text{ диф.}} + Q_{исп. \text{ дых.}} + Q_{исп. \text{ п.}} + Q_{дых.}) = \pm \Delta Q_{т.с} \quad (1)$$

где Q_m - тепло, продуцируемое человеком (теплопродукция);

$Q_{т.в}$ - тепло, поступающее извне (например, от нагретых поверхностей оборудования и т.д.);

$Q_{изл.}$ - теплоотдача излучением;

$Q_{конв.}$ - теплоотдача конвекцией;

$Q_{исп. \text{ диф.}}$ - теплоотдача вследствие испарения диффузной влаги с поверхностей кожи;

$Q_{исп. \text{ дых.}}$, $Q_{исп. \text{ п.}}$, $Q_{дых.}$ - соответственно, теплоотдача вследствие испарения влаги с верхних дыхательных путей, испарения пота, нагревания вдыхаемого воздуха.

При $\pm \Delta Q_{т.с}$ происходит накопление или дефицит тепла в организме.

В «нормальных» климатических условиях допускается, что около 10% людей будут ощущать ту или иную степень дискомфорта.

Это объясняется возрастными особенностями, различиями в уровнях сосудистых реакций, толщиной подкожно-жирового слоя и т.д.

Гигиеническое нормирование не должно ограничиваться установлением отдельных факторов среды. Значения допустимых пределов колебания температуры, влажности и подвижности воздуха позволяют подбирать одежду человека, обеспечивающую возможность длительного пребывания его в неблагоприятных микроклиматических условиях.

Оценка теплоизоляционных свойств одежды производится на основе измерения диффузии тепла в одежде.

Тепловое сопротивление одетого человека измеряется в «Кло» (clo - от первых букв английского слова "clothes", что означает "одежда"). Этот показатель представляет собой оценку количества теплоизолирующего материала, необходимого для поддержания температуры кожи сидящего человека при температуре +21°C и относительной влажности воздуха 50%. 1 Кло равен 0,155 м² °C/Вт.

Теплоизоляция в 1 Кло поддерживает комфортное состояние человека, находящегося в спокойном состоянии, при температуре в помещении +21- 22 °C, скорости движения воздуха 0,1м/с, относительной влажности до 60% и его теплопродукции 1 Мет (58 Вт/м² поверхности тепла). 1 Кло соответствует комплекту одежды из мужского костюма и нижнего белья. А демисезонное пальто равно 2-3 Кло.

Показателя реакции человека на тепловой комфорт являются индексы PMV и PPD. Первый индекс предсказывает теплоощущения человека, а второй уровень дискомфорта.

Некоторые параметры микроклимата в зависимости от категории зданий приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры микроклимата в зависимости от категории зданий [2]

Категория здания	Уровень требований к микроклимату
I	Высокой уровень ожидаемых требований рекомендуется для помещения, в которых находится очень чувствительные люди (пожилые, инвалиды, больные, дети)
II	Нормальный уровень требований используется для вновь строящихся и реконструируемых зданий
III	Приемлемый средний уровень требований может быть использовать для существующих зданий
IV	Значения параметров ниже уровня, установленного для здания соответствующей категории

Рекомендуемые расчетные значения температуры воздуха используется при проектировании систем климатизации жилых зданий показаны в таблице 2.

Таблица 2. Температура воздуха в помещении в зимние и летние периоды

Тип помещения	Категория	Отопление (зимнее время при 1Кло), °C	Охлаждение (летнее время, при 0,5 Кло), °C
Спальни, гостиная, кухни. У людей $\approx 1,2$ Мет	I	21,0-25,0	23,5-25,5
	II	20,0-25,0	23,0-26,0
	III	18,0-25,0	22,0-28,0
Передние, коридоры и т.д. У людей $\approx 1,5$ Мет	I	18,0-25,0	
	II	16,0-25,0	
	III	14,0-25,0	

Если в зданиях не предусматривается кондиционирование расчетная температура внутреннего воздуха и температура на внутренних поверхностях оболочки здания в тёплый период является одним из основных фактов при проектировании зданий. Поэтому особое внимание уделяется теплоустойчивости ограждающих конструкций, утеплению стен, потолков, пола, вентилированию воздушных прослоек, использованию солнцезащитных систем, компактности зданий, расположению, размерам и типам светопроемов.

В жилом фонде Республики Таджикистан в зданиях средней этажности были использованы в качестве наружных стен однослойные конструкции из лёгкого бетона толщиной 300 мм (серии 105, ТТЖ-464 и т.д). Эти здания не отвечают новым требованиям как по зимним, так и по летним условиям. В том жилом фонде необходима санация наружных стен. Покрытие наружной поверхности, к примеру, утеплителем из пенополистерола толщиной 60 мм, при стене из лёгкого бетона, после аналитических расчётов на зимние условия, приводит к следующим результатам: Общее сопротивление теплопередаче составляет $R_0^{des} = 2,17 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$, т.е намного превышает требуемый показатель $R_0^{reg} = 1,6 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$. Это обязательное условие. Другой показатель – теплоустойчивость. Рассчитаем степень сквозного затухания внешних тепловых воздействий на стены. По расчётам это показатель равен $\nu = 235,09$.

При суммарном тепловом воздействии $A_0^{sym} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ расчётный показатель амплитуды колебаний на внутренней поверхности стены $A_r^{des} = 0,08 \text{ } ^\circ\text{C}$, что значительно меньше $A_r^{reg} = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Таким образом санируемая стена имеет теплозащитные показатели выше требуемых (для периода отопления и охлаждения). Поэтому толщину утепляющего слоя можно уменьшить до 40мм.

В каркасно-монолитных или в каркасных многоэтажных зданиях в качестве заполнения наружных стен можно использовать легкобетонные или пенобетонные блоки, толщиной 200мм с утеплением минераловатными плитами, толщиной 20-40 мм.

Согласно расчетов $R_0^{des} = 2,18 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$ при $R_0^{reg} = 1,6 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$ т.е условие $R_0^{des} \geq R_0^{reg}$ соблюдается. Степень сквозного затухания внешних тепловых воздействий $\nu = 86,92$. А величина амплитуды колебаний температуры на внутренней поверхности ограждения составляет $A_r^{des} = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Этот показатель намного меньше $A_r^{reg} = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Проведённая проверка по программному обеспечению жилого 5-ти этажного здания в условиях РТ свидетельствуют о возможности установки в летний период значения внутренней температуры воздуха в 28°C взамен 25°C (период охлаждения). Это позволит снизить затраты энергии на охлаждение без существенного изменения комфортных условий в помещениях (таблица 3).

Из таблицы 3 следует, что при температуре внутреннего воздуха в помещении в 25°C потребляемая энергия на охлаждение по дому, составляет 54668 кВт.ч. А при $t_b = 28^\circ\text{C}$ расход энергии по зданию составит 17170,6 кВт.ч, что на 37497,5 кВт.ч [3] меньше, т.е. можно сэкономить около 9 тысяч сомони.

Таблица 3. Расходы энергии в зданиях в зависимости от температурного режима[3]

Температура внутреннего воздуха	Потребность энергии на охлаждение	Снижение расхода энергии	Экономия по сравнению с расходом энергии при $t=25^\circ\text{C}$ (сомони)
25	54668,1	-	-
26	39692,5	14975,6	3489,2
27	27028,6	27639,5	6439,0
28	17170,6	37497,5	8736,0

Заклучение

Таким образом на комфортность в помещениях влияет, в первую очередь, радиационная температура на внутренних поверхностях ограждений и установленная температура внутреннего воздуха помещения.

