

ISSN 2520-2227

ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ

3(71)2025



ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

:

POLYTECHNIC BULLETIN

Series: Engineering studies

ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ БАХШИ ТАҲҚИҚОТҲОИ МУҲАНДИСӢ

ISSN
2520-2227

3(71)
2025



МАЧАЛЛАИ ИЛМӢ – ТЕХНИКӢ

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

Published since January 2008

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

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

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

Маҷалла дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қайд гирифта шудааст.
№ 409/МҶ-97 аз 09 соли 2025
Индекси обуна 77762

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

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

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

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ

POLYTECHNIC BULLETEN
SERIES: ENGINEERING STUDIES

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ
САРМУҲАРРИР

Қ.Қ. ДАВЛАТЗОДА
д.и.и, профессор

Р.Т. АБДУЛЛОЗОДА
н.и.т., дотсент, муовини сармуҳаррир
Ш.А. БОЗОРОВ
н.и.т., дотсент, муовини сармуҳаррир

АЪЗОЁН

А.И. СИДОРОВ
д.и.т., профессор (Федератсия Россия)

А.Г. ФИШОВ
д.и.т., профессор (Федератсия Россия)

З.Ш. ЮЛДАШЕВ
д.и.т., дотсент

Л.С. ҚАСОБОВ
н.и.т., дотсент

А.Қ. ҚИРГИЗОВ
н.и.т., и.в. дотсент

И.Н. ҒАНИЕВ
академики АМИТ, д.и.х., профессор

Ҳ.О. ОДИНАЗОДА
узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

Т.Ҷ. ҶУРАЕВ
д.и.х., профессор

М.М. ҲАҚДОД
узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

А.Б. БАДАЛОВ
узви вобастаи АМИТ, д.и.х., профессор

А.С. САЙДАЛИЗОДА
д.и.т., дотсент

В.В. СИЛЯНОВ
д.и.т., профессор (Федератсия Россия)

Р.А. ДАВЛАТШОЕВ
н.и.т., дотсент

М.Ю. ЮНУСОВ
н.и.т., и.в. дотсент

Р.САЛОМЗОДА
н.и.т., дотсент

Ҷ.Н. НИЗОМОВ
узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

И. ҚАЛАНДАРБЕКОВ
д.и.т., профессор

А. Г. ГИЯСОВ
д.и.т., профессор (Федератсия Россия)

Н.Н. ҲАСАНОВ
доктори меъморӣ, и.в. профессор

Р.С. МУҚИМОВ
доктори меъморӣ, профессор

Ҷ.Ҳ. САИДЗОДА
д.и.т., профессор

Р.Ҳ. РАСУЛОВ
д.и.т., профессор (Ҷумҳурии Узбекистон)

Н.М. ҲАСАНОВ
д.и.т., дотсент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

К.К. ДАВЛАТЗОДА
д.э.н., профессор

Р.Т. АБДУЛЛОЗОДА
к.т.н., доцент, зам. главного редактора
Ш.А. БОЗОРОВ
к.т.н., доцент, зам. главного редактора

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

А.И. СИДОРОВ
д.т.н., профессор (Российская Федерация)

А.Г. ФИШОВ
д.т.н., профессор (Российская Федерация)

З.Ш. ЮЛДАШЕВ
д.т.н., доцент

Л.С. КАСОБОВ
к.т.н., доцент

А.К.КИРГИЗОВ
к.т.н., и.о. доцента

И.Н. ГАНИЕВ
академик АН РТ, д.х.н. профессор

Х.О. ОДИНАЗОДА
член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

Т.Д. ДЖУРАЕВ
д.х.н., профессор

М.М. ҲАҚДОД
член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

А.Б. БАДАЛОВ
член-корр. АН РТ, д.х.н., профессор

А.С.САЙДАЛИЗОДА
д.т.н., доцент

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

Р.А. ДАВЛАТШОЕВ
к.т.н., доцент

М.Ю. ЮНУСОВ
к.т.н., и.о. доцента

Р.САЛОМЗОДА
к.т.н., доцент

Д.Н. НИЗОМОВ
член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

И.КАЛАНДАРБЕКОВ
д.т.н., профессор

А. Г. ГИЯСОВ
д.т.н., профессор (Российская Федерация)

Н.Н. ХАСАНОВ
доктор архитектуры, и.о. профессора

Р.С. МУКИМОВ
доктор архитектуры, профессор

Дж.Х. САИДЗОДА
д.т.н., профессор

Р.Ҳ. РАСУЛОВ
д.т.н., профессор (Республика Узбекистан)

Н.М. ХАСАНОВ
д.т.н., доцент

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

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

МУНДАРИҶА – ОГЛАВЛЕНИЕ

ЭНЕРГЕТИКА - ENERGY	5
<i><u>ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОЛНЕЧНОЙ ИНСОЛЯЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЮГА ТАДЖИКИСТАНА</u></i>	5
И.Б. Махсумов, Д.Т. Исозода, А.Н. Давлатзода	5
<i><u>АНАЛИЗ МЕСТА И РОЛИ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ОБЩЕМ КОНТЕКСТЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МИРА И ТАДЖИКИСТАНА</u></i>	14
Н.И. Усмонзода, А.Л. Кадыров	14
<i><u>О ВОЗМОЖНОСТИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ГИДРОГЕНЕРАТОРА ВАРЗОБ ГЭС – 3 С ГРАВИТАЦИОННОЙ АККУМУЛИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИЕЙ</u></i>	22
¹ М.В. Шамсиев, ² Д.Т. Мамаджанова, ² Ш.М. Султонзода	22
<i><u>ОПТИМИЗАЦИЯ КРАТКОСРОЧНЫХ РЕЖИМОВ ВАХШСКОГО КАСКАДА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ</u></i>	27
Ш.М. Султонзода, М.Ш. Раджабов	27
МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАВОДШИНОСӢ - МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ - METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE	35
<i><u>КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОВОДНИКОВОГО СПЛАВА AlTi0.1 С КАЛИЕМ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ</u></i>	35
¹ Ф.Ш. Зокиров, ¹ И.Н. Ганиев, ² Г.М. Рахматуллоева, ¹ М.М. Махмадизода	35
<i><u>ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БУМАГИ НА КАЧЕСТВО ОТТИСКОВ, ОТПЕЧАТАННЫХ СТРУЙНОЙ ПЕЧАТЬЮ</u></i>	46
Х.А. Бабаханова ² , Н.Ж. Садриддинова ² , Д.Ч. Равшанзода (Д.Ч. Равшанов) ¹	46
<i><u>ТАЪСИРИ НЕОДИМ БА КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ХӢЛАИ Zn0.5Al</u></i>	54
¹ Фирузи Ҳамроқул, ² И.Н. Ғаниев, ² З.Р. Обидов	54
<i><u>ТАДҚИҚИ ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ ХӢЛАИ Zn0.5Al, КИ БО СЕРИЙ, ПРАЗЕОДИМ ВА НЕОДИМ ҶАВҲАРОНИДАШУДА</u></i>	59
¹ Фирузи Ҳамроқул, ² И.Н. Ғаниев, ² З.Р. Обидов	59
ТЕХНОЛОГИЯИ КИМИЁВӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY	64
<i><u>ПОВЫШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА ЕГО АРМИРОВАНИЕМ СИНТЕПОНОМ</u></i>	64
¹ Дж.З. Тошов, ² А. Шарифов	64
<i><u>ВИСМУТ – АНАЛОГИЯ, ТЕРМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕГО СПЛАВОВ С ЛАНТАНИДАМИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ</u></i>	69
С.К. Насриддинов, Г.К. Рузматова, А. Бадалов	69
<i><u>УСУЛИ ПЛАЗМОХИМИЯВИИ ҲОСИЛ НАМУДАНИ ХОКАҲОИ СУЛФИДИ</u></i>	78
<i><u>ҚАЛЪАГИИ ДИСПЕРСИЯШ БАЛАНД</u></i>	78
Б.С. Сафаров	78
<i><u>ОГНЕУПОРНЫЕ ГЛИНЫ ТАДЖИКИСТАНА КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЮВЕЛИРНЫХ ТИГЛЕЙ</u></i>	83
Х.Б. Кабгов, Ф.Н. Махмудов, Э.Н. Шаймарданов	83
НАҚЛИЁТ - ТРАНСПОРТ - TRANSPORT	87
<i><u>ТАЪСИРИ ҚОИЗИ АНДОЗА БА ЭЪТИМОДНОКИИ ҚУЗӢҲОИ АВТОМОБИЛ</u></i>	87
Н.Б. Саҳибов	87
<i><u>АНАЛИЗ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАРЬЕРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ РОГУНСКОЙ ГЭС</u></i>	92

Р.А. Давлатшоев, Ф.И. Джобиров, Ф.А. Турсунов	92
<u>ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ТАДЖИКИСТАНА</u>	98
С.Б. Мирзозода, Ж.И. Содиков, Ф.С. Мирзоев	98
<u>ОИД БА БЕХАТАРИИ АВТОМОБИЛҲОИ БАҶӢ</u>	104
¹ Мамадамон Абдулло, ² Ш.С. Саъдуллозода, ³ А.А. Абдуллоев	104
<u>МЕТОДОЛОГИЯИ БАҲОДИҲИИ САМАРАНОКИИ ИСТИФОДАИ ТАРКИБИ ҲАРАКАТКУНАНДАИ НАҚЛИЁТИ РОҲИ ОҲАН ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН</u>	119
Ш.Н. Курбонов, У.Ҷ. Ҷалилов	119
СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE.....	128
<u>РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРНОГО И ХУДОЖЕСТВЕННОГО ИСКУССТВА В СРЕДНЕВЕКОВОЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ.....</u>	128
С.М. Мамаджанова	128
<u>СОХРАНЕНИЕ И РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ТРАДИЦИЙ ТАДЖИКИСТАНА В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ</u>	133
С.Р. Мукимова	133
<u>ИЗМЕНЕНИЯ В ЖИЛОМ ПРОСТРАНСТВЕ: СОВРЕМЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ КОНТЕКСТ (НА ПРИМЕРЕ ЖИЛОЙ АРХИТЕКТУРЫ КЫРГЫЗСТАНА).....</u>	137
С.Т. Кожобаева, А.Дж. Кожалиев	137
<u>МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗДАНИЯ С ГРУНТОВЫМ ОСНОВАНИЕМ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ</u>	144
Д.Н. Низомов ¹ , И.К. Каландарбеков ² , И.И. Каландарзода ²	144
<u>ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ПРОСТРАНСТВА РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ДУШАНБЕ)</u>	152
Ш.И. Рахматуллозода	152
<u>ТАҲЛИЛИ АКУСТИКИИ БИНОҲОИ ҶАМЪИЯТӢ.....</u>	157
Б.С. Ашурзода	157
<u>РАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТНОГО ИСКУССТВА В АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ГОРОДА</u>	163
Ф.З. Мирзоева, Г.Ф. Садиева	163
<u>ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТА И СИСТЕМЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА МАЛЫХ ГОРОДОВ ТАДЖИКИСТАНА (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ПОДЧИНЕНИЯ).....</u>	170
Г.Ф. Садиева, Ф.З. Мирзоева	170
<u>ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ ИСТИФОДАИ АРМАТУРАИ ПЎЛОДӢ ДАР КОНСТРУКЦИЯҲОИ ОҲАНУБЕТОНӢ</u>	176
И.Ш. Ашуров, И.С. Муминов	176
<u>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОЗДАНИЯ БЕТОНОВ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ДЛЯ ПОКРЫТИЯ АЭРОДРОМОВ.....</u>	181
Р.Х. Сайрахмонов, Хасан Мухаммадёр, Д.С. Гафурзода	181

ЭНЕРГЕТИКА - ENERGY

УДК 621.311.243:551.521(575.3)

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОЛНЕЧНОЙ ИНСОЛЯЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЮГА ТАДЖИКИСТАНА**И.Б. Махсумов, Д.Т. Исозода, А.Н. Давлатзода**

Институт энергетики Таджикистана

В условиях высокой солнечной активности в Хатлонской области актуальным становится повышение эффективности фотоэлектрических систем. Целью исследования является оценка влияния изменчивости солнечного излучения и температуры на выходную мощность солнечных панелей. Эксперимент проводился на автономной солнечной электростанции мощностью 10 кВт с использованием люксметра и инфракрасного термометра для замеров инсоляции и температуры. Проведён корреляционный анализ, подтвердивший прямую зависимость между уровнем инсоляции и выходной мощностью, а также выявлено влияние температуры на снижение эффективности. Результаты демонстрируют выраженные суточные и сезонные колебания солнечной радиации, оказывающие существенное влияние на генерацию электроэнергии. Практическая значимость работы заключается в выработке рекомендаций по размещению, ориентированию и эксплуатации солнечных установок для повышения их производительности в условиях Таджикистана.

Ключевые слова: возобновляемая энергия, фотоэлектрические системы, солнечное излучение, выходная мощность, эффективность ФЭ-систем.

ТАЪСИРИ ТАҒИРЁБИИ АФКАНИШОТИ ОҒТОБӢ (ИНСОЛЯЦИЯ) БА САМАРАНОКИИ СИСТЕМАҶОИ ФОТОЭЛЕКТРИКӢ ДАР ШАРОИТИ ЧАНУБИ ҶУМӢУРИИ ТОҶИКИСТОН**И.Б. Махсумов, Д.Т. Исозода, А.Н. Давлатзода**

Дар шароити ғаҷолиятнокии баланди оғтобӣ дар вилояти Хатлон масъалаи баланд бардоштани самаранокии системаҳои фотоэлектрикӣ аҳамияти махсус касб мекунад. Ҳадафи таҳқиқот баҳо додан ба таъсири тағйирёбии афканишоти оғтобӣ ва ҳарорат ба иқтидори истеҳсоли панелҳои оғтобӣ мебошад. Таҳқиқот дар нерӯгоҳи автономии оғтобӣ бо иқтидори 10 кВт гузаронида шуд, ки барои ченкунии сатҳи афканишоти аз люксметр ва барои ченкунии ҳарорат аз термометри инфрасурх истифода гардид. Таҳлили коррелясионӣ гузаронида шуда, вобастагии мустақим миёни сатҳи афканишот ва иқтидори истеҳсолӣ тасдиқ гардид, инчунин таъсири манфии ҳарорат ба коҳиши самаранокии муайян карда шуд. Натиҷаҳо мавҷудияти тағйироти рӯзона ва мавсимии афканишоти оғтобиро нишон медиҳанд, ки ба тавлиди нерӯи барқ таъсири назаррас мерасонанд. Аҳамияти амалии таҳқиқот дар таҳияи тавсияҳо оид ба ҷойгиркунии, самтгирӣ ва истифодабарии системаҳои оғтобӣ барои баланд бардоштани самаранокии онҳо дар шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон ифода меёбад.

Калимаҳои калидӣ: энергияи барқароршаванда, системаҳои фотоэлектрикӣ, афканишоти оғтобӣ (инсоляция), иқтидори истеҳсолӣ, самаранокии системаҳои фотоэлектрикӣ.

INFLUENCE OF SOLAR INSOLATION VARIABILITY ON THE EFFICIENCY OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF SOUTHERN TAJIKISTAN**I.B. Makhsumov, D.T. Isozoda, A.N. Davlatzoda**

Under the conditions of high solar activity in the Khatlon region, improving the efficiency of photovoltaic systems becomes particularly relevant. The aim of this study is to evaluate the impact of solar irradiance variability and temperature on the output power of solar panels. The experiment was conducted at a 10 kW autonomous solar power plant using a lux meter and an infrared thermometer to measure insolation and temperature. A correlation analysis was performed, confirming a direct relationship between the level of insolation and output power, as well as identifying the negative influence of temperature on efficiency. The results demonstrate pronounced daily and seasonal fluctuations of solar radiation, which significantly affect electricity generation. The practical significance of this work lies in the development of recommendations on the placement, orientation, and operation of solar installations to improve their performance under the conditions of Tajikistan.

Keywords: renewable energy, photovoltaic systems, solar irradiance, output power, efficiency of photovoltaic systems.

Введение

Фотоэлектрические (ФЭ) системы, или системы солнечной энергетики, играют ключевую роль в переходе к устойчивым энергетическим решениям. Они основаны на прямом преобразовании солнечного излучения в электрическую энергию посредством фотоэлектрического эффекта, что позволяет использовать чистый, возобновляемый и практически неисчерпаемый источник энергии. Основу ФЭ-систем составляют полупроводниковые элементы фотоэлектрические модули, чаще всего изготовленные из кремния. Эти элементы поглощают солнечный свет и генерируют электрический ток. Для повышения мощности несколько модулей объединяются в фотоэлектрические массивы [1-2]. Процесс начинается с попадания солнечного света на поверхность фотоэлементов, что вызывает возбуждение электронов в полупроводниковом материале и создаёт электрический ток. Благодаря отсутствию движущихся частей, работа ФЭ-систем сопровождается минимальным уровнем шума, высокой надёжностью, продолжительным сроком службы и низкими эксплуатационными затратами [3].

Климатические факторы, такие как температура воздуха, относительная влажность и солнечная облучённость, оказывают значительное влияние на эффективность работы фотоэлектрических (ФЭ) систем. Особенно важным параметром является уровень солнечного излучения основного источника энергии для

фотоэлементов, который изменяется в зависимости от погодных условий, времени суток, сезона и географического положения установки. Эти изменения носят как кратковременный, так и сезонный характер, что вызывает колебания выходной мощности и может снижать общую эффективность системы. Повышенная температура, например, снижает напряжение на выходе солнечных модулей, что приводит к падению выработки электроэнергии. Поэтому точное понимание и учёт изменчивости солнечного ресурса и сопутствующих климатических факторов являются важнейшими условиями для оптимального проектирования, эксплуатации и управления ФЭ-системами [1, 4].

Горные районы Центральной Азии, включая Таджикистан, характеризуются высокой изменчивостью солнечного излучения, проявляющейся в сложной сезонной и суточной динамике. Эти особенности одновременно создают как определённые вызовы, так и значительные перспективы для эффективного внедрения фотоэлектрических (ФЭ) технологий [3, 5-7]. Несмотря на широкое распространение солнечных энергетических установок, вопрос влияния переменности солнечной радиации на их эксплуатационную эффективность остаётся недостаточно изученным, особенно в контексте конкретных географических регионов, таких как Хатлонская область Республики Таджикистан. Солнечное излучение, подверженное влиянию атмосферных условий, демонстрирует значительную временную и пространственную нестабильность, что напрямую отражается на выходной мощности и производительности ФЭ-систем [2, 8].

Недостаток детальных эмпирических исследований, фокусирующихся в условиях Таджикистана, существенно затрудняет надёжное проектирование, эффективную эксплуатацию и оптимальное управление солнечными энергетическими установками в регионе. В связи с изложенными проблемами возникает насущная необходимость в проведении целенаправленных исследований, направленных на систематическое изучение влияния изменчивости солнечного излучения на производительность фотоэлектрических систем в условиях Хатлонской области Республики Таджикистан.

Актуальность такого исследования обусловлена как недостаточной эмпирической базой, так и растущей потребностью в устойчивых источниках энергии в регионе. Полученные результаты могут существенно способствовать развитию технологий солнечной энергетики в Таджикистане, обеспечивая основу для проектирования более эффективных конструкций ФЭ-систем, выбора оптимальных компонентов, а также выработки стратегий управления, направленных на повышение энергетической отдачи, надёжности и общей эффективности функционирования солнечных установок.

Авторы статьи [9] исследовали влияние температуры окружающей среды, интенсивности солнечного потока и относительной влажности на эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую. Результаты показали прямую зависимость выходного тока и эффективности системы от величины солнечного потока. Воздействие относительной влажности на ток и эффективность оказалось сопоставимым по степени влияния. Кроме того, было установлено, что температура солнечной панели определяется главным образом интенсивностью солнечного излучения, тогда как температура окружающей среды оказывает лишь косвенное и менее значительное воздействие. Постоянно относительно равномерный световой день и высокая высота над уровнем моря на протяжении года способствуют усилению солнечной радиации, обогащённой протонами.

В исследовании работы [10] рассматривалось влияние солнечного излучения и температуры окружающей среды на электрические характеристики фотоэлектрических модулей. Используя как теоретические, так и экспериментальные подходы, авторы проанализировали изменения тока, напряжения, выходной мощности и эффективности модулей под воздействием различных климатических условий. Эксперименты проводились в университете Сохара (Султанат Оман) с использованием монокристаллического фотоэлектрического модуля мощностью 50 Вт как в лабораторных, так и в уличных условиях. Результаты показали, что при увеличении солнечного излучения напряжение возрастает значительно (с 0,16 В до 19,92 В), тогда как ток изменяется лишь незначительно (с 0,153 А до 0,167 А). В то же время повышение температуры окружающей среды оказывает противоположное влияние, снижая напряжение, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на мощности, энергии и общей эффективности модуля. Также авторы статьи [11] в своем исследовании сосредоточились на проблеме экстремальных условий солнечного излучения и их влияния на генерацию электроэнергии с помощью фотоэлектрических систем. В рамках их исследования были проанализированы последствия как устойчиво высокой, так и пониженной освещённости, используя глобальные климатические модели. Полученные данные позволили выявить значительное влияние экстремальной изменчивости солнечного излучения на эффективность и надёжность ФЭ-систем. Авторы подчёркивают необходимость разработки устойчивых к таким колебаниям систем, способных адаптироваться к экстремальным погодным условиям [12].

Научная новизна исследования заключается в проведении комплексного экспериментального анализа влияния изменчивости солнечной инсоляции и температуры окружающей среды на выходную мощность фотоэлектрических систем в условиях юга Таджикистана. В отличие от большинства предыдущих работ,

данное исследование основано на эмпирических данных, полученных непосредственно в Хатлонской области, что позволяет учесть региональные климатические особенности. Полученные результаты восполняют существующий дефицит прикладной информации по эксплуатационной эффективности солнечных установок в данной географической зоне и могут служить основой для адаптации проектных решений к местным условиям.

Целью данного исследования является оценка влияния изменчивости солнечного излучения на выходную мощность фотоэлектрических систем в климатических условиях Хатлонской области Таджикистана. Исследование направлено на выявление корреляции между солнечной инсоляцией, температурой окружающей среды и эффективностью работы ФЭ-систем. Также ставилась задача определения факторов, способствующих оптимизации работы солнечных установок в условиях высокой солнечной активности и сезонных колебаний.

Материалы и методы

Место исследования

Исследование проводилось на территории Института энергетики Таджикистана, расположенного в городе Бохтар Хатлонской области на юге Республики Таджикистан (координаты: 37,883° с. ш., 68,731° в. д.; см. рис. 1). Регион характеризуется континентальным климатом с жарким, сухим летом и мягкой зимой, а также высоким уровнем солнечной активности на протяжении большей части года. Понимание климатических и погодных условий Хатлонской области имеет ключевое значение для анализа изменчивости солнечного излучения и оценки его влияния на выходную мощность фотоэлектрических установок (ФЭУ).



Рисунок 1 – Географическое расположение экспериментальной установки в Хатлонской области, Республика Таджикистан (г. Бохтар; координаты: 37.84° с. ш., 68.78° в. д.)

Экспериментальное исследование было проведено на автономной солнечной электростанции мощностью 10 кВт, расположенной на базе Института энергетики Таджикистана. Для определения уровня солнечного излучения использовался цифровой люксметр MS6610, а в качестве датчика температуры поверхности солнечного модуля применялся инфракрасный термометр IR01D. В качестве нагрузки использовались три последовательно соединённые галогеновые лампы МАЯК 12V/60/80W. Для измерения электрических параметров модулей применялся цифровой мультиметр типа CHY Victor VC890D [13].

Эксперименты проводились с 5 по 10 апреля 2024 года, в начале пыльного сезона, который влияет на проникновение отдельных участков солнечного спектра к поверхности фотоэлементов, вызывая изменчивость солнечного излучения для фотоэлектрического модуля. Измерения выполнялись ежедневно в период с 11:00 до 16:00, что соответствует пиковому интервалу солнечной активности.

Для количественной оценки взаимосвязи между уровнем солнечной инсоляции, температурой и выходной мощностью фотоэлектрической установки использовались методы математической статистики и корреляционного анализа. Основным показателем зависимости служил коэффициент корреляции Пирсона (r), который позволяет установить степень линейной зависимости между переменными. Значения коэффициента интерпретировались по стандартной шкале:

- от 0,0 до 0,3 – слабая связь,
- от 0,3 до 0,7 – умеренная,

➤ свыше 0,7 – сильная положительная корреляция.

Анализ проводился на основе усреднённых данных за каждый день измерений (с 5 по 10 апреля 2024 года), включая значения инсоляции ($\text{Вт}/\text{м}^2$), температуры панели ($^{\circ}\text{C}$) и выходной мощности (кВт). Все измерения повторялись не менее трёх раз в течение дня, с последующим усреднением значений для повышения надёжности результатов.

Оценка точности результатов проводилась с использованием стандартного отклонения, а также расчёта 95 % доверительных интервалов. Погрешность измерений по инсоляции (прибор MS6610) не превышала $\pm 3\%$, по температуре (датчик IR01D) $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$, по напряжению и току (мультиметр VC890D) в пределах $\pm 0,5\%$. При необходимости величины были скорректированы с учётом поправочных коэффициентов, предусмотренных техническими паспортами приборов.

Дополнительно для расчёта выходной мощности и суточной генерации использовались уравнения:

$$P = U \cdot I \quad (1)$$

где

P – мгновенная выходная мощность (Вт),

U – измеренное напряжение на клеммах панели (В),

I – измеренный ток нагрузки (А).

Собранные данные были проанализированы для определения коэффициента корреляции между температурой, облучением и эффективностью фотоэлектрической системы. Солнечные панели были установлены под углом наклона 45° с ориентацией на юго-запад с отклонением 12° по горизонтали, так чтобы их поверхность была направлена к солнцу. Установка размещалась на платформе высотой 1,5 метра над уровнем земли. Технические характеристики используемых панелей представлены в таблице 1, а электрическая схема экспериментальной установки, предназначенная для изучения влияния солнечного излучения на выходную мощность фотоэлектрических панелей, изображена на рисунке 2.

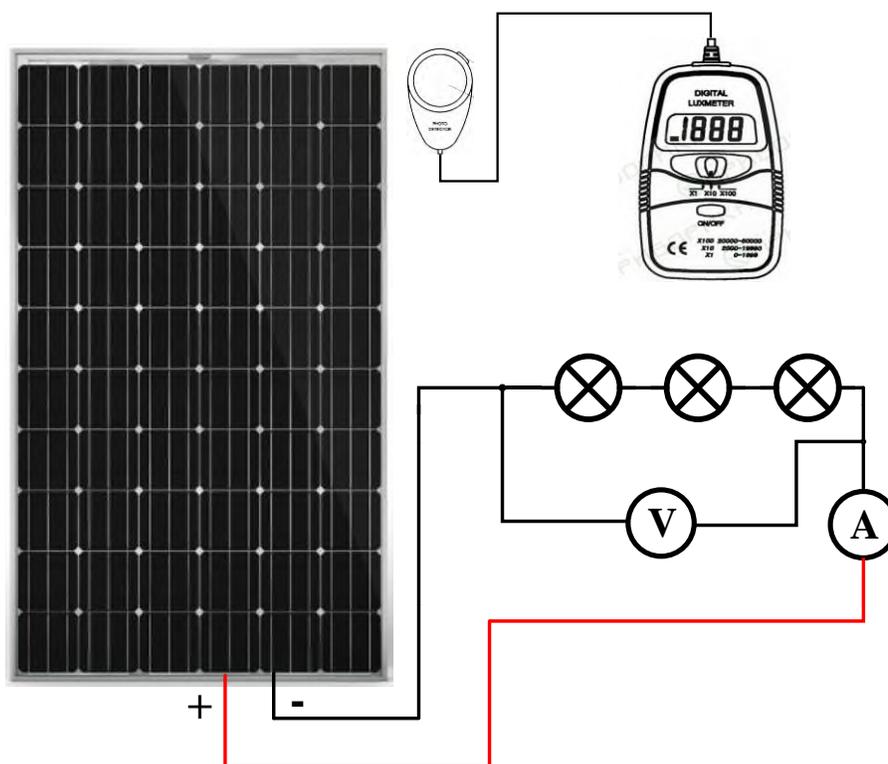


Рисунок 2 – Электрическая схема экспериментальной установки, размещённой на территории Института энергетики Таджикистана (г. Бохтар, 37.883° с.ш., 68.731° в.д.)

Таблица 1 - Технические характеристики фотоэлектрического модуля типа SOLARMODUL ALEO S19 HE 300W Supercharged

Технические параметры	Обозначение	Значение параметров
Пиковая электрическая мощность	P_{max}	300 Вт
Напряжение в точке максимальной мощности	U_{mp}	31,2 В
Ток в точке максимальной мощности	I_{mp}	9,63 А
Ток короткого замыкания	I_{sc}	9,97 А
Напряжение холостого хода	U_{oc}	39,4 В
Температурный коэффициент по току	K_I	+0,05%/К
Температурный коэффициент по напряжению	K_u	-0,29%/К
КПД фотоэлектрического модуля	η	16,7%
Размер	ДхШхВ	1660 x 990 x 50 мм
Стандартные условия испытаний	(STC)	1.000W/м ² ; АМ 1,5; 25 °С
Количество ячеек	(10x6)	60
Масса	1 штук	20 кг

Измерение солнечного излучения (датчики): Данный компонент используется для измерения количества солнечной радиации, достигающей поверхности Земли в месте проведения эксперимента на территории Института энергетики Таджикистана. Обычно для этих целей применяются пиранометры или датчики освещённости на основе кремния, способные измерять глобальное горизонтальное облучение (GHI), включающее как прямую, так и рассеянную составляющие солнечной радиации. В рамках данного исследования использовался люксметр, а полученные данные в единицах освещённости (люксы) были преобразованы в значения солнечной инсоляции. Полученная информация необходима для установления корреляции между уровнем солнечного излучения и выходной мощностью фотоэлектрических систем.

Фотоэлектрические панели: Фотоэлектрические панели являются ключевыми элементами системы, предназначенными для преобразования солнечной энергии в электрическую. Они состоят из множества полупроводниковых элементов, как правило, на основе кремния, и работают на принципе фотоэлектрического эффекта, преобразуя солнечное излучение в электрический ток постоянного направления. В данном исследовании основное внимание уделяется оценке производительности панелей при различных уровнях солнечного излучения.

Математическое описание параметров фотоэлектрической панели: Температурная зависимость материала солнечной панели описывается температурным коэффициентом. Этот коэффициент отражает, как изменяется выходное напряжение (или мощность) панели при изменении температуры. Общее уравнение для оценки выходного напряжения фотоэлектрической панели при заданной температуре выражается следующим образом:

$$V_{тем.коэф} = T_{коэф} \times (T_{stc} - T + V_{xx}) \quad (2)$$

Где V_{xx} – напряжение холостого хода (разомкнутой цепи), которое в данной установке составляет 24 В;
 T_{STC} – температура при стандартных условиях испытаний (STC), равная 25 °С при уровне солнечного излучения 1000 Вт/м²;

$T_{коэф}$ – температурный коэффициент;

T – фактическая температура панели в месте проведения измерений (в °С).

Каждая солнечная панель обладает собственным температурным коэффициентом, который показывает, на сколько снижается напряжение при каждом градусе превышения стандартной температуры испытаний. Таким образом, влияние температуры на эффективность работы фотоэлектрической панели может быть рассчитано с использованием температурного коэффициента, что позволяет прогнозировать потери в выходной мощности при изменении климатических условий.

$$P_t = P_{st} \times [1 + a(T_c - T_s)] \quad (3)$$

Здесь

P_t – мощность при температуре T_c ;

P_{st} – мощность при стандартных условиях испытаний (обычно 25°C);

a – Температурный коэффициент панелей;

T_c – рабочая температура панелей в °C;

T_s – стандартная температура тестирования (обычно 25 °C).

Влияние солнечного излучения: Суточная выработка энергии.

$$E_d = A \times G_d \times \eta \quad (4)$$

E_d – Суточная выработка энергии (Вт·ч или кВт);

A – Площадь солнечных панелей (м²);

G_d – Суточная солнечная освещенность (Вт/м²);

η – Эффективность фотоэлектрической системы.

Комплексный подход к измерениям и статистической обработке данных позволил повысить достоверность выводов и обеспечить объективность анализа влияния климатических факторов на эффективность фотоэлектрических установок.

Результаты и обсуждение

На графике (рис.3) представлена зависимость выходной мощности (кВт) от солнечной инсоляции (Вт/м²) за шесть последовательных дней с 5 по 10 апреля 2024 года. Проведённые исследования за период с 5 по 10 апреля 2024 года позволили установить характер зависимости между уровнем солнечной инсоляции и выходной мощностью фотоэлектрической установки. Анализ полученных данных показал, что повышение инсоляции сопровождается увеличением выходной мощности, что указывает на прямую корреляцию между этими параметрами.

На начальном этапе эксперимента (05-06.04.2024) при умеренной инсоляции (310-317 Вт/м²) была зафиксирована стабильная генерация энергии в пределах 4,128-4,647 кВт. Однако 07.04.2024 резкое снижение инсоляции до 143 Вт/м² вызвало ощутимое падение мощности до 2,872 кВт, что подчёркивает высокую чувствительность системы к уменьшению уровня солнечного излучения.

Интересно отметить, что уже 08.04.2024 при восстановлении инсоляции до 300 Вт/м² выходная мощность возросла до 4,868 кВт. Это значение превышает ожидаемое при такой освещённости, что, вероятно, обусловлено временными улучшениями погодных условий, изменением угла солнечного излучения или повышенной эффективностью работы системы в данных условиях.

Максимальные показатели были зафиксированы 09.04.2024: инсоляция достигла 444 Вт/м², а мощность 5,644 кВт. Это подтверждает, что пик генерации электроэнергии приходится на дни с наибольшей солнечной активностью. В то же время незначительное снижение инсоляции до 406 Вт/м² на следующий день (10.04.2024) привело к снижению выходной мощности лишь до 5,057 кВт, что также свидетельствует об устойчивости системы. В целом, выявлена устойчивая закономерность: увеличение солнечной инсоляции приводит к росту выходной мощности фотоэлектрической установки. Исключением стал день 08.04.2024, при котором зафиксировано отклонение от общей тенденции. Это указывает на наличие дополнительных факторов, способных оказывать влияние на эффективность генерации, включая погодные условия, чистоту поверхности солнечных панелей, их ориентацию и техническое состояние системы.



Рисунок 3 – Зависимость выходной мощности фотоэлектрической установки от изменчивости солнечной инсоляции в период исследования для Хатлонской области

Таким образом, можно заключить, что солнечная инсоляция является основным, но не единственным параметром, определяющим уровень выработки электроэнергии. Для достижения максимальной эффективности работы фотоэлектрических систем необходимо учитывать весь комплекс внешних и эксплуатационных факторов.

Также на основе данных о солнечной инсоляции, полученных из базы Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), [14] было построено суточное распределение солнечной инсоляции ($\text{Вт}/\text{м}^2$) по каждому месяцу года для города Бохтар (Республика Таджикистан) (рис. 4). График иллюстрирует изменение интенсивности солнечного излучения в течение суток (с 1:00 до 24:00) для всех двенадцати месяцев, что позволяет наглядно оценить, как суточную, так и сезонную динамику инсоляции.