Необходима санация наружной оболочки существующих зданий и применение в наружных стеновых ограждениях современных лёгких, энергоэффективных материалов, с хорошими теплоизоляционными свойствами. В летних условиях кондиционирование воздуха поддерживать при внутренней температуре в 28 °С, что снизит расход энергии в зданиях.

Литература:

1. Нигматов И.И. Архитектурно-конструктивное проектирование многоэтажных гражданских, высотных, уникальных зданий и организация внутренней среды / И.И. Нигматов, Ш.З. Усмонов // Душанбе. 2021г. С.396.
2. Усмонов Ш.З. Моделирование энергетических затрат на отопление и охлаждение 5-этажного жилого дома и оценка температурных условий по индексам теплового комфорта PMV и PPD // Вестник МГСУ. 2013. № 10. С. 216-229.
3. Усмонов Ш.З. Методы снижения расхода энергии на охлаждение жилых зданий в условиях сухого жаркого климата северных регионов Таджикистана // Вестник МГСУ. 2013. № 9. С. 79-85.

МАЪЛУМОТ ОИДИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ- AUTHOR BACKGROUNDS

TJ	RU	EN
Нигматов Икромчон Исматҷонович	Нигматов Икромджон Исматджонович	1-Nigmatov Ikromdzhon Ismatdzhonovich
Номзади илмҳои техники, профессор	кандидат технический наук	candidate of technical sciences, professor
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
nigmatov40@bk.ru		
TJ	RU	EN
Усмонов Шухрат Заурович	Усмонов Шухрат Заурович	Usmonov Shuhrat Zaurovich
Номзади илмҳои техники	кандидат технический наук	candidate of technical sciences
Донишқадаи политехникии Худжанд ДТТ ба номи ак М.С.Осимӣ	Худжанский политехнический институт ТТУ им. ак. М.С. Осими	Khujand Polytechnic Institute TTU named after ac. M.S. Osimi
usmonov.shuhrat@gmail.com		
TJ	RU	EN
Чимолов Фаррух Давлатхучаевич	Джимолов Фаррух Давлатхужаевич	Dzhimolov Farrukh Davlatkhujievich
Унвонҷӯ	Соискатель	Graduate
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi

УДК 624.042

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ БАЛОК

Д.Н. Низомов, И.И. Каландарбеков, И.К. Каландарбеков

Таджикский технический Университет имени академика М.С.Осими

Статья посвящена вопросам физического и математического моделирования балок прямоугольного поперечного сечения при действии статической и динамической нагрузки. Рассмотрены моделирование и теории подобия при исследовании конструкций зданий и сооружений. Приведены исследования динамических свойств строительных конструкций зданий и сооружений с использованием методов физического моделирования и теории механического подобия. Рассмотрен метод анализа дифференциальных уравнений, полученных на основе принципа Даламбера, описывающих колебательных процессов в балки.

Ключевые слова: математическое моделирование, физическое моделирование, геометрическое подобие, теории подобия, начальные и граничные условия, дифференциальные уравнения, критерии подобия, свободные колебания, вынужденные колебания, метод последовательной аппроксимации, теория механического подобия.

МОДЕЛКУНОНИИ МАСЪАЛАҶОИ СТАТИКӢ ВА ДИНАМИКИИ БОЛОРҶО

Ҷ.Н. Низомов, И.И. Қаландарбеков, И.Қ. Қаландарбеков

Мақола ба масъалаҳои моделкунонии физикӣ ва математикӣ болорҷои буриши росткунҷаи кундалангӣ дошта аз таъсири борҳои статикӣ ва динамикӣ бахшида шудааст. Моделкунонӣ ва назарияи монандӣ ҳангоми таҳқиқоти конструксияҳои биноҳо ва иншоот дида баромада шудааст. Таҳқиқоти хусусиятҳои динамикии конструксияҳои сохтмони биноҳо ва иншоот бо истифодабарии методҳои моделкунонии физикӣ ва назарияи монандии механикӣ оварда шудааст. Методи таҳлили муодилаҳои дифференциалӣ, ки дар асоси принципи Даламбер ба даст оварда шудааст ва ҷараёни лапширо дар болор ифода мекунад, дида баромада шудааст.

Калимаҳои калидӣ: моделкунонии математикӣ, моделкунонии физикӣ, монандии геометрӣ, назарияи монандӣ, шартҳои ибтидоӣ ва сарҳадӣ, муодилаҳои дифференциалӣ, меёри монандӣ, лапшиҳои озод, лапшиҳои маҷбурӣ, методи аппроксиматсияи пай дар пай, назарияи монандии механикӣ.

SIMULATION OF STATIC AND DYNAMIC PROBLEMS OF BEAMS

D.N. Nizomov, I.I. Kalandarbekov, I.K. Kalandarbekov

The article is devoted to the issues of physical and mathematical modeling of beams of rectangular cross section under the action of static and dynamic loads. Modeling and theories of similarity are considered in the study of structures of buildings and structures. Studies of the dynamic properties of building structures of buildings and structures using methods of physical modeling and the theory of mechanical similarity are given. The method of analysis of differential equations obtained on the basis of the d'Alembert principle, describing oscillatory processes in beams, is considered.

Keywords: mathematical modeling, physical modeling, geometric similarity, similarity theories, initial and boundary conditions, differential equations, similarity criteria, free vibrations, forced vibrations, successive approximation method, mechanical similarity theory.

Введение

Подобие – это возможность распространения результатов эксперимента с модели на оригинал. Теория подобия позволяет результаты экспериментальных исследований, получаемых на моделях, переносить на реальные объекты. Решение этой задачи можно осуществить двумя способами: анализом размерностей или анализом уравнений. Здесь мы будем использовать второй способ, где с целью получения критериев подобия, дифференциальные уравнения приводятся к безразмерному виду. Подобные объекты описываются одной системой дифференциальных уравнений и имеют подобные условия однозначности, которые включает в себя геометрическое подобие, временное подобие, подобие физических величин, подобие начальных и граничных условий.

Исследования динамических свойств строительных конструкций зданий и сооружений с использованием методов физического моделирования составляют самостоятельную область, где применяется теория механического подобия.

Система дифференциальных уравнений, описывающая исследуемый процесс, вместе с начальными и граничными условиями образуют математическую модель исследуемого объекта как для природы, так и для его модели.

Требования по моделированию механических процессов приведены в [1].

Здесь рассматривается метод анализа дифференциальных уравнений, полученных на основе принципа Даламбера, которые описывают колебательные процессы в балок прямоугольного сечения. Нормализация проводится в два этапа: 1) преобразование всех переменных к безразмерному виду, выбрав соответствующие масштабы; 2) преобразовать все уравнения к безразмерному виду. При этом все безразмерные переменные выбираются таким образом, чтобы их максимальные значения не превышало единице [2].

Последовательность реализации теории подобия изложено в [1].

Исходя из уравнения равновесия элемента, получим

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} - m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - c \frac{\partial w}{\partial t} + q(x, t) = 0. \quad (1)$$

Исходя из зависимостей между кривизной и прогибом балки, а также между радиусом кривизны оси балки, изгибающим моментом в сечении балки и жёсткостью поперечного сечения при изгибе [3], приравнявая правые части получим уравнение

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = -\frac{M(x, t)}{EI}, \quad (2)$$

которое описывает линию прогибов балки. При совместном решении (1) и (2) определяются функции $w(x, t)$ и $M(x, t)$.

Рассматривается систему из двух уравнений второго порядка (1) и (2), для решения которой используется численный метод последовательных аппроксимаций [4,5].

Для прямого стержня граничных условия, соответствующие уравнениям (1) и (2), могут быть записаны с помощью w , $\partial w / \partial x$, M и $\partial M / \partial x$ (перемещение, угол поворота, изгибающий момент и поперечная сила). Основными параметрами здесь являются w и M . Возможны следующие варианты граничных условий при $x = 0$ и $x = L$: шарнирное опирание $w = 0$, $M = 0$; жёсткое защемление $w = 0$, $\partial w / \partial x = 0$; свободное опирание $M = 0$, $\partial M / \partial x = 0$; упругое опирание $M = 0$, $\partial M / \partial x = k_z w$,

где k_z — коэффициент жёсткости упругоподатливой опоры.

Моделирование статической задачи балки

Пример 1. Статика. Изгиб простой балки от действия сосредоточенной силы (рис.1). Дифференциальное уравнение изгиба балки представляется в виде [6]

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = -\frac{M(x)}{EI}, \quad (3)$$

где w , M , EI — прогиб, изгибающий момент и изгибная жёсткость балки.

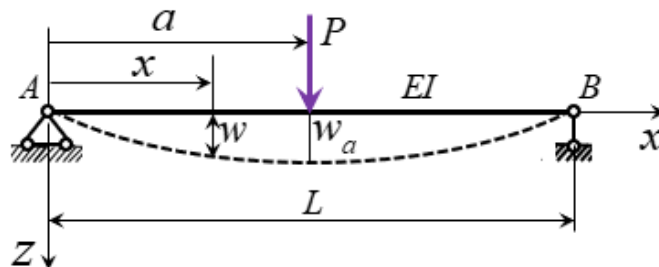


Рисунок 1 - Изогнутая ось балки

Рассмотрим два геометрически подобных объекта — модель m и натура n . Для аргумента x , функции $w(x)$, параметров I, E, M вводим характерные размерные параметры: l_0, w_0, I_0, E_0, M_0 . Тогда соответствующие безразмерные величины записываются в виде

$$\bar{x} = x / l_0, \quad \bar{w} = w / w_0, \quad \bar{I} = I / I_0, \quad \bar{E} = E / E_0, \quad \bar{M} = M / M_0. \quad (4)$$

Уравнение (3) с учётом (4) приобретает вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} &= \frac{w_0}{l_0^2} \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x}^2}, \quad \frac{M}{EI} = \frac{M_0}{E_0 I_0} \frac{\bar{M}}{\bar{EI}}, \\ \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x}^2} &= -\pi \frac{\bar{M}}{\bar{EI}}, \quad \pi = \frac{M_0 l_0^2}{w_0 E_0 I_0}, \end{aligned} \quad (5)$$

где обозначение буквой «пи» от греческого термина «параметр». Если за характерные размерные параметры l_0, w_0, M_0, I_0, E_0 ,

принять соответственно

$$l_0 = L, \quad w_0 = w_a, \quad M_0 = PL, \quad I_0 = I, \quad E_0 = E,$$

то безразмерный параметр подобия π представляется в виде

$$\pi = \frac{PL^3}{w_a EI} = c, \Rightarrow w_a = \frac{1}{c} \frac{PL^3}{EI}. \quad (6)$$

Из (6) следует, что без решения уравнения равновесия элемента [1], с точностью до постоянного коэффициента c получена зависимость максимального прогиба от других параметров задачи. Формула (6) позволяет провести сравнительный анализ в зависимости от изменения параметров в правой части. Для точного определения максимального прогиба w_a следует решить дифференциальное уравнение (3). Следует отметить, что безразмерное дифференциальное уравнение (5) имеет один и тот же вид, как для модели m , так и для натуры n . Следовательно, можно написать

$$\pi_m = \pi_n, \rightarrow \left(\frac{PL^3}{w_a EI} \right)_m = \left(\frac{PL^3}{w_a EI} \right)_n \rightarrow \frac{w_{a,m}}{w_{a,n}} = \frac{(P_m / P_n)(L_m^3 / L_n^3)}{(E_m / E_n)(I_m / I_n)}. \quad (7)$$

Если ввести соответствующие коэффициенты подобия (масштабы)

$$w_s = \frac{w_{a,m}}{w_{a,n}}, L_s = \frac{L_m}{L_n}, P_s = \frac{P_m}{P_n}, I_s = \frac{I_m}{I_n}, E_s = \frac{E_m}{E_n}, \quad (8)$$

то из (7) получим

$$w_s = \frac{w_{a,m}}{w_{a,n}} = \frac{P_s L_s^3}{E_s I_s}. \quad (9)$$

Из (9) следует что, если мы из эксперимента на модели получаем $w_{a,m}$ (рис.1), то прогнозируемая величина прогиба в натуре будет равняться $w_{a,n} = w_{a,m} / w_s$.

Моделирование динамической задачи балки

Пример 2. Динамика. Свободные колебания простой балки. Рассмотрим балку прямоугольного поперечного сечения с равномерно распределённой массой m (рис.2). Предполагается, что в начальный момент времени точка в середине пролёта приобретает начальное перемещение, равное δ , а затем балка совершает свободные колебания.

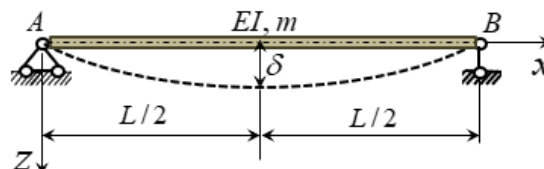


Рисунок 2 - Балка с распределённой массой

Свободные колебания балки без учёта затухания описывается дифференциальным уравнением четвёртого порядка

$$EI \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0. \quad (10)$$

Начальные и граничные условия задачи представляются в виде

$$\begin{aligned} t = 0, \quad w|_{x=L/2} &= \delta, \quad \partial w / \partial t|_{x=L/2} = 0, \\ x = 0, \quad w &= 0, \quad \partial^2 w / \partial x^2 = 0, \\ x = L, \quad w &= 0, \quad \partial^2 w / \partial x^2 = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Безразмерные переменные выберем следующим образом

$$\bar{x} = \frac{x}{L}, \quad \bar{t} = \frac{t}{T_1}, \quad \bar{w} = \frac{w}{\delta},$$

где δ – максимальный прогиб в середине балки, T_1 – время, соответствующее четверти периода свободных колебаний. Уравнение (10) с учётом (11) приобретает вид

$$EI \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = EI \frac{\delta}{L^4} \frac{\partial^4 \bar{w}}{\partial \bar{x}^4}, \quad m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = m \frac{\delta}{T_1^2} \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{t}^2},$$

$$\frac{\partial^4 \bar{w}}{\partial \bar{x}^4} + \pi_1 \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{t}^2} = 0, \quad \pi_1 = \frac{mL^4}{T_1^2 EI}. \quad (12)$$

Если ввести такие параметры как радиус инерции сечения балки, равный $r = \sqrt{I/A}$, где A – площадь поперечного сечения, и скорость продольной волны, равная $c = \sqrt{E/\rho}$, то параметр подобия π_1 может быть записан так

$$\pi_1 = \frac{mL^4}{T_1^2 EI} = \left| m = \rho A, \quad I = Ar^2, \quad E = \rho c^2 \right| = \left(\frac{L^2}{crT_1} \right)^2 \quad (13)$$