Максимальные значения инсоляции наблюдаются в летние месяцы июнь и июль. В эти периоды солнечное излучение достигает пиковых значений около $1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$ в полуденные часы (12:00–13:00), при этом продолжительность светового дня значительно увеличивается: инсоляция начинается около 6:00 и спадает только к 19:00. Это обеспечивает наибольший энергетический потенциал для солнечных установок.

В переходные месяцы март, апрель, сентябрь и октябрь наблюдаются умеренные уровни инсоляции (с пиками около $700\text{--}800 \text{ Вт}/\text{м}^2$), при этом форма суточных кривых остаётся симметричной и близкой к летним. Это говорит о высокой солнечной активности даже при сокращённом световом дне.

Минимальные значения инсоляции зафиксированы в зимние месяцы декабрь, январь и февраль, когда солнечное излучение не превышает $500\text{--}600 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Продолжительность освещённого периода ограничивается интервалом примерно с 8:00 до 17:00, что обусловлено низким углом падения солнечных лучей и коротким днём.

Полученные результаты подтверждают выраженную сезонную динамику солнечной инсоляции в Хатлонской области: максимальная генерация энергии наблюдается в летние месяцы, тогда как зимой энергетический потенциал значительно снижается. Эти данные представляют практическую ценность для расчёта годовой выработки электроэнергии, а также для рационального проектирования, размещения и оптимизации фотоэлектрических систем в условиях региона.

Полученные результаты согласуются с выводами авторов [8-10], которые также установили прямое влияние уровня солнечного излучения на эффективность работы солнечных панелей. Например, в работе [10], выполненной в условиях Омана, продемонстрировано существенное увеличение напряжения и выходной мощности при росте инсоляции, аналогично тому, что наблюдалось в условиях Таджикистана. Работа [11, 15-17] подчёркивает значительное влияние экстремальных температур, что также подтверждается в настоящем исследовании: повышение температуры сопровождается снижением напряжения и мощности, однако при высокой инсоляции этот эффект частично компенсируется.

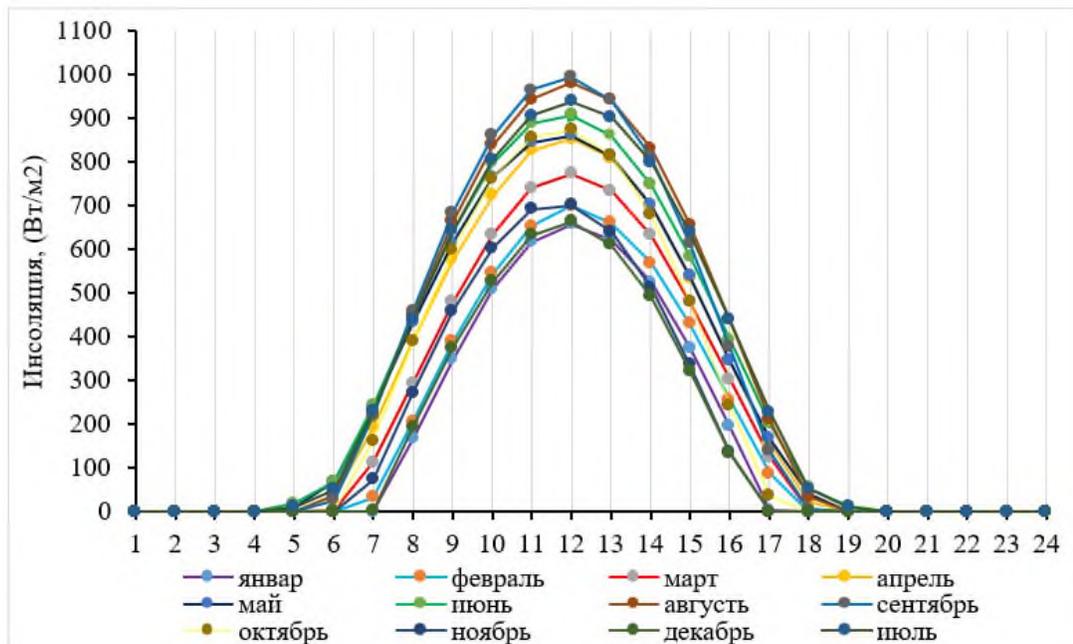


Рисунок 4 – Суточное распределение солнечной инсоляции в различные месяцы года для города Бохтар, ХО

Некоторые отклонения от общей зависимости могут быть обусловлены внешними факторами: облачностью, пылью, загрязнением панелей, а также техническими погрешностями приборов. Кроме того, ограниченность периода измерений (6 дней) не позволяет полностью охватить весь спектр сезонной изменчивости, что следует учитывать при интерпретации данных.

Практическая значимость результатов состоит в том, что корректный учёт суточной и сезонной изменчивости солнечного ресурса необходим для эффективного проектирования и эксплуатации ФЭ-систем в южных районах Таджикистана. Полученные зависимости могут быть применимы и в других регионах Центральной Азии с аналогичными климатическими условиями. Для повышения точности рекомендуется проведение более длительных полевых исследований и внедрение автоматизированных систем мониторинга солнечной активности и температуры окружающей среды.

Заключение

Проведённое экспериментальное исследование подтвердило наличие устойчивой положительной корреляции между уровнем солнечной инсоляции и выходной мощностью фотоэлектрических систем в климатических условиях Хатлонской области. Установлено, что наибольшая выработка электроэнергии достигается при высокой инсоляции и умеренных температурах окружающей среды. Несмотря на то что повышение температуры снижает эффективность солнечных модулей, этот эффект частично компенсируется увеличением потока солнечной энергии.

На основании полученных результатов разработаны следующие прикладные рекомендации для повышения эффективности эксплуатации фотоэлектрических систем в южных регионах Таджикистана:

1. Оптимальный угол наклона панелей должен составлять 30-35° в весенне-летний период и до 45° в зимние месяцы, с ориентацией на юг-юго-запад, что обеспечит максимальный приём солнечной радиации в течение года.

2. Регулярное обслуживание фотоэлектрических модулей, включая очистку от пыли и загрязнений не реже одного раза в неделю, особенно в пыльный сезон (апрель-июнь), существенно повышает эффективность установки.

3. Планирование генерации должно учитывать сезонные и суточные колебания инсоляции наиболее продуктивный период с 11:00 до 15:00 и месяцы с мая по август.

4. Учет климатических особенностей региона при проектировании: целесообразно использовать модули с низким температурным коэффициентом и усиленной вентиляцией задней поверхности панели.

Ограничения исследования заключаются в краткосрочном характере эксперимента (6 дней в апреле), что не позволяет охватить полный сезонный цикл инсоляции и температурных изменений. Кроме того, применялись панели и оборудование одного типа, что ограничивает масштабируемость результатов на все классы солнечных модулей.

Полученные данные могут быть использованы как основа для разработки региональных стратегий по интеграции солнечной генерации в локальные энергосистемы, а также для оптимизации проектных решений при строительстве новых объектов солнечной энергетики в условиях Центральной Азии.

Рецензент: Киргизов А.К. — к.т.н., доцент кафедры «Электрические станции» ТИЭТУ имени академика М.С. Осими

Литература

1. Almashary B., Telba A. Effect of high temperature to output power of solar cell // Proceedings of the World Congress on Engineering 2018. Vol. I. London, U.K., July 4–6, 2018. – IAENG, 2018.
2. Buni, M. J. B., Al-walie, A. A. K., & Al-asadi, K. A. N. (2018). Effect of Solar Radiation on Photovoltaic Cell. 3(3), 47–51.
3. Ibrahim, K. A., Gyuk, P. M., & Aliyu, S. (2019). The effect of solar irradiation on solar cells. 14(1), 20–22.
4. Dajuma A., Saleye Y., Siaka T., Arona D., Rabani A., Abdourahamane K., Mariama S., and Michel G. (2016) Sensitivity of Solar Photovoltaic Panel Efficiency to Weather and Dust over West Africa: Comparative Experimental Study between Niamey (Niger) and Abidjan (Côte d'Ivoire). Computational Water, Energy, and Environmental Engineering, 5, 123-147. <http://dx.doi.org/10.4236/cweee.2016.54012>.
5. Lohmann, G. M., Monahan, A. H., & Heinemann, D. (2016). Local short-term variability in solar irradiance. January, 1–23. <https://doi.org/10.5194/acp-2016-2>
6. Mohammad, A. T., & Shohani, W. A. M. Al. (2022). and experimental investigation for analyzing the temperature influence on the performance of photovoltaic module. 10(April), 1026–1045. <https://doi.org/10.3934/energy.2022047>
7. Muhammad S., and Abdulmumin S. (2022). Effect of Temperature on the Performance of Photovoltaic Module. International Journal of Innovative Science and Research Technology. 5(9).
8. Omubo-Pepple V.B., C. Israel-Cookey and G. I. Alaminokuma (2009). Effects of Temperature, Solar Flux and Relative Humidity on the Efficient Conversion of Solar Energy to Electricity. European Journal of Scientific Research. 35(2), 173-180.

9. Reem Abdullah Musabah Al-Badi, and Hussein A Kazem, (2022). Solar irradiance and ambient temperature effect on photovoltaic electrical performance. The first international conference on: Environmental science and engineering for sustainable development.

10. Senger, G., Chtirkova, B., Folini, D., Wohland, J., & Wild, M. (2024). Persistent extreme surface solar radiation and its implications on solar photovoltaics. *Earth's Future*, 12, e2023EF004266.

11. Кирпичникова И.М., Махсумов И.Б., Шестакова В.В. Снижение генерации электрической энергии солнечными модулями в условиях запыленности местности // *iPolytech Journal*. 2023. Т. 27. № 1.С. 83–93. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2023-1-83-93>.

12. Omoriare et al: Investigating the Influence of Solar Irradiance Variability on the Output Power of Photovoltaic (PV) Systems in Akure, Nigeria <https://dx.doi.org/10.4314/wojast.v16i1.18>

13. PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM [Электронный ресурс]. 2025. – URL: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#api_5.2 (дата обращения: 08.06.2025).

14. I. M. Kirpichnikova, K. Sudhakar, I. B. Makhsumov, A. S. Martyanov, and S. Shanmuga Priya, “Thermal model of a photovoltaic module with heat-protective film,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 30, Feb. 2022, Art. no. 101744, doi: 10.1016/j.csite.2022.101744.

15. Киргизов А.К., Ниезй С.Р., Довудов С.У. Интеграция возобновляемых источников энергии в электрическую сеть // *Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования*. – 2025. – № 2(70). – С. 14–20.

16. Махсумов И.Б. Влияние деградации и высокой температуры воздуха на энергетическую эффективность солнечных модулей (литературный анализ) // *Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования*. – 2023. – № 3(63). – С. 22–28.

17. Махсумов И.Б., Ниези С.Р., Вохидов М.М. Разработка и методология расчета системы солнечной энергетической генерации для бытового применения // *Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования*. – 2022. – № 3(59). – С. 26–32.

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

TJ	RU	EN
Махсумов Илҳом Бурҳонович	Махсумов Илхом Бурхонович	Makhsumov Ilkhom Burkhonovich
н.и.т., дотсент, муdiri кафедраи манбаҳои алтернативии энергия	к.т.н., доцент, зав. кафедрой “Альтернативные источники энергии”	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Alternative Energy Sources
Донишқадаи энергетикӣ Тоҷикистон	Институт энергетикӣ Таджикистана	Tajik Power Engineering Institute
E.mail: messi.ilhom@gmail.com		
TJ	RU	EN
Исозода Диловаршоҳ Тарик	Исозода Диловаршоҳ Тарик	Isozoda Dilovarshoh Tarik
д.и.т., дотсент, ректори ДЭТ	д.т.н., доцент, ректор ИЭТ	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Rector of the Tajik Power Engineering Institute
Донишқадаи энергетикӣ Тоҷикистон	Институт энергетикӣ Таджикистана	Tajik Power Engineering Institute
E.mail: isoev-d@mail.ru		
TJ	RU	EN
Давлатзода Абуфазл Нусратулло	Давлатзода Абуфазл Нусратулло	Davlatzoda Abufazl Nusratullo
унвонҷӯи ДЭТ	соискатель ИЭТ	applicant of the Tajik Power Engineering Institute
Донишқадаи энергетикӣ Тоҷикистон	Институт энергетикӣ Таджикистана	Tajik Power Engineering Institute
E.mail: davlatzoda_88@mail.ru		

УДК: 621.042.3.

АНАЛИЗ МЕСТА И РОЛИ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ОБЩЕМ КОНТЕКСТЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МИРА И ТАДЖИКИСТАНА

Н.И. Усмонзода, А.Л. Кадыров

ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова»

В статье предлагается провести оценку потенциала, состояния и перспектив развития ветроэнергетики в мире и в Таджикистане. Подчеркиваются глобальные тенденции роста мощностей ветровых электростанций, их роль в обеспечении устойчивого энергетического баланса, а также особенности развития ветроэнергетики в различных регионах. Особое внимание уделяется оценке потенциала ветровой энергии в Таджикистане, в том числе с использованием ГИС-технологий, а также анализу возможностей её использования в Согдийской области. В статье представлены данные о техническом и экономическом потенциале ветроэнергетики, выявлены наиболее перспективные районы для строительства ветровых электростанций. Рассматриваются и делаются сравнительные анализы методических аспектов определения ресурсов и внедрения современных технологий для повышения эффективности использования ветровых ресурсов. Работа подчеркивает важность диверсификации энергетического сектора страны и развития возобновляемых источников энергии для обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития региона

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветроэнергетика, потенциал ветровой энергии, ГИС-технологии, технический потенциал, экономический потенциал, энергетическая стратегия, установленная мощность.

ТАҲЛИЛИ ҶОИ ВА НАҚШИ ЭНЕРГЕТИКАИ БОДӢ ДАР ЗАМИНАИ УМУМИИ ТАЪМИНОТИ ЭНЕРГИЯИ ҶАҶОН ВА ТОҶИКИСТОН

Н.И. Усмонзода, А.Л. Қодиров

Дар мақола омузиши иқтидор, таркиб ва дурнамон рушди энергетикаи бодӣ дар ҷаҳон ва Тоҷикистон, тамоюлҳои глобалии афзоиши иқтидорҳои энергетикаи бодӣ, нақши онҳо дар таъмини тавозуни устувори энергетикӣ, инчунин аҳамияти махсуси рушди энергетикаи бодӣ дар минтақаҳои гуногун оварда шудааст. Таваҷҷуҳи махсус ба арзёбии иқтидори энергетикаи бод дар Тоҷикистон, аз ҷумла бо истифода аз технологияҳои ГИС, инчунин таҳлили имкониятҳои истифодаи он дар минтақаи Суғд равона карда шудааст. Дар мақола маълумот дар бораи иқтидори техникӣ ва иқтисодии энергетикаи бодӣ пешниҳод карда мешавад ва инчунин самтҳои ояндадор барои сохтмони стансияҳои бодӣ муайян карда мешаванд. Таҳлили муқоисавии ҷанбаҳои методологии муайян кардани захираҳо ва татбиқи технологияҳои муосир барои баланд бардоштани самаранокии истифодаи захираҳои шамол таҳлил ва гузаронида шудааст. Қор аҳамияти диверсификатсияи баҳши энергетикаи кишвар ва рушди манбаъҳои барқароршавандаи энергияро барои таъмини амнияти энергетикӣ ва рушди устувори минтақа таъкид мекунад.

Калидвожаҳо: манбаъҳои барқароршавандаи энергия, нерӯи бод, иқтидори нерӯи бод, технологияҳои GIS, иқтидори техникӣ, иқтидори иқтисодӣ, стратегияи энергетикӣ, иқтидори муқарраршуда.

ANALYSIS OF THE PLACE AND ROLE OF WIND ENERGY IN THE GENERAL CONTEXT OF ENERGY SUPPLY IN THE WORLD AND TAJIKISTAN.

N.I. Usmonzoda, A.L. Kadyrov

The article proposes to assess the potential, state and prospects of wind energy development in the world and in Tajikistan. The article highlights global trends in the growth of wind power capacity, their role in ensuring a sustainable energy balance, as well as the specifics of wind energy development in various regions. Special attention is paid to assessing the potential of wind energy in Tajikistan, including using GIS technologies, as well as analyzing the possibilities of its use in the Sughd region. The article presents data on the technical and economic potential of wind energy, identifies the most promising areas for the construction of wind farms. Comparative analyses of methodological aspects of resource identification and the introduction of modern technologies to improve the efficiency of using wind resources are considered and made. The work highlights the importance of diversifying the country's energy sector and developing renewable energy sources to ensure energy security and sustainable development of the region.

Keywords: renewable energy sources, wind power, wind energy potential, GIS technologies, technical potential, economic potential, energy strategy, installed capacity

Введение

Увеличение спроса на энергию и связанное с этим негативное влияние выброса парниковых газов на окружающую среду всё острее ставят на повестку дня вопросы по более активному использованию нетрадиционных, возобновляемых источников энергии (ВИЭ), запасы которых неистощимы.

Научные исследования последних лет дают возможность сделать заключение, что нынешние внезапные перемены атмосферного климата, а также формирование парниковых газов, обусловленные, наравне с иными вероятными факторами, в том числе человеческими. Соответственно, Международными организациями предпринимаются меры в области уменьшения вредоносных выбросов в атмосферу и энергосбережения, а также по использованию «зелёных технологий» [1].

По прогнозам Международного Агентства по ВИЭ IRENA мировой показатель производства электроэнергии от нетрадиционных видов возрастёт к 2030 г. на 75% по отношению к 2022 году. На фоне этого в 2024 году производство электроэнергии за счет возобновляемой энергетики приросла на 15,1%, достигая рекордную мощность в 4448ГВт, при этом 2998ГВт из них состоят в основном из солнечной и ветровой энергии

[2]. Согласно автора [3], основным лидером потребления электроэнергии остаётся промышленность, следом за ней идёт транспортный сектор, а на третьем месте - жилые и коммерческие здания.

Наибольший удельный рост энергопотребления произойдёт в развивающемся мире, причём из ископаемого топлива [4].

Согласно прогнозам IRENA [5] и IFC [6], процесс постепенного замещения некоторой части обычного энергопотребления ВИЭ будет продолжаться в ближайшие несколько десятилетий во всём мире. Что касается развивающихся стран, то кардинальных перемен в структуре энергопотребления пока не ожидается, несмотря на то, что многие авторы уже сегодня хотят сделать проекты абсолютного либо практически абсолютного перехода на ВИЭ для больших населённых пунктов, регионов, в том числе и целого государства. Подобное изменение способно продолжаться не одно десятилетие, хотя технически оно осуществимо уже сейчас [7].

Согласно авторам [8-9], главными факторами роста потребности нетрадиционных видов энергии являются:

- 1 – рост спроса и потребления на энергию населением;
- 2 –относительно слабые экологические последствия;
- 3 – неограниченность и не истощаемость запасов ВИЭ.

Постановка задачи

Одной из форм ВИЭ является ветроэнергетика, которая, как ожидается, будет в основном коммерчески успешным, потому что может быть экономически жизнеспособной и не загрязняет планету.

Потенциал ветровой энергии на планете оценивается в 175 – 219 тыс. ТВт.ч в год, это примерно в 2,7 раза больше суммарного расхода энергии на планете. Считается, что эффективно может быть использовано только 5 % этой энергии, а в настоящее время используется значительно меньше [10].

Ветроэнергетика имеет наибольшее развитие и рыночное использование, чем другие возобновляемые ресурсы. Так, например, за последние шесть лет она составляла 30% ежегодного роста установленной мощности в мире и способствовала созданию 300 000 новых рабочих мест во всем мире и в глобальном бизнесе стоимостью 40 миллиардов долларов в год [11].

Глобальный Совет по ветроэнергетике в 2024г разместил доклад касательно формирования отрасли, включающий прогноз на кратчайшую перспективу. Согласно версии Совета, в 2023 г. в мире были введены в строй ветровые электростанции мощностью 116,6 ГВт (рисунок 1) [12].

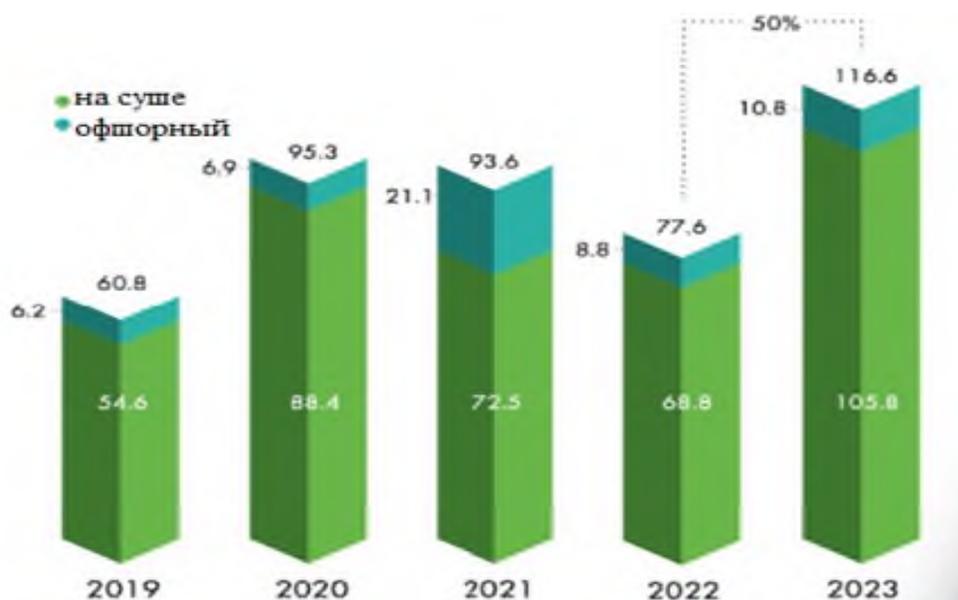


Рисунок 1- Установленная мощность ветровой энергетики в мире по итогам 2023 года [12].

Ветровая энергетика динамично начала рост в Евросоюзе (рисунок 2), сегодня аналогичная вспышка по данной деятельности прослеживается в Китае, США а также в Канаде, новейшие рынки появляются в Азии, в частности, в Индии, а также в Южной Америке (рисунок 3) [13,14].



Рисунок 2 - Динамика распределения ветроэлектростанций в Евросоюзе [13].



Рисунок 3 - Распределение установленной мощности ВЭС по странам на 2024г[12]

По данным Всемирной ветряной ассоциации (Global Wind Energy Council, GWEC), к концу 2024 года общая установленная мощность ветряных электростанций в мире превысила 1100 ГВт. Ожидается, что к 2025 году этот показатель может достичь 1,5 ТВт.

А также международная организация по ветроэлектростанциям GWEC прогнозирует последовательные рекордные годы до 2030 года [14] (таблица).

Таблица 1 – Прогноз развития в мире до 2030 году

Год	Прогнозируемая годовая мощность
2025	138 ГВт
2026	140 ГВт
2027	160 ГВт
2028	167 ГВт
2029	183 ГВт
2030	194 ГВт

В последние годы наблюдается рост интереса к оффшорным ветряным электростанциям, которые обеспечивают более высокую эффективность и меньшую зависимость от погодных условий. Под словом оффшорные ветроэлектростанции понимается ветроэнергетические установки, расположенные на море и океанах не далеко от их берега. А наземными ветровыми электростанциями их называют, так как они расположены на суше [14].

Основные разновидности ветроколес по мощностям можно разделить на следующие категории, которые показывают их развитие (ветряков) прошло через несколько ключевых этапов с момента их появления (рисунок 4).

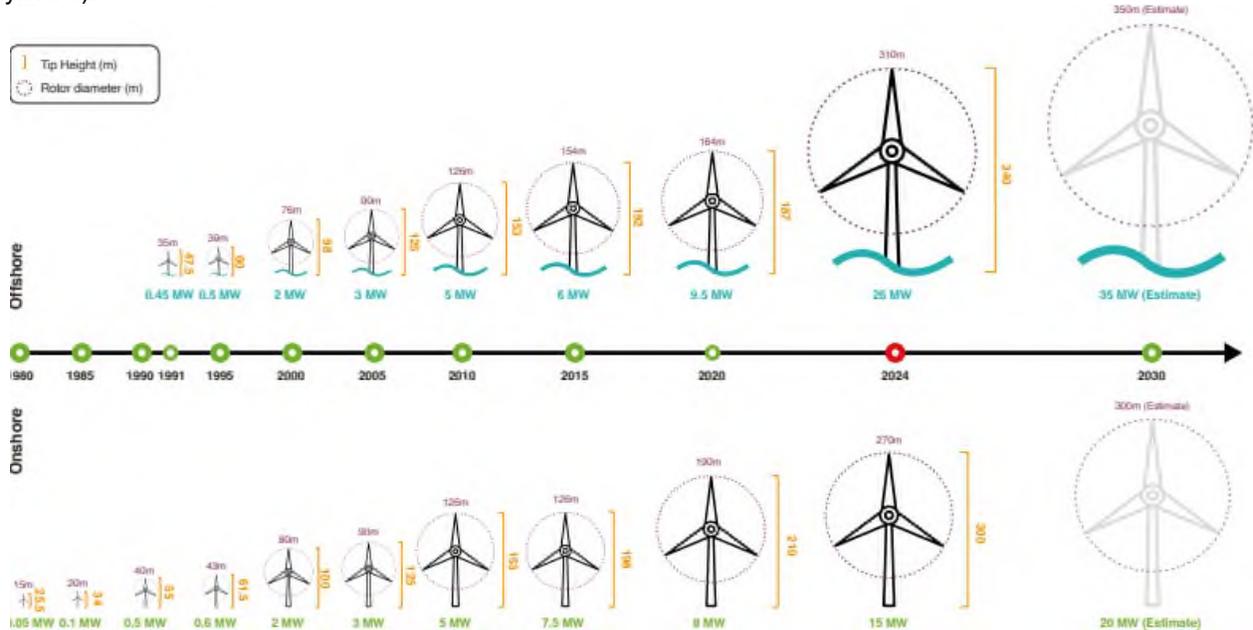


Рисунок 4 - Динамика размеров наземных и оффшорных турбин, 1980-2030 гг [14].

Основной целью энергетической стратегии Центрально-Азиатских (ЦА) регионов считается установление путей развития согласно критериям безопасного, результативного, а также стабильного функционирования энергетического раздела государства; кроме того, сюда входит развитие рациональной концепции взаимоотношений в среде топливно-энергетического комплекса, потребителями, а также между государством [15].

Основную часть территории страны охватывают горы, и их площадь составляет около 93 % и всего лишь 7 % приходится на равнинные места, при этом изучение и оценка реального потенциала ветровой энергии для отдельных районов республики - весьма актуальная задача. В настоящее время электроэнергетика играет особую роль в жизнеобеспечении людей и удовлетворении насущных потребностей человека. Одним из важнейших вызовов для общемировой энергетики является внушительное увеличение энергопотребления в мире, обусловленное экономическим ростом и развитием населения. У нас в стране наиболее перспективны следующие виды ВИЭ: малые гидроэлектростанции, солнечные установки для производства тепловой и электрической энергии, ветроэлектрические и биогазовые установки [16-17].

Согласно Национальной стратегии развития Республики Таджикистан на период до 2030 года, в котором упоминается основные направления развития ВИЭ в том числе:

- создание условий для диверсификации и освоения ВИЭ;
- как импортозамещающая для внутреннего потребления за счет наращивания ВИЭ (солнечная, ветряная, биогазовая, геотермальная);
- модернизация электросетей для сокращения потерь при использовании различных видов ВИЭ;
- внедрение энергосберегающих технологий и повышения энергоэффективности до 500млн.кВт.часов электроэнергии [18].

Для разработки стратегии развития ВИЭ и, самое главное, для их эффективного развития, необходимо знать их реальный потенциал и реальные возможности их использования. Соответственно для решения комплекса разнообразных задач в области ВИЭ в каждой стране целесообразно использование инструментария на основе ГИС технологий [19], а также в [20-22] приводится, что проблемы оценки эффективности и возможности использования ВИЭ в регионах возможно решить с помощью внедрения геоинформационных систем (ГИС).

Нами также в последнее время проводятся исследовательские работы по этой тематике для таких распространенных источников возобновляемой энергетики, как ветроэнергетика [23-24].

В этом исследовании [25] предлагается осуществлять районирование территорий по степени пригодности ресурсов ВИЭ с целью выбора наиболее перспективных площадок для их развития.

С учётом мировых тенденций использования экологически чистых видов энергии, нам кажется целесообразным указанную нишу дефицита электроэнергетики частично восполнить за счёт ВИЭ, потенциал которых по всем регионам республики огромен [25]. Там же впервые приводится разделение каждого вида энергии по категориям валового, технического и экономического потенциала в условиях РТ.

Такое разделение по категориям позволит лучше узнать их реальный потенциал и реальные возможности их использования

Интенсивное развитие гидроэнергетики РТ проходило с 1950 по 1980 г.г. [26-27], согласно этим источникам в Таджикистане производство электроэнергии связано преимущественно с гидроэлектростанциями, которые в 2023 году произвели 20,6 миллиард кВт·ч, что составляет 94% от всей электроэнергии, выработанной в стране [28].

Из этого следует, что несмотря на то, что 98% электроэнергии в Республике Таджикистан производится использованием гидроэнергии сегодня для осуществление государственной Программы следует всё больше привлекать возобновляемые источники энергии, так как несмотря на то что запасы гидроэнергетики кажутся неисчерпаемыми за последние годы запасы водных ресурсов страны уменьшаются, что приводит к дефициту электроэнергии. Особенно это касается северного Таджикистана, регионы Согдийской области, где единственным источником электроэнергии является Кайраккумская ГЭС, которая не может обеспечить население энергией в достаточном объеме.

Хотя, в последние годы в плане развития возобновляемых источников, особенно, энергии ветра и солнца в республике получены хорошие результаты.

Согласно данной работе [29], где впервые определили потенциал нетрадиционных видов энергии Республики, технический потенциал ветровой энергии оценили с помощью существующих данных используя 10% территории, которые получили после вычитания равнинные места от общей площади Таджикистана. В результате оценили технический потенциал ветровой энергии мощностью 3852,7 МВт. А также, по данной методике автор работы [4] рассчитал технический ветровой потенциал 2840 МВт, а экономический потенциал 28МВт, с учетом того что они предлагали неконкурентоспособность ветровой энергии с гидроэлектростанциями.

Но позднее современной методикой с применением мультикритериального подхода авторы данных работ [30] исследовали технический потенциал ветровой энергии 15557 МВт и экономический потенциал 4485 МВт соответственно (показано на рисунке 5 и 6). Для определения потенциалов ветровой энергии использовались Глобальный атлас ветра.

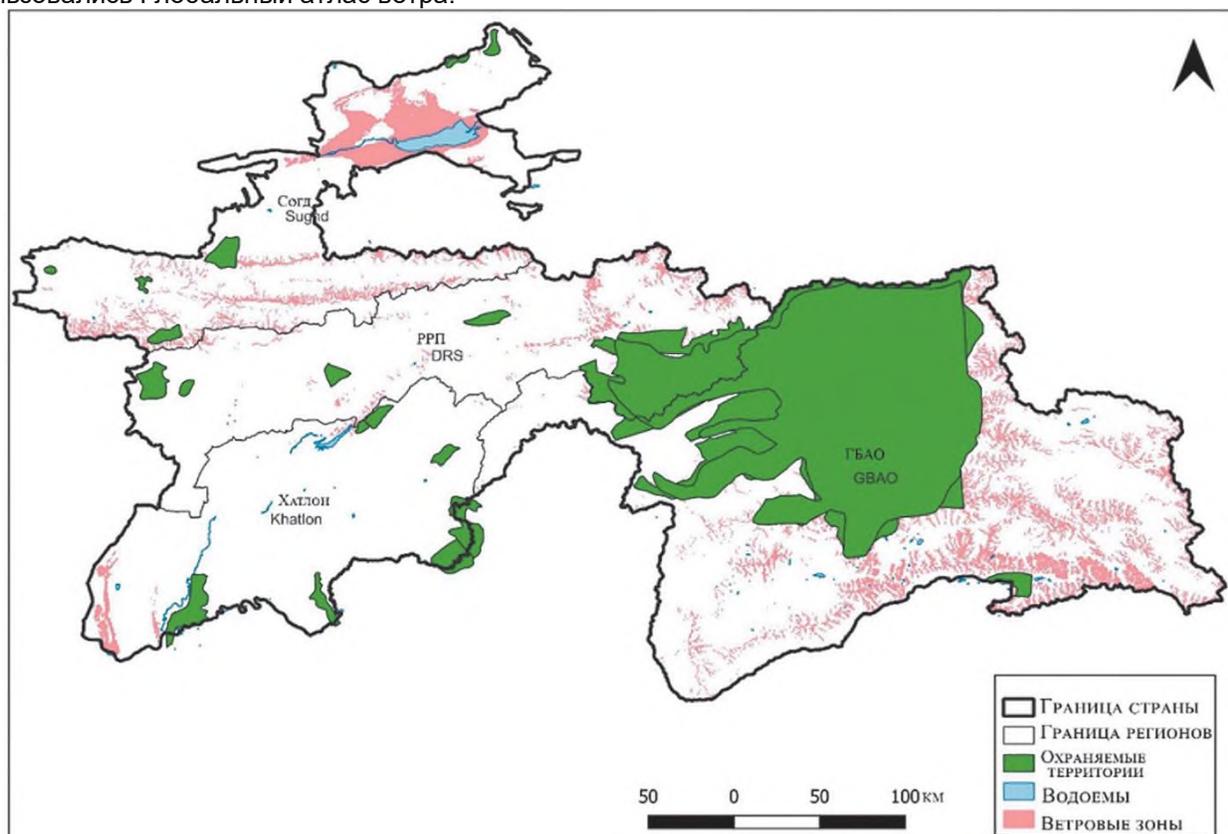


Рисунок 5 - Карта технического ветрового потенциала Таджикистана

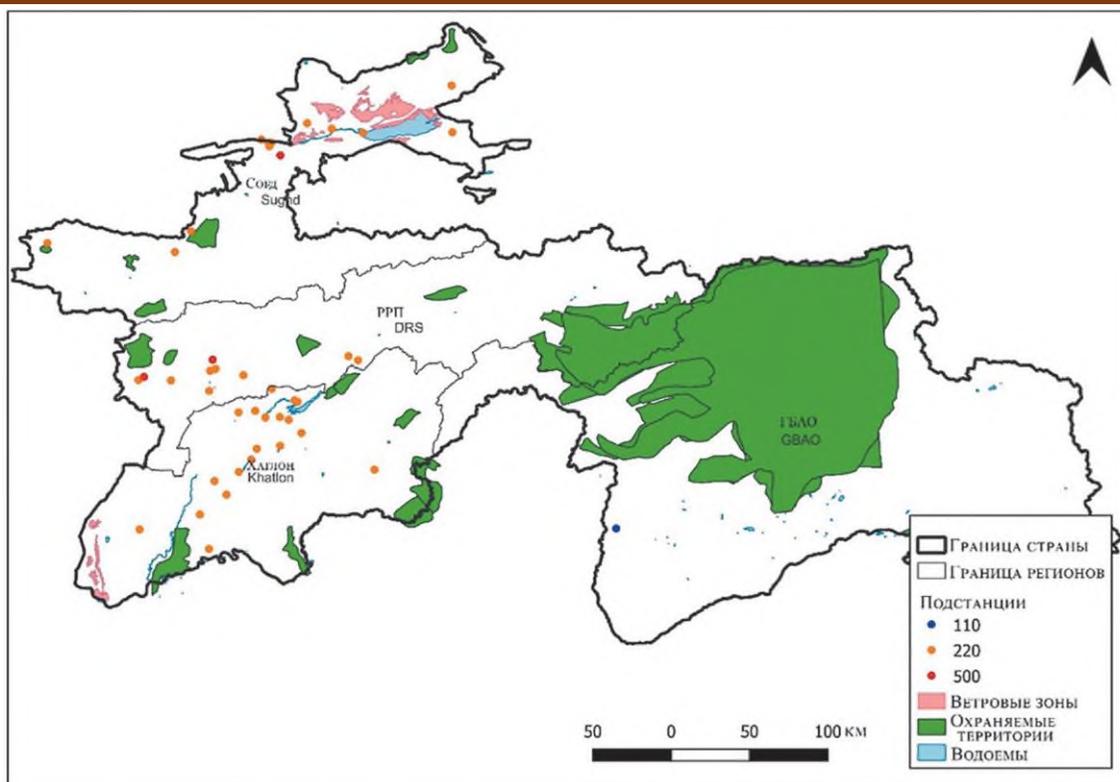


Рисунок 6 - Карта экономического потенциала ветра Таджикистана после анализа исключений

Согласно работе [31], в Таджикистане нет действующих ВЭУ, однако, в определённых регионах можно дополнить доминирующую энергию воды с ветровой. Самые сильные ветры достигают таких равнинных районов, как районы Согдийской области, где ландшафт способствует сближению воздушных потоков. На открытых и широких равнинах средняя годовая скорость ветра достигает приблизительно 3 - 4 м/с. На других равнинных территориях средняя годовая скорость ветра не превышает 1 - 2 м/с, что не подходит для генерирования ветровой энергии. Перспективными территориями являются районы Согдийской области. Согласно работе [30] с применением мультикритериального подхода определены и выявлены высокопотенциальные зоны и участки для построения ветроэлектростанций. Авторы заявляют о техническом потенциале ветровой энергии Согдийской области на 4938 км² площади 9689 МВт электроэнергии и соответственно экономический потенциал на 740 км² площади 3700 МВт электроэнергии.

Выводы

В современном мире одной из проблем экономики является недостаток электроэнергии. Для устранения этой проблемы всё больше стран мира, в том числе и Таджикистан уделяют внимание использованию зелёной энергетики. Анализируя современное состояние электроэнергетического комплекса мира, в том числе Республики Таджикистан, и основные проблемы развития энергетики, в том числе нетрадиционных видов энергии, можно рассматривать возможные пути решения этих проблем. Согласно анализу потенциалов и оценке ветроэнергетического сектора РТ, показано что плотность территории ресурсов даёт возможность создать электростанции на основе ветровой энергии.

Наиболее технически возможный и экономически целесообразный потенциал имеет Согдийская область.

Таким образом, нами поставлена задача провести исследования отдельных районов Согдийской области с тем, чтобы дать всестороннюю оценку реального потенциала и реальной эффективности использования и строительства ветроэлектростанций.

Рецензент: Кургизов А.К. — к.т.н., доцент кафедры «Электрические станции» ЛЭТУ имени академика М.С. Осими

Литература

1. Пенджиев, А.М. Возобновляемая энергетика и экология / А.М. Пенджиев // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» №8 (148) 2014.С -45-78
2. Renewables Global status report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ren21.net

3. Стройков, Г.А. Формирование рыночного механизма использования возобновляемых энергетических ресурсов в горнопромышленном комплексе / Диссертационная работа на соискание учёной степени канд. географ. наук по специальности 08.00.05 - Экономика и управление народным хозяйством (экономика природопользования) / Стройков Геннадий Алексеевич. Санкт-Петербург – 2018. 173стр
4. Киргизов, А.К. Развитие и оптимизация режимов электроэнергетической системы с распределёнными возобновляемыми источниками энергии методами искусственного интеллекта / Диссертационная работа на соискание учёной степени к.т.н., по специальности 05.14.08 - Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии / Киргизов Алифбек Киргизович. Новосибирск – 2017.-189с
5. Renewable Energy Capacity Statistics 2015 [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: www.Ren21.Net
6. 2015 International Fire Code (IFC) [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: <https://codes.iccsafe.org/content/IFC>
2015.
7. Melnikova, A. Assessment of renewable energy potentials based on GIS. A case study in southwest region of Russia / Accepted Dissertation thesis for the partial fulfilment of the requirements for a Doctor of Political Sciences / Alisa Melnikova Fachbereich 7: Natur- und Umweltwissenschaften University Koblenz-Landau 158p
8. Григораш, О.В. Состояние Мировой Возобновляемой Энергетики и её Перспективы в России / О.В. Григораш, А.Э. Коломейцев, Джибо Сулей // Труды Кубанского государственного аграрного университета 2012. -№40.-С.101-106.
9. Григораш, О.В. Ресурсы возобновляемых источников энергии Краснодарского края [Электронный ресурс] / О.В. Григораш, А.А. Хамула, А.В. Квитко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. –2013. – № 92. – С. 630–641.
10. Григораш, О.В. Перспективы возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае / О.В. Григораш, Е.В. Воробьев, В.П. Коваленко, А.Г. Власов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. –2012. – № 39. – С. 123 – 126.
11. Abas Ab. Wahab, Yahaya Ramli, Chong Wen Tong, “The Study on a Wind Turbine for Malaysian Climate”, Proc. Int. Symp. On Advances In Alternative & Renewable Energy (ISSAE ‘97), The Pan Pacific Hotel, Johor Bahru, Malaysia, July 1997,
12. Цифровая энергетика сайт. Электронный ресурс [https:// renen.ru/vetroenergetika-itogi-razvitiya-v-2024-godu-i-prognoz-do-2026-g/](https://renen.ru/vetroenergetika-itogi-razvitiya-v-2024-godu-i-prognoz-do-2026-g/)
13. Мокшин М.Ю., Путилов А.В., Римская О.Н. (2024). Рынок ветроэнергетики в России и за рубежом: проблемы и перспективы развития. Стратегические решения и риск-менеджмент, 15(4): 338–347. DOI: 10.17747/2618-947X-2024-4-338-347.
14. Global wind energy council. [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gwec.net/gwec-news/wind-industry-installs-record-capacity-in-2024-despite-policy-instability/>
15. Пенджиев, А.М. Концепция развития возобновляемой энергетики в Центральном – Азиатском регионе / А.М. Пенджиев // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» №08 (112) 2012.С -103-115.
16. Султонов Ш.М. Оптимизация режимов работы энергосистемы с высокой долей гидроэлектростанций (на примере энергосистемы Таджикистана) / Ш.М. Султонов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Новосибирск – 2016
17. Джураев Ш.Дж. Обеспечение качества электрической энергии в энергосистемах содержащих нелинейную нагрузку / Ш.Дж. Джураев, Ш.М. Султонов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. №1/41. С. 20 –33.
18. Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до -2030. Душанбе 2016г.
19. Пенджиев, А.М. Основы геоинформационных систем в развитии солнечной энергетики Туркменистана / А.М. Пенджиев // Наука. Мысль: электронный периодический журнал». Научный журнал №12 2015. С.-29-45
20. Ахъёев, Дж.С. Нечеткие модели распределенной генерации возобновляемых источников энергии Республики Таджикистан / Дж.С. Ахъёев, А.К. Киргизов, Э.Г. Ядагаев // Научный вестник НГТУ , № 3, 2016, с. 117–130
21. Манусов, В.З. Система адаптивного управления ветроэнергетической установки на базе элементов нечеткой логики / В.З. Манусов, Ш.К. Халдаров // Современная техника и технологии: проблемы, состояния и перспективы: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Рубцовск, 26–27 ноября 2015 г. – Рубцовск: Алт. гос. ун-т им. И.И. Ползунова, 2015. – С. 376– 382. – ISBN 978-5-9907711-2-3.
22. Пенджиев, А.М. Теоретические и методические расчеты потенциалов солнечно-энергетических ресурсов на Юго-Восточных Каракумах / А.М. Пенджиев, Н.Г. Астанов // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – №7.(147) – С. 65-86.
23. Kadirov, A.L. The use of renewable energy sources by category gross, technically feasible and economically viable potential / A.L. Kadirov, N.I. Javharova // International scientific and practical conference «Modern engineering education: Contemporary international challenges and perspectives» Magnitogorsk, June 3-4.2019
24. Кадыров, А.Л. Общий потенциал и технико- экономическое обоснование использования возобновляемых источников энергии / А.Л. Кадыров, Н.И. Джавхарова // Конференция илми-методи Донишгохи давлатии Худжанд 20.05.2019. Стр.29 32

25. Akash J., Kudusov M., Akanksha J., Pramod J., Madvaliev U. A Multicriteria Approach to Identifying and Developing Renewable Energy Zones in Tajikistan // Appl. Solar Energy. 2023. V. 59(2). Pp. 176—188

26. Официальный сайт ОАХК «Барки Тоҷик» [Электронный ресурс]. – Режим доступ: <http://www.barqitojik.tj/> (дата обращения: 09.06.2020).

27. Чоршанбиев, С.Р. Повышение эффективности функционирования электрических сетей с распределенной солнечной генерацией за счет снижения технических потерь электроэнергии (на примере Республики Таджикистан). Диссертационная работа на соискание учёной степени к.т.н., по специальности 05.14.08 - Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии / Чоршанбиев Сироджиддин Ражаббокиевич. – Москва: МЭИ, 2019. – 189 с.

28. Analytical tables – Agency on statistics under the President of the Republic of Tajikistan,” Агентии оморӣ назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, Apr. 06, 2024. <https://www.stat.tj/en/analytical-tables/> (accessed Nov. 28, 2024)

29. Петров, Г.Н. Общая оценка ситуации в энергетике в мире и Таджикистане / Г.Н. Петров, Х.М.Ахмедов, Х.С. Каримов // Изв.АН РТ, 2009, №2 (135), с.101-111.

30. Кудусов М.А., Мадвалиев У., Бахромзод Р., Мукумов А.Р. Оценка потенциала солнечной и ветровой энергии в Таджикистане с использованием мультикритериального метода. – Вестник Московского энергетического института, 2024, № 6, с. 55-67. DOI: 10.24160/1993-6982-2024-6-55-67

31. Ахмедов, Х.М. Возобновляемые источники энергии в Таджикистане и возможности их использования / Х.М. Ахмедов, Х.С. Каримов // Душанбе, 35 с.

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

TJ	RU	EN
Усмонзода Нилуфар Илҳом ассистент	Усмонзода Нилуфар Илҳом ассистент	Usmonzoda Nilufar Ilkhom assistant
МДТ «Донишгоҳи Давлатии Хучанд ба номи академик Б.Ғафуров»	ГОО «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова»	State Educational Institution "Khujand State University named after Academician B. Gafurov, Khujand
E-mail: nilufar.kuchkorova.94@mail.ru		
TJ	RU	EN
Абдулаҳат Лақимович Қодиров Д. и. Физ - мат, профессор	Абдулаҳат Лақимович Қадыров доктор физ - мат наук , профессор	Abdulakhat Lakimovich Kadyrov Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
МДТ «Донишгоҳи Давлатии Хучанд ба номи академик Б.Ғафуров»	ГОО «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова»	State Educational Institution "Khujand State University named after Academician B. Gafurov, Khujand
E-mail: abdulakhatkadirov@gmail.com		

УДК №624.311.22

О ВОЗМОЖНОСТИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ГИДРОГЕНЕРАТОРА ВАРЗОБ ГЭС – 3 С ГРАВИТАЦИОННОЙ АККУМУЛИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИЕЙ

¹М.В. Шамсиев, ²Д.Т. Мамаджанова, ²Ш.М. Султонзода

¹Филиал Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт» в г. Душанбе

²Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В работе рассматривается возможность построения гравитационной аккумуляющей электрической станции (ГРАЭС), оптимально сочетающей в себе достоинства твердотельной и гелио – аккумуляющей станции. Гравитационный эффект накопления энергии усиливается за счёт использования веса аккумуляторных батарей, синхронной машины, редукторов, металлоконструкций, солнечных панелей и сопутствующего электрооборудования. Анализируются режимы подъема и спуска платформы. Подчеркивается актуальность подобного подхода в природно-климатических условиях Республики Таджикистан и распространения подобного подхода к другим ГЭС.

Ключевые слова: гравитационная аккумуляющая электрическая станция, синхронная машина, редуктор, аккумуляторная батарея, солнечная панель.

ДАР БОРАИ ИМКОНЯТИ ЯҚОЯ ИСТИФОДА БАРИИ ГИДРОГЕНЕРАТОРИ НБО – И ВАРЗОБ – 3 БО НЕРҶОҶИ ГРАВИТАЦИОННОЙ ЭЛЕКТРИКИ

М.В. Шамсиев, Д.Т. Мамаджанова, Ш.М. Султонзода

Дар мақола имконияти сохтани нерҷоҷи электрикии ҷаъмунадан гравитационӣ (НЭҶГР) баррасӣ мешавад, ки беҳтарин хосиятҳои истифодаи сахтҷаъбир ва офтобии ҷаъмшавандаро дар худ муттаҳид мекунад. Таъсири гравитационӣ барои захираи энергия тавассути истифодаи вазни батареяҳои аккумуляторӣ, мошини синхронӣ, редукторҳо, сохтмонҳои металлӣ, панелҳои офтобӣ ва таҷҳизоти электрикии ҳамроҳ афзоиш меёбад. Ҳолатҳои бардошт ва фаромадани платформа таҳлил мешавад. Мухимияти чунин усул дар шароити табиӣи иқлимии Ҷумҳурии Тоҷикистон ва густариши он ба дигар нерӯгоҳҳои барқӣ таъкид карда мешавад.

Калимаҳои калидӣ: истифодаи аккумулякунандаи гравитационӣ, мошини синхронӣ, редуктор, батареяи аккумуляторӣ, панели офтобӣ.

ON THE POSSIBILITY OF JOINT OPERATION OF THE VARZOB HPP-3 HYDROGENERATOR WITH AN ELECTRIC GRAVITY ACCUMULATING STATION

M.V. Shamsiev, D.T. Mamadjonova, Sh.M. Sultonzoda

The article assesses the possibility of constructing a gravity-based accumulating power station (GAPS), optimally combining the advantages of solid-state and helio storage stations. The gravity effect of energy accumulation is enhanced by the use of the weight of battery units, a synchronous machine, gear mechanisms, metal structures, solar panels, and associated electrical equipment. The modes of lifting and lowering the platform are analyzed. The relevance of this approach in the natural-climatic conditions of the Republic of Tajikistan and the potential spread of this approach to other hydroelectric power stations are emphasized.

Keywords: Gravity accumulating power station (GAPS), synchronous machine, gear mechanism, battery unit, solar panel.

С ростом мирового спроса на энергию и быстрым развитием возобновляемой энергетики роль технологии аккумулирования энергии в энергетической системе становится все более заметной. Ветряные, солнечные и другие возобновляемые источники энергии являются непостоянными и колеблющимися. Их широкомасштабное применение требует эффективных и надежных систем аккумулирования энергии для реализации стабильной поставки энергии. Гравитационное аккумулирование энергии, как технология, основанная на физических принципах, имеет уникальные преимущества по сравнению с другими методами хранения энергии, особенно с точки зрения длительного срока службы, большого масштаба аккумулирования энергии и экологичности [1].

В работе [2] проведен краткий обзор научных публикаций, где выделены основные известные типы накопителей электроэнергии. Приведены полученные основные эффекты от практического внедрения НЭЭ в электроэнергетику. Показано, что для энергетической системы Республики Таджикистан, где в зимний период наблюдается дефицит генерируемой мощности, применение системы НЭЭ может способствовать его снижению.

Основополагающий принцип технологии аккумулирования гравитационной энергии заключается в достижении преобразования между гравитационной потенциальной энергией и электрической энергией посредством подъема и опускания тяжелых предметов. Во время фазы подъема избыточная электрическая энергия преобразуется в гравитационную потенциальную энергию для хранения. При нехватке электроэнергии сохраненная гравитационная потенциальная энергия высвобождается и преобразуется обратно в электрическую энергию.

В работах [3-5] были наглядно показаны преимущества предлагаемой электрической гравитационной аккумуляющей станции, совмещающей в себе 3 принципа повышения эффективности, такие как :

- использование в качестве основного груза батареи аккумуляторов;

- использование в качестве дополнительного груза все механическое и электрооборудование станции (синхронная трехфазная электрическая машина, редукторы, трансформатор собственных нужд, коммутирующая аппаратура, инвертор и т.д.);

- а также на крыше платформы комплекс солнечных панелей.

Применительно к Варзоб ГЭС-3 с использованием перепада высот 40 метров возможно использование варианта ГРАЭС, наклоненного под 45 градусов к горизонту исполнения.

Известно, что значительную часть времени на Варзоб ГЭС-3 в работе находится лишь один гидрогенератор мощностью 1780 кВт на напряжение 6,3 кВ. Естественно, что мощность трехфазной синхронной электрической машины ГРАЭС не должна превышать мощность гидрогенератора Варзоб ГЭС-3. И если исходить из возможности режима использования всей мощности гидрогенератора Варзоб ГЭС-3 в режиме зарядки ГРАЭС, то можно выбрать синхронную машину для ГРАЭС исходя из стандартного класса напряжений – 6,3 кВ и возможности обеспечения ее пусковых токов. Подобный ориентировочный выбор дает нам: синхронный генератор-двигатель типа СГД2М-17-36-16УВ-УХЛ4 с нижеследующими техническими характеристиками: $P_n = 630$ кВт, $U_n = 6,3$ кВ, $I_n = 72$ А и т.д. Схема электрического совмещения выходной сети Варзоб ГЭС-3 и ГРАЭС приведена на рис. 1.

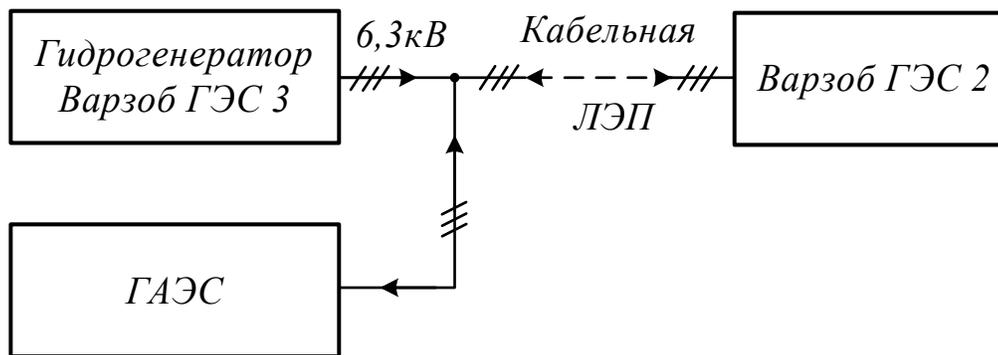


Рисунок 1 – Схема электрического совмещения выходной сети Варзоб ГЭС-3 и ГРАЭС

Мощность аккумуляторной батареи определяется также номинальной мощностью гидрогенератора Варзоб ГЭС-3. И соответственно количество и тип солнечных панелей определяется площадью крыши платформы, где установлены аккумуляторная батарея и электромеханическое оборудование ГРАЭС.

Параметры гидрогенератора: $P_n = 1780$ кВт, $U_n = 6,3$ кВ, $I_n = 204$ А, $\cos\varphi=0,8$

Перепад высот 40 м между нижней и верхней точками пути платформы. (рис.2)

$$S = \sqrt{40^2 + 40^2} = 56,4 \text{ м}$$

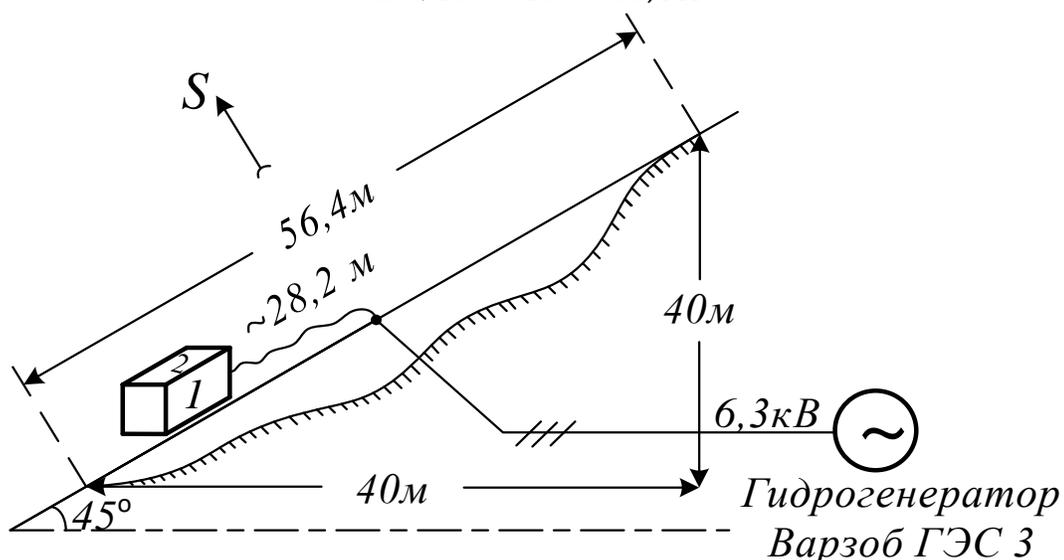


Рисунок 2 – Расположение пути платформы ГРАЭС.

Если считать допустимой кратковременную перегрузку гидрогенератора Варзоб ГЭС – 3 в 1,5 раза, то, $I_{перегр} = 1,5 \cdot 204 = 306$ А. Номинальный ток синхронной машины ГРАЭС приблизительно составит $I_H \approx \frac{306}{5} = 61,2$ А. Здесь предполагается пятикратный бросок пускового тока.

$$P_H = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_H \cdot \cos\varphi_H$$

$$P_{ГРАЭС} = 6,3 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{3} \cdot 61,2 \cdot 0,8 = 534247,6 \text{ Вт} \approx 534 \text{ кВт.}$$

Мощность синхронной машины ГРАЭС соответственно выбираем по каталогу [6] ближайшей синхронной машины с параметрами, указанными в табл.1.

Номинальный ток гидрогенератора:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi_H} = \frac{1780 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 10^3 \cdot 0,8} = 204 \text{ А}$$

На первом этаже платформы располагаются:

- синхронная электрическая машина с двумя рабочими концами вала весом 5280 кг.
- два редуктора, соединенные с двумя рабочими концами вала синхронной машины. Технические параметры приведены в табл.2.

- трансформатор собственных нужд (ТСЗГЛФ11-100/10-УЗ) весом 850 кг.

- Выпрямитель ВТЕ-320/75 – УХЛ4, весом 850 кг

- Инвертор, весом 1000 кг.

- ТВУ, весом 450 кг.

- Шкафы управления и коммутации, общим весом 150 кг

На втором этаже платформы располагаются:

- АКБ – 250 А·ч – 12 В – 72 кг. Платформа размером 10x12 м, размеры аккумулятора – 0,296x0,52м, размещение аккумуляторов: 16 шт. в ширину, 30 шт. в длину. Общее количество аккумуляторов 480 шт. Общий вес – 480x72=34560 кг.

Крыша платформы состоит из солнечных панелей SM170-12P размерами 0,668x1,485 м Общее количество – 126 шт. – в ширину, 18 шт.– в длину. Масса одной солнечной панели – 12 кг. Общий вес солнечных панелей – 126x12=1512 кг.

Масса металлоконструкций составляет 20% общего веса всей платформы.

Общий вес платформы с учетом металлоконструкций составляет:

$$\sum m = 5280 + 2960 + 850 + 850 + 1000 + 450 + 150 + 34560 + 1512 + 20\% = 57134,4 \text{ кг} \approx 60 \text{ т}$$

Таблица 1- Параметры синхронного генератора

Тип генератора	СГД2М-17-36-16УВ-УХЛ4
Мощность, кВт	630
Ток статора, А	72
Напряжение возбуждения В	58
Ток возбуждения, А	225
ОКЗ	0,84
КПД %	93,7
Момент инер-ции ротора кг· м ²	400
Напряжение обмотки статора, В	6300
Номинальная скорость, об/мин	375
Вес, кг	5280

Таблица 2 - Технические параметры редуктора

Тип редуктора	ЦТНД-500 (цилиндрический)
Передаточное число	100
Номинальная радиальная нагрузка на тихоходном валу (при скорости вращения 3,75 об/мин), Н	42200
Номинальный крутящий момент, Н·м	28500
КПД	0,96
Режим работы	Повторно-кратковременный
Масса, кг	1480
Вес двух редукторов – 2960 кг	

Следует отметить, что комплекс: солнечные панели – аккумуляторная батарея, полностью обеспечивает питание роторной обмотки возбуждения синхронной машины (напряжение возбуждения 58 В, ток возбуждения 225 А), а установка ТСН с ТВУ гарантирует успешную работу и в период низкой солнечной активности.

Запасаемая энергия из 2-х составляющих:

1. Энергия АКБ – $250 \cdot 12 \cdot 480 = 1,44 \cdot 10^6$ ВА·ч = $1,44 \cdot 10^6 \cdot 3600 = 5,184 \cdot 10^9$ Дж
2. За счет гравитации - $\sum m \approx 60$ т

Потенциальная энергия платформы, находящейся на вершине станции, т.е. $h=40$ метров составляет:

$$E_{\text{пот}} = mgh = 60 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 40 = 23,52 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Номинальная скорость синхронной машины $n_n = 375$ об/мин при передаточном числе редуктора $i=100$ скорость выходного вала редуктора $n_p = 3,75$ об/мин

На выходном валу редуктора устанавливается зубчатая шестерня с $D=1$ м, следовательно, длина окружности шестерни: $L=\pi D = 3,14$ м.

Линейная скорость перемещения платформы составит:

$$v_d = 3,75 \cdot 3,14 = 11,775 \text{ м/мин.}$$

Отсюда время подъема платформы к верхней точке:

$$t_{\text{п}} = \frac{56,4}{11,775} = 4,8 \text{ минут} = 288 \text{ сек}$$

Номинальный момент, развиваемый синхронной машиной:

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{630 \cdot 10^3}{\frac{3,14 \cdot 375}{30}} = 16051 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент сопротивления:

$$M_c = \sum m \cdot \frac{D}{2} \cdot g = 60 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 9,8 = 29,4 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент сопротивления, приведенный к валу синхронной машины: (с учетом $i=100$)

$$M_{\text{спр}} = \frac{29,4 \cdot 10^4}{100} = 2940 \text{ Н} \cdot \text{м}, \text{ что значительно меньше } M_n.$$

Потребляемая из сети мощность (с учетом потерь):

$$P_c = \frac{3,14 \cdot 375}{30} \cdot 2940 = 115395 \text{ Вт} \approx 116 \text{ кВт}, \text{ что составляет } \frac{116}{630} \cdot 100\% = 18,4\%$$

от номинальной мощности синхронной машины. Таким образом, расход электроэнергии для подъема платформы:

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = 116 \cdot 0,08 = 9,28 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Все вышеперечисленные выкладки касались режима подъема платформы.

При расчете режима опускания платформы возникают следующие вопросы:

1) Необходимо обеспечить номинальную скорость вращения вала синхронной машины, работающей в режиме генератора, т.е. 375 об/мин, т.к. в противном случае частота напряжения генератора будет отличаться от 50 Гц, что недопустимо. Упрощенный расчет, исходя из уравнения движения электропривода, показывает, что:

$$M_{\text{спр}} = j \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = 2940 \text{ Н} \cdot \text{м} = 400 \frac{39,25 \cdot 9,8}{\Delta t}$$

$$\Delta t \approx 52,3 \text{ сек}$$

При этом будет развиваться мощность:

$$P_{\text{отпускания}} = \frac{E_{\text{пот}}}{\Delta t} = \frac{23,52 \cdot 10^6}{52,3} = 449713 \text{ Вт} \approx 450 \text{ кВт}$$

Линейная скорость движения платформы:

$$v_{\text{платф}} = \frac{56,4}{52,3} = 1,078 \text{ м/сек}$$

Определяющим при этом является ток нагрузки синхронной машины, скорость вращения может быть несколько большей 375 об/мин и для недопущения значительного повышения скорости можно задействовать регулировку цепи возбуждения.

2) При отсутствии тормозного действия синхронной машины (и если пренебречь силами трения), т.е. при режиме х.х., движение платформы вниз будет определяться уравнением:

$$S = \frac{gt^2}{2}; \text{ т.е. } 56,4 = \frac{9,8 \cdot t^2}{2} \quad t \approx 3,4 \text{ сек}$$

Скорость перемещения:

$$v_{\text{платф}} = \frac{56,4}{3,4} = 16,6 \text{ м/сек}$$

Это значительная (недопустимая) скорость перемещения, следовательно, спуск платформы возможен только при наличии нагрузки в энергосистеме.

Выводы

1. Разработка ГРАЭС для Варзоб ГЭС – 3 представляет безусловный интерес, с точки зрения повышения эффективности аккумуляции энергии и работы ГЭС.

2. Полученные результаты могут быть рекомендованы при проектировании ГРАЭС для совместной работы с другими ГЭС, что актуально для гидроэнергетики Таджикистана.

Рецензент: Назиров Х.Б. — к.т.н., доцент, зав.кафедрой электроэнергетики Филиала НИУ "МЭИ" в г. Душанбе.

Литература

1. Wang, Ronglu, Lu Zhang, Chenyang Shi, and Chunqiu Zhao. 2025. "A Review of Gravity Energy Storage" Energies 18, no. 7: 1812. <https://doi.org/10.3390/en18071812>

2. К вопросу интеграции водородных накопителей электроэнергии в энергосистему / Ф.М. Рахимов, О.С. Хабибов // Политехнический вестник. Серия: Серия Инженерные исследования. №1 (69), 2025. –Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими 2025. pp. 17-24.

3. Шамсиев М.В., Собиров Ф.С., Пардаев С.С. Разработка и исследование электрической части гелио – гравитационной аккумулирующей станции (ГГАС) мощностью 1МВт// Материалы международной научно-практической конференции «Электроэнергетика СНГ: современное состояние и перспективы развития», посвященной 32-летию независимости Республики Таджикистан и 10-летию филиала НИУ «МЭИ» в г. Душанбе // ДФ НИУ «МЭИ» // Душанбе, 2023 года. С. 8-12.

4. Шамсиев М.В., Собиров Ф.С., Пардаев С.С. Разработка и исследование системы бесперебойного электроснабжения потребителей при введении режимов отключения// Материалы международной научно – практической конференции: «Электроэнергетика Таджикистана» в г. Душанбе// ДФ НИУ «МЭИ»// Душанбе, 2024 года. С.65-68.

5. Шамсиев М.В., Абдулкеримов С.А., Шамсиев А.М. Патент РФ №2835283 «Электрическая гравитационная аккумулирующая станция»// Москва – 2025 г.

6. Копылова И.П. Справочник по электрическим машинам в 2–х томах // Москва-Энергоатомиздат, 1988 г.

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

TJ	RU	EN
Шамсиев Муқим Ваҳобович	Шамсиев Муқим Ваҳобович	Shamsiev Muqim Vahobovich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	PhD (Technical Sciences), Associate Professor
Донишгоҳи миллии тадқиқоти «ДЭМ», филиал дар ш. Душанбе (Ҷумҳурии Тоҷикистон)	Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)	National Research University «MPEI», branch in Dushanbe (Republic of Tajikistan)
E-mail: muqim.shamsiev@gmail.com		
TJ	RU	EN
Мамадҷонова Дилноза Тоҳировна	Мамадҷанова Дилноза Тоҳировна	Mamadjonova Dilnoza Tohirovna
Магистрант	Магистрант	Master's student
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
E-mail: dilyadilyam.03@mail.ru		
TJ	RU	EN
Султонзода (Султонов) Шерхон Муртазо	Султонзода (Султонов) Шерхон Муртазо	Sultonzoda (Sultonov) Sherkhon Murtazo
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
E-mail: sultonzoda.sh@mail.ru		

УДК 621.311

ОПТИМИЗАЦИЯ КРАТКОСРОЧНЫХ РЕЖИМОВ ВАХШСКОГО КАСКАДА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Ш.М. Султонзода, М.Ш. Раджабов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье рассмотрена задача краткосрочной оптимизации режимов работы гидроэлектростанций Вахшского каскада. Разработана математическая модель, учитывающая эксплуатационные, гидравлические и энергетические ограничения, а также особенности регулирования стока водохранилищ. Модель реализует целевую функцию максимизации выработки электроэнергии с учётом баланса воды и ограничений по уровням бьефов, расходам и мощности.

Ключевые слова: каскад гидроэлектростанций, краткосрочная оптимизация, режим работы, математическая модель.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕҶАҶОИ ҚУҶОҶМУДДАТИ СИЛСИЛА НЕРҶОҶҶОИ БАҶҚИ ОБИИ ВАХШ

Ш.М. Султонзода, М.Ш. Раджабов

Дар мақола масъалаи оптимизатсияи қуҷоҷмуддати реҷаҷои кории силсила нерӯоҷҷои баҷқи обии Вахш баррасӣ шудааст. Модели математикӣ таҳия карда шудааст, ки маҳдудиятҳои корӣ, гидравликӣ ва энергетикӣ, инчунин хусусиятҳои танзими ҷараёни обанборҳоро ба назар мегирад. Модел аз функсияи ҳадафӣ максимуми истеҳсоли энергияи электрикӣ бо риояи тавозуни об ва маҳдудиятҳои сатҳи болообу поёнооб, сарфи об ва тавонӣ нигаронида шудааст, иборат аст.

Калидвожаҳо: силсила нерӯоҷҷои баҷқи обӣ, оптимизатсияи қуҷоҷмуддат, реҷаи корӣ, модели математикӣ.

OPTIMIZATION OF SHORT-TERM MODES OF THE VAKHSH CASCADE OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS

Sh.M. Sultonzoda, M.Sh. Rajabov

This paper addresses the problem of short-term optimization of operating modes of the Vakhsh cascade hydropower plants. A mathematical model has been developed that incorporates operational, hydraulic, and energy constraints, as well as the specific features of reservoir flow regulation. The model implements an objective function aimed at maximizing electricity generation while accounting for water balance and constraints related to forebay and tailwater levels, discharges, and power output.

Keywords: cascade of hydropower plants, short-term optimization, operating mode, mathematical model.

Введение

Гидроэнергетика является одним из самых чистых источников энергии на нашей планете. На сегодняшний день она является основным видом возобновляемых источников энергии. Из 30% электроэнергии в мире вырабатываемой возобновляемыми источниками энергии на долю гидроэлектростанций (ГЭС) приходится 15%. По данным международной ассоциации Гидроэнергетиков (International Hydropower Association) [1] в 2024 году установленная мощность гидроэнергетики в мире составляет около 1443 ГВт, а выработка электроэнергии за счет этих станций составляет 4578 ГВт*ч.