Начальные и граничные условия в безразмерных переменных принимают вид

$$t = 0, \quad \bar{w}|_{\bar{x}=1/2} = 1, \quad \partial \bar{w} / \partial \bar{t}|_{\bar{x}=1/2} = 0,$$

$$\bar{x} = 0, \quad \bar{w} = 0, \quad \partial^2 \bar{w} / \partial \bar{x}^2 = 0, \quad (14)$$

$$\bar{x} = 1, \quad \bar{w} = 0, \quad \partial^2 \bar{w} / \partial \bar{x}^2 = 0.$$

Можно видеть, что нормализованные (приведённые к безразмерному виду) начальные и граничные условия не содержат параметров подобия. Исходя из подобия модели и натуры, свободные колебания которых описывается уравнением (12), можно написать

$$\pi_{1,m} = \pi_{1,n}, \quad \rightarrow \quad \left(\frac{L^2}{crT_1} \right)_m = \left(\frac{L^2}{crT_1} \right)_n, \quad T_{1,n} = T_{1,m} \frac{L_n^2 c_m r_m}{L_m^2 c_n r_n}. \quad (15)$$

Из полученной формулы (15) следует, что если из эксперимента на модели мы имеем запись свободных колебаний с периодом $T_{1,m}$, то можно прогнозировать основной период свободных колебаний балки в натуре без решения дифференциального уравнения. Например, если модель построена в масштабе 1:10 из одного и того же материала, что и натура, то из (15) получим

$$\frac{r_m}{r_n} = \frac{1}{10}, \quad \frac{c_m}{c_n} = 1, \quad \left(\frac{L_n}{L_m} \right)^2 = 100, \quad T_{1,n} = 10T_{1,m}.$$

Для определения амплитуды свободных колебания следует решить дифференциальное (12) с учётом начальных и граничных условий (14).

Вывод

Из решения уравнения статической задачи следует что, если мы из эксперимента на модели получаем $w_{a,m}$ то прогнозируемая величина прогиба в натуре будет равняться $w_{a,n} = w_{a,m} / w_s$. Из выше полученных формулы при решении динамической задачи следует, что если из эксперимента на модели мы имеем запись свободных колебаний с периодом $T_{1,m}$, то можно прогнозировать основной период свободных колебаний балки в натуре без решения дифференциального уравнения.

Литература:

1. Низомов Д.Н., Каландарбеков И.И., Каландарбеков И.К. Моделирование в задачах строительной механики. Политехнический Вестник. Серии Инженерные исследования, № 3, 2022, с.
2. Баренблатт Г. И. Анализ размерностей. М.: МФТИ, 1987. 168 с.
4. Тимошенко С.П., Гере Дж. Механика материалов. – М.: «Мир», 1976. – 669 с.
5. Низомов Д.Н. Численное решение динамических задач по расчету балок, плит и пологих оболочек. - Дисс. канд. техн. наук, М.: 1982.-169 с.
6. Габбасов Р.Ф., Низомов Д.Н. Численное решение динамических задач строительной механики // Строительная механика и расчёт сооружений, - 1985.- №6, с.51-54.

7. Дарков А.В., Шапиро Г.С. Сопротивление материалов. – М.: «Высшая школа», 1969. – 734 с.

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

TJ	RU	EN
Низомов Чаҳонгир Низомович	Низомов Джахонгир Низомович	Nizomov Jachongir Nizomovich
Доктори илмҳои техники, профессор	Доктор технических наук, профессор	Doctor of Technical Sciences, Professor
Институти геология, соҳтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи АМИТ,	Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной академии наук Таджикистана	Institute of Geology, Seismic Engineering and Seismology of the National Academy of Sciences of Tajikistan
tiees@mail.ru		
0000-0002-6467-0789		
TJ	RU	EN
Қаландарбеков Ифтихор Имомёрбекович	Каландарбеков Ифтихор Имомёрбекович	Kalandarbekov Iftikhor Imomyorbekovich
Номзади илмҳои техники, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Кандидат технических наук Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Candidate of Technical Sciences Tajikistan Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
iftikhor791@mail.ru		
0000-0002-4807-0169		
TJ	RU	EN
Қаландарбеков Имомёрбек Қаландарбекович	Каландарбеков Имомёрбек Каландарбекович	Kalandarbekov Imomyorbek Kalandarbekovich
Доктори илмҳои техники, профессор	Доктор технических наук профессор	Doctor of Technical Sciences, Professor
Институти геология, соҳтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи АМИТ,	Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной академии наук	Institute of Geology, Seismic Engineering and Seismology of the National Academy of Sciences of Tajikistan
0000-0002-4807-0169		

УДК:625.855

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ НА СВОЙСТВА БИТУМА ДЛЯ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Р.Х. Сайрахмонов

Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими

В работе исследовано и изучено механизм влияние добавки из микрокристаллической целлюлозы (МКЦ), резиновый порошок (РП), волостонитовый минеральный порошок (ВП) и госиполловой смолы с моноэтаноламин (МЭА) на физико-механические свойства битума. Доказано, что каждый, из выше названных добавок в зависимости от своей природы сыре разнообразно влияют на свойства битума.

Ключевые слова: микрокристаллическая целлюлоза, порошок, моноэтаноламин, смола, свойства.

SOME ASPECTS OF RESEARCH INFLUENCE OF THE ADDITIVE OF DIFFERENT FUNCTIONAL ACTION ON THE PROPERTIES OF BITUMEN FOR SCMA

R.Kh.Sairakhmonov

In the work, the mechanism of influence of additives from microcrystalline cellulose (MCC), rubber powder (RP), volostonite mineral powder (VP) and gosypoll resin with monoethanolamine (MEA) was investigated and studied. It has been proven that each of these additives, depending on its nature, affects the properties of bitumen in different ways.

Key words: microcrystalline cellulose, powder, monoethanolamine, resin, properties.

БАЪЗЕ ҶАБҲАҲОИ ТАДҚИҚОТИ ТАЪСИРОТИ ИЛОВАГИҲОИ ГУНОГУН БА ХОСИЯТҲОИ БИТУМ БАРОИ АСФАЛЬТОБЕТОНҲОИ ШАҒАЛИВУ МАСТИКӢ

Р.Ҳ.Сайрахмонов

Дар кори мазкур тадқиқот ва омӯзиши механизми таъсири иловагиҳо аз селлюлозаи микрокристаллӣ, хокаи резина, хокаи воллостонит ва қатрони госиполӣ бо моноэтаноламин оварда шудааст. Исбот карда шудааст, ки ҳар яке аз иловагиҳо вобаста ба мавқеи ҷойгиршавии ашёи хомашон ба хосиятҳои битум гуногун таъсир мерасонанд.

Калимаҳои калидӣ: селлюлозаи микрокристаллӣ, хока, моноэтаноламин, қатрон, хосият.

Введение

В настоящее время с каждым годом, наблюдается динамичное развитие автомобильного транспорта, наряду с этого, одновременно возрастает грузонапряженности автомобильных дорог. Эти процессы вызывают определенные требования к повышению эксплуатационные качества дорожных покрытия автомобильных дорог. Эти требования обусловленные для обеспечения комфортабельности и безопасности движения транспортных средств вызывавшие необходимость улучшения структурно-механических характеристик асфальтобетона как материал верхнего слоя дорожного покрытия. С целью повышения грузонапряженности автомобильных дорог деформативные устойчивости дорожных асфальтобетонных покрытий. В последние годы на покрытиях из асфальтовых бетонов наблюдается неровностям, которые проводят дорогу в целом до разрушения. Одной из современных путей решения рассматриваемой проблемы, является применение технологий, обеспечивающий дорожных покрытий повышенной устойчивостью к возникновению пластических деформаций независимо от условия эксплуатации [7-8].