Основные гидроэнергетические мощности Республики Таджикистан сосредоточены преимущественно на реках Вахш, Сырдарья и Варзоб. На реке Вахш в настоящее время функционирует восемь ГЭС [2], среди которых выделяется Рогунская ГЭС – самая мощная в Центральной Азии. С учётом высокой степени каскадности гидроузлов и их взаимосвязанного режима работы, ключевое значение приобретает задача разработки и внедрения методов оптимального управления эксплуатационными режимами отдельных станций и каскада в целом. Эффективное перераспределение водных ресурсов между ГЭС каскада обеспечивает увеличение суммарной выработки электроэнергии и рациональное использование гидроэнергетического потенциала [3]. Оптимизация режимов ГЭС классифицируется по временным интервалам на долгосрочную (от одного месяца до нескольких лет), среднесрочную (от нескольких дней до месяца) и краткосрочную (от одного часа до нескольких суток) [4]. В задаче краткосрочной оптимизации каскада ГЭС определяется почасовое распределение выработки с учётом комплекса эксплуатационных ограничений, включая предельные значения мощности агрегатов, уровни верхнего и нижнего бьефов, допустимые расходы воды, а также гидравлические и энергетические ограничения. Учет этих факторов позволяет не только обеспечить выполнение эксплуатационных требований, но и провести оценку эффективности использования гидроэнергетических ресурсов [5]. В современных условиях особую актуальность приобретает применение усовершенствованных методов математического моделирования и алгоритмов оптимизации, позволяющих учитывать взаимосвязь гидрологических и электрических режимов. Это, в свою очередь, обеспечивает возможность комплексного управления как отдельными ГЭС, так и каскадом в целом.

Эффективное управление режимами работы гидроэлектростанций требует обязательного учета комплекса эксплуатационных, технических, гидрологических и экологических ограничений как на долгосрочном, так и на краткосрочном горизонтах планирования [6]. С учетом высокой размерности и сложности этих ограничений, задача становится крайне трудоёмкой и требует применения автоматизированных расчетных и оптимизационных систем. Вероятностный характер приточности воды к створу гидроузлов обуславливает необходимость выполнения серии сценарных водно-энергетических расчетов для оценки допустимых режимов.

Оптимизация режимов ГЭС, работающих в каскаде, зависит от наличия водохранилища и её характеристик (параметров). В настоящем исследовании рассматривается задача краткосрочной оптимизации режимов работы ГЭС Вахшского каскада. Данный каскад объединяет восемь действующих гидроэлектростанций, а также объекты, находящиеся на стадии строительства. Из них шесть расположены непосредственно на реки Вахш: Рогунская, Нурекская, Байпазинская, Сангтудинская-1, Сангтудинская-2 и Головная. Компонировка и взаимное расположение гидроузлов каскада представлены на рисунке 1, что позволяет отразить их гидравлическую взаимосвязь и степень каскадности.

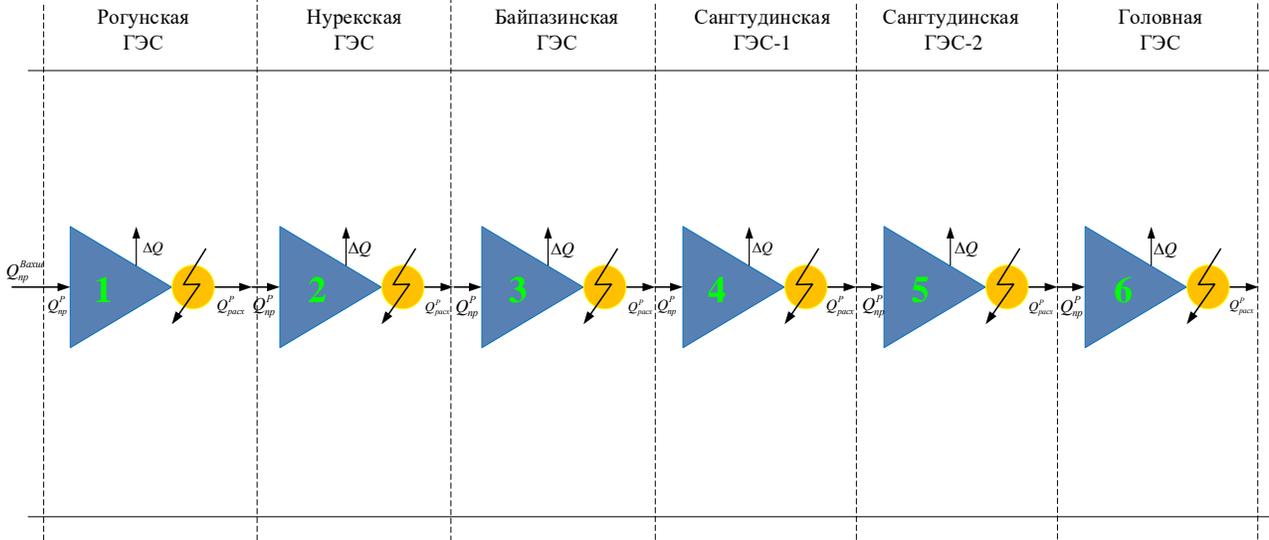


Рисунок 1 – Схема ГЭС каскада реки Вахш

Выделяют следующие основные виды регулирования речного стока, осуществляемого водохранилищами ГЭС: многолетнее, годовичное, сезонное, недельное, суточное и без регулирования (по водотoku) [7].

В таблице 1 приведены основные параметры водохранилищ ГЭС Вахшского каскада.

Таблица 1 – Параметры водохранилищ ГЭС каскада реки Вахш

Гидростанция	НПУ, м.н.у.м.	УМО, м.н.у.м.	Объём водохранилища, км ³			Вид регулирования	Напор, м
			полный	мертвый	полезный		
Рогунская	1290,0	1185,0	13,30	3,00	10,30	Многолетнее	245*
Нурекская	977,0	857,0	10,50	6,00	4,50	Годовое	223
Байпазинская	630,0	617,0	0,13	0,04	0,09	суточное	54
Сангтудинская 1	571,5	569,6	0,02	0,01	0,01	суточное	58
Сангтудинская 2	508,5	507,8	0,08	0,07	0,01	суточное	21
Головная	485,0	482,0	0,10	0,08	0,02	суточное	23,3

*Проектные данные строящейся Рогунской ГЭС.

Математическая модель каскада ГЭС на реке Вахш

Целевая функция, критерий оптимизации – Максимальная выработка электроэнергии.

$$F = \max W = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T P_{i,t} \cdot \Delta t \quad (1)$$

где: W - суммарная выработка энергии (кВт*ч); $i=1, \dots, n$ - индекс ГЭС; $t=1, \dots, T$ - интервалы времени; $P_{i,t}$ - мощность (кВт) станции i в интервале Δt - длительность интервала (ч).

Суммарная энергия каскада состоящая из n равна сумме энергий каждой ГЭС:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{t=1}^T P_{i,t} \Delta t \quad (2)$$

Мощность каждой станции

$$P_{i,t} = \rho g \eta_i Q_{i,t} H_{i,t} = 9.81 \cdot Q_{i,t} \cdot H_{i,t} \cdot \eta_i \quad (3)$$

ρ -плотность воды ($\approx 1000 \text{ кг/м}^3$), g -ускорение свободного падения (9.81 м/с^2), η_i -коэффициент полезного действия агрегата, $Q_{i,t}$ - расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$), $H_{i,t}$ - напор (м).

Напор H для ГЭС с водохранилищем изменяется во времени.

$$H_{i,t} = Z_{i,t}^{BB} - Z_{i,t}^{HB} \quad (4)$$

Z_i^{BB} – уровень верхнего бьефа i -ой ГЭС; Z_i^{HB} - уровень нижнего бьефа i -ой ГЭС.

Уровень нижнего бьефа на ГЭС варьируется в зависимости от расхода воды. Она характеризуется кривой нижнего бьефа, то есть зависимостью $Z^{HB} = f(Q)$, которая используется при оптимизации режимов работы каскада, чтобы учесть изменение реального напора и, соответственно, выработки электроэнергии. Она обязательна для точных водно-энергетических расчётов и планирования режимов работы ГЭС. Каждая ГЭС имеет кривую нижнего бьефа, например для Нурекской ГЭС она представлена на рисунке 2.

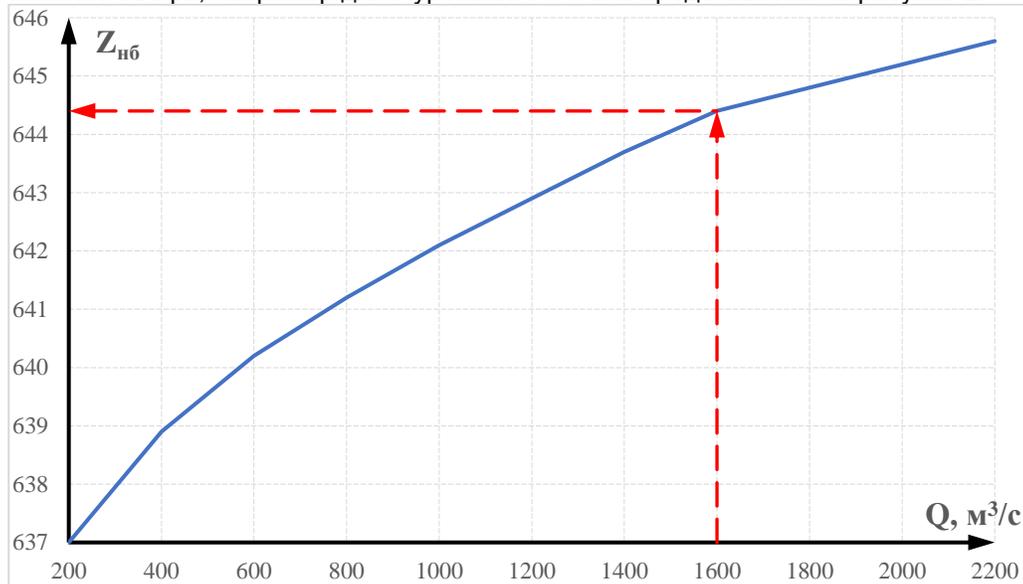


Рисунок 2 – Кривая уровня нижнего бьефа Нурекской ГЭС от расхода

При увеличении расхода турбин мощность растёт не пропорционально, так как одновременно возрастает уровень нижнего бьефа, снижая напор. Это отражается в экономических расчётах и оптимизации режима.

Коэффициент полезного действия гидроагрегата η_i или $\eta_{ГА}$, зависимость от КПД турбины и КПД генератора:

$$\eta_{ГА} = \eta_{тур} \cdot \eta_{ген} \quad (5)$$

По уровням водохранилища

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

$$Z_i^{BB,\min} \leq Z_{i,t}^{BB} \leq Z_i^{BB,\max}, \quad \forall i = 1, \dots, n, \quad \forall t = 1, \dots, T \quad (6)$$

$Z_{i,t}^{BB}$ – уровень верхнего бьефа i -ой ГЭС в момент времени t ,

Эквивалентно через объём водохранилища

$$V_i^{\min} \leq V_{i,t} \leq V_i^{\max} \quad (7)$$

$V_{i,t}$ – объём i -го водохранилища в момент времени t ,

Кривая зависимости уровня верхнего бьефа водохранилища от объёма, которая определяется на основе данных топографической съёмки местности и батиметрических измерений дна.

$$V_{i,t} = f_i^{zv}(Z_{i,t}^{BB}) \leftrightarrow Z_{i,t}^{BB} = f_i^{-1}(V_{i,t}) \quad (8)$$

Данная кривая имеет ключевое значение при моделировании режимов работы ГЭС, поскольку обеспечивает количественную оценку изменения объема водохранилища при варьировании верхнего бьефа водохранилища, что важно при оптимизации. Кривая зависимости уровня верхнего бьефа водохранилища Нурекской ГЭС от объёма, построенное на основе батиметрических измерений приведена на рисунке 3.

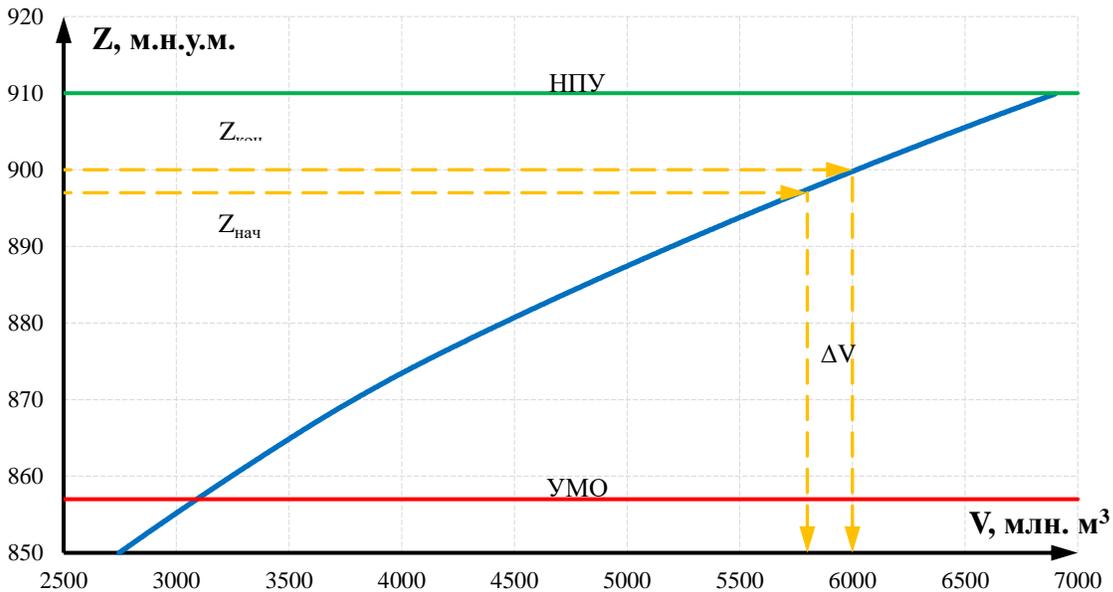


Рисунок 3 – Кривая зависимости уровня верхнего бьефа водохранилища Нурекской ГЭС от объёма

При наличии достаточно длительной гидрологической статистики эксплуатационные кривые позволяют эффективно определять режимы работы для любого внутригодового или внутримесячного периода при заданном общем притоке воды и уровне верхнего бьефа. Эти кривые могут быть использованы в имитационных моделях для различных исследований.

На характер расчетной кривой объемов $V=f(Z)$ и, следовательно, полезный объем Рогунского водохранилища влияет в основном продолжительность его эксплуатации, в течение которой происходит его заилиение.

По мощности каждой ГЭС

$$P_i^{\min} \leq P_{i,t} \leq P_i^{\max} \quad (9)$$

По расходу воды для каждой ГЭС

Для каждой ГЭС каскада имеется ограничения по расходам через турбину, холостые сбросы и для всего ГЭС.

$$Q_i^{тур, \min} \leq Q_{i,t}^{тур} \leq Q_i^{тур, \max}, \quad 0 \leq Q_{i,t}^{холост.} \leq Q_i^{холост., \max}, \quad (10)$$

$$Q_{i,t}^{\min.обяз.} \leq Q_{i,t}^{ГЭС} \leq Q_{i,t}^{сумм., \max} \quad (11)$$

Уравнение баланса воды

$$V_{i,t} = V_{i,t-1} + 3600 \cdot (Q_{i,t}^{np} - Q_{i,t}^{ГЭС}) \Delta t \quad (12)$$

$$Q_{i,t}^{ГЭС} = Q_{i,t}^{рас.} = Q_{i,t}^{мыр.} + Q_{i,t}^{холост.} \quad (13)$$

$$Q_{i,t}^{ГЭС} = Q_{i,t}^{рас.} = Q_{i-1,t}^{ГЭС} \pm Q_{i,t}^{водох.} + \Delta Q_{i-1,i} \quad (14)$$

где:

$Q_{i-1,t}^{рас.} = Q_{i-1,t}^{ГЭС}$ – приток воды предыдущей ГЭС;

$Q_{i,t}^{водох.}$ – расход воды с водохранилища «+»-когда водохранилище сбрасывается; «-» - когда

водохранилище заполняется;

$Q_{i,t}^{водох.} = 0$ - при работе на транзитном стоке;

$Q_{i,t}^{водох.}$ – значение расхода воды с водохранилища -той ГЭС определяется по сработанному или

накопленному объёму воды в водохранилища $\pm \Delta V_i$:

$$Q_{i,t}^{водох.} = \frac{\pm \Delta V_i}{\Delta t}; \left[\frac{м^3}{с} \right] \quad (15)$$

«+»-когда водохранилище сбрасывается $Z_{i,нач.}^{ББ} > Z_{i,кон.}^{ББ}$;

«-» - когда водохранилище заполняется $Z_{i,нач.}^{ББ} < Z_{i,кон.}^{ББ}$.

ΔV_i в зависимости от $Z_{i,нач.}^{ББ}$ и $Z_{i,кон.}^{ББ}$ определяется графическим или методом Кусочно-линейной аппроксимации по кривой зависимости уровня верхнего бьефа водохранилища от объёма $V_{i,t} = f_i^{zv}(Z_{i,t}^{ББ})$

(рис. 3).

$\Delta Q_{i-1,i}$ – водозаборы, боковые притоки и др. водохранилища -той и $i - 1$; ГЭС.

$$\Delta Q_{i-1,i} = Q_{i,t}^{бок.пр} - Q_{i,t}^{водоз.} - \Delta Q_i^{испар.} - \Delta Q_i^{фил.} + Q_i^{осад.} - \Delta Q_i^{лед.} \quad (16)$$

здесь,

$Q_{i,t}^{бок.пр}$ – боковые притоки воды в водохранилище i -той ГЭС;

$Q_{i,t}^{водоз.}$ – расход на водозабор (орошение);

$\Delta Q_i^{испар.}$ – потери воды из водохранилища на испарение;

$\Delta Q_i^{филт.}$ – фильтрационные потери;

$Q_i^{осадки}$ – поступления от осадков;

$\Delta Q_i^{лед.}$ – потери на льдообразование.

Ограничение по скорости изменения (интенсивности) уровня верхнего бьефа

$$\left| Z_{i,t+1}^{ББ} - Z_{i,t}^{ББ} \right| \leq \Delta Z^{ББ \max} \quad (17)$$

Режимы ГЭС каскада на реке Вахш

Каждая (i -й) ГЭС, работающая в каскаде реки Вахш работает в следующем режимах. В зависимости от притока воды в водохранилища могут работать в трех режимах.

1. Режим сработки водохранилища – когда дополнительно к притоку воды в водохранилища из водохранилища расходуется вода $Q_{i,t}^{водох.}$, то есть идет сработка водохранилища $Z_{i,нач.}^{BB} > Z_{i,кон.}^{BB}$, в этом случае формула (14) будет иметь вид:

$$Q_{i,t}^{ГЭС} = Q_{i,t}^{рас.} = Q_{i-1,t}^{ГЭС} + Q_{i,t}^{водох.} + \Delta Q_{i-1,i}$$

2. Режим заполнения водохранилища – когда часть притока воды идет на заполнение водохранилища, $Z_{i,нач.}^{BB} < Z_{i,кон.}^{BB}$, при этом (14):

$$Q_{i,t}^{ГЭС} = Q_{i,t}^{рас.} = Q_{i-1,t}^{ГЭС} - Q_{i,t}^{водох.} + \Delta Q_{i-1,i}$$

3. Транзитный режим – когда расход воды из водохранилища приравнивается к притоку воды в водохранилище. В том режиме уровень верхнего бьефа остается постоянным, $Z_{i,нач.}^{BB} = Z_{i,кон.}^{BB}$. Этот режим имеет наибольший эффект, когда уровень верхнего бьефа равно НПУ, так как при этом ГЭС имеет максимальный напор, и соответственно получает максимальную мощность.

$$Q_{i,t}^{ГЭС} = Q_{i,t}^{рас.} = Q_{i-1,t}^{ГЭС} + \Delta Q_{i-1,i}$$

Графически возможные режимы водохранилищ каждой ГЭС имеет вид, как показана на рисунке 4.

Каскад ГЭС расположенные на реке Вахш (рис. 1) при оптимизации по предложенной математической модели и режимов водохранилищ (рис. 4) будут работать в следующих возможных режимах: Допустим ГЭС 1 на рисунке 5 – Рогунская ГЭС, будет работать по заданному по графику сработки и заполнения водохранилища, то есть, по разработанному диспетчерскому графику и расходует количество воды равным $Q_{1,t}^{ГЭС} = Q_{1,t}^{рас.}$.

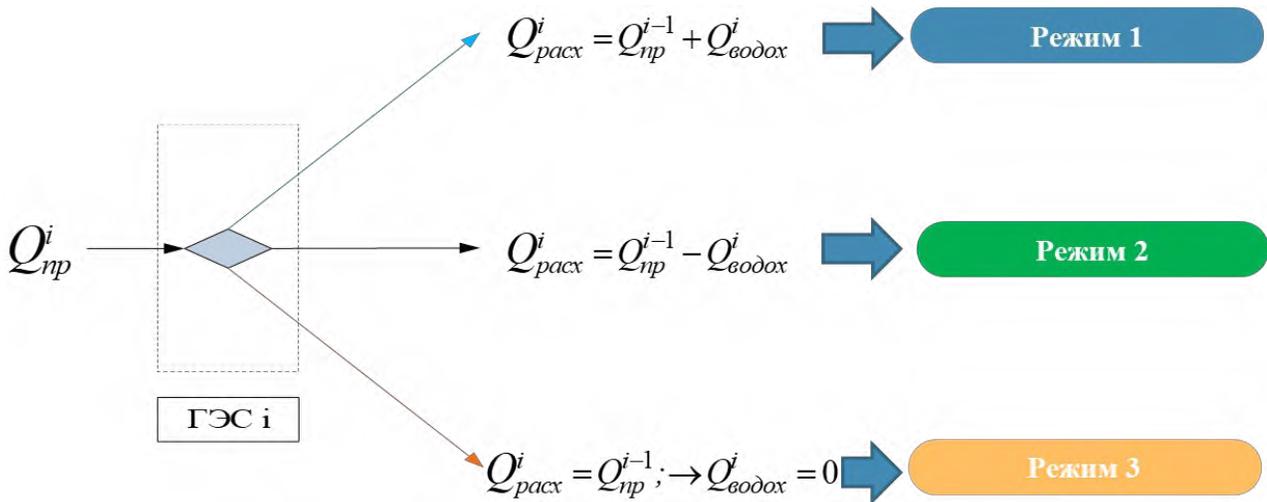


Рисунок 4 – Возможные режимы водохранилищ ГЭС

Этот расход воды с учётом водозаборов и других расходов воды $\Delta Q_{i-1,i}$, попадает в водохранилище ГЭС 2 – Нурекской ГЭС. На Нурекской ГЭС, водохранилище имеет годовое регулирование стока, и она может работать в возможных трех режимах, которые приведены на рисунке 4, то есть водохранилище ГЭС-2 может дополнительно к притоку сработать собственное водохранилища, заполнять ее используя часть притока или же расходовать объём воды равное к притоку – работать в транзитном режиме. При этом должны соблюдаться все условия приведенные (6 – 17).

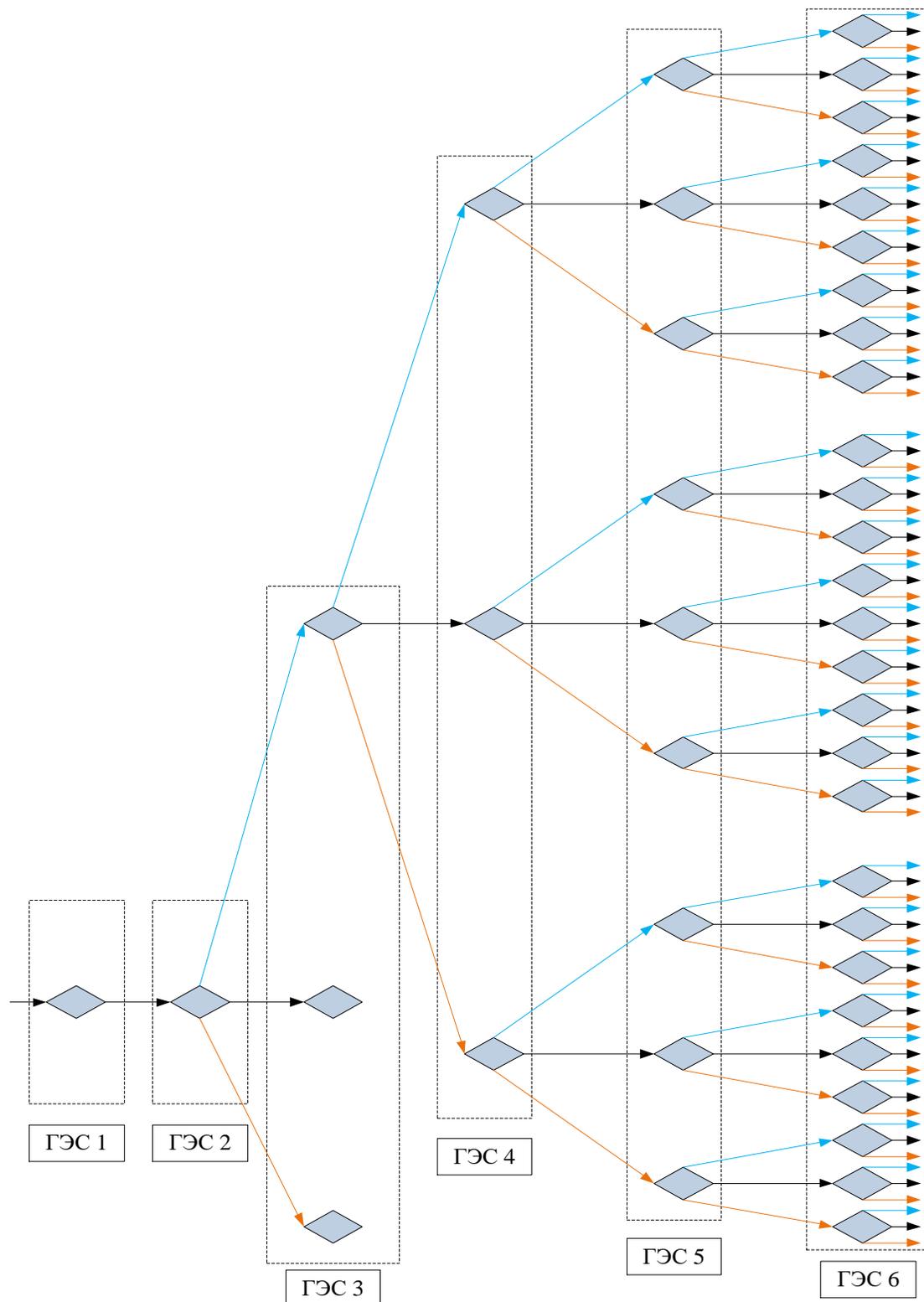


Рисунок 5 - Модель режимов ГЭС каскада реки Вахши

Далее по каскаду расход воды из ГЭС -2 попадает в водохранилище ГЭС 3 – Байпазинской ГЭС. Каждому из возможных трех режимов ГЭС - 2, соответствует 3 режима ГЭС -3, то есть, трем режимам ГЭС-2 соответствует 9 режима ГЭС 3. Далее аналогично расходы воды поступают на ГЭС 4 – Сангтудинскую-1, ГЭС 5 – Сангтудинскую-2 и ГЭС 6 – Головную ГЭС, и каждая из них может работать в трех возможных режимах.

Таким образом, при расходе воды $Q_{1,t}^{ГЭС} = Q_{1,t}^{рас.}$ из ГЭС-1, ГЭС-2 может работать в 3 режимах, ГЭС-3 в 9 режимах в зависимости от режима ГЭС-2, ГЭС-4 в 27 режимах, ГЭС-5 в 81 режиме и ГЭС-6 может работать в 243 режимах (рис. 5). В каждом режиме каждой ГЭС каскада должны соблюдаться все условия и ограничения приведенные (6 – 17).

Использование предложенной модели позволяет оптимально перераспределять сток между водохранилищами в краткосрочном горизонте. Тем самым достигается максимизация суммарной выработки при соблюдении гидравлических, технических и эксплуатационных ограничений, а также повышается эффективность и надёжность функционирования ГЭС всего каскада.

Заключение

На основе разработанной математической модели и алгоритмического обеспечения реализован программный комплекс для ЭВМ [8], предназначенный для оптимального краткосрочного управления режимами работы каскада гидроэлектростанций на реке Вахш. В основе расчётов лежит метод линейной оптимизации, позволяющий эффективно учитывать технологические ограничения по уровням, расходам и мощности для каждой станции каскада.

Разработанная математическая модель, обеспечивает определение оптимальных режимов работы ГЭС каскада Вахш в краткосрочном горизонте планирования. Оптимизация осуществляется по критерию максимизации выработки электроэнергии при строгом учёте гидравлических, технических и электрических ограничений. Реализация данного подхода позволяет эффективно использовать водные ресурсы, повышать экономичность работы каскада и обеспечивать надёжность функционирования энергосистемы.

Рецензент: Таниев З.С. – к.т.н., доцент кафедры «Электротехника» филиала ФГУ «МЭИ» в г. Душанбе

Заключение

1. International Hydropower Association (IHA). 2025 World Hydropower Outlook. <https://www.hydropower.org/>. 2025.
2. М.Ш. Раджабов, Х.И. Усмонов, Ш.М. Султонов У.У. Қосимов. Анализ режимов работы водохранилищ гидроэлектростанций работающих в каскаде // Политехнический вестник. Серия: Серия Инженерные исследования. 2022. Vol. 60. No. №4. pp. 52-58.
3. Цветков Е.В., Алабышева Т.М., Парфенов Л.Г. Оптимальные режимы электростанций в энергетических системах. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 304 С.
4. Shang, L.; Li, X.; Shi, H.; Kong, F.; Wang, Y.; Shang, Y. Long-, Medium-, and Short-Term Nested Optimized-Scheduling Model for Cascade Hydropower Plants: Development and Practical Application. Water 2022, 14, 1586. <https://doi.org/10.3390/w14101586>
5. 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.
6. 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.
7. А.Г. Русина, Т.А. Филиппова и др. ГЭС: искусство управления : монография. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. 226.
8. СВИДЕТЕЛЬСТВО. RU2025618934. Федеральная служба по интеллектуальной собственности. Государственная регистрация программы для ЭВМ: Оптимизация режимов работы гидроэлектростанций Вахшского каскада // In: Султонов Ш.М., Бобоев Ш.А., Раджабов М.Ш., Худжасаидов Дж.Х., Гуломзода А.Х. // Номер регистрации (свидетельства): № 2025618934, Дата регистрации: 10.04.2025,.

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

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

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

УДК 669.45.018.8.24/884

КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОВОДНИКОВОГО СПЛАВА $AlTi_0.1$ С КАЛИЕМ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

¹Ф.Ш. Зокиров, ¹И.Н. Ганиев, ²Г.М. Рахматуллоева, ¹М.М. Махмадизода

¹Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими,

²ГУ «Центр по исследованию инновационных технологий

НАН Таджикистана»

В настоящее время во многих областях техники растет интерес к жаропрочным материалам на основе алюминиевых сплавов, которые применяются в электротехнике, а также при изготовлении жаропрочных проводов для высоковольтных линий электропередачи. В работе представлены результаты термогравиметрического исследования взаимодействия алюминиевого проводникового сплава $AlTi_0.1$, содержащего калий, с кислородом воздуха в интервале 723-823 К в твердом состоянии. Определены кинетические параметры процесса окисления. Показано, что добавки калия до 0.5 мас.% увеличивают скорость окисления алюминиевого проводникового сплава $AlTi_0.1$, что сопровождается снижением кажущейся энергии активации процесса окисления со 140.00 до 117.11 кДж/моль. Процесс окисления сплавов подчиняется гиперболическому уравнению.

Ключевые слова: алюминиевый сплав $AlTi_0.1$, калий, термогравиметрический метод, кинетика окисления, истинная скорость окисления, энергия активации окисления.

КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ХӮЛАИ НОҚИЛИ АЛЮМИНИЙИ $AlTi_0.1$ БО КАЛИЙ ДАР ҲОЛАТИ САХТ

Ф.Ш. Зокиров, И.Н. Ганиев, Г.М. Рахматуллоева, М.М. Махмадизода

Дар айни замон, дар бисёр соҳаҳои техника таваҷҷӯҳ ба масолеҳи ба гармӣ тобовар дар асоси хӯлаҳои алюминий зиёд шудааст. Онҳо дар электротехника барои истеҳсоли ноқилҳои ба гармӣ тобовар ва хатҳои баландшиддати электр истифода мебаранд. Дар мақола натиҷаҳои омӯзиши термогравиметрии таъсири мутақобилаи хӯлаи ноқили алюминийи $AlTi_0.1$ дорои калий, дар атмосфера ҳаво дар ҳудуди 723-823 К, дар ҳолати сахт оварда шудааст. Параметрҳои кинетикии раванди оксидшавӣ муайян карда шуданд. Маълум шуд, ки иловаи калий то 0,5 мас.% суръати оксидшавии хӯлаи ноқили алюминийи $AlTi_0.1$ -ро зиёд мекунад, ки ин бо камшавии энергияи намоёни ҷаҳолшавии раванди оксидшавӣ аз 140.00 то 117.11 кҶ/мол мувофиқ мебошад. Раванди оксидшавии хӯлаҳо ба муодилаи гиперболӣ итоат мекунад.

Калидвожаҳо: хӯлаи алюминий $AlTi_0.1$, калий, усули термогравиметрӣ, кинетикаи оксидшавӣ, суръати оксидшавии ҳақиқӣ, энергияи ҷаҳолси оксидшавӣ.

KINETICS OF OXIDATION OF ALUMINUM CONDUCTOR ALLOY $AlTi_0.1$ WITH POTASSIUM IN THE SOLID STATE

F.Sh. Zokirov, I.N. Ganiev, G.M. Rakhmatulloeva, M.M. Mahmadiyoda

Currently, in many fields of technology, there is a growing interest in heat-resistant materials based on aluminum alloys, which are used in electrical engineering, as well as in the manufacture of heat-resistant wires for high-voltage power lines. The paper presents the results of a thermogravimetric study of the interaction of an aluminum conductor alloy $AlTi_0.1$ containing potassium with atmospheric oxygen in the range of 723-823 K in the solid state. Kinetic parameters of the oxidation process are determined. It has been shown that potassium supplements up to 0.5 wt.% increase the rate of oxidation of the aluminum conductor alloy $AlTi_0.1$, which is accompanied by a decrease in the apparent activation energy of the oxidation process from 140.00 to 117.11 kJ/mol. The oxidation process of alloys obeys a hyperbolic equation.

Keywords: aluminum alloy $AlTi_0.1$, potassium, thermogravimetric method, oxidation kinetics, true oxidation rate, oxidation activation energy.

Введение

В последние годы значительно возросло использование алюминиевых сплавов в электротехнических целях вместо меди, что позволило существенно снизить вес кабельной продукции [1].

Хорошо известно, что достижение прочности в алюминиевых сплавах путем образования твердых растворов крайне нежелательно с точки зрения повышения электропроводности. Однако противоречивый характер прочности и электропроводности в этих материалах побуждает искать баланс между этими свойствами [2-3].

Алюминий и его сплавы находят очень широкое применение в различных областях, таких как авиастроение, космонавтика, транспорт, электротехника, строительство, упаковка, электроника, кухонная утварь и т. д., главным образом благодаря своему малому весу, коррозионной стойкости и хорошим электрическим и механическим свойствам. Высокое соотношение прочности к массе (прочность/вес) алюминиевых сплавов превосходит таковое практически все другие конструкционные материалы. Алюминий относится к легким металлам, и его прочность может быть улучшена путем легирования и термической обработки [4-5]. В настоящее время исследователи и ученые во всем мире сосредоточили своё внимание на улучшении как механических, так и электрических свойств алюминия для его использования в широком спектре приложений.

В последние два десятилетия в связи с ростом спроса со стороны линий электропередачи медь заменяется алюминием благодаря её малому весу и относительно низкой стоимости [6]. Кроме того, среди конструктивных проводниковых материалов алюминий обладает очень хорошей электропроводностью благодаря низкому удельному весу (практически второй после меди). Замена меди алюминием для передачи электроэнергии, например, на проводах ACSR (алюминиевые стальные проводники), силовых кабелях и т.д., растёт во всём мире. Более того, замена меди алюминием происходит и в странах, обладающих достаточными ресурсами меди, поскольку алюминий демонстрирует существенные экономические преимущества в качестве серьёзного конкурента меди.

Электропроводность алюминия достаточно высока благодаря огромному количеству свободных электронов, вращающихся вокруг его кристаллической решетки [7]. Однако электропроводность технически чистого алюминия выше, чем у всех алюминиевых материалов и сплавов. Его применение ограничено из-за очень низкой механической прочности и вязкости [8-10].

Спрос на высокопрочные и электропроводящие алюминиевые сплавы для линий электропередачи (например, для производства проводов и кабелей) возрос. На практике, добавляя легирующие элементы к чистому алюминию, можно значительно повысить его прочность. Однако, с другой стороны, происходит значительное снижение электропроводности из-за растворенных атомов и примесей, образующихся при замещении легирующих элементов. Другим процессом, влияющим на электропроводность алюминия, является термическая обработка, поскольку элементы в твердом растворе обладают более высоким сопротивлением, чем нерастворенные элементы. Поэтому крайне важно подобрать прочность чистого алюминия таким образом, чтобы снижение его электропроводности оставалось приемлемым и соответствовало выбранному применению.

Поскольку электропроводность и механическая прочность являются важнейшими свойствами для производства проводниковых материалов, разработка алюминиевого проводника с подходящим сочетанием приемлемой прочности и высокой электропроводности является основным условием использования алюминия в кабелях электропередачи. Электропроводность зависит от микроструктуры металлического материала, поскольку она очень чувствительна к нарушениям рассеяния электронов, вызванным любыми дефектами или растворенными веществами в кристаллической структуре. Для большинства алюминиевых сплавов, упрочнённых старением, было обнаружено, что зависимость между электропроводностью, твёрдостью и пределом прочности на разрыв имеет «С-образную» форму [11]. Изначально твёрдость алюминиевых сплавов, упрочняемых старением, снижается по мере увеличения электропроводности из-за ограниченной растворимости в твёрдом растворе, что влияет на скорость выделения и приводит к образованию множества различных фаз. Противоположная тенденция наблюдается при высоких температурах, поскольку низкая электропроводность связана с более высокими значениями твёрдости (что может быть связано с обратным растворением выделений в основных элементах матрицы) [11]. Соответственно, в научно-исследовательской деятельности основное внимание уделяется разработке высокопрочных алюминиевых сплавов с высокими электропроводными свойствами с помощью новых методов обработки и изготовления [12]. Улучшение свойств может быть достигнуто многими методами, такими как холодная обработка, термическая обработка и добавление легирующих элементов в алюминиевую матрицу. Добавление легирующих элементов, включая микроэлементы, основные элементы и структурные примеси, позволяет контролировать требуемую прочность и электропроводность сплава.

Такие легирующие элементы, как медь, магний и серебро, обеспечивают превосходные механические свойства сплава при более высоких температурах. Кроме того, сопротивление ползучести улучшается благодаря равномерному и мелкодисперсному распределению выделений, образующихся по границам [13-15].

Высокое сродство алюминия к кислороду приводит к быстрому образованию защитного, но высокостойкого оксида на его поверхности [16]. Хотя оксид важен для защиты алюминия от коррозии, он ухудшает внешнюю поверхность проводника, ухудшает его проводимость и нежелателен для электрических применений. При подключении окисленного проводника без предварительной обработки повышенное контактное сопротивление приводит к повышению температуры, что ускоряет окисление [17]. Толстый оксидный слой дополнительно увеличивает сопротивление и температуру электрического соединения, что может привести к перегреву.

Сплавы, содержащие титан, широко применяются в качестве легирующей добавки при выплавке коррозионностойких и жаропрочных сталей, для снижения вредного влияния азота, серы, измельчения литого зерна и повышения механических свойств. Использование лигатур алюминия с титаном позволяет понизить остаточное содержание кислорода и неметаллических включений. С другой стороны, алюминий является распространенной легирующей добавкой в производстве титановых сплавов, применяемых в новой технике [18].

Высокотемпературное окисление титана изучалось многими авторами [22]. В работе [23] показано, что титан окисляется со скоростями, подчиняющимися равным уравнениям в зависимости от температуры и времени. Достаточно подробно исследована и окисляемость твердых сплавов титана с алюминием [24]. Установлено положительное влияние алюминия на жаростойкость титана.

Дополнительную информацию об особенностях окисления этих сплавов может дать изучение образующихся окисных пленок. В системе $Al_2O_3-TiO_2$ отмечается крайне низкая растворимость TiO_2 в Al_2O_3 [18] и существование одного химического соединения Al_2TiO_5 (1850 °C) [18]. При более низких температурах оно подвергается эвтектическому распаду на рутил и $\alpha-Al_2O_3$. Так, по данным [18-24], рентгенографический анализ

смесей Al_2O_3 и TiO_2 , нагретых на воздухе до $1700\text{ }^\circ\text{C}$ с различным временем выдержки, не показал заметных смещений линий, характерных для обожженного глинозема. Во всех случаях, когда в образцах наблюдалась вторая фаза, она соответствовала соединению Al_2TiO_5 .

В работах [18-24] представлены результаты рентгеноструктурного анализа смесей синтетических сплавов $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$, содержащих 0; 0.5; 1.0; 5.0; 10; 50 и 100 мол. % TiO_2 . Из этих данных следует, что добавка до 5 мол. % TiO_2 к корунду вызывает ощутимую деформацию решетки Al_2O_3 , а последующее повышение содержания TiO_2 не влияет на ее параметры. По-видимому, при температурах спекания ($1800\text{ }^\circ\text{C}$) в $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ возможно растворение до 5 мол. % TiO_2 , и подтверждением этому является то, что выделение новой фазы фиксируется в смесях, содержащих более 5.0 мол. % TiO_2 , и особенно отчетливо она проявляется в сплавах эквивалентного состава.

Спектр применения щелочных металлов в современном мире чрезвычайно широк. Эти элементы (Li, Na, K, Rb и Cs) широко используются благодаря уникальному сочетанию физических и химических свойств, таких как низкая плотность и вязкость, высокие температуры плавления (от 301.59 K (Cs) до 453.69 K (Li) при стандартном атмосферном давлении), высокие температуры плавления (от 943 K (Cs) до 1615 K (Li) в жидком состоянии), теплопроводность, электропроводность и многие другие свойства [25].

В литературе известно применение щелочных металлов в качестве модификаторов алюминиево-кремниевых сплавов [26, 27]. Однако сведения о влиянии калия на физико-химические свойства алюминиево-титановых сплавов отсутствуют.

В настоящее время в литературе отсутствуют данные о влиянии добавки калия на кинетику окисления алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 . Целью данной работы является исследование влияния добавки калия на кинетику твердофазного окисления алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 .

Материалы и методики исследования

Для исследования влияния добавок калия в диапазоне 0.01 – 0.5 мас. % на кинетику окисления алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 в твердом состоянии были получены серии сплавов. Сплавы с калием получали в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ в тиглях из оксида алюминия при температуре $723\text{-}823\text{ K}$. Легирование проводили с учетом угара металла. В качестве сплавов для исследования использовали алюминий марки А5 (ГОСТ 110669-01), титан марки ТГ-90 (ГОСТ 19807-91) с алюминиевым сплавом ($\text{Al}+2.0\text{ мас. \% Ti}$) и металлический калий марки К (ГОСТ 10588-75) в виде лигатуры ($\text{Al}+10.0\text{ мас. \% K}$).

Кинетику окисления сплавов изучали методом термогравиметрии в изотермических условиях в атмосфере воздуха по методике, описанной в работах [18, 28-34]. Схема установки приведена на рис. 1.

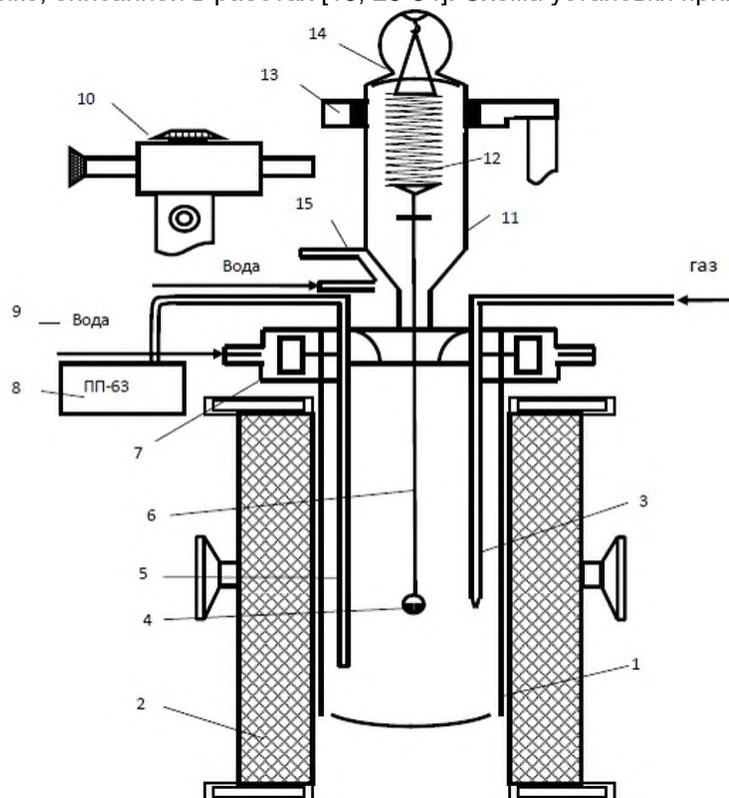


Рисунок 1 – Схема установки для изучения кинетики окисления металлов и сплавов: 1- печь Таммана; 2-чехол из оксида алюминия; 3- газопроводящая трубка; 4- тигель; 5- термопара; 6- платиновая нить; 7- водоохлаждаемая крышка; 8- потенциометр; 9- вода; 10- катетометр; 11- чехол из молибденового стекла; 12- пружина из молибденовой проволоки; 13- подставка; 14- крышка; 15- трон и холодильник

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Результаты исследования окисления алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1, легированного калием, представлены на рисунках 2, 3 и в таблицах 1, 2. Кривые окисления сплавов характеризуются увеличением привеса образцов в первые 15-20 минут от начала окисления. Затем процесс стабилизируется, что связано с образованием защитной оксидной пленки на поверхности реагирования (рис. 2).

Таблица 1 – Кинетические характеристики процесса окисления алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с калием в твердом состоянии

Содержание калия в сплаве, мас. %	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления $K \cdot 10^4$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	$\ln K$	Наклон линии $\frac{\Delta(\ln K)}{\Delta(\frac{1}{T})}$, К	Кажущаяся энергия активации, кДж/моль
0.0	723	0.697	-9.571	-16856.857	140.00
	773	2.700	-8.217		
	823	11.25	-6.789		
0.01	723	0.883	-9.334	-16059.280	133.51
	773	3.092	-8.081		
	823	12.50	-6.684		
0.05	723	1.075	-9.138	-15559.049	129.35
	773	3.883	-7.853		
	823	14.00	-6.571		
0.1	723	1.234	-8.999	-14950.539	124.30
	773	4.187	-7.778		
	823	14.55	-6.532		
0.5	723	1.471	-8.823	-14086.519	117.11
	773	4.708	-7.661		
	823	15.04	-6.498		

K-Истинная скорость окисления;

Q-Кажущаяся энергия активации окисления.

На рисунке 2 представлены кинетические кривые изменения удельной массы (m/s) образцов сплава в зависимости от времени (t) взаимодействия газовой фазы с кислородом и температуры. По-видимому, образующаяся на начальных стадиях процесса оксидная пленка не обладает достаточными защитными свойствами, о чем свидетельствует увеличение скорости окисления исследуемых сплавов (рис. 2). Скорость окисления алюминиевого проводникового сплава, содержащего 0,5 мас. % калия, при температурах 723, 773 и 823 К составляет $1.471 \cdot 10^{-4}$, $4.708 \cdot 10^{-4}$ и $15.04 \cdot 10^{-4}$ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ соответственно (таблица 1).

Квадратичные кинетические кривые процесса окисления алюминиевого проводникового сплава имеют нелинейный характер, что свидетельствует о непараболическом характере процесса окисления этих сплавов (рис. 3).

Эффективная энергия активации процесса высокотемпературного окисления исследуемых сплавов составляет от 133.51 до 117.11 кДж/моль (таблица 1). В таблице 2 приведены полиномы квадратичных кинетических кривых окисления сплавов, которые описываются общим уравнением $y = k \cdot x^n$, где $n = 1 \div 4$. Видно, что квадратичные кривые описываются гиперболическим уравнением.

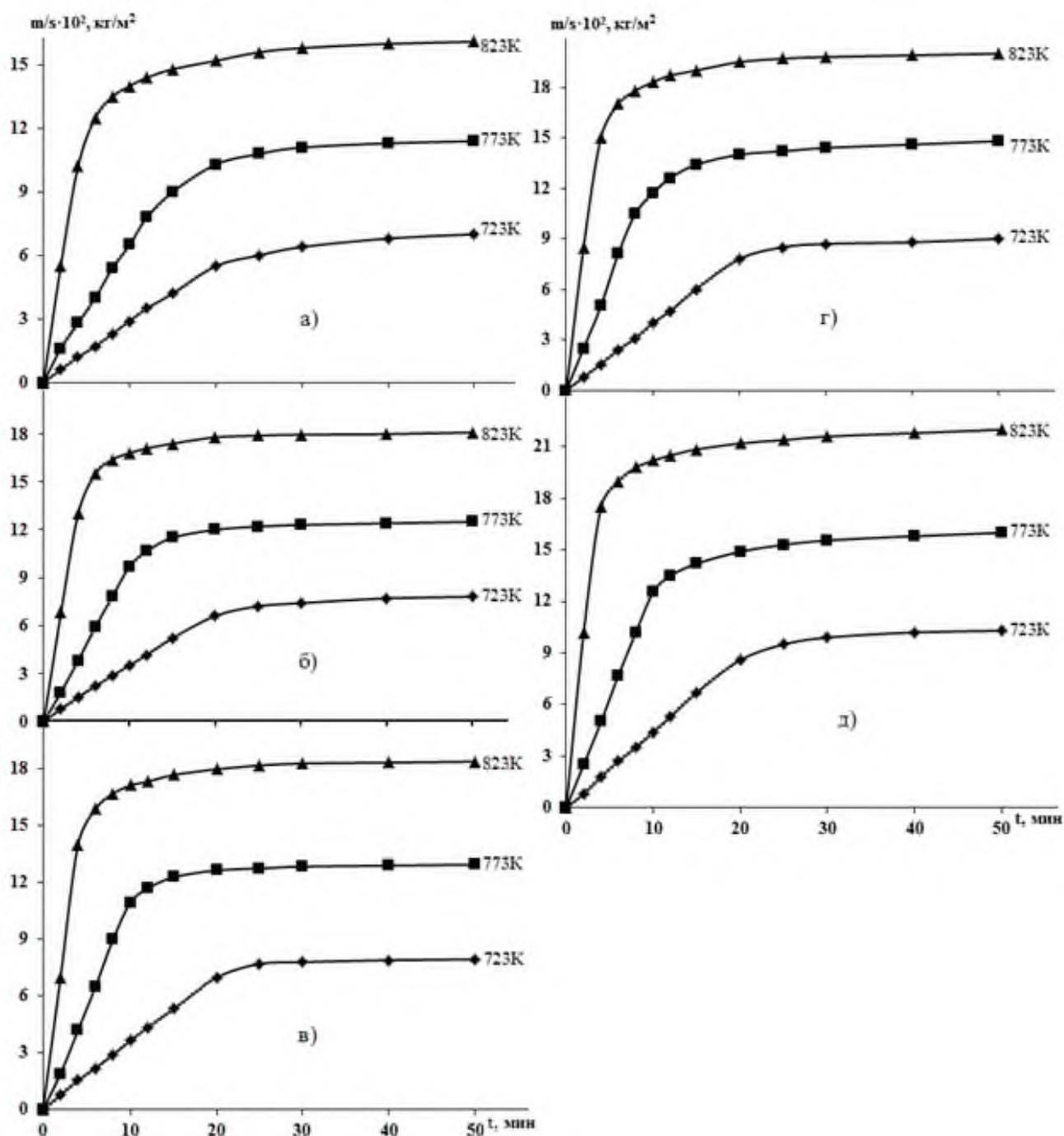


Рисунок 2 – Кинетические кривые окисления алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 (а), содержащего калий, мас. %: 0,01 (б); 0,05 (в); 0,1 (г); 0,5 (д), в твердом состоянии

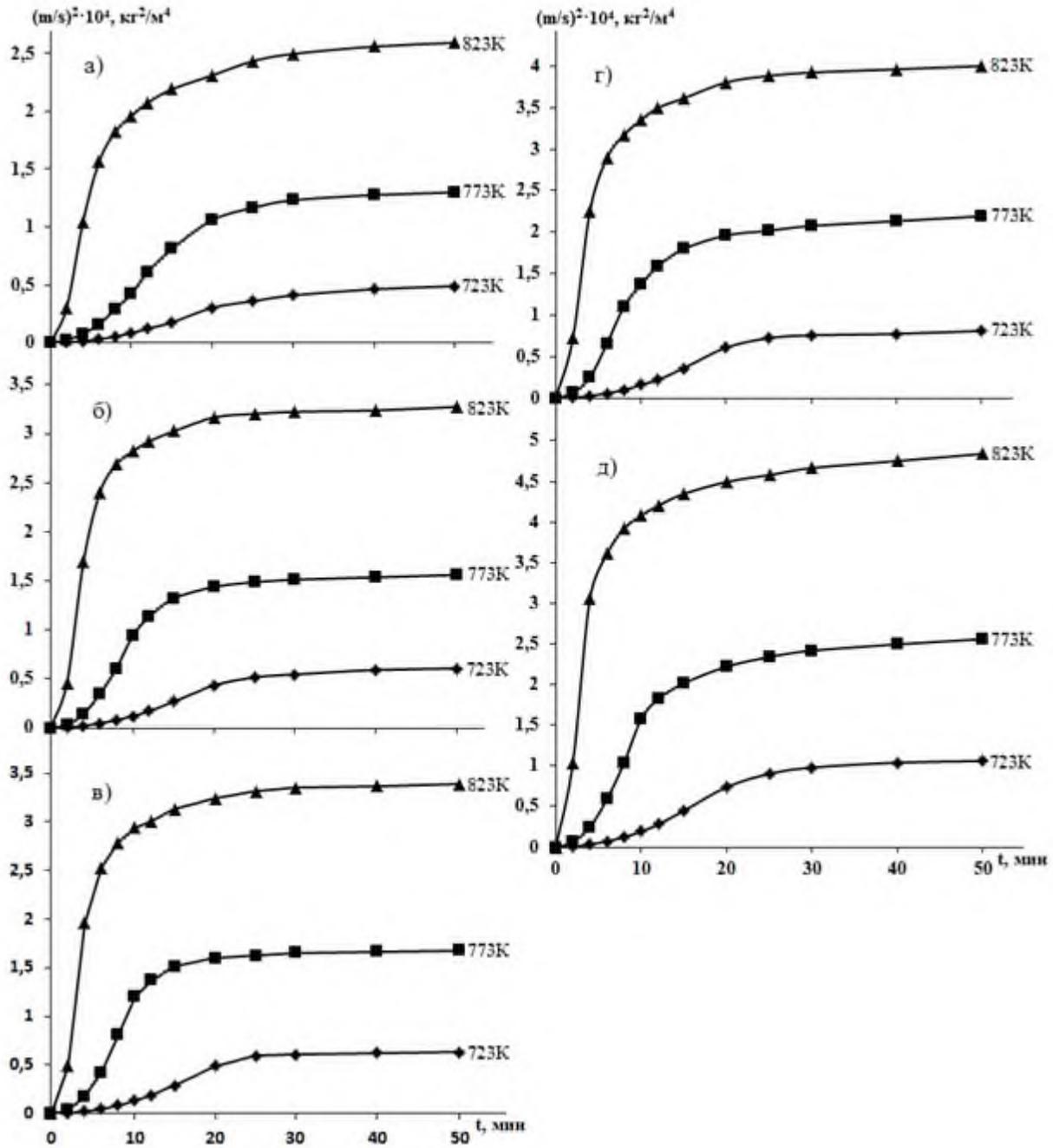


Рисунок 3 - Квадратичные кинетические кривые окисления алюминиевого проводникового сплава $AlTi0.1$ (а), содержащего калий, мас. %: 0,01 (б); 0,05 (в); 0,1 (г); 0,5 (д), в твердом состоянии

Таблица 2 – Полиномы квадратичных кинетических кривых окисления алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с калием в твердом состоянии

Содержание калия в сплаве, мас. %	Температура окисления, К	Полиномы квадратичных кинетических кривых окисления сплавов	Коэффициент корреляции (R ²)
0.0	723	$(m/s)^2 = -2 \cdot 10^{-9}t^6 + 2 \cdot 10^{-7}t^5 - 1 \cdot 10^{-5}t^4 + 2 \cdot 10^{-4}t^3 - 7 \cdot 10^{-4}t^2 + 3.6 \cdot 10^{-3}t^{**}$	0,999
	773	$(m/s)^2 = -2 \cdot 10^{-9}t^6 + 2 \cdot 10^{-7}t^5 - 2 \cdot 10^{-6}t^4 - 3 \cdot 10^{-4}t^3 + 8.4 \cdot 10^{-3}t^2 - 1.16 \cdot 10^{-2}t$	0,999
	823	$(m/s)^2 = 2 \cdot 10^{-8}t^6 - 2 \cdot 10^{-6}t^5 + 1 \cdot 10^{-4}t^4 - 1.9 \cdot 10^{-3}t^3 + 5.5 \cdot 10^{-3}t^2 + 0.255t$	0,990
0.01	723	$(m/s)^2 = -3 \cdot 10^{-9}t^6 + 5 \cdot 10^{-7}t^5 - 2 \cdot 10^{-5}t^4 + 4 \cdot 10^{-4}t^3 - 2.3 \cdot 10^{-3}t^2 + 9.4 \cdot 10^{-3}t$	0,999
	773	$(m/s)^2 = -1 \cdot 10^{-8}t^6 - 2 \cdot 10^{-6}t^5 + 1 \cdot 10^{-4}t^4 - 3.1 \cdot 10^{-3}t^3 + 3.8 \cdot 10^{-2}t^2 - 7.4 \cdot 10^{-2}t$	0,998
	823	$(m/s)^2 = 2 \cdot 10^{-8}t^6 - 2 \cdot 10^{-6}t^5 + 1 \cdot 10^{-4}t^4 - 1.5 \cdot 10^{-3}t^3 - 9.6 \cdot 10^{-3}t^2 + 0.456t$	0,981
0.05	723	$(m/s)^2 = -4 \cdot 10^{-9}t^6 + 6 \cdot 10^{-7}t^5 - 3 \cdot 10^{-5}t^4 + 6 \cdot 10^{-4}t^3 - 3.5 \cdot 10^{-3}t^2 + 1.28 \cdot 10^{-2}t$	0,999
	773	$(m/s)^2 = 2 \cdot 10^{-8}t^6 - 3 \cdot 10^{-6}t^5 + 2 \cdot 10^{-4}t^4 - 4.6 \cdot 10^{-3}t^3 + 5.34 \cdot 10^{-2}t^2 - 0.104t$	0,996
	823	$(m/s)^2 = 1 \cdot 10^{-8}t^6 - 2 \cdot 10^{-6}t^5 + 7 \cdot 10^{-5}t^4 - 6 \cdot 10^{-4}t^3 - 2.32 \cdot 10^{-2}t^2 + 0.536t$	0,971
0.1	723	$(m/s)^2 = -5 \cdot 10^{-9}t^6 + 7 \cdot 10^{-7}t^5 - 4 \cdot 10^{-5}t^4 + 7 \cdot 10^{-4}t^3 - 4 \cdot 10^{-3}t^2 + 1.36 \cdot 10^{-2}t$	0,998
	773	$(m/s)^2 = 2 \cdot 10^{-8}t^6 - 3 \cdot 10^{-6}t^5 + 2 \cdot 10^{-4}t^4 - 4.6 \cdot 10^{-3}t^3 + 5.16 \cdot 10^{-2}t^2 - 6.6 \cdot 10^{-2}t$	0,998
	823	$(m/s)^2 = 9 \cdot 10^{-9}t^6 - 8 \cdot 10^{-7}t^5 + 2 \cdot 10^{-5}t^4 + 7 \cdot 10^{-4}t^3 - 4.09 \cdot 10^{-2}t^2 + 0.665t$	0,984
0.5	723	$(m/s)^2 = -5 \cdot 10^{-9}t^6 + 7 \cdot 10^{-7}t^5 - 4 \cdot 10^{-5}t^4 + 7 \cdot 10^{-4}t^3 - 3.4 \cdot 10^{-3}t^2 + 1.29 \cdot 10^{-2}t$	0,999
	773	$(m/s)^2 = 2 \cdot 10^{-8}t^6 - 4 \cdot 10^{-6}t^5 + 2 \cdot 10^{-4}t^4 - 5.5 \cdot 10^{-3}t^3 + 6.42 \cdot 10^{-2}t^2 - 0.115t$	0,997
	823	$(m/s)^2 = -3 \cdot 10^{-10}t^6 + 5 \cdot 10^{-7}t^5 - 6 \cdot 10^{-5}t^4 + 3.2 \cdot 10^{-3}t^3 - 8.01 \cdot 10^{-2}t^2 + 0.95t$	0,982

m/s^{**} - привес массы сплавов, кг/м²;

t^{**} - продолжительность времени окисления, мин.

Взаимодействие алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с различными концентрациями калия в газовой фазе при исследованных температурах существенно отличается от окисления исходного алюминиевого сплава. Линейная зависимость сохраняется в течение 12-15 мин, затем при образовании оксидной пленки характер процесса окисления меняется на гиперболический, а формирование защитной оксидной поверхности завершается через 20 мин.

Кинетические кривые процесса высокотемпературного окисления алюминиевых сплавов характеризуются монотонным ростом истинной скорости окисления и уменьшением эффективной энергии активации с увеличением количества легирующего компонента в исходном сплаве до 0.01 мас.%. Однако добавление 0.1 и 0.5 мас.% калия несколько увеличивает окислительную способность исходного сплава (рис. 4).

Кривые процесса высокотемпературного окисления в координатах $-\lg K$ от $1/T$ представляются прямыми линиями (рис. 5), по углу наклона которых рассчитана эффективная энергия активации сплавов. Среди легированных сплавов максимальную скорость окисления, соответствующую энергии активации 117.11 кДж/моль, имеет токопроводящий алюминиевый сплав AlTi0.1 с 0.5 мас. % калия, тогда как для исходного сплава последняя величина составляет 140.00 кДж/моль (таблица 1).

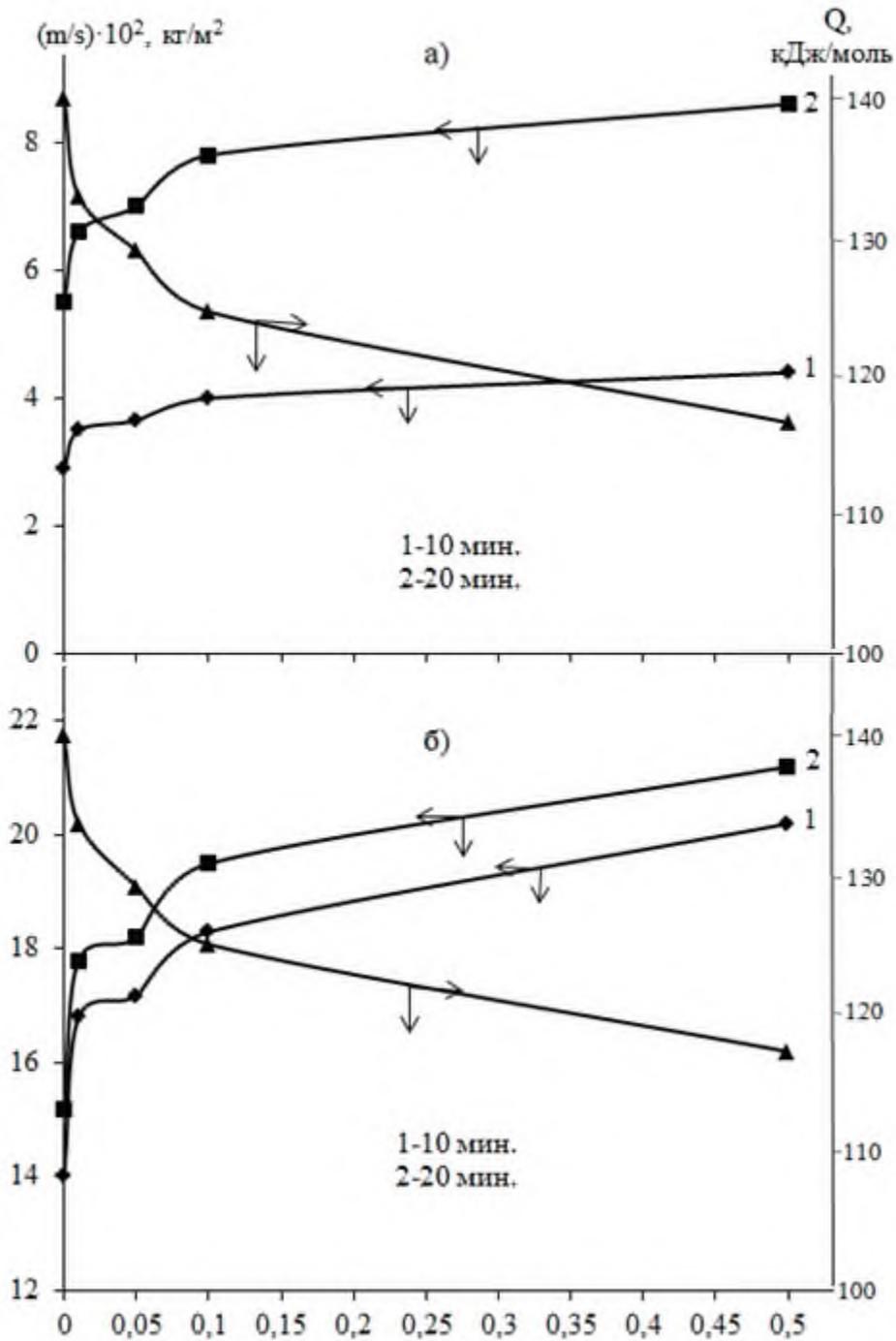


Рисунок 4 – Изохроны окисления алюминиевого проводникового сплава AlTi_{0.1} с калием при 723(а) К и 823 К (б)

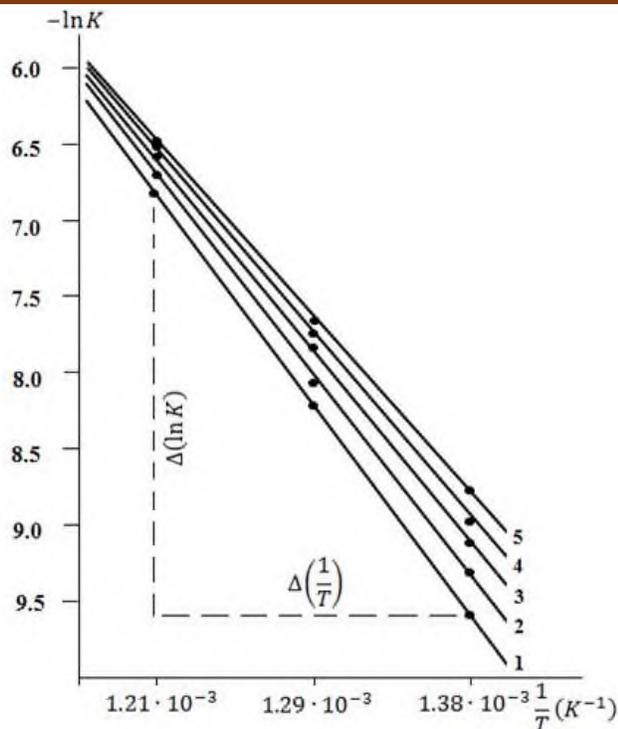


Рисунок 5 – Зависимости $-\ln K$ от $1/T$ для алюминиевого проводникового сплава $AlTi_{0.1}$ (1), содержащего калий, мас. %: 0.01(2); 0.05(3); 0.1 (4) и 0.5 (5)

Изучая продукты окисления сплавов, в частности оксидную пленку, образующуюся на поверхности образцов при нагревании, можно получить важную информацию о механизме их окисления. Оксидная пленка является продуктом взаимодействия металла с кислородом воздуха и снижает его химическую активность на поверхности сплава.

Методом рентгенофазового анализа изучены продукты окисления, образующиеся при окислении алюминиевого сплава с добавкой калия. По результатам рентгенофазового анализа продуктов окисления алюминиевого проводникового сплава $AlTi_{0.1}$ установлено, что при окислении образуются оксиды следующих составов: Al_2O_3 , Ti_3O_5 , TiO_2 , $Al_{21.86}K_{2.59}O_{34}$ (рис. 6).