За последние годы в Таджикистане хорошо зарекомендовало себя щебеночно-мастичный асфальтобетон ЩМА с прерывистым зерновым составом [8]. Однако в условиях жаркого и сухого климата технологии эти обеспечивают только устойчивостью к возникновению деформации в ранние время использования. Для повышения устойчивости и долговечности асфальтобетона в жарких условиях необходимо повысить устойчивости битума, которая обеспечивает нормативную устойчивость дорожных покрытия в период длительной эксплуатации [6]. Достигнутый уровень изученности асфальтобетона и накопленный опыт его применения в настоящее время позволяют нам решать эту проблему, т.е. создавать более долговечные дорожные покрытия. Опыт эксплуатации дорожных покрытий показывает, что в отношении износа, а также коррозионной устойчивости к действию влаги и знакопеременных температур щебеночно-мастичный асфальтобетон несколько превосходит традиционных. Учитывая особенность ЩМА, требует более тщательного подбора его состава. Особенно важно соблюдать принцип подбора наиболее плотной минеральной смеси, что позволяет ограничиться минимальным количеством битума. Наличие в асфальтобетоне содержание битума заметно увеличивает без того повышенную пластичность покрытия. Учитывая, что органический вяжущий, обязательным образом читается основным структурообразующим компонентом битум содержащих смесей его улучшения, в большой степени предопределяет и повышения свойства материалов на его основе [1-2]. По мнению авторов для обеспечения показателей качества ЩМАС, гарантирующих его эксплуатационные характеристики, приходится улучшать свойств битума путем модифицированные его добавками различного функционального действия [1-4]. Вместе с тем необходимо учитывать, что органические вяжущие, являются

термочувствительными, где в жарких время эксплуатации приближаются по своим свойствам к жидкости, а при низких температурах приобретают свойства твердого тела. Отсюда следует, что в практике изучение свойств вяжущих, важна для оценки его реология, как вяжущий материал для дорожного строительства в различных условиях эксплуатации [5].

В практике для проведения таких определений в производственных условиях принято оценивать реологические свойства вяжущих с добавками различного характера действия. Обычно для определения характера действия добавки на свойства вяжущих и материалов на их основе по упрощенно определяемым условным показателям.

В работе использовано следующие добавки:- микрокристаллической целлюлозы (МКЦ), вовлеченный из целлюлозосодержащих вторичных продуктов переработки хлопка-сырца:-резиновой порошок (РП), получаемого при переработке изношенных автомобильных шин:-порошковой минеральной добавка (ВП) получаемого из минерала воллостонита.

Методика исследования

Для исследования целлюлозосодержащую добавку вводили в битум при температуры 150-160°C. После их перемешивались потом вручную до однородного состояния. Добавка распределялись в битуме достаточно хорошо в течение 20 минут.

Минеральную добавку из воллостонита вводили в битум как часть минерального порошка. Резиновый порошок вводили в битум в сыпучем состоянии. При температуре 160-170°C требовалось интенсивные перемешивания. интенсивное полное распределение происходило в течении 5-10 минут, при этом повышалась вязкость битума.

Экспериментальная часть.

При добавлении в битум добавки разного процентного соотношения происходит следующие (см. табл. 1.).

Таблица 1 - Показатели свойств битума с добавками

№ п/п	Показатели, единица измерения	Количества добавки в битум, %	Наименование вяжущий и добавки.				
			БНД 60/90	ГС+МЭА	ВП	МКЦ	РП
1	Пенетрация, 0, 1 мм при 25°C 0°C	0	74 22	-	-	-	-
		2	-	79,8 24,7	57,3 21,3	52,3 21,6	68,2 21,4
		4	-	81,6 29,2	51,0 32,6	43,2 23,3	63,2 22,0
		6	-	85,4 27,3	42,0 30,0	33,6 22,3	54,3 21,5
2	Температура размягчения по кольцу и шару, °C	0	51	-	-	-	-
		2	-	51	58	52	51
		4	-	50	65,3	59	55
		6	-	52	71	64	56
3	Растяжимость, см при 25°C, 0°C	0	98 3,9	-	-	-	-
		2	-	80 7,2	68,0 4,0	48,6 5,1	86 4,5
		4	-	78,4 5,5	48,4 4,3	35,4 5,6	72,5 5,3
		6	-	67,6 6,1 6,1	30,1 5,2 7,2	25,5 4,5 5,5	49,5 4,0 5,0
4	Температура хрупкости	0	-18	-	-	-	-
		2	-	-21	-20	-19	-16
		4	-	-27	-22	-21	-15
		6	-	-26	-23	-24	-18

При добавлении добавки МКЦ, ВП и РП до 5%, показатели свойства битума заметно изменяются, повышается температуры размягчения, и уменьшаются пенетрации и растяжимости битума. При добавлении адгезионная добавка из ГС+МЭА до 5% показатели свойства битума остаются неизменными.

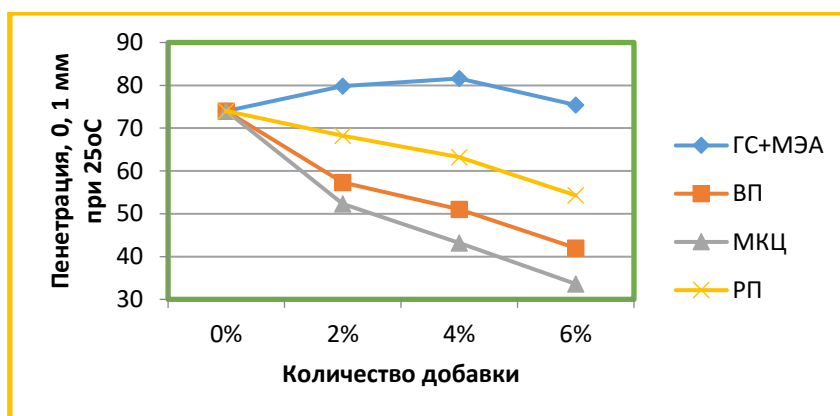


Рисунок 1- Показатели пенетрации битума с добавками

На рис. 1., приведены изменение показатели пенетрации битума с добавками. Полученные данные показывают, что при введении 2% добавки МКЦ глубина проникания иглы составляет 52,3 (0,1 мм), РП 68,2 (0,1 мм), ВП 57,3 (0,1 мм), МКЦ - 79,8 (0,1 мм). Добавка- стабилизирующая из МКЦ по пенетрации равняется 51,6 (0,1 мм), Эта показатель на 20,9% ниже показателя битума без добавок. Добавление 2% РП показатель проникания иглы составляет 68,2 (0,1 мм), показатель добавок ВП составляет 57,3 (0,1 мм). Добавка адгезионно-поверхностно активная из ГС+МЭА имеет максимальное значение на 11% больше чем контрольный образец битума без добавки. Из данных рис.1., видно, что повышение количества добавки от 4 до 6%, приведёт к снижению показателей пенетрации тоест;

- при 6,0% показатели пенетрации для МКЦ составляет 33,6 (0,1 мм):
- при 6,0% РП показатели пенетрации битума составляет 54,3 (0,1 мм):
- при 6,0% ВП показатели пенетрации битума составляет 42,0 (0,1 мм);
- при добавлении в битум до 6,0% ГС+МЭА пенетрации битум составляет 85,4 (0,1мм). Из этих показателей следует, что добавки МКЦ, РП и ВП на определённом количестве повышают вязкости битума. Однако введение в битум добавок из ГС+МЭА на много уменьшает вязкости битума.

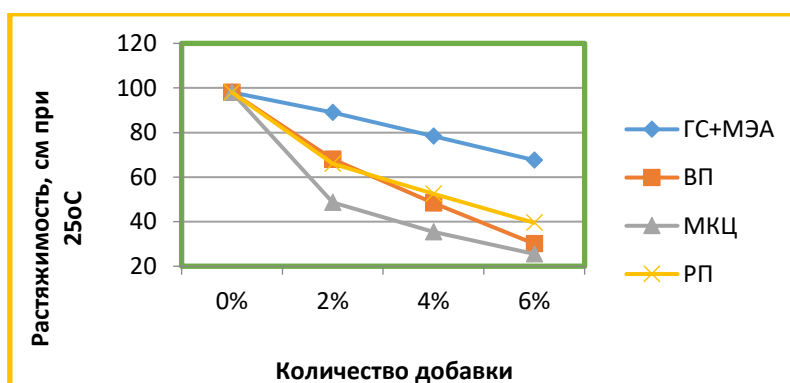


Рисунок 2- Показатели растяжимости битума с добавками

На рис. 2., приведены изменения показателей растяжимости вяжущего от количества добавки.

Приведенные на рис.2., данные показывают, что растяжимость битума с разными добавками при 25°C снижается:

- при 2% МКЦ показатели растяжимости вяжущего составляет 48,6 см:
- при 2% РП показатели растяжимости вяжущего составляет 66 см,
- при 2% ВП показатели растяжимости вяжущего составляет 68,0 см,
- при 2% ГС+МЭА показатели растяжимости вяжущего составляет 89см.

При дальнейшем увеличении содержания добавки жесткость битума повышается еще больше. При 4-6% минимальное значение имеет МКЦ 23,5 см, а максимальное ГС+МЭА 67,6 см.

Зависимости значений температуры размягчения битума от количества добавки приведены на рисунок 3.

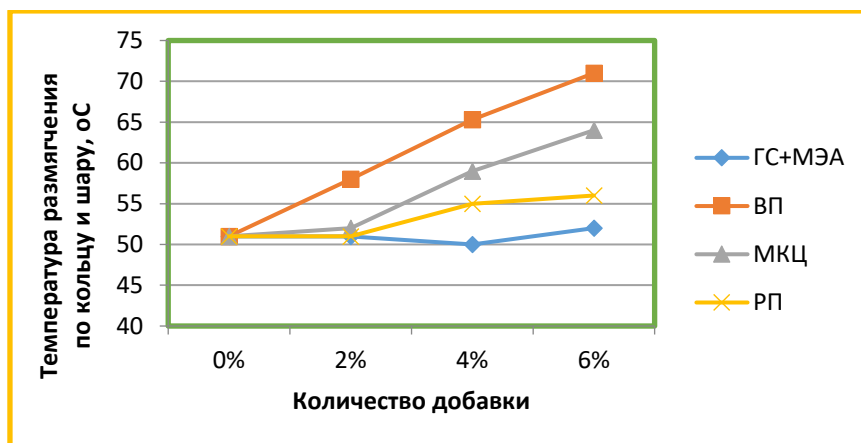


Рисунок 3- Показатели температуры размягчения битума с добавками

Данные рис.3., показывают, что увеличение количества добавки в битум приводит к повышению температуры размягчения. Больше всего отличается Максимальной темпера при 6% обладает битум с ВП 71°C, минимальную имеет битум с РП 56°C. Таким образом, с увеличением содержания всех добавок температура размягчения увеличивается, т.е. увеличивается вязкость и прочность структуры битума. Однако тут можно отметить, что при содержании добавки из ГС+МЭА до 5% в битум температура размягчения остаются ровнее с исходного битума без добавки.

Показатели температура хрупкость битума, от содержаний исследуемых добавок приведено на рис. 4. Данные рис. 4., показывают, что показатели битума с введением добавки изменяется так: для МКЦ (-19°C), РП (-16°C), ВП (-20°C), ГС+МЭА (-21°C). При 6% минимальное значение у добавки РП (-18°C), а максимальное у ГС+МЭА (-26°C).

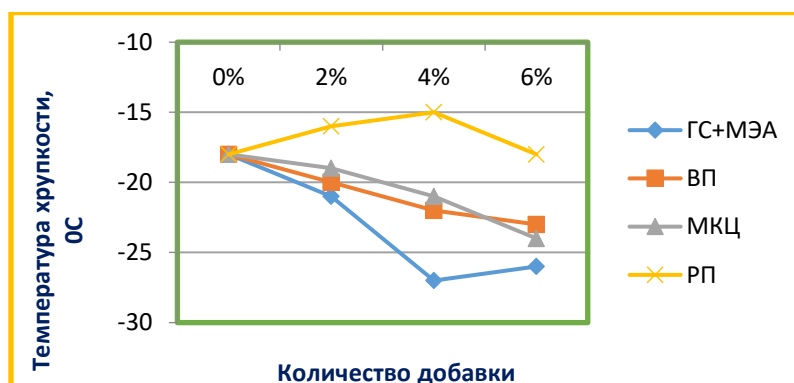


Рисунок 4. Показатели температуры хрупкости битума с добавками

Таким образом рассматривая взаимодействия с битумом добавка МКЦ из целлюлозосодержащих вторичных продуктов переработки хлопка-сырца, резиновой порошок (РП), получаемого при переработке изношенных автомобильных шин: порошковой минеральной добавка (ВП) получаемого из минерала воллостонита, следует сделать следующие выводы. Физико-химическая сущность перемещения битума целлюлозных волокон начинают происходить процессы смачивания поверхности волокон МКЦ с компонентами битума. При механическом перемешивании битум с волокном целлюлозы реакция протекает внутри волокон на свободных поверхностях элементарных фибрилл. В процессе битум растекается по поверхности волокон, межволоконные водородные Н-связи разрываются, волокна перестают контактировать друг с другом и распределяются в битумной среде, в итоге образуют поперечные связи. Структурные элементы битум взаимодействуя с гидроксильными группами МКЦ, придают битуму температурный устойчивость. В процессе перемешивание МКЦ с битум гидроксильные группы (ОН) и аминогруппы (NH₂) битума, образуют с окси группами МКЦ водородные связи (4-6).

При взаимодействии добавка МКЦ и битум, кроме водородной связь, еще имеется между битум и МКЦ межмолекулярные силы Ван-дер-Ваальса, действие которых проявляется благодаря непосредственному контакту ароматических колец молекул битума с глюкозными остатками макромолекулы МКЦ.

Применение добавок из минерала воллостонита в битум, имеет свои особенности при перемешивании битум и порошка воллостонита, происходят процессы смачивания минеральной поверхности. В результате формируется, поверхности раздела битум и минеральный материал. Волокна воллостонита распадаются на отдельные волокна, на которых происходит адсорбция ССЕ битума. После вязкость битум увеличивается,

возникают сольватные оболочки из ССЕ на поверхности микроволокно, размеры и степень агрегированной ССЕ также изменяются (1-3).

Введение в битум в определенной резинного порошка РП в количестве до 3% резина не подвергается деструкций и в наибольшей степени сохраняет эластические свойства. В результате происходит взаимодействие компонентов добавки и компонентов битума между собой. Резиновый порошок оказывает на битум более выраженное структурирующее воздействия. Обычно частицы активного резинового порошка состоят из каучука, сажи и масла.

Таким образом, в практике взаимодействия на поверхности раздела минеральных материалов и вяжущий имеют различный характер, определяемый взаимодействующими компонентами.