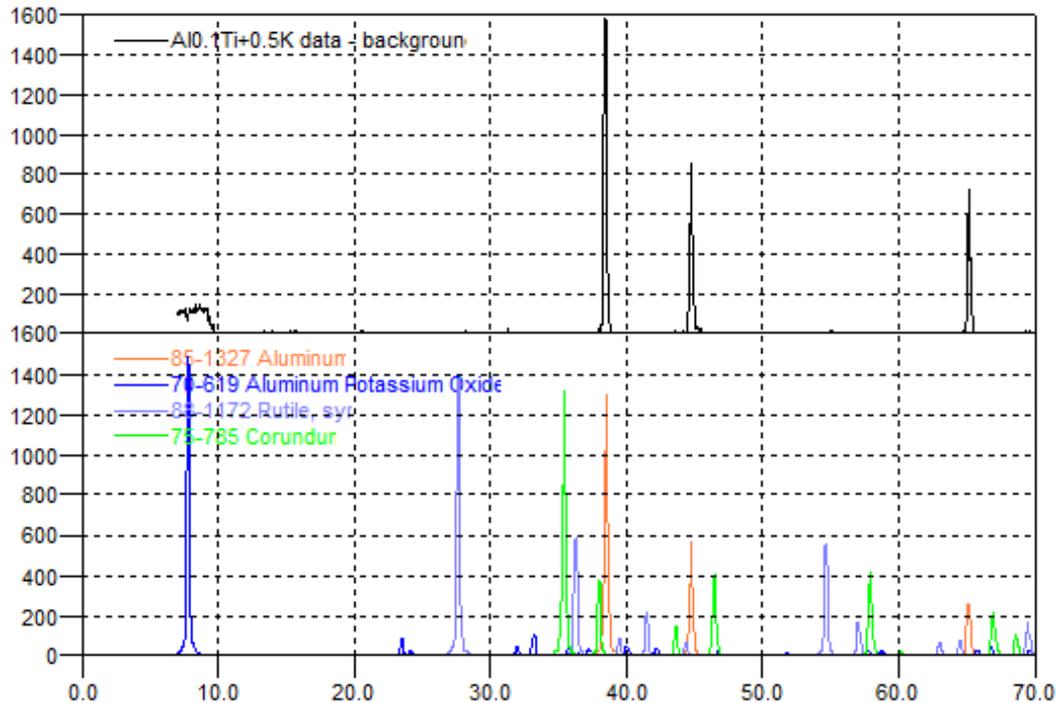


Рисунок 6 – Дифрактограммы продуктов окисления алюминиевого проводникового сплава $AlTi_{0.1}$ с калием

Заключение

На основании экспериментальных исследований кинетики окисления алюминиевых проводниковых сплавов с калием в твердом состоянии газофазным кислородом установлено, что сплавы с 0.1 и 0.5 мас. % калия, при этом сплавы с низким содержанием (0.01-0.1 мас. %), имеют наибольшее значение фактической скорости окисления и наименьшее значение эффективной энергии активации. Установлено, что легирующий компонент незначительно повышает окислительную способность алюминиевых сплавов в диапазоне 0.01-0.5 мас. % калия.

Рецензент: Бердиев А.Э. — д.т.н., профессор кафедры химии и биологии Российско-Таджикского (Славянского) университета

Литература

- ГОСТ Р МЭК 62004-2014. Проволока из термостойкого алюминиевого сплава для провода воздушной линии электропередачи. М.: Стандартинформ, 2015.
- Polmear I.J. Light Alloys - From Traditional Alloys to Nanocrystals. Fourth Edition. Australia, Melbourne: Monash University. 2006.
- Moors E.H.M. Technology strategies for sustainable metals production systems: a case study of primary aluminium production in The Netherlands and Norway // Journal of Cleaner Production. 2006. Vol. 14. P. 1121-1138.
- Totten G.E., MacKenzie D.S. Handbook of Aluminum. Alloy Production and Materials Manufacturing; Marcel Dekker: New York, NY, USA, Vol. 2. 2003.
- Polmear I.J., Light Alloys—Metallurgy of the Light Metals; Arnold: London, UK. 1995.
- Abdo H.S., Khalil K.A., El-Rayes M.M., Marzouk W.W., Hashem A.M., Abdel-Jaber G.T. Ceramic nanofibers versus carbon nanofibers as a reinforcement for magnesium metal matrix to improve the mechanical properties. J. King Saud Univ. Eng. Sci. 2020. Vol. 32. P. 346–350.
- Holman J.P., Heat Transfer. McGraw-Hill Book Company: Singapore. 1990. P. 1–20.
- Meshchanov G.I., Peshkov I.B. Innovative approaches in domestic cable engineering. Russ. Electr. Eng. 2010. Vol. 81. P. 1–8.
- Vorontsova L.A., Maslov V.V., Peshkov I.B. Aluminum and Aluminum Alloys in Electrical Products; Energiya: Moscow, Russia. 1971.
- Lanker V. Metallurgy of Aluminum Alloys; William Clones and Sons Ltd., Chapman and Hall: London, UK. 1967. P. 236–248.
- Hagamaier D.J. Evaluation of heat damage to aluminium aircraft structures. Mater. Eval. 1982. Vol. 40. P. 942–969.
- Valiev R.Z., Murashkin M.Y., Ganeev A.V., Enikeev N.A. Superstrength of nanostructured metals and alloys produced by severe plastic deformation. Phys. Met. Metallogr. 2012. Vol. 113. P. 1193–1201.
- Bakavos D., Prangnell P.B., Bes B., Eberl F. The effect of silver on microstructural evolution in two 2xxx series Al-alloys with a high Cu:Mg ratio during ageing to a T8 temper. Mater. Sci. Eng. 2008. Vol. 491. P. 214–223.
- Fouly A., Almotairy S.M., Aijaz M.O., Alharbi H.F., Abdo H.S. Balanced Mechanical and Tribological Performance of High-Frequency-Sintered Al-SiC Achieved via Innovative Milling Route—Experimental and Theoretical Study. Crystals. 2021. Vol. 11. 700 p.
- Eddahbi M., Jiménez J.A., Ruano O.A. Microstructure and creep behaviour of an Osprey processed and extruded Al–Cu–Mg–Ti–Ag alloy. J. Alloys Compd. 2007. Vol. 433. P. 97–107.
- Nguyen L., Hashimoto T., Zakharov D., Stach E., Rooney A., Burnett T. Atomic-scale insights into the oxidation of aluminum. ACS Appl Mater Interfaces 2018. Vol. 10(3). P. 2230–2235.
- Smeltzer W. Oxidation of aluminum in the temperature range 400°–600°C. J Electrochem Soc. 1956. Vol. 103(4). P. 204–214.
- Лепинских Б.М., Киташев А.А., Белоусов А.А. Окисления жидких металлов и сплавов. М.: Наука, 1979. 116 с.
- Ozkan O., Moulson A. -J. Phys. D: Appl. Phys. 1970. v. 3, p. 983.
- Schmalzried H. -Z. Phys. Chem. (BRD), 1963. v. 38, p. 87.
- Fischer K., Ackerman W. -J. Appl. Phys., 1968. v. 39, p. 273.
- Анитов И., Горбунов С. ЖПХ, 1961. Т.34. №4. С. 725-734.
- Kofstad P., Hauffe K., Kjollesdal H. Acta chem. Scand., 1958. V.12. P. 239-269.
- Попова В., Корнилова З., Лазарев Э. Защита металлов. 1974. Т.10. №3. С. 345-348.
- Ажажа В.М., Гнедая И.Л. Щелочные металлы – получение, свойства, применение. Текст: непосредственный // Вопросы атомной науки и техники. 2006. № 1. С. 184–194.
- Ганиев И.Н., Пархутик П.А., Вахобов А.В., Купрянова И.Ю. Модифицирование силуминов стронцием. Минск: Наука и техника. 1985. 152 с.
- Ганиев И.Н., Каргаполова Т.Б., Махмадуллоев Х.А., Хакдодов М.М. Барий - новый модификатор силуминов // Литейное производство. 2001. №10. С. 6-9.

28. Войтович Р.Ф., Головео Э.И. Высокотемпературное окисление металлов и сплавов. Киев: Наукова думка, 1980. 292 с.

29. Кубашевский О., Гопкинс Б. Окисление металлов и сплавов. М.: Metallurgy, 1968. 428 с.

30. Лепинских В.М., Киселев В.И. Об окислении жидких металлов и сплавов из газовой фазы // Известия АН СССР. Металлы. 1974. № 5. С. 51-54.

31. Ганиев И.Н., Зокиров Ф.Ш., Файзуллоев Р.Дж., Махмадизода М.М. Влияние стронция на кинетику окисления алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1, в твердом состоянии // Журнал Перспективные материалы. №5. 2024. С. 37-47.

32. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Сангов М.М., Бердиев А.Э., Кинетика окисления алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием, в твердом состоянии // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2020. № 55 (81). С. 28-33.

33. Ганиев И.Н., Файзуллоев Р.Дж., Зокиров Ф.Ш., Махмадизода М.М. Кинетика окисления алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с кальцием в твердом состоянии // Журнал физической химии. 2024. Т.97. №1. С. 81-89.

34. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И., Сангов М.М. Влияние кальция на кинетику окисления сплава АК12М2 в твердом состоянии // Вестник Таджикского национального университета. 2018. № 4. С. 130-138.

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

TJ	RU	EN
Зокиров Фуркатшоҳ Шахриерович	Зокиров Фуркатшоҳ Шахриерович	Zokirov Furkatsloh Shakhrieroovich
Н.и.т., дотсент	К.т.н., доцент	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: Zokirov090514@mail.ru		
TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович	Ганиев Изатулло Наврузович	Ganiev Izatullo Navruzovich
Академики АМИТ, доктори илмҳои химия, профессори кафедраи «Технологияи истехсолоти химиявӣ»	Академик НАНТ, доктор химических наук, профессор кафедры «Технология химических производств»	Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Chemical Sciences, Professor of Department of "Technology of chemical production"
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: ganievizatullo48@gmail.com		
TJ	RU	EN
Рахматуллоева Гулноза Мухриевна	Рахматуллоева Гулноза Мухриевна	Rakhmatulloeva Gulnoza Mukhrievna
Ходими калони илмӣ	Старший научный сотрудник	Senior researcher
Маркази тадқиқоти технологияҳои инноватсионии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон	Центр по исследованию инновационных технологий Национальной академии наук Таджикистана	Center for Research of Innovative Technologies of the National Academy of Sciences of Tajikistan
E-mail: Golnoz.86@mail.ru		
TJ	RU	EN
Махмадизода Муродали Махмади	Махмадизода Муродали Махмади	Mahmadizoda Murodali Mahmadi
Д.и.т., дотсент	Д.т.н., доцент	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: Sangov@mail.ru		

УДК. 676.1-035.42

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БУМАГИ НА КАЧЕСТВО ОТТИСКОВ, ОТПЕЧАТАННЫХ СТРУЙНОЙ ПЕЧАТЬЮ

Х.А. Бабаханова², Н.Ж. Садриддинова², Д.Ч. Равшанзода (Д.Ч. Равшанов)¹

¹Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

²Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Цифровые системы струйной печати за последнее время получили широкое распространение, объяснением этого является оптимальное соотношение «цена-качество» печатной продукции. Помимо этого, к преимуществам относятся лёгкость и простота в обслуживании системы, минимальное время подготовки к печати тиража, высокая скорость выполнения заданий, персонализация и многое другое в сравнении с классическим офсетом. Для получения стабильного качества необходимы в зависимости от типа печатной техники индивидуальная настройка системы управления цветом, обеспечение заданных параметров окружающей среды и свойств бумаги. Степень влияния каждого фактора различна, и их следует рассматривать в отдельности. В данной статье исследуется влияние характеристик бумаги на качество воспроизведения при струйной печати. В качестве печатной системы использовалась МФУ Epson Eco Tank L3200. Для печати использовались чернила производства фирмы Epson, выдерживались требуемые для печати параметры по акклиматизации бумаги, по поддержанию постоянных климатических условий. Для анализа степени влияния характеристик бумаги на качество печати спектрофотометром измерены значения оптической плотности растровых полей для основной триады CMYK и смешанных цветов (СМ-синий, СУ-зеленый, МУ-красный), имеющихся на разработанном тест-объекте. Анализ градиционных кривых показал, что яркие и насыщенные цвета выявлены у бумаги №2 двусторонней глянцевой фотобумаги 130 г/м², что объясняется ее гладкой и блестящей поверхностью, обеспеченной за счет каолинового покрытия хромированным нагретым валиком к бумаге. Определено, что наибольший цветовой охват, дающий объективную оценку количеству воспроизведенных цветов, характерен бумаге №4 - Epson Matte 140 г/м², затем бумагам №2 - двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м², №3 - Epson Premium semigloss 130 г/м². Выявлено, что бумаги с глянцевым покрытием являются оптимальными для получения качественных оттисков и помимо этого обеспечивается экономичность за счет меньшего расхода красящего вещества при струйной печати.

Ключевые слова: качество оттисков, струйная печать, оптическая плотность, передача градиций, цветовой охват.

ТАЪСИРИ ХУСУСИЯТҲОИ ҚОҒАЗ БА СИФАТИ МАВОДҲОИ ЧОПӢ ДАР ЧОПИ ҚАТРАҒӢ.

Х.А. Бобохонова, Н. Садриддинова, Д. Равшанзода (Д.Ч. Равшанов)

Системаҳои рақамии чопи қатрағӣ дар соҳаи охир васеъ паҳн шудаанд, ин аз ҳисоби таносуби оптималии нарх ва сифати маҳсулоти чопӣ мебошад. Илова бар ин, бартарихи зиёдор нисбат ба чопи офсетии классикӣ дорад: осонӣ ва соддагии нигоҳдорӣ система, вақти минималӣ барои омода шудан ба чоп, суръати баланди иҷрои вазифа, фардисозӣ ва ғайра мебошад. Барои ноил шудан ба сифати устувор, вобаста ба намуди таҷҳизоти чопӣ системаи идоракунии рангро ба таври инфиродӣ танзим ва параметрҳои муайяни муҳити зист ва ҳосиятҳои қоғазро таъмин кардан лозим аст. Дарачаи таъсири ҳар як омил гуногун аст ва онҳо бояд алоҳида баррасӣ карда шаванд. Дар ин мақола таъсири хусусиятҳои қоғаз ба сифати таҷдиди чопи қатрағӣ оварда шудааст. Ҳамчун системаи чопӣ дастгоҳи МФУ Epson Eco Tank L3200 истифода шуд. Инчунин дар раванди чоп рангҳои аз ҷониби ширкати Epson истифода шуда истифода шуда, параметрҳои зарурии чоп барои иқлимкунии қоғаз ва нигоҳ доштани шароити доимии иқлим ба назар гирифта шуд. Барои таҳлили дарачаи таъсири хусусиятҳои қоғаз ба сифати чоп, бо спектрофотометр арзишҳои зичии оптикӣ майдонҳои растр барои сегонаи асосии CMYK ва рангҳои омехта (СМ-кабуд, СУ-сабз, МУ-сурх) дар объекти таҳияшуда муаян гардид. Таҳлили таҳҷои градисионӣ нишон дод, ки дар қоғазҳои рақамии 2, қоғазҳои аксарбардори дутарафаи тобноки 130 г/м², рангҳои равшан ва ғавс пайдо шудаанд, ки ин аз сабаби хамвор ва тобнок будани он, шарҳ медиҳад. Муайян карда шуд, ки калонтарин қабулкунандаи ранг, ки ба микдори рангҳои такроршаванда баҳои объективӣ медиҳад, ҳоси қоғазҳои №4, Epson Matte 140 г/м², баъд қоғазҳои №2 - қоғазҳои аксарбардори дурафаи дутарафаи 130 г/м², №3 - Epson Premium 130 г/м² мебошад. Муайян карда шудааст, ки қоғазҳои дорои рӯйпӯши чилдор барои ба даст овардани чопҳои баландисифат оптималӣ мебошанд ва илова бар ин, онҳо аз ҳисоби кам сарф шудани ранг хангоми чопи қатрағӣ бартари доранд.

Каливоҷаҳо: сифати маводи чопӣ, чопи қатрағӣ, зичии оптикӣ, гузарии градисионӣ, қабулкунии ранг.

INFLUENCE OF PAPER CHARACTERISTICS ON THE QUALITY OF INKJET PRINTS

K.A. Babakhanova, N.Z. Sadriddinova, D.C. Ravshanzoda (D.C. Ravshanov)

Digital inkjet printing systems have recently become widespread, the explanation for this is the optimal price-quality ratio of printed products. In addition, the advantages include: ease and simplicity of system maintenance, minimal preparation time for printing, high speed of task execution, personalization and much more in comparison with classic offset. To obtain stable quality, it is necessary, depending on the type of printing equipment, to individually adjust the color management system, ensure the specified environmental parameters and paper properties. The degree of influence of each factor is different and they should be considered separately. This article examines the effect of paper characteristics on the quality of reproduction in inkjet printing. The Epson Eco Tank L3200 MFP was used as a printing system. Epson inks were used for printing, the required printing parameters for paper acclimatization and maintaining constant climatic conditions were maintained. To analyze the degree of influence of paper characteristics on the printing quality, the optical density values of raster fields for the main triad CMYK and mixed colors (СМ-blue, СУ-green, МУ-red) present on the developed test object were measured with a spectrophotometer. Analysis of gradation curves showed that bright and saturated colors were detected in paper No. 2, double-sided glossy photo paper 130 g / m², which is explained by its smooth and shiny surface provided by the kaolin coating of the chrome-plated heated roller to the paper. It was determined that the largest color gamut, giving an objective assessment of the number of reproduced colors, is characteristic of paper No. 4 - Epson Matte 140 g / m², then papers No. 2 - double-sided glossy photo paper 130 g / m², No. 3 - Epson Premium semigloss 130 g / m². It was found that papers with a glossy coating are optimal for obtaining high-quality prints and, in addition, they are cost-effective due to lower consumption of ink-jet printing dye.

Keywords: print quality, ink-jet printing, optical density, gradation rendering, color gamut.

Введение

Цифровые системы струйной печати за последнее время получили широкое распространение, объяснением этого является оптимальное соотношение «цена-качество» печатной продукции. Помимо этого, к преимуществам относятся лёгкость и простота в обслуживании системы, минимальное время подготовки к

печати тиража, высокая скорость выполнения заданий, персонализация и многое другое в сравнении с классическим офсетом. Однако для ожидаемого качества необходимы правильная настройка системы управления цветом, стабильность параметров окружающей среды и свойств бумаги в процессе печати тиража [1]. Каждый фактор следует рассматривать в отдельности, поэтому в данной статье исследуется влияние свойств бумаги на качество воспроизведения.

По данным многочисленных научных работ [2-8] выявлено, что от поверхностных свойств запечатываемого материала зависит графическая точность, красковосприятие, растискивание и др. (табл.1).

Таблица 1 – Преимущества и недостатки при использовании различных материалов

Тип материала	Преимущества и недостатки при использовании
Мелованная бумага	Максимальная точность цветопередачи Суммарное красконоложение до 340% Наименьшее растискивание точки
Офсетная бумага	Растискивание точки 15-20% Снижение насыщенности на 10-15% Суммарное красконоложение до 280%
Картон	Требуется корректировка схемы цветоделения Увеличение подачи black на 5-7% Компенсация впитываемости красок
Пластик	Специальные серии красок Повышенная адгезия Контроль температурного режима закрепления Корректировка цветопередачи для разных материалов

Для точного контроля тоно- и цветопередачи требуется системный подход с использованием специальных инструментов - денситометра для измерения оптической плотности красочных слоев Cyan, Magenta, Yellow и Black. Оптимальными показателями оптической плотности являются: C - 1.35-1.45, M - 1.35-1.45, Y - 0.90-1.05, K - 1.60-1.80 [9].

Спектрофотометрический контроль позволяет оценить цветовые координаты в равноконтрастной системе Lab [10-12]. Равноконтрастная система Lab — это система координат из трёх осей: L — яркость объекта; а — ось, по которой отложены градации от красного к зелёному; b — ось с градациями от жёлтого к синему. За единицу в пространстве принимается минимальное цветовое различие, воспринимаемое человеческим глазом [13]. Допустимые отклонения цветового различия ΔE не должны превышать 3-5 единиц для основных цветов модели CMYK. Измерения проводятся по контрольным шкалам, размещаемым на полях оттиска или отдельно разработанных тест-объектах.

Целью данной работы является анализ градационных и цветовых характеристик оттисков, отпечатанных на бумагах с различной поверхностной структурой, для оценки качества тоно- и цветовоспроизведения при струйной технологии.

Методы исследования

В качестве печатной системы использовалась МФУ струйное Epson Eco Tank L3200, технические характеристики которой представлены в табл.2. Для печати использовались чернила производства фирмы Epson, выдерживались необходимые процедуры по акклиматизации бумаги, поддержанию постоянных климатических условий и времени стабилизации печатного изображения. Печать выполнялась при соблюдении постоянного режима печати без использования системы управления цветом.

Таблица 2 – Технические характеристики МФУ струйное Epson Eco Tank L3200

Устройство:	МФУ
Формат печати	10x15 см, А4
Метод печати	Epson Micro Piezo™ print head
Технология печати	струйная
Конфигурация сопла	180 Сопла (черный), 59 Сопла (цвет)
Скорость печати ISO/IEC 24734	9,2 стр./мин. Монохромная печать, 4,5 стр./мин. Colour
Количество картриджей	4

Окончание таблицы

Ресурс черного картриджа, стр	4500
Ресурс цветного картриджа, стр	7500
Область печати	210 x 297 мм
Печать на бумагах	матовой, глянцевой, фотобумаге, карточке, конвертах
Технология чернил	Чернила на красителях
Макс. разрешение, dpi	5760 x 1440
Емкость лотка вывода бумаги	30 листов
Плотность бумаги	64–256 г/м ²
Тип сканера	планшетный
Технология и тип сканирования	CIS и цветной
Область сканирования	216 x 297 мм
Разрешение сканирования	600 x 1200 DPI
Диапазон рабочих температур	10 - 35 °С

Объекты исследования

В качестве объектов исследования взяты четыре вида бумаг, отличающиеся плотностью и поверхностной обработкой (табл.3).

Таблица 3 – Характеристики исследуемых бумаг

№	Наименование бумаги	Масса, г/м ²
1	Офсетная бумага Снегурочка	80 г/м ²
2	Двусторонняя глянцевая фотобумага	130 г/м ²
3	Бумага Epson Premium semigloss	130 г/м ²
4	Художественная бумага Epson Matte для двусторонней печати	140 г/м ²

Для анализа степени влияния характеристик бумаги на качество печати спектрофотометром измерены значения оптической плотности растровых полей для основной триады СМΥК и смешанных цветов (СМ-синий, СΥ-зеленый, МΥ-красный), имеющих на разработанном тест-объекте (рис.1).

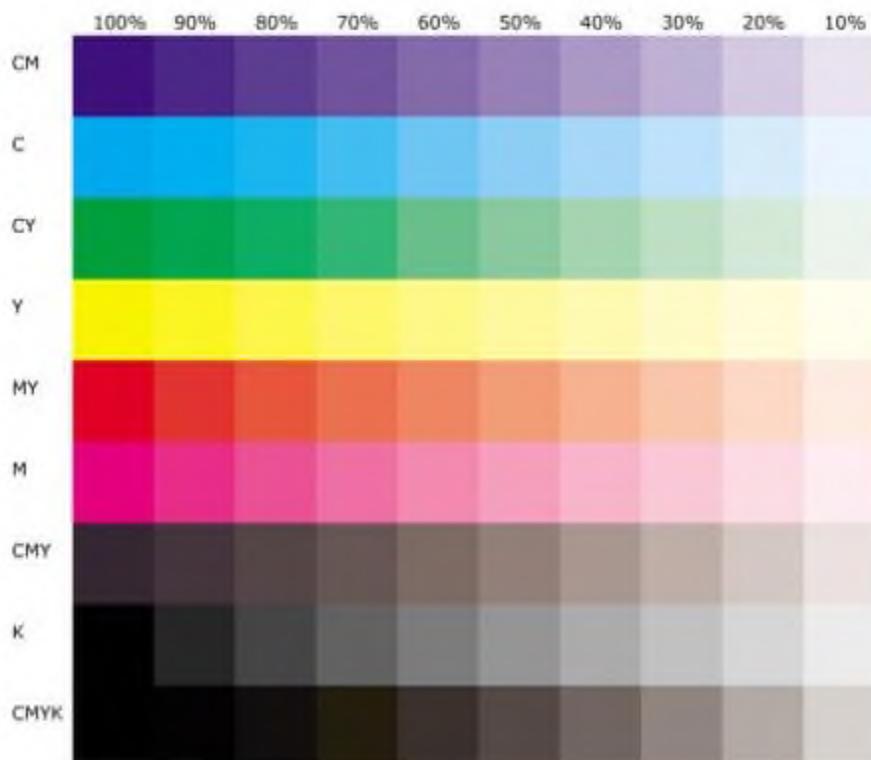


Рисунок 1 – Градационная шкала для основных цветов (СМΥК)

По измеренным значениям оптической плотности построены градационные кривые (рис.2-5).

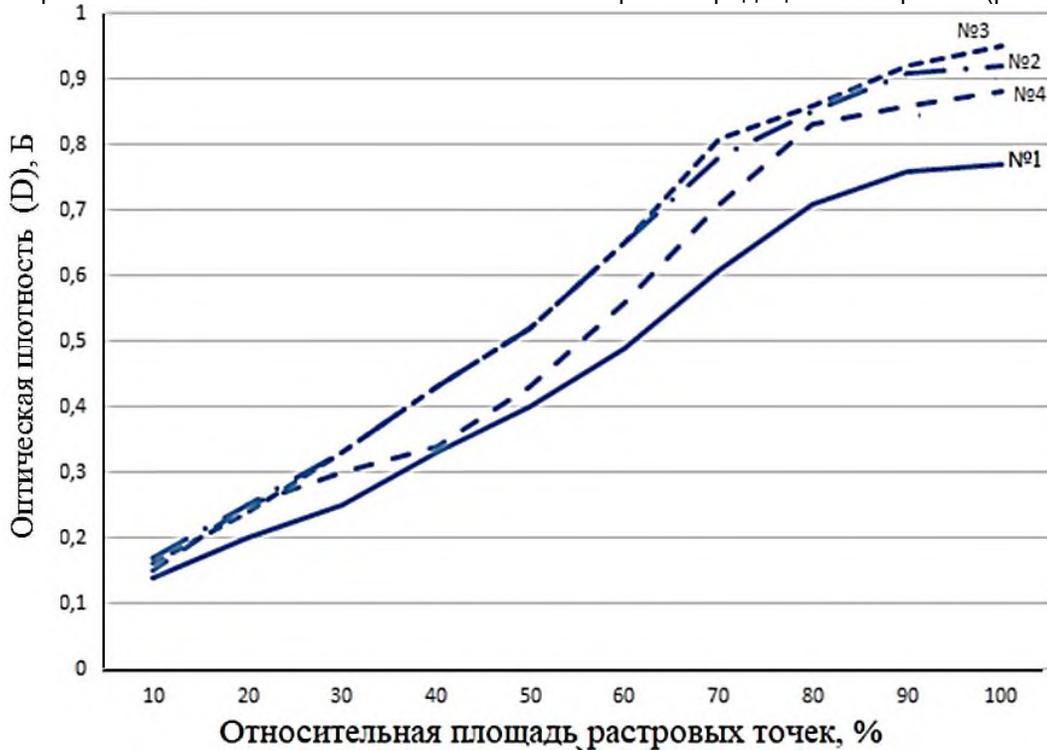


Рисунок 2 – Градационная кривая: для голубого цвета отрисков, отпечатанных на бумаге: №1 - офсетной бумаге 80 г/м², №2 - двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м², №3 - бумаге Epson Premium semigloss 130 г/м², №4 – бумаге Epson Matte 140 г/м²

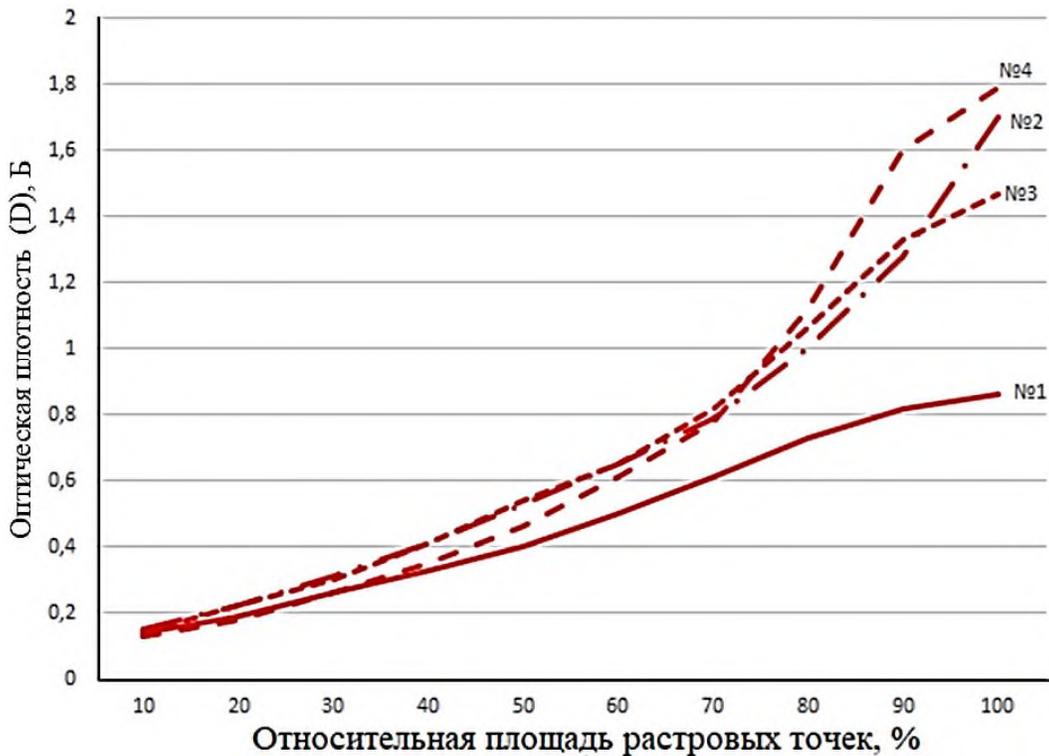


Рисунок 3 – Градационная кривая: для пурпурного цвета отрисков, отпечатанных на бумаге: №1 - офсетной бумаге 80 г/м², №2 - двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м², №3 - бумаге Epson Premium semigloss 130 г/м², №4 – бумаге Epson Matte 140 г/м²

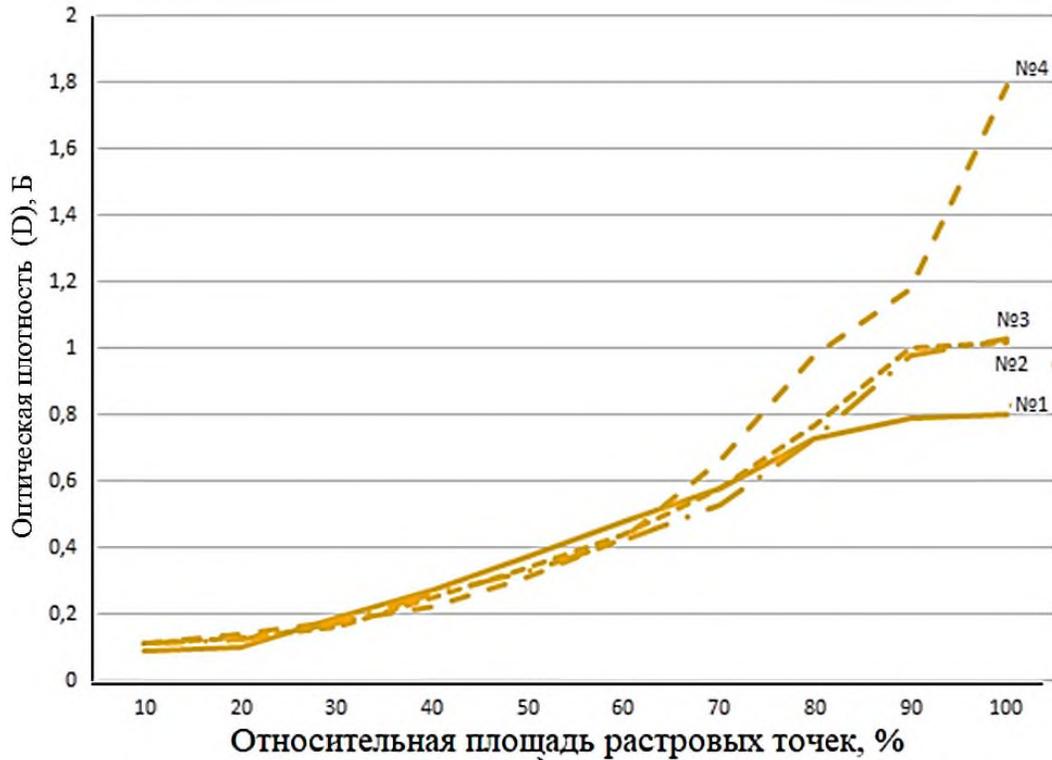


Рисунок 4 – Градуационная кривая: для желтого цвета оттисков, отпечатанных на бумаге: №1 - офсетной бумаге 80 г/м², №2 - двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м², №3 - бумаге Epson Premium semigloss 130 г/м², №4 – бумаге Epson Matte 140 г/м²

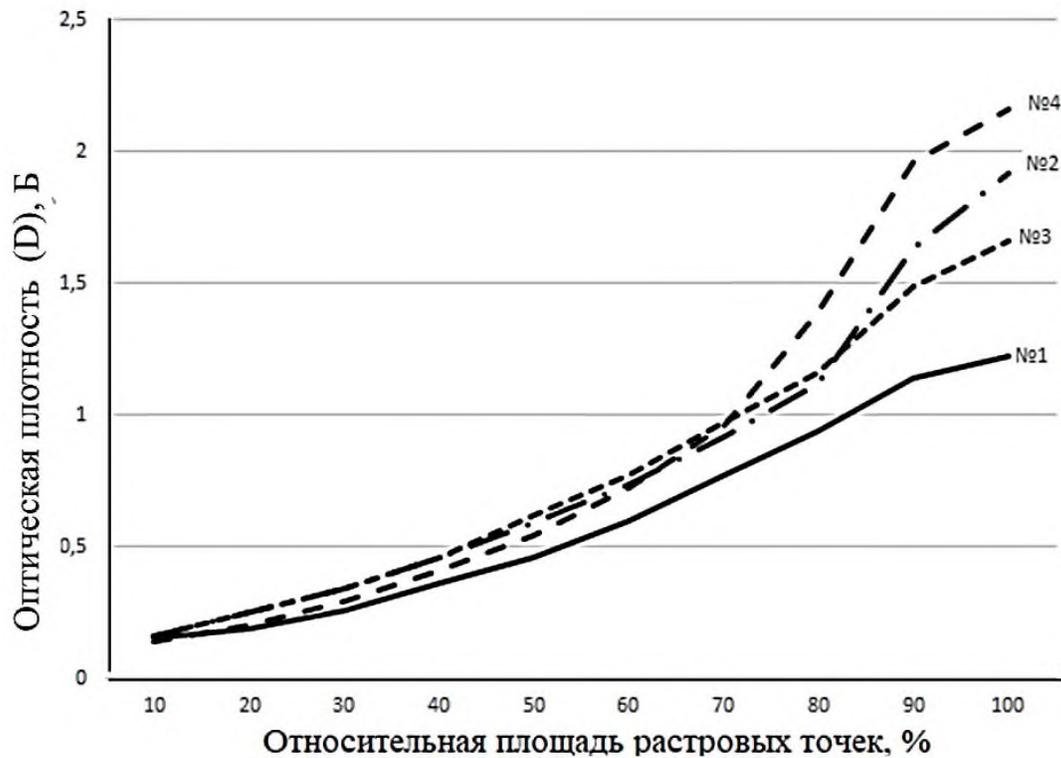


Рисунок 5 – Градуационная кривая: для черного цвета оттисков, отпечатанных на бумаге: №1 - офсетной бумаге 80 г/м², №2 - двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м², №3 - бумаге Epson Premium semigloss 130 г/м², №4 – бумаге Epson Matte 140 г/м²

Анализ градационных кривых (рис.2-5) показал, что яркие и насыщенные цвета выявлены у бумаги №2 двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м², что объясняется ее гладкой и блестящей поверхностью, обеспеченной за счет каолинового покрытия хромированным нагретым валиком к бумаге. Глянцевое покрытие оптимальный вариант для качественной струйной печати и, помимо этого, обеспечивает экономичность за счет меньшего расхода красящего вещества.

Значения цветовых координат, измеренных спектрофотометром, представлены в табл.4-5.

Таблица 4 –Показатели цветовых координат (при режиме «высокое»)

Название координат	Цветовые координаты						
	C	M	Y	K	MY	CY	CM
на офсетной бумаге 80 г/м ²							
<i>L</i>	63.04	56.16	81.61	29.43	56.01	57.11	43.88
<i>A</i>	-15.9	45.73	4.06	3.22	37.13	-30.7	13.47
<i>b</i>	-41.8	6.48	63.09	-1.25	15.34	20.08	-28.3
на двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м ²							
<i>L</i>	59.24	41.33	81.01	9.28	38.72	50.21	24.34
<i>a</i>	-17.0	71.56	3.97	-0.24	63.38	-38.1	10.79
<i>b</i>	-47.1	-1.22	82.05	-1.77	28.83	27.94	-28.7
на бумаге Epson Premium semigloss 130 г/м ²							
<i>L</i>	58.24	43.08	81.54	15.94	41.14	48.90	24.30
<i>a</i>	-15.8	69.37	4.93	1.37	60.87	-38.0	9.19
<i>b</i>	-49.3	-1.94	81.16	-3.21	25.46	24.62	-29.7
на бумаге Epson Matte 140 г/м ²							
<i>L</i>	60.63	41.53	81.73	5.87	39.75	49.88	16.98
<i>a</i>	-11.4	72.52	3.01	2.21	65.01	-49.9	25.88
<i>b</i>	-53.3	-0.71	93.03	-3.58	29.56	33.69	-50.9

Таблица 5 –Показатели цветовых координат (при режиме «стандартное»)

Название координат	Цветовые координаты						
	C	M	Y	K	MY	CY	CM
на офсетной бумаге 80 г/м ²							
<i>L</i>	68.18	59.10	84.49	33.33	57.86	59.08	45.01
<i>A</i>	-13.5	46.9	2.40	3.70	41.11	-30.6	12.74
<i>b</i>	-35.9	1.77	60.14	-2.82	12.49	17.08	-28.6
на двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м ²							
<i>L</i>	58.39	42.66	79.57	11.45	41.08	50.72	26.13
<i>a</i>	-14.6	69.62	6.38	-0.53	58.38	-34.6	11.84
<i>b</i>	-49.8	-3.08	78.87	-0.86	32.47	23.68	-29.9
на бумаге Epson Premium semigloss 130 г/м ²							
<i>L</i>	56.88	43.73	80.24	17.38	41.80	48.58	24.33
<i>a</i>	-15.2	68.37	7.30	0.95	57.77	-37.1	10.11
<i>b</i>	-51.9	-2.71	82.51	-2.44	27.96	24.94	-29.4
на бумаге Epson Matte 140 г/м ²							
<i>L</i>	60.35	41.41	81.96	5.07	40.53	49.47	15.69
<i>a</i>	-13.0	71.78	3.63	1.92	64.56	-49.1	23.05
<i>b</i>	-55.3	1.11	94.05	-3.28	29.02	35.32	-45.3

По данным цветовых координат (табл.4-5) построены цветовые охваты, имеющие форму шестиугольника в процессе субтрактивного синтеза, вершинами которых являются точки, соответствующие краскам синтеза и цветам их попарных наложений (рис.6-7).

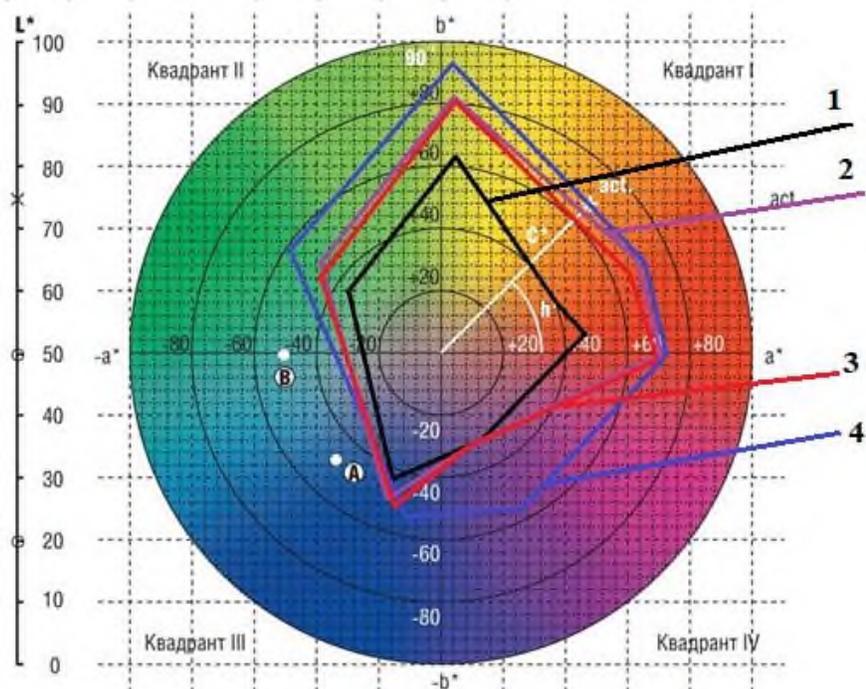


Рисунок 6 – Цветовой охват для бумаги при режиме «высокое» качество: 1 - офсетной бумаге 80 г/м², 2 - двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м², 3 - Epson Premium semigloss 130 г/м², 4 - Epson Matte 140 г/м²

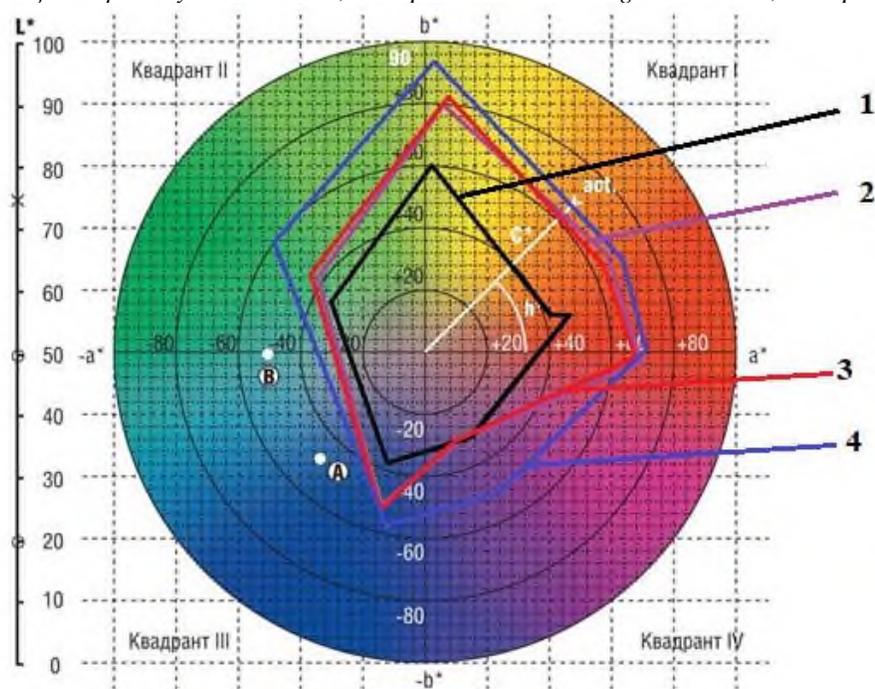


Рисунок 7 – Цветовой охват для бумаги при режиме «стандартное» качество: 1 - офсетной бумаге 80 г/м², 2 - двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м², 3 - Epson Premium semigloss 130 г/м², 4 - Epson Matte 140 г/м²

Как видно из рис. 6-7, наибольший цветовой охват, дающий объективную оценку количеству воспроизведенных цветов, характерен бумаге №4 - Epson Matte 140 г/м², затем бумагам №2 - двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м², №3 - Epson Premium semigloss 130 г/м².

Выводы

Анализ градационных кривых показал, что яркие и насыщенные цвета выявлены у бумаги №2 двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м², что объясняется ее гладкой и блестящей поверхностью, обеспеченной за счет каолинового покрытия хромированным нагретым валиком к бумаге. Определено, что

наибольший цветовой охват, дающий объективную оценку количеству воспроизведенных цветов, характерен бумаге №4 - Epson Matte 140 г/м², затем бумагам №2 - двусторонней глянцевой фотобумаге 130 г/м², №3 - Epson Premium semigloss 130 г/м². Выявлено, что бумаги с глянцевым покрытием являются оптимальными для получения качественных оттисков и помимо этого обеспечивается экономичность за счет меньшего расхода красящего вещества при струйной печати.

Рецензент: Джурев П.Д. – д.х.н., профессор кафедры «Металлургия», ЛПТУ имени академика М.С. Осими

Литература

1. И.А.Сысуев Повышение точности оценки цвета устройством для ввода изображений // Омский научный вестник. 2002. Вып.19. С.79-86.
2. С.Фомин Как добиться предсказуемой цветопередачи в цифровой печати [Электронный ресурс]. <https://www.offitec.ru/inf-kak-dobitsya-predskazuemoi-tsvetoperedachi-vtsifrovoi-pechati>. (дата обращения 16.05.2025).
3. И.А.Сысуев, П.А.Зуев Исследование цветовоспроизведения в системах цифровой печати // Омский научный вестник. 2013. №3. С.324-330.
4. М.В.Домасев Исследование возможностей цветопередачи в машинах струйной печати на бумажных носителях // автореф...к.т.н. СПб., 2011. 16 с.
5. С.П.Гнатюк, М.В.Домасёв, В.В.Ильина. Принципы классификации материалов для цифровой струйной печати. // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела, №6. М., МГУП, 2008.
6. С.П.Гнатюк, М.В.Домасёв, А.Б.Лихачев, Т.Ю.Санжаровская Анализ свойств и классификации материалов для струйной печати. // Актуальные вопросы современной науки. Сборник научных трудов. Выпуск 2. ЦРНС, Новосибирск, 2008.
7. С.П.Гнатюк, М.В.Домасев, Д.М.Костенко, С.А.Трифонов, С.Л.Шавкун Наномодифицированные материалы для цифровой струйной печати. // Актуальные вопросы современной науки. Сборник научных трудов. Выпуск 2. ЦРНС, Новосибирск, 2008.
8. С.П.Гнатюк, М.В.Домасёв, Т.Н.Зиненко Принципы классификации материалов для струйной цифровой печати. // Проблемы развития кинематографа и телевидения. Сборник научных трудов. Выпуск 22. СПб., СПбГУКиТ, 2009.
9. Стык цвета расшифровка [Электронный ресурс]. <https://skyeng.ru/it-industry/design/cmyk-sistema-tsvetov-v-poligrafii-pechati-skobki-naznacheniye/> (дата обращения 12.05.2025).
10. А.О.Пожарский Оценка цветового охвата системы печати посредством объема тела охвата цветов, вычисленного с учетом неоднородности цветового пространства // Известия ВУЗов. Проблемы полиграфии и издательского дела. М., 2006. №4. С.3-12.
11. П.А.Зуев Исследование цветовоспроизведения в цифровых системах цветной электрофотографии // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. №3. С.204-213.
12. М.В.Домасёв, С.П.Гнатюк Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения. СПб, издательский дом «Питер», 2009.
13. Что такое цветковые модели и какими они бывают? [Электронный ресурс]. <https://skillbox.ru/media/design/chto-takoe-tsvetovye-modeli-i-kakimi-oni-byvayut/> (дата обращения 12.05.2025).

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

TJ	RU	EN
Бабаханова Халима Абишевна	Бабаханова Халима Абишевна	Babakhanova Khalima Abishevna
Д.и.т., профессор	Д.т.н., профессор	Doctor of Technical Sciences, Professor
Институту бофандағи ва саноати сабуки Тошкент	Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности	Tashkent Institute of Textile and Light Industry
TJ	RU	EN
Садриддинова Нигора Жунадилло кизи	Садриддинова Нигора Жунадилло кизи	Sadriddinova Nigora Dzunadillokizi
Докторант	Докторант	Doctoral student
Институту бофандағи ва саноати сабуки Тошкент	Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности	Tashkent Institute of Textile and Light Industry
TJ	RU	EN
Равшанзода Дилшод Чоршанби	Равшанзода Дилшод Чоршанби	Ravshanzoda Dilshod Chorshanbi
Н.и.т., дотсент	к.т.н. доцент	Ph.D., associate Professor
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
E-mail: 234-56-57@mail.ru		

УДК 669.17

ТАЪСИРИ НЕОДИМ БА КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ Zn0.5Al

¹Фирузи Ҳамроқул, ²И.Н. Ганиев, ³З.Р. Обидов

¹Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни

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

Дар ин мақола натиҷаҳои тадқиқоти таъсири неодим ба кинетикаи оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al пешниҳод шудааст. Хусусият ва суръати оксидшавӣ аз омилҳои зиёде вобаста мебошанд. Омилҳои муҳимтарин ин коркарди сатҳ, муҳит, сохтор, ҳарорат, вақт ва таркиби компонентҳои хӯла мебошанд. Кинетикаи оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al ва хӯлаҳои неодимдошта вобаста аз ҳароратҳо ва вақти таҳқиқот фарқ мекунад. Таъсири иловаҳои неодим ба кинетикаи оксидшавии ин хӯла назаррас аст. Бо зиёдшавии миқдори неодим (0.01÷1.0%) дар хӯлаи Zn0.5Al кинетикаи оксидшавии он афзоиш меёбад. Қимати энергияи фаълқунандаи раванди оксидшавӣ барои хӯлаҳо қоҳиш меёбад.

Калидвожаҳо: неодим, хӯлаи Zn0.5Al, кинетикаи оксидшавӣ, ҳарорат ва вақти тадқиқот, энергияи фаълқунандаи раванди оксидшавӣ.

ВЛИЯНИЕ НЕОДИМА НА КИНЕТИКУ ОКИСЛЕНИЯ СПЛАВА Zn0.5Al

Фирузи Ҳамроқул, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов

В данной статье представлены результаты исследования влияния неодима на кинетику окисления сплава Zn0.5Al. Характер и скорость окисления зависят от множества факторов. К числу наиболее важных относятся обработка поверхности, окружающая среда, структура, температура, время и состав компонентов сплава. Кинетика окисления сплава Zn0.5Al и сплавов, содержащих неодим, различается в зависимости от температуры и времени исследования. Влияние добавок неодима на кинетику окисления данного сплава является значительным. С увеличением содержания неодима (0.01÷1.0%) в сплаве Zn0.5Al кинетика его окисления ускоряется. Значение энергии активации процесса окисления для таких сплавов уменьшается.

Ключевые слова: неодим, сплав Zn0.5Al, кинетика окисления, температура и время опыта, энергия активации процесса окисления.

INFLUENCE OF NEODYMIUM ON THE OXIDATION KINETICS OF THE Zn0.5Al ALLOY

Firuzi Hamroqul, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov

This article presents the results of a study on the effect of neodymium on the oxidation kinetics of the Zn0.5Al alloy. The nature and rate of oxidation depend on numerous factors. The most important among them are surface treatment, environment, structure, temperature, time, and the composition of the alloy components. The oxidation kinetics of the Zn0.5Al alloy and neodymium-containing alloys vary depending on the temperature and duration of the study. The influence of neodymium additives on the oxidation kinetics of this alloy is significant. As the neodymium content increases (0.01÷1.0%) in the Zn0.5Al alloy, its oxidation kinetics accelerate. The activation energy of the oxidation process for such alloys decreases.

Keywords: neodymium, Zn0.5Al alloy, oxidation kinetic, the temperature and duration of the study, activation energy of the oxidation process.

Муқаддима

Маълумот оид ба устувории пайвастагиҳои металлӣ шаҳодат аз он медиҳанд, ки амалан ҳеҷ як металл ҳама сулолот оиди рафти реаксияро дар тӯли вақт баррасӣ мекунад, яъне вазифаи аввал ба ҷустуҷӯи баҳамалоқамандӣ байни суръати оксидшавӣ ва вақт равона шудааст. Вазифаи дуввум ба баррасии сулолот оиди дар қадом дараҷаи рӯйпуш, ки ҳангоми таъсири мутақобилаи металлҳо ё хӯлаҳо бо газ ба вучуд меоянд, қобилиятнокии муҳофизатии он мавҷуд аст, бахшида шудааст. Ба ибораи дигар, дар ин ҷо метавон ба сулолот оиди механизм ва суръати афзоиши ташаккули қабати оксидӣ дучор шуд [1-3].

Механизми оксидшавӣ хусусиятҳои оксидшавии қабатҳои оксидиро барои ҳамагуна ҳамгириҳои металл-газ; таркиб ва сохтори пайвастагиҳои устуворе, ки дар чунин ҳамгирӣ ташаккул меёбад; ҳолати энергетикӣ дар сатҳи марз; ҳолати энергетикӣ дар дохили мавод ва пайвастагиҳои металлро дар сатҳ, ки дар шароити оддӣ дар дохили мавод ноустувор мебошанд, дар бар мегирад [4-6].

Мавод ва усулҳои тадқиқот

Дар раванди оксидшавии баландҳарорат, хусусият ва суръати оксидшавӣ аз омилҳои зиёде вобаста мебошанд. Аз байни омилҳои муҳимтарини онҳо ин коркарди сатҳ, таркиби муҳит, сохтор, ҳарорат, вақт ва таркиби компонентҳои хӯла мебошанд. Азбаски оксидшавӣ дар асл як ҳодисаи сатҳӣ аст, зарур аст, ки ба омодагии сатҳи намунаҳо ҳангоми гузаронидани таҷрибаҳо диққати зиёд дода шавад. Одатан, барои ин гуна таҷрибаҳо намунаҳои зиёде лозиманд, бинобар ин муҳим аст, ки усули омодагии онҳо сода ва такроршавандагии натиҷаҳо таъмин кунад. Барои санҷиши бунёди, дар ҳолати идеалӣ бояд чунин шароити мавҷуд бошад, ки зимни тайёркунии намунаҳо набояд пардаҳои оксидӣ дар сатҳи онҳо ҳосил шаванд, ки ба равиши оксидшавӣ ҳангоми гузаронидани таҷрибаҳо таъсиррасон бошанд. Суръати оксидшавии сатҳи бодикҷат коркардшудаи хӯла (махсусан дар марҳилаи ибтидоӣ) нисбат ба сатҳи ноҳамвор камтар аст.

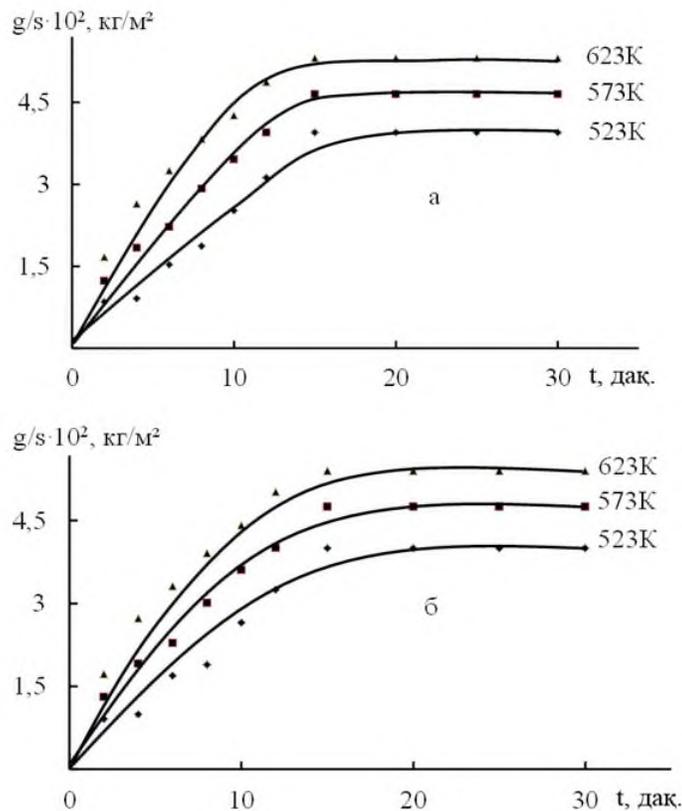
Ҳаллу фасли техникӣ, ки ҳангоми тарҳрезии хӯлаҳо қабул карда мешаванд, бояд истеҳсоли маснуоти рехтагариро мутобиқ ба стандартҳои ГОСТ ва талаботи техникӣ муайяншуда бо ташкили назорати сифати маҳсулот таъмин намоянд. Бинобар ин, барои ҳосилкунии хӯлаҳо аз металлҳои зерини руҳи (Zn) гранулшакл – ХТ (ГОСТ 24231-80), алюминийи (Al) А7 (ГОСТ 11069-2001), неодими (Nd) НМ1 (ТУ 4840205-72) истифода намудем. Лигатураи системаи Al-Nd (10%) пешакӣ дар кӯраи СНВЭ-1.3.1/16ИЗ ҳосил карда шуд. Пас аз гарм кардани кӯра, руҳ ва алюминий ғудохта шуда, сипас ин лигатураҳо алоҳида ворид карда шуданд. Дар ҳудуди ҳарорати 750–850°C ғудохта бодикқат омехта карда шуда, намунаҳои хӯла рехта шуданд. Барои тадқиқоти кинетикаи оксидшавии ин хӯлаҳо усули термогравиметрӣ [7-9] истифода карда шуд. Таркиби фазаҳои оксидҳои дар сатҳи хӯлаҳо ҳосилшуда бо усули рентгенофазаӣ [10] муайян карда шуд.

Натиҷаҳои тадқиқот ва муҳокима

Хӯлаи Zn0.5Al-ро бо неодим ҷавҳаронӣ карда, оксидшавии ин хӯлаҳо дар ҳудудҳои ҳарорати 523-623K тадқиқ намудем. Марҳилаҳои ибтидоии раванд бо ташаккули пардаҳои тунук дар сатҳи хӯлаҳо оғоз гардида, ин нуқтаҳои таҷрибавӣ дар хати рост бо қонунияти хаттӣ ба речаи кинетикаи оксидшавӣ мувофиқ мебошанд. Суръати оксидшавӣ ҳангоми баҳамтаъсирии хӯлаҳои таҷқиқшаванда бо ҳаво миёни хӯлаи Zn0.5Al ва хӯлаҳои неодимдошта дар ҳама ҳароратҳо фарқ мекунад, ки барои хӯлаҳои неодимдошта каме баландтар аст. Бо баландшавии ҳарорат вазни сатҳии намунаҳои хӯла дар марҳилаи 15 дақиқаи аввал афзоиш меёбад. Бо ғайбшавии қабати муҳофизатии оксидӣ ин раванд зудтар қатъ мегардад. Качхатиҳои оксидшавӣ барои ҳар як намунаи хӯла хусусияти гиперболии равандро нишон доданд (расми 1).

Дар мисоли оксиди ZnO бояд қайд кард, ки буғҳои ноустувори руҳ бо оксиген вокуниш карда, зарраҳои ZnO ҳосил мекунанд, ки онҳо дар оксиди ковокии неодим таҳшин шуда, ба он ворид мешаванд. Бо ташаккули ZnO, ковокиҳо ва тарқишҳо тадриҷан пур мешаванд, ки дар натиҷа як қабати зичи берунии ZnO ташаккул меёбад. Баъди анҷоми ин марҳила, қабати ZnO ҳамчун пардаи муҳофизатӣ амал карда, суръати оксидшавӣ минбаъд бо суръати диффузияи руҳ тавассути қабати ZnO муайян карда мешавад.

Баландшавии ҳарорат ба афзоиши суръати оксидшавии ҳамаи хӯлаҳои тадқиқшуда оварда мерасонад, ки ин ҳолат дар афзоиши миқдорҳои неодими дар хӯла буда низ дида мешавад (ҷадвали 1). Инро инчунин вобастагии миёни энергияи фаъолкунии раванд ва суръати оксидшавии он тасдиқ мекунанд. Ин қонуниятро метавон бо хусусияти сохтори қабати сатҳӣ ва қобилияти адсорбсионии элементҳои ҷавҳаронӣ низ шарҳ дод.



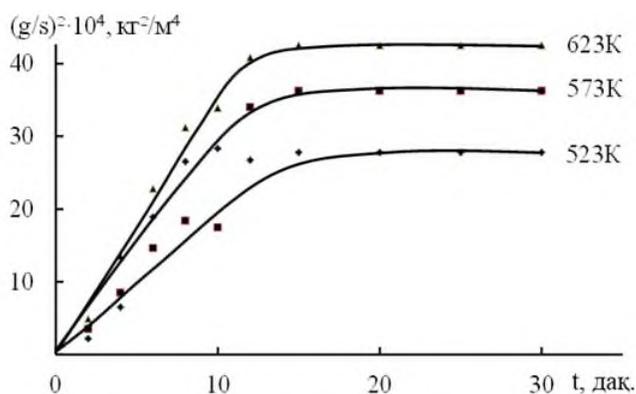
Расми 1 – Качхатиҳои кинетикаи оксидшавии хӯлаҳои Zn0.5Al (а) ва Zn0.5Al, ки бо 0.01 (б) неодим ҷавҳаронидашуда.

Чадвали 1 – Тағйирёбии нишондиҳандаҳои равандҳои оксидшавӣ дар ҳӯлаҳои бо неодим чавҳаронидашудаи Zn0.5Al

Нишондиҳандаҳои равандҳои оксидшавӣ	Иловаҳои неодим дар ҳӯлаи Zn0.5Al, %-и вазнӣ					
	-	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
Ҳарорат, К	523	523	523	523	523	523
Суръати ҳақиқӣ $K \cdot 10^4$, кг/м ² ·с	3.68	3.72	3.83	3.87	4.07	4.18
Ҳарорат, К	573	573	573	573	573	573
Суръати ҳақиқӣ $K \cdot 10^4$, кг/м ² ·с	3.91	3.99	4.04	4.16	4.50	4.67
Ҳарорат, К	623	623	623	623	623	623
Суръати ҳақиқӣ $K \cdot 10^4$, кг/м ² ·с	4.11	4.17	4.28	4.35	4.91	5.00
Энергияи фаъолкунӣ Q, кҶ/мол	168.4	165.3	160.6	157.2	152.0	145.9

Ҳангоми баррасии оксидшавии таркибҳои ҳӯла, пеш аз ҳама мақсаднок аст, ки муқоисаи энергияи фаъолкунии ташаккулёбии пайвастагиҳо дар шакли пардаҳои муҳофизатии зимни оксидшавӣ бавучудоянда ва мавҷудияти онҳо дар баррасии ҳарорати муайян имконпазир бошад, муайян карда шавад, ки кадом аз таркиб ё компонентҳои ҳӯла назар ба дигараш бо шиддат оксид мешавад. Аз ин рӯ, назарияи оксидшавии мусир асосан механизмҳоеро, ки интиқоли компонентҳои ҳӯлаҳо тавассути қабатҳои сатҳии якхела ва когерентӣ муайян мекунад, баррасӣ мекунад. Дар раванди оксидшавии баландҳароратӣ як механизм метавонад тадричан ба механизми дигар гузарад, ки он аз ғафсии парда, вақт ва ҳарорат вобаста аст. Ин механизм ғафсшавии пардаҳо пешбинӣ мекунад, ки онро диффузия дар натиҷаи мавҷудияти градиенти консентратсионӣ муайян мекунад. Азбаски пардаи сатҳӣ аз катионҳо ва анионҳо иборат аст, чунин диффузия тавассути ин парда бояд ҳамзамон бо диффузияи электронҳо дар ҳамон самте, ки диффузияи катионҳо, ё дар муқобилсамтии диффузияи анионҳо амалӣ шавад. Бо ғафсшавии пардаҳо, ки ҳангоми оксидшавии системаҳои металлӣ ҳӯлаҳо ба вучуд меоянд, вобастагии гиперболий як қонуниятӣ муваққатӣ мешавад, ки бештар дар амалия дучор меояд. Механизми ин оксидшавӣ нисбат ба дигар механизмҳо бештар фаҳмида шуда, муҳимтар аз механизмҳои гуногуни оксидшавӣ дар амалия буда, асосноктар боқӣ мемонад, зеро он барои бисёр ҳӯлаҳои техникӣ дар шароити истифодабарӣ мувофиқ аст. Илова ба ин, барои баҳодиҳии сифатии дараҷаи тағйирёбии консентратсияи компонентҳои ҳӯла дар сатҳ метавон аз қиматҳои муқоисавии суръати оксидшавӣ ва энергияи фаъолкунии тамоми раванд истифода намуд.

Қаҷхатиҳои оксидшавии ҳӯлаи мазкур дар координатаҳои графики мураббаи ин раванд хатҳои ростро нишон намедиханд (расми 2), ки ин мувофиқати механизми раванд ба намуди гипербола хос аст. Муодилаҳои математикии полиномҳои ин қаҷхатҳо дар чадвали 2 оварда шудааст.



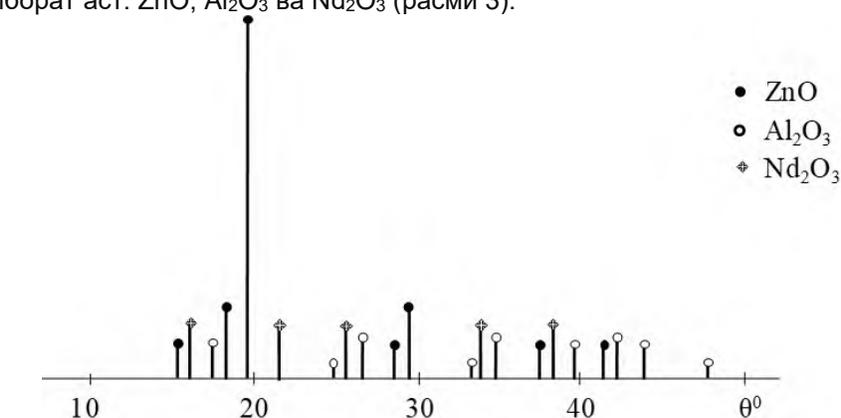
Расми 2 - Қаҷхатҳои мураббаи кинетикаи оксидшавии ҳӯлаи Zn0.5Al.0Nd.

Чадвали 2 – Полиномҳои қачхатҳои кинетикии апроксиматсияшудаи оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al бо иловаи неодим

Иловаи Nd дар хӯла, %-и вазнӣ	Ҳарорат, К	Муодилаи полиномиалии қачхатҳои оксидшавии намунаҳои хӯла	Зариби регрессия, R ²
-	523	$g_s = -0.001t^4 - 0.001t^3 + 0.010t^2 - 0.176t$	0.9870
	573	$g_s = -0.001t^4 - 0.001t^3 + 0.020t^2 - 0.471t$	0.9854
	623	$g_s = -0.001t^4 - 0.001t^3 + 0.044t^2 - 0.786t$	0.9813
1.0Nd	523	$g_s = -0.001t^4 - 0.024t^3 + 0.272t^2 - 0.422t$	0.9974
	573	$g_s = -0.001t^4 - 0.028t^3 + 0.338t^2 - 0.612t$	0.9950
	623	$g_s = -0.001t^4 - 0.033t^3 + 0.354t^2 - 0.931t$	0.9971

Умуман, дар сатҳи хӯла ҳангоми ҳароратҳои баландтарин қабатҳои оксидии миёнамуштақам ташаккул меёбанд, ки онҳоро бо ҳурдтарин қимати тавсеаи ҳаттӣ тавсиф мекунад. Яке аз далелҳои муҳимро метавон дар мисоли таъсири як қатор омилҳо ва шиддатҳои дохилӣ ба шикасти қабати оксидӣ ва ташаккули шароит барои ҷараёни реаксияи оксидшавии баландҳароратӣ нишон дод. Далели дигар ин дараҷаи тозагии ҳар як компоненти таркиби хӯлаҳо мебошад, зеро дар системаҳои бисёркомпонентӣ механизми ҷараёни оксидшавӣ хеле мураккаб аст. Дар ин ҳолат, муҳим аст, ки аввал равандҳои синтези хӯлаҳо ҳангоми ташаккули маҳлули саҳт, эвтектика ё дигар пайвастагӣҳо таҳлил кунем. Ҳамзамон, нақши муҳими безътирозро маҳсули гуногуни оксидшавии хӯлаҳо, консентратсияи металлҳо дар хӯла, хусусият ва таъсири онҳо ба O₂ ва ғайра мебозанд. Бо ин консентратсияҳо инчунин энергияи фаъолкунандаи раванди оксидшавӣ низ самаранок тағйир меёбад.

Аз муқоисаи нишондиҳандаҳои равандҳои оксидӣ бармеояд, ки ҳар қадар миқдори неодим дар хӯлаи асосӣ зиёд бошад, ҳамон қадар суръати оксидшавии он баландтар ва энергияи фаъолкунии раванд пасттар мешавад. Ин махсусан дар мавриди хӯлаи 1.0% неодимдошта возеҳ мушоҳида мегардад. Ҳам барои хӯлаи асосӣ ва ҳам барои хӯлаҳои неодимдошта суръати оксидшавӣ бо баландшавии ҳарорат меафзояд. Барои хӯлаҳои неодимдошта хоҳишҳои энергияи фаъолкунии ин раванд дида шуда (ҷадвали 1), маҳсули оксидшавӣ аз оксидҳои зерин иборат аст: ZnO, Al₂O₃ ва Nd₂O₃ (расми 3).



Расми 3 – Штрихрентгенограммаи маҳсули оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al0.5Nd.

Таҳлили шабоҳати натиҷаҳои афзоиши вазн (расми 1) ва афзоиши оксидҳо (расми 3) нишон медиҳад, ки раванди оксидшавӣ асосан ба афзоиши қабати оксидҳо баробар аст. Дар ҷараёни афзоиш, ки суръати он бо суръати диффузия муайян карда мешавад, ғафсии қабатҳои гуногун аз суръати нисбии диффузия дар онҳо ва градиенти консентратсияи химиявӣ вобаста аст. Агар диффузия тавассути як қабат бо суръати баланд ҷараён гирад, он қабат нисбатан ғафс мешавад. Баръакс, агар суръати диффузия дар қабат нисбат ба суръати он дар фазаҳои ҳамсоя хеле ҳурд бошад, ғафсии қабат метавонад чунон ночиз бошад, ки онро таҷрибавӣ муайян кардан мушкул аст. Илова бар ин, агар вобастагии ҳароратии афзоиши қабатҳои гуногун яксон набошад, ғафсии нисбии қабатҳо ҳамчун функцияи ҳарорат амал мекунад.

Хулоса

Ҳангоми ба хӯлаи Zn0.5Al ворид намудани неодим бо миқдорҳои аз 0.01 то 1.0% суръати оксидшавии он афзоиш ёфта, энергияи фаъолкунандаи раванди оксидшавӣ хоҳиш меёбад. Ин ҳолат бештар ба хӯлаҳои, ки дар таркибашон 0.5 ва 1.0% неодим доранд, хос аст. Дар натиҷаи оксидшавии хӯлаҳо дар сатҳи онҳо пардаҳои оксидии гуногун ба вучуд меоянд, ки аз оксидҳои зерин иборатанд: ZnO, Al₂O₃ ва Nd₂O₃.