Выводы

Анализируя полученные результаты, все изученные добавки можно сделать следующие выводы, что при введении в битум исследуемые добавки МКЦ, РП и ВП увеличивают его вязкость, снижают растяжимость, повышают теплостойкость. При рассмотрении условия взаимодействия МКЦ с битумом, особенностью механизма структурообразования является набухание волокна МКЦ в битум, для воллостонита, волокна воллостонита распадаются на отдельные волокна, на которых происходит адсорбция ССЕ битума. Резиновый порошок оказывает на битум более выраженное структурирующее воздействия. Кроме того добавки РП и ВП оказывают структурирующее действие на битум. Комплексные использование названные добавки до 8% в сочетании с ГС+МЭА до 5% в дорожных асфальтовых бетонов особенно много- щебеночных асфальтовых бетонов имея в виду смесей из щебеночно-мастичных асфальтовых бетонов, способствуют формированию устойчивую структуру асфальтобетон в условиях сухого жаркого климата.

Литература:

1. Хозин В.Г. и др. Модификация нефтяных битумов полимерами: Материалы V акад. Воронеж, 1999. С.508 – 510.
2. Соломенцев А.Б. Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битумов //Наука и техника в дорожной отрасли. 2008. №1. С.14-15.
3. Соломенцев А.Б., Баранов И.А. Влияние добавки УНИРЕМ-001 на свойства асфальтовяжущего и щебеночно-мастичного асфальтобетона //Материалы 5-й Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством образования, продукции и окружающей среды»: сб. тез. докл. Бийск: Изд-во БТИ Алт ГТУ им. И.И. Ползунова, 29 сентября - 1 октября 2011. С.159 - 164.
4. Соломенцев А.Б. Оценка битума-удерживающей способности стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона в асфальтовяжущем, Соломенцев А.Б, Баранов И.А [Текст] //Строительство и реконструкция. 2010. №4(30). С.53-58.
5. Сайрахмонов Р.Х., Умаров С.С. Повышение адгезионных свойства битумов путем применения комплексной добавки //Научно-теоретический журнал «Вестник Таджикского национального университета », Душанбе 2016. №1(110). С. 74-79.
6. Арабзода Н.С., Сайрахмонов Р.Х., Шарифов Ф.А. Улучшение физико-механических свойств асфальтовых бетонов путем пластификации и дисперсного армирования. //Политехнический вестник. Серия: инженерные исследования. №3.(55). 2021.С.94-98.
7. Сайрахмонов Р.Х., Арабзода Н.С., Азизов У.М., Шарифов Ф.А. Анализ условий работы асфальтобетонных покрытий и характер их разрушения в условиях Республики Таджикистан. Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. №4.(56). 2021. С.142-147.
8. Сайрахмонов Р.Х., Оев С.А. Повышение физико-механических свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона на основе поверхностно-активной и стабилизирующей добавки //Научно-теоретический журнал «Вестник Санкт-Петербургского инженерно-строительного университета», Санкт-Петербург 2016. 1(215). С.43-46.

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

TJ	RU	EN
Сайрахмонов Раҳимҷон Хусейнович	Сайрахмонов Рахимджон Хусейнович	Sayrakhmonov Rahimjon Huseynovich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	candidate of technical sciences associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический Университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi
srivakn@mail.ru		
0000-0003-1771-2728		
+992 906 22 96 96		

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Приложение 1
к Положению о научном журнале
"Политехнический вестник"

ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ статей в журнал "Политехнический вестник"

1. В журнале публикуются статьи научно-практического и проблемного характера, представляющие собой результаты завершённых исследований, обладающие научной новизной и представляющие интерес для широкого круга читателей журнала.

2. Основные требования к статьям, представляемым для публикации в журнале:

- статья (за исключением обзоров) должна содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике и научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями к оформлению статей (см. пункт 5).

3. Статья представляется в редакцию по электронной почте и в одном экземпляре на бумаге, к которому необходимо приложить электронный носитель текста, идентичного напечатанному, а также две рецензии на статью и справку о результате проверки на оригинальность.

4. Структура статьи

Текст статьи должен быть представлен в формате IMRAD¹ на таджикском, английском или русском языке:

ВВЕДЕНИЕ (Introduction)	Почему проведено исследование? Что было исследовано, или цель исследования, какие гипотезы проверены? Включает: актуальность темы исследования, обзор литературы по теме исследования, постановку проблемы исследования, формулирование цели и задач исследования.
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ (MATERIALS AND METHODS)	Когда, где и как были проведены исследования? Какие материалы были использованы или кто был включен в выборку? Детально описывают методы и схему экспериментов/наблюдений, позволяющие воспроизвести их результаты, пользуясь только текстом статьи. Описывают материалы, приборы, оборудование и другие условия проведения экспериментов/наблюдений.
РЕЗУЛЬТАТЫ (RESULTS)	Какой ответ был найден. Верно ли была протестирована гипотеза? Представляют фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).
ОБСУЖДЕНИЕ (DISCUSSION)	Что подразумевает ответ и почему это имеет значение? Как это вписывается в то, что нашли другие исследователи? Каковы перспективы для будущих исследований? Содержит интерпретацию полученных результатов исследования, включая: соответствие полученных результатов гипотезе исследования; ограничения исследования и обобщения его результатов; предложения по практическому применению; предложения по направлению будущих исследований.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ (CONCLUSION)	Содержит краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в них.
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК (REFERENCES)	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. п.3).
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	оформляется в конце статьи в следующем виде:

¹ Данный термин составлен из первых букв английских слов: Introduction (Введение), Materials and Methods (Материалы и методы), Results (Результаты) Acknowledgements and Discussion (Обсуждение). Это самый распространенный стиль оформления научных статей, в том числе для журналов Scopus и Web of Science.

(AUTHORS' BACKGROUND)

	TJ	RU	EN
Ному насаб, ФИО, Name			
Дараҷа ва унвони илмӣ, Степень и должность, Title ²			
Ташкилот, Организация, Organization			
e-mail			
ORCID ³ Id			
Телефон			

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ (CONFLICT OF INTEREST)	Конфликт интересов — это любые отношения или сферы интересов, которые могли бы прямо или косвенно повлиять на вашу работу или сделать её предвзятой. Пример: 1. Конфликт интересов: Автор Х.Х.Х. Владеет акциями Компании Y, которая упомянута в статье. Автор Y.Y.Y. – член комитета XXXX. 2. Если конфликта интересов нет, авторы должны заявить: Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов. Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи
ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ (AUTHOR CONTRIBUTIONS).	Публикуется для определения вклада каждого автора в исследование. Описание, как именно каждый автор участвовал в работе (предпочтительно), или сообщение о вкладах авторов в процентах или долях (менее желательно). Пример данного раздела: 1. Авторы A1, A2 и A3 придумали и разработали эксперимент, авторы A4 и A5 провели теоретические исследования. Авторы A1 и A6 участвовали в обработке данных. Авторы A1, A2 и A5 участвовали в написании текста статьи. Все авторы участвовали в обсуждении результатов. 2. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации
ДОПОЛНИТЕЛЬНО (по желанию автора)	
БЛАГОДАРНОСТИ (опционально) - ACKNOWLEDGEMENT (optional)	Если авторы в конце статьи выражают благодарность или указывают источник финансовой поддержки при выполнении научной работы, то необходимо эту информацию продублировать на английском языке.
ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ (FUNDING)	Информация о грантах и любой другой финансовой поддержке исследований. Просим не использовать в этом разделе сокращенные названия институтов и спонсирующих организаций.
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ (ADDITIONAL INFORMATION)	В этом разделе могут быть помещены: Нестандартные ссылки. Например, материалы, которые по каким-то причинам не могут быть опубликованы, но могут быть предоставлены авторами по запросу. Дополнительные ссылки на профили авторов (например, ORCID). Названия торговых марок на иностранных языках, которые необходимы для понимания статьи или ссылки на них. Особые сообщения об источнике оригинала статьи (если статья публикуется в переводе). Информация о связанных со статьей, но не опубликованных ранее докладах на конференциях и семинарах.

² Title can be chosen from: master student, Phd candidate, assistant professor, senior lecture, associate professor, full professor

³ ORCID или Open Researcher and Contributor ID (Открытый идентификатор исследователя и участника) — незапатентованный буквенно-цифровой код, который однозначно идентифицирует научных авторов. www.orcid.org.

5. Требования к оформлению статей

Рекомендуемый объем оригинальной статьи – до 10 страниц, обзора – до 15 страниц, включая рисунки, таблицы, библиографический список. В рубрику «Краткие сообщения» принимаются статьи объемом не более 3 страниц, включая 1 таблицу и 2 рисунка.

Рекомендации по набору и оформлению текста

Наименование	Требования	Примечания
Формат страницы	A4	
Параметры страницы и абзаца	отступы сверху и снизу - 2.5 см; слева и справа - 2 см; табуляция - 2 см;	ориентация - книжная
Редактор текста	Microsoft Office Word	
Шрифт	Times New Roman, 12 пунктов	
межстрочный интервал	Одинарный, выравнивание по ширине	Не использовать более одного пробела между словами, пробелы для выравнивания, автоматический запрет переносов, подчеркивания.
Единица измерения	Международная система единиц СИ	
Сокращения терминов и названий	В соответствии с ГОСТ 7.12-93.	должны быть сведены к минимуму
Формулы	Математические формулы следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские курсивом. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и центрируются.	Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо
Таблицы	При создании таблиц рекомендуется использовать возможности MS Word (Таблица – Добавить таблицу) или MS Excel. Таблицы должны иметь порядковые номера, название и ссылку в тексте. Таблицу следует располагать в тексте после первого упоминания о ней. Интервал между строчками в таблице можно уменьшать до одинарного, размер шрифта – до 9 пунктов.	Внутри таблицы заголовки пишутся с заглавной буквы, подзаголовки – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком. Заголовки центрируются. Боковые – по центру или слева. Диагональное деление ячеек не рекомендуется. В пустой ячейке обязателен прочерк (тире –). Количество знаков после запятой (точность измерения) должно быть одинаковым.
Рисунки (иллюстрации, графики, диаграммы, схемы)	Должны иметь сквозную нумерацию, название и ссылку в тексте, которую следует располагать в тексте после первого упоминания о рисунке. Рисунки должны иметь расширение, совместимое с MS Word (*JPEG, *BIF, *TIFF (толщина линий не менее 3 пкс) Фотографии должны быть предельно четкими, с разрешением 300 dpi. Максимальный размер рисунка: ширина 150 мм, высота 245 мм. Каждый рисунок должен иметь подрисуночную подпись, в которой дается объяснение всех его элементов. Кривые на рисунках нумеруются арабскими цифрами и комментируются в подписях к рисункам.	Заголовки таблиц и подрисуночные подписи должны быть по возможности лаконичными, а также точно отражающими смысл содержания таблиц и рисунков. Все буквенные обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисуночном текстах. Все надписи на рисунках (наименования осей, цифры на осях, значки точек и комментарии к ним и проч.) должны быть выполнены достаточно крупно, одинаковым шрифтом, чтобы они легко читались при воспроизведении на печати. Наименования осей, единицы измерения физических величин и прочие надписи должны быть выполнены на русском языке. Не допускается наличие рамок вокруг и внутри графиков и диаграмм. Каждый график, диаграмма или схема вставляется в текст как объект MS Excel.

Рукопись должна быть построена следующим образом:

Раздел	Содержание (пример)	Расположение
Индекс УДК ⁴	УДК 62.214.4; 621.791.05	в верхнем левом углу полужирными буквами
Заголовок	НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (должен быть информативным и, по возможности, кратким) (на языке оригинала статьи)	В центре полужирными буквами
Авторы	Инициалы и фамилии авторов (на языке оригинала статьи)	В центре полужирными буквами
Организация	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	В центре полужирными буквами
Реферат (аннотация)	Должен быть информативным и на языке оригинала статьи (таджикском, русском и английском), содержать 800-1200 печатных знаков (120-200 слов). Структура реферата: Введение. Материалы и методы исследования. Результаты исследования. Заключение.	Выровнять по ширине
Ключевые слова	5-6, разделены между собой « , ». (на языке оригинала статьи) Пример: энергосбережение, производство корунда, глинозем, энергопотребление, оптимизация	Выровнять по ширине
На двух других языках приводится: Заголовок Авторы Организация Реферат (аннотация)	перевод названия статьи, авторов ⁵ , организации ⁶ , заголовки и реферат ⁷ и ключевые слова ⁸ на двух других языках	
Статья согласно структуры	Согласно требованиям пункта 4 требования и условия предоставления статей в журнал "Политехнический вестник"	Выровнять по ширине

К статье прилагается (см. <http://vp-es.ttu.tj/>):

1. Сопроводительное письмо (приложение 1А).
2. Авторское заявление (приложение 1Б).
3. Лицензионный договор (приложение 1В).
4. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати (приложение 1Г).
5. Рецензия (приложение 1Д).

⁴ Универсальная десятичная классификация (УДК) — система классификации информации, широко используется во всём мире для систематизации произведений науки, литературы и искусства, периодической печати, различных видов документов и организации картотек. Межгосударственный стандарт ГОСТ 7.90—2007. Пример: <https://www.teacode.com/online/udc/>

⁵ В английском переводе фамилии авторов статей представляются согласно системе транслитерации BSI (British Standard Institute). Стандарт BSI обычно применяется в случае, когда требуется корректная транслитерация букв, слов и предложений из кириллического алфавита в латинский в случае оформления библиографических списков с официальным статусом. Им пользуются для того, чтобы попасть в зарубежные базы данных.

⁶ Название организации в английском переводе должно соответствовать официальному, указанному на сайте организации. Непереводимые на английский язык наименования организаций даются в транслитерированном варианте.

⁷ Необходимо использовать правила написания организаций на английском языке: все значимые слова (кроме артиклей и предлогов) должны начинаться с прописной буквы. Совершенно не допускается написание одних смысловых слов с прописной буквы, других — со строчной.

⁸ В английском переводе ключевых слов не должно быть никаких транслитераций с русского языка, кроме непереводимых названий собственных имен, приборов и др. объектов, имеющих собственные названия; также не должен использоваться непереводимый сленг, известный только ограниченному кругу специалистов.

Мухаррири матни русӣ:	М.М. Якубова
Мухаррири матни тоҷикӣ:	Муаллифон
Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:	Ф.М. Раҳимов
Редактор русского текста:	М.М. Якубова
Редактор таджикского текста:	Авторская редакция
Компьютерный дизайн и верстка:	Ф.М. Рахимов

Нишонӣ: ш. Душанбе, хиёбони акад. Раҷабовҳо, 10^А
Адрес: г. Душанбе, проспект акад. Ражабовых, 10^А

Ба чоп 16.01.2023 имзо шуд. Ба матбаа 20.01.2023 супорида шуд.
Чопи офсетӣ. Қоғози офсет. Андозаи 60x84 1/8
Адади нашр 50 нусха.

Матбааи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ
ш. Душанбе, кӯчаи акад. Раҷабовҳо, 10^А