Муқаррир: Ҷузиев Ҷ.Ҷ. – д.и.т., профессори Донишгоҳи миллии Тоҷикистон.

Адабиёт

- Кечин, В.А. Цинковые сплавы / В.А. Кечин, Е.Я. Люблинский. – М.: Металлургия, 1986. – 247 с.
- Лепинских, Б.М. Окисление жидких металлов и сплавов / Б.М. Лепинских, А.А. Киташев, А.А. Белоусов. – М.: Наука, 1979. – 116 с.

3. Обидов, З.Р. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплава Zn55Al, легированного бериллием, магнием и празеодимом // Теплофизика высоких температур. – 2016. – Т. 54. – Вып. 3. – С. 29-36.
4. Обидов, З.Р. Влияние рН среды на анодное поведение сплава Zn5Al, легированного бериллием и магнием / З.Р. Обидов // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2015. – № 32(58). – С. 52-55.
5. Обидов, З.Р. Анодное поведение и окисление сплавов Zn5Al, Zn55Al, легированных стронцием / З.Р. Обидов // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2012. – Т. 48. – № 3. – С. 305-308.
6. Обидов, З.Р. Влияние рН среды на анодное поведение сплава Zn55Al, легированного бериллием и магнием / З.Р. Обидов // Журнал прикладной химии. – 2015. – Т. 88. – № 9. – С. 1306-1312.
7. Биркс, Н. Введение в высокотемпературное окисление металлов / Н. Биркс, Дж. Майер. – М.: Metallurgia, 1987. – 184 с.
8. Обидов, З.Р. Анодное поведение и окисление сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных барием / З.Р. Обидов // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2015. – № 31(57). – С. 51-54.
9. Кубашевский, О. Окисление металлов и сплавов / О. Кубашевский, Б. Гопкинс. – М.: Metallurgia, 1975. – 365 с.
10. Васильев, Е.К. Качественный рентгеноструктурный анализ / Е.К. Васильев, М.С. Назмансов. – Н.: Наука. Сибирское отд., 1986. – 200 с.

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

TJ	RU	EN
Фирузи Ҳамроқул	Фирузи Ҳамроқул	Firuzi Hamroqul
докторанти PhD	PhD докторант	PhD doctoral student
Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ	Институт химии им. В.И. Никитина НАНТ	Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin of NAST
E-mail: firuzih@mail.ru		
TJ	RU	EN
Ғаниев Изатулло Наврузович	Ғаниев Изатулло Наврузович	Ganiev Izatullo Navruzovich
Академики Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, доктори илмҳои химия, профессор	Академик Национальной академии наук Таджикистана, доктор химических наук, профессор	Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Chemical Sciences, Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: ganiev48@mail.ru		
TJ	RU	EN
Обидов Зиёдулло Раҳматович	Обидов Зиёдулло Раҳматович	Obidov Ziyodullo Rahmatovich
Доктори илмҳои химия, профессор	Доктор химических наук, профессор	Doctor of Chemical Sciences, Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: obidovzr@gmail.com		

УДК 691.75

ТАДҚИҚИ ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ ХҶЛАИ $Zn_{0.5}Al$, КИ БО СЕРИЙ, ПРАЗЕОДИМ ВА НЕОДИМ ЧАВҲАРОНИДАШУДА

¹Фирузи Ҳамроқул, ²И.Н. Ганиев, ³З.Р. Обидов

¹Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни

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

Тадқиқи хосиятҳои механикии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$, ки дар алоҳидагӣ бо иловаҳои гуногуни серий, празеодим ва неодим чавҳаронидашуда, гузаронида шудааст. Иловаҳои чавҳаронии элементҳои зергурӯҳи серий дар ҳудуди концентрасияҳои тадқиқшуда ($0.01 \div 1.0\%$ -и вазнӣ) хосиятҳои механикӣ, бахусус сахтӣ ва мустаҳкамии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ -ро афзоиш медиҳанд. Махсусан, иловаҳои камтарини ($0.01 \div 0.1\%$) Ce, Pr ва Nd ба хусусиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии хӯлаи дучандаи $Zn_{0.5}Al$ таъсири мусбӣ мерасонанд. Иловаҳои бештарини (беш аз 0.1%) ин металҳо дар хӯла каме хосиятҳои механикии онро коҳиш медиҳад, ки дар ниҳоят хусусиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии хӯлаи дучандаи $Zn_{0.5}Al$ мусбӣ тағйир меёбад. Концентрасияҳои муносиби таркиби хӯлаҳо муайян карда шудааст. Зиядшавии назарраси сахтӣ ва мустаҳкамии хӯлаҳо бо серий, нисбат ба хӯлаҳо бо празеодим ва неодим аниқ карда шудааст.

Калидвожаҳо: хӯлаи $Zn_{0.5}Al$, элементҳои чавҳаронӣ, серий, празеодим, неодим, хосиятҳои механикӣ, методи Бринелл, сахтӣ, мустаҳкамӣ.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА $Zn_{0.5}Al$, ЛЕГИРОВАННОГО ЦЕРИЕМ, ПРАЗЕОДИМОМ И НЕОДИМОМ

Фирузи Ҳамроқул, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов

Проведено исследование механических свойств сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного по отдельности различными добавками церия, празеодима и неодима. Легирующих добавок элементов цериевой подгруппы в исследованном диапазоне концентраций ($0.01 \div 1.0\%$ по массе) повышают механические свойства, в частности твердость и прочность сплава $Zn_{0.5}Al$. Особенно, небольшие добавки ($0.01 \div 0.1\%$) Ce, Pr и Nd оказывают положительное влияние на твердость и прочностные свойства бинарного сплава $Zn_{0.5}Al$. Более крупные добавки (более 0.1%) этих металлов в сплав несколько снижают его механические свойства, что в итоге положительно изменяет твердость и прочностные характеристики бинарного сплава $Zn_{0.5}Al$. Определены соответствующие концентрации компонентов сплава. Установлены значительное повышение твердости и прочности сплавов с церием по сравнению со сплавами с празеодимом и неодимом.

Ключевые слова: сплав $Zn_{0.5}Al$, легирующие элементы, церий, празеодим, неодим, механические свойства, метод Бринелля, твердость, прочность.

RESEARCH OF MECHANICAL PROPERTIES OF $Zn_{0.5}Al$ ALLOY, DOPED WITH CERIUM, PRASEODYMIUM AND NEODYMIUM

Firuzi Hamroqul, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov

A study was conducted of the mechanical properties of the $Zn_{0.5}Al$ alloy, alloyed separately with various additives of cerium, praseodymium and neodymium. Alloying additives of cerium subgroup elements in the studied concentration range ($0.01 \div 1.0\%$ by weight) increase the mechanical properties, in particular the hardness and strength of the $Zn_{0.5}Al$ alloy. Especially, small additions ($0.01 \div 0.1\%$) of Ce, Pr and Nd have a positive effect on the hardness and strength properties of the binary alloy $Zn_{0.5}Al$. Larger additions (more than 0.1%) of these metals to the alloy somewhat reduce its mechanical properties, which ultimately positively changes the hardness and strength characteristics of the binary alloy $Zn_{0.5}Al$. The corresponding concentrations of alloy components have been determined. A significant increase in the hardness and strength of alloys with cerium compared to alloys with praseodymium and neodymium has been established.

Keywords: $Zn_{0.5}Al$ alloy, alloying elements, cerium, praseodymium, neodymium, mechanical properties, Brinell method, hardness, strength.

Муқаддима

Коркарди хӯлаҳои нави руҳ ҳамчун рӯйпӯшҳои зиддикоррозиони маснуоти пулодӣ ва конструксионӣ ва омӯзиши хосиятҳои гуногуни онҳо аҳамияти махсусро дар соҳаҳои гуногуни саноатӣ зоҳир намудааст. Гуногуни хосиятҳои хӯлаҳои руҳ-алюминий яке аз омилҳои асосӣ аст, ки васеъ истифодашавии онҳоро дар техника муайян мекунад. Хӯлаҳо дорои хосиятҳои гуногун мебошанд, ки ҳар кадоми онҳо ба хусусиятҳои компонентҳои таркибӣ вобастаанд. Хосиятҳои асосии ин хӯлаҳоро хосиятҳои физикавӣ, химиявӣ, механикӣ, технологӣ ва махсус ташкил медиҳанд [1-5]. Дар байни хосиятҳои механикӣ, сахтӣ ва мустаҳкамӣ ҷойи махсусро ишғол мекунад. Таҳқиқи хосиятҳои мустаҳкамӣ ва вайроншавии хӯлаҳо на танҳо аз ҷиҳати таъмини мустаҳкамӣ, боэътимодӣ ва дарозумрии маснуот, балки инчунин аз ҷиҳати технологӣ аҳамияти бузург дорад. Бинобар ин, зери таъсири сарбориҳои гарон шикаста шудан ё нашудани маснуотро маҳз мустаҳкамӣ муайян мекунад. Ин бо он вобаста аст, ки бисёре аз амалҳои шаклдиҳӣ ва таҳкими қисмҳо, ки ба хориҷ намудани қабати мавод марбутанд, дар асл, раванди вайронсозии идорашавандаи технологӣ буда, мувофиқи речаи муайян иҷро мешаванд [6, 7].

Дар ҷараёни истеҳсоли маснуот, металл ё хӯла ба коркарди технологияи гуногун – механикӣ, ҳароратӣ ва ғайра – дучор мешавад, ки дар натиҷаи он сохт ва хосиятҳои механикии он тағйир меёбад. Аз ин рӯ, назорати хосиятҳои механикӣ дар марҳилаҳои гуногуни истеҳсоли маснуот хеле зарур аст. Ҳангоми истифодаи маснуот зери таъсири омилҳои гуногун – ҳарорати баланд ё паст, фишор, муҳити агрессивӣ ва ғайра – сохт ва

хосиятҳои механикии он тағйир меёбанд, ки бо гузашти вақт боиси коҳиши хосиятҳо ва ҳатто вайроншавии металл мешаванд. Зеро маснуот ва конструксияҳо дар саноати мошинсозӣ, сохтмон ва ғайраҳо васеъ истифода мешаванд. Ин зарурати назорати даврии хосиятҳои механикиро ба миён меорад, то ки чузъҳои осебпазир дар қисмҳо ва конструксияҳо муайян карда шуда, аз садамаҳо пешгири карда шавад [8, 9].

Хосиятҳои механикии ҳулаҳо асосан ҳангоми таъсири қувваи беруна ё сарборӣ дар натиҷаи санҷишҳо муайян карда мешаванд. Дар натиҷаи чунин санҷишҳо нишондиҳандаҳои миқдории хосиятҳои механикӣ муайян карда мешаванд. Ин нишондиҳандаҳо барои интихоби мавод ва речаҳои коркарди технологиии онҳо, ҳисобкуниҳои устувориҳои чузъҳо ва конструксияҳо, инчунин назорат ва ташҳиси ҳолати устувориҳои онҳо дар чараёни истифода заруранд. Назорати хосиятҳои механикӣ аллакай дар марҳилаи истеҳсоли металл ё ҳулаҳои он дар корхонаҳои металлургӣ оғоз меёбад. Вақте, ки ҳула ё маснуот ба истеъмолкунанда, масалан ба корхонаи мошинсозӣ мерасад, он вобаста ба сатҳи нишондиҳандаҳои хосиятҳои механикӣ барои истеҳсоли ин ё он маснуот бо назардошти шароити истифодааш интихоб карда мешавад. Бинобар ин, гуногунии шароити истифодаи маснуот зарурати гузаронидани шумораи зиёди санҷишҳои механикиро ба вучуд меорад. Бо вучуди ин, нишондиҳандаҳои асосии зерин имкон медиҳанд, ки навъҳои санҷишҳои механикӣ: усули сарборӣ (кашиш, фишурдашавӣ, хашиш, тобиш, буриш, борбардорӣ такрорӣ ва ғайра); суръати сарборӣ (статикӣ, динамикӣ) ва давомнокии раванди санҷиш (кӯтоҳмуддат, дарозмуддат) муайян карда шаванд. Ҳамчунин нишонаҳои дигари гурӯҳбандӣ низ мавҷуданд, ки бо мураккабии ҳолати шиддати деформатсия, речаҳои сарборӣ, навъҳои намунаҳо ва муҳити агрессивӣ тавсиф меёбанд. Дар натиҷаи санҷишҳои механикии мавод хосиятҳои чандирӣ (қобилияти барқароршавӣ), тобовариҳо ба ҳарорати баланд, сармо ва ба шикаст, зичӣ, фасурдашавӣ, сахтӣ ва мустаҳкамӣ муайян карда мешаванд.

Мавод ва усули тадқиқот

Тадқиқи хусусиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии ҳулаҳо ва механизми физикавии вайроншавии онҳо на танҳо барои интихоби маводди конструксионӣ, балки ҳангоми коркарди равандҳои технологиии коркарди мавод ва муайянкунии намудҳо ва хусусиятҳои техниकीи таҷҳизоти технологии истифодашаванда низ ниҳоят зарур аст. Аз ин сабаб, дар ин бахш ба тавсифи элементҳои таркибии ин сохтор ва омӯзиши масъалаҳои вобаста ба қонуниятҳои ташаққули он дар ҳулаҳо аҳамияти махсус дода мешавад. Ин имконият медиҳад, ки хусусиятҳои сохтори ҳулаҳои анодӣ ва конструксионӣ, ки мустақиман ба мустаҳкамии он таъсир мерасонанд, таҷрибавӣ аниқ карда шаванд.

Сахтӣ – ин қобилияти муқовимати мавод ба деформатсияи контактӣ ё шикастпазирӣ ҳангоми фуромадани индентор ба рӯи он мебошад. Санҷишҳои сахтӣ аз ҷумлаи дастрастарин ва васеътарин навъи санҷишҳои механикӣ буда, бо усулҳои гуногун, махсусан бо усули Бринелл таҳқиқ ва муайян карда мешаванд. Тадқиқи хосияти сахтии намунаҳои ҳулаи Zn0.5Al ва ҳулаҳои бо серий, празеодим ва неодим чавҳаронидашударо бо шакли андозаҳои стандартӣ (10×16 мм) дар дастгоҳҳои сахтисанҷ ТШ-2 гузаронида шуд [10]. Санҷиши сахтӣ бо усули Бринелл (ГОСТ 9012–59) зимни пахшкунии намунаҳои ҳула бо курашакли пулодии диаметраш D (10 мм) зери таъсири қувваи сарбориаш P (250 кг) амалӣ карда шуда, пас аз бардошти бор, қутри изи боқимонда d чен карда шуд. Қимати сахтӣ бо усули Бринелл (НВ, кгс/мм² ё МПа) тибқи муодилаи зерин ҳисоб карда шуд:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Дар байни сахтии ҳулаҳо, ки бо усули пахшкунӣ ва дигар хосиятҳои механикӣ (асосан мустаҳкамӣ) муайян карда мешавад, вобастагии миқдорӣ вучуд дорад. Бинобар ин, бо истифода аз вобастагии эмпирикӣ ва қиматҳои бо ченкунӣ муайянкардашудаи сахтии ҳулаҳо хосияти мустаҳкамии намунаҳои ҳулаи Zn0.5Al ва ҳулаҳои бо серий, празеодим ва неодим чавҳаронидашуда бо муодилаи зерин ҳисоб карда шуд:

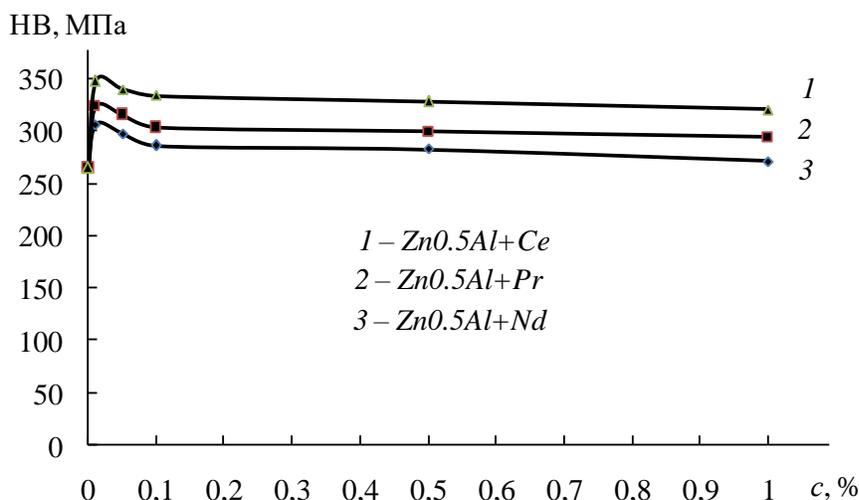
$$\sigma = kHB.$$

дар ин ҷо HB – сахтӣ аз рӯи Бринелл; k – зариф, ки аз хусусият ва ҳолати сохтори ҳула вобаста аст.

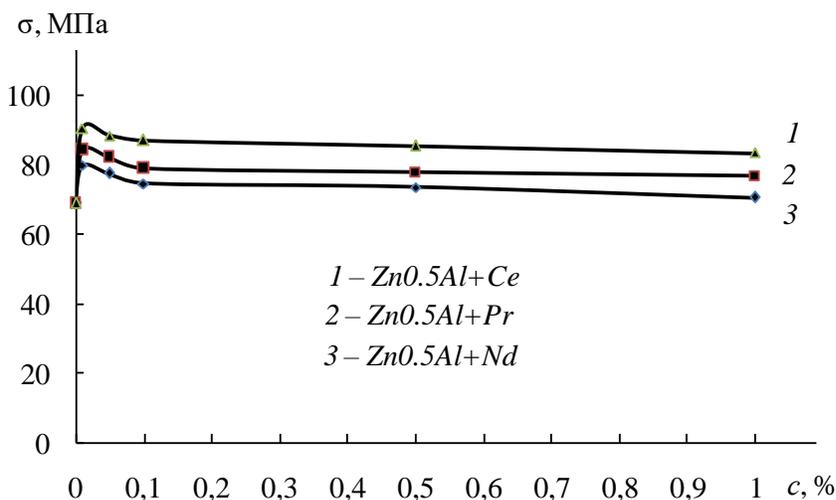
Натиҷаҳои тадқиқот ва муҳокима

Натиҷаҳои тадқиқи хосиятҳои механикӣ – сахтӣ ва мустаҳкамии ҳулаи Zn0.5Al, ки бо концентратсияҳои гуногуни элементҳои зергурӯҳи серий чавҳаронидашуда нишон медиҳанд, ки ҳангоми ба ҳулаи дучандаи Zn0.5Al дар алоҳидагӣ воридкунии серий, празеодим ва неодим бо миқдорҳои аз 0.01 то 1.0%-и вазнӣ хосиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии ҳулаи дучанда хеле назаррас беҳтар мешавад. Махсусан, мусбӣ тағйирёбии хосиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии ҳулаи дучанда ҳангоми ба таркиби он воридкунии иловаҳои камтарини (0.01÷1.0%) металҳои зергурӯҳи серий дида мешавад. Тасвири тағйирёбии хатҳои графикаи сахтӣ ва мустаҳкамии ҳулаҳо

мувофиқати ботартиб ҷойгиршавии элементҳои серий, празеодим ва неодимро дар зерғуруҳи серий ифода мекунад (расмҳои 1, 2).



Расми 1 – Тағйирёбии сахтии (HV, МПа) ҳўлаи Zn0.5Al ҳангоми ҷавҳаронии он бо иловаҳои гуногуни (с,%) серий, празеодим ва неодим.



Расми 2 – Тағйирёбии мустаҳкамии (σ, МПа) ҳўлаи Zn0.5Al ҳангоми ҷавҳаронии он бо иловаҳои гуногуни (с,%) серий, празеодим ва неодим.

Қимати таҷрибавии сахтӣ барои ҳўлаи Zn0.5Al 265.02 МПа-ро ташкил дода, барои ҳўлаҳо бо 0.01%-и серий, празеодим ва неодим бошад ба қиматҳои 348.15, 324.14 ва 306.87 мутаносибан баробар мешавад. Муқоисакунии дигар таркибҳои ҳўла, ки бо Ce, Pr ва Nd ҷавҳаронидашуда, низ ба афзоиши сахтии ҳўлаҳо ишора мекунад. Дар ин ҳолат, бартарӣ ба ҳўлаҳои камҷавҳаронидашуда нисбат ба ҳўлаҳои зиёдҷавҳаронидашуда ҳос аст, зеро тағйирёбии сахтӣ ба самти қоҳишёбии қиматҳо низ ҷой дорад. Дар умум, ҳамаи таркибҳои ҳўлаҳои серий-, празеодим- ва неодимдошта баландшавии сахтиро нисбат ба ҳўлаи Zn0.5Al инъикос менамоянд. Дар баробари ин, қиматҳои мустаҳкамии ҳўлаҳо низ ба самти мусбӣ вобаста аз концентратсияҳои компонентҳои таркибии ҳўлаҳо тағйир меёбанд. Ин вобастагӣ ё қонуниятҳои тағйирёбӣ ба тағйирёбии самараноки мустаҳкамии ҳўлаҳои серий-, празеодим- ва неодимдошта нисбат ба ҳўлаи дучандаи руҳ ҷой дорад (ҷадвал).

Ҷадвал – Тағйирёбии сахтӣ ва мустаҳкамии ҳўлаи Zn0.5Al ҳангоми ҷавҳаронии он бо серий, празеодим ва неодим

таркиби ҳўла, %-и вазнӣ	сахтӣ HV, МПа	мустаҳкамӣ, МПа
Zn0.5Al	265.02	68.90
Zn0.5Al+0.01Ce	348.15	90.52

Анҷоми ҷадвал

Zn0.5Al+0.05Ce	340.05	88.41
Zn0.5Al+0.1Ce	334.42	86.95
Zn0.5Al+0.5Ce	328.41	85.39
Zn0.5Al+1.0Ce	320.68	83.38
Zn0.5Al+0.01Pr	324.14	84.28
Zn0.5Al+0.05Pr	316.24	82.22
Zn0.5Al+0.1Pr	303.77	78.98
Zn0.5Al+0.5Pr	299.33	77.82
Zn0.5Al+1.0Pr	294.73	76.63
Zn0.5Al+0.01Nd	306.87	79.79
Zn0.5Al+0.05Nd	297.65	77.39
Zn0.5Al+0.1Nd	286.34	74.45
Zn0.5Al+0.5Nd	283.01	73.58
Zn0.5Al+1.0Nd	271.22	70.52

Хулоса

Натиҷаҳои тадқиқи хосиятҳои механикӣ – сахтӣ ва мустаҳкамии ҳӯлаи дучандаи Zn0.5Al, ки серий, празеодим ва неодим ҷавҳаронидашуда, нишон медиҳанд, ки ҷавҳаронии ҳӯлаҳо дар ҳудуди концентратсияҳои тадқиқшудаи (0.01÷1.0% Ce, Pr, Nd) қобилияти баландбардории хосиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамии ҳӯлаи дучандаи рухро зоҳир менамояд. Ҳӯлаҳои серий ва празеодимдошта нисбат ба ҳӯлаҳои неодимдошта хосиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамиро назаррас беҳтар мекунад. Қонуниятҳои тағйирёбии хосиятҳои механикӣ, яъне афзоиши сахтӣ ва мустаҳкамии ҳӯлаҳо ҳангоми гузариш аз ҳӯлаи Zn0.5Al ба ҳӯлаҳо бо неодим, ҳӯлаҳо бо празеодим ва ҳӯлаҳо бо серий, аниқ қарда шудааст.

Ҳамин тавр, натиҷаҳои амалан таҷрибавӣ аниққунии хосиятҳои механикӣ, хусусиятҳои устувории ҳӯлаҳои нави коркардшуда ва механизми физикавӣ беҳтаршавӣ ё вайроншавии онҳо барои мутахассисони корхонаҳои саноатӣ заминаи муҳими назариявӣ хоҳад буд. Ин маълумот на танҳо барои интиҳоби маснуот ва рӯйпӯшҳои ҳӯлавӣ мувофиқ буда, инчунин барои мақсаднок ҷустуҷӯи роҳҳои оқилонаи ташаққули хосиятҳои сахтӣ ва мустаҳкамӣ дар онҳо ва коркарди равандҳои технологияи коркарди маснуот, муайянқунии намудҳо ва хусусиятҳои таҷҳизоти технологияи дар саноат истифодашавандаро хосатан таъмин мекунад.

Муқаррир: Бердиев А.Э. – д.и.т., профессори Донишгоҳи славянии Русияву Тоҷикистон.

Адабиёт

1. Кечин, В.А. Цинковые сплавы / В.А. Кечин, Е.Я. Люблинский. – М.: Металлургия, 1986. – 247 с.
2. Обидов, З.Р. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплава Zn55Al, легированного бериллием, магнием и празеодимом // Теплофизика высоких температур. – 2016. – Т. 54. – Вып. 3. – С. 29-36.
3. Обидов, З.Р. Влияние рН среды на анодное поведение сплава Zn5Al, легированного бериллием и магнием / З.Р. Обидов // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2015. – № 32(58). – С. 52-55.
4. Обидов, З.Р. Анодное поведение и окисление сплавов Zn5Al, Zn55Al, легированных стронцием / З.Р. Обидов // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2012. – Т. 48. – № 3. – С. 305-308.
5. Обидов, З.Р. Влияние рН среды на анодное поведение сплава Zn55Al, легированного бериллием и магнием / З.Р. Обидов // Журнал прикладной химии. – 2015. – Т. 88. – № 9. – С. 1306-1312.
6. Фетисов, Г.П. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин, В.С. Гаврилкж, В.С. Соколов и др. – М.: Высшая школа, 2001. – 638 с.
7. Золоторевский, В.С. Механические свойства металлов / В.С. Золоторевский. – М.: Металлургия, 1983. – 351 с.
8. Лахтин, Ю.М. Материаловедение / Ю.М. Лахтин. – М.: Машиностроение, 1993. – 448 с.
9. Кнорозов, Б.В. Технология металлов и материаловедение / Б.В. Кнорозов, Л.Ф. Усова, А.В. Третьякова и др. – М.: Металлургия, 1987. – 800 с.

10. Марковец, М.П. Определение механических свойств металлов по твердости / М.П. Марковец. – М.: Машиностроение, 1979. – 191 с.

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

TJ	RU	EN
Фирузи Ҳамроқул	Фирузи Ҳамроқул	Firuzi Hamroqul
докторанти PhD	PhD докторант	PhD doctoral student
Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ	Институт химии им. В.И. Никитина НАНТ	Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin of NAST
E-mail: firuzih@mail.ru		
TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович	Ганиев Изатулло Наврузович	Ganiev Izatullo Navruzovich
Академики Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, доктори илмҳои химия, профессор	Академик Национальной академии наук Таджикистана, доктор химических наук, профессор	Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Chemical Sciences, Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: ganiev48@mail.ru		
TJ	RU	EN
Обидов Зиёдулло Раҳматович	Обидов Зиёдулло Раҳматович	Obidov Ziyodullo Rahmatovich
Доктори илмҳои химия, профессор	Доктор химических наук, профессор	Doctor of Chemical Sciences, Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: obidovzr@gmail.com		

ТЕХНОЛОГИИ КИМИЁВӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY

УДК 625.85

ПОВЫШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА ЕГО АРМИРОВАНИЕМ СИНТЕПОНОМ

¹Дж.З. Тошов, ²А. Шарифов

¹Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

²Институт химии имени В.И.Никитина НАНТ, Республика Таджикистан

В статье приведены результаты исследования свойств асфальтобетона с армирующей добавкой синтепона, полученного в виде ватообразной смеси волокон толщиной до 10 мкм. Синтепон при содержаниях всего 0.3-1.0 массы асфальтобетона существенно улучшает его качество повышением прочности, водостойкости и конструктивного качества.

Ключевые слова: асфальтобетон, армирование, синтепон, прочность, плотность, водостойкость, трещиностойкость, коэффициент конструктивного качества.

BO SINTEPON ARMIRONII ASFALTBETON BAROI BALAND BARDOHTANI TARQISHUSTUVORII ON Ҷ.З. Тошов, А. Шарифов

Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқоти ҳосиятҳои асфалтбетон бо иловаи армиронандаи синтепон, ки дар намуди омехтаи пахтамонанди нахҳои ғафсиашон то 10 мкм мебошад, оварда шудаанд. Синтепон бо миқдори ҳамагӣ 0.3-1.0 % аз массаи асфалтбетон дар таркиби он сифати онро бо зиёд намудани мустаҳкамӣ, дар об устуворӣ ва сифатнокии сохторӣ беҳтар менамояд.

Калимаҳои калидӣ: асфалтбетон, армиронӣ, синтепон, мустаҳкамӣ, зичӣ, дар об устуворӣ, тарқишустуворӣ, коэффитсиенти сохтории сифат.

INCREASING THE CRACK RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE BY REINFORCING IT WITH CENTEPON J.Z. Toshov, A. Sharifov

The article presents the results of a study of the properties of asphalt concrete with the reinforcing additive centepon, obtained in the form of a cotton-wool mixture of fibers up to 10 μm thick. The centepon with a content of only 0.3-1.0 mass of asphalt concrete significantly improves its quality by increasing its strength, water resistance and structural quality.

Keywords: asphalt concrete, reinforcement, centepon, strength, density, water resistance, crack resistance, structural quality coefficient.

Введение

Обычно плотная структура асфальтобетона создаётся выбором разнофракционного каменного заполнителя из песка и щебня с добавлением минерального порошка размерами частиц меньше 0.071мм. Данный состав заполнителей при правильном выборе количественных соотношений частиц разных размеров обеспечивает достаточную прочность и непроницаемость асфальтобетона, однако не всегда сможет обеспечивать его трещиностойкость под воздействием сдвигающей нагрузки, возникающей от движения автотранспорта. Ослабление трещиностойкости асфальтобетона может привести к преждевременному его разрушению из-за быстрого износа его слоя под истирающей силой автомобильных колёс. Поэтому повышение трещиностойкости асфальтобетона наряду с его плотностью, водонепроницаемостью и прочностью является важным фактором для повышения долговечности покрытия автомобильных дорог и удлинения срока их службы.

Обычно для повышения прочности и трещиностойкости асфальтобетона его состав модифицируют добавками минерального и органического происхождения. В работе [1] в составе асфальтобетонной смеси, состоящей из заполнителей из щебня и песка, активированного минерального порошка из карбонатных пород и нефтяного битума, в качестве дополнительной добавки вводится поверхностно-активное вещество (ПАВ) из смеси продуктов целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) – сырого таллового масла, дистиллированного таллового масла и таллового пека при их массовом соотношении 1:(0,4–0,66):(0,6–1,66), и сланцевое масло или отстойную пиролизную древесную смолу в количестве 0–50% от указанной смеси продуктов ЦБП. Использование данной добавки в составе асфальтобетонной смеси обеспечивает снижение водонасыщения и повышения длительной водостойкости асфальтобетона, увеличение его предела прочности при сжатии, снижении хрупкости и увеличении трещиностойкости при 0°C. Однако следует отметить, что ограниченность целлюлозно-бумажной промышленности по местам расположения практически ограничивает промышленную переработку её отходов для использования в производствах асфальтобетонных смесей.

В работах [2-3] для повышения качества асфальтобетона и снижения энергоёмкости его производства нами в качестве модифицирующих добавок дорожного битума были использованы промышленные отходы: цементная пыль обжигательных печей производства цементного клинкера; зола угля; бой керамического

кирпича и отходы флотационного обогащения флюоритовых руд. Данные вещества положительно повлияли на повышение качества асфальтобетона, в том числе и на его трещиностойкость.

В данной статье приведены результаты исследования свойств асфальтобетона при дополнительном введении в его состав в качестве армирующей добавки - синтепона, полученного из полиэтилентерефталата (ПЭТ) пластиковых бутылок для хранения воды предварительным превращением пластики в ватообразную смесь тонких нитей толщиной до 10 мкм.

Приготовление асфальтобетонной смеси и испытание свойств асфальтобетона

а) приготовление армирующей добавки синтепона

Армирующую добавку получали на станке по производству синтепона методом измельчения цельного пластика до гранул или флексов с последующим нагреванием при температурах 250-300°C и дальнейшим размещением в электромагнитном поле, где при воздействии вращающейся силы с оборотом 300-2000 об/мин образуются волокна с толщиной 1-10 мкм, которые при охлаждении превращаются в ватообразную смесь. В качестве сырья использовали пластиковые бутылки для хранения воды, изготовленные из полиэтилентерефталата (ПЭТ).

б) приготовление асфальтобетонной смеси

Асфальтобетонную смесь готовили следующим образом: выбирали компоненты состава смеси: битум, щебень, песок, минеральную добавку и армирующий компонент. В смеситель вводили отдозированные количества щебня, песка, минеральной добавки и армирующего компонента, их перемешивали, затем вводили отдозированное количество битума, полученную общую массу асфальтобетонной смеси перемешивали при температурах 120-180°C до образования однородного состояния. Из приготовленной смеси готовили соответствующие образцы для исследования свойств асфальтобетона и определения влияния армирующей добавки на их показатели.

Эффективность использования армирующего компонента, полученного вышеописанным способом, в составе асфальтобетонной смеси, оценивали сравнением свойств асфальтобетона на битуме марки БДН 60/90. Выбранный согласно требованиям ГОСТ 9128-2013 [4] состав каменных заполнителей асфальтобетонной смеси соответствовал данным Таблицы 1. Размер частиц минеральной добавки соответствует требованиям ГОСТ 16557-2003 [5].

Таблица 1 - Зерновой и количественный составы заполнителей асфальтобетонной смеси.

№ п/п	Материал и его содержание		Размер отверстий сита, мм										
			20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071	<0,071
1	Щебень фракции 5-10 мм, %		-	5,47	78,98	15,05	0,49	-	-	-	-	-	-
2	Песок, %				0,43	21,12	12,64	16,71	20,54	17,16	8,03	3,37	
3	Минеральная добавка, %		-	-	-	-	-	0	0,3	0,6	2,9	14,8	81,4
4	Содержание щебня, %	50		2,74	39,49	7,53	0,25	-	-	-	-	-	-
5	Содержание песка, %	44	-	-	0,19	9,29	5,56	7,35	9,04	7,55	3,53	1,48	
6	Содержание минеральной добавки, %	6	-	-	-	-	-	0,00	0,02	0,04	0,17	0,89	4,88
7	Общая масса заполнителя, %	100		2,74	39,68	16,82	5,81	7,35	9,06	7,59	3,71	2,37	4,88
8	Частный остаток заполнителя, %		0	2,74	42,42	59,24	65,04	72,40	81,45	89,04	92,75	95,12	100,00
9	Полный остаток заполнителя, %		100	97,27	57,58	40,76	34,96	27,60	18,55	10,96	7,25	4,88	0,00
10	Показатели по ГОСТ 9128-2013		90-100	75-100	62-100	40-50	28-38	20-28	14-20	10-16	6-12	4-10	
	Соответствие с ГОСТ 9128-2013		+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	

Расход битума в составе асфальтобетонной смеси составил 4,8% от общей массы заполнителей. Расход армирующей добавки варьирован в количествах 0.3-1.0% от суммарного количества заполнителей и битума, принятого за 100%. Исследование свойств асфальтобетона осуществили согласно методикам ГОСТ 12801-98 [6].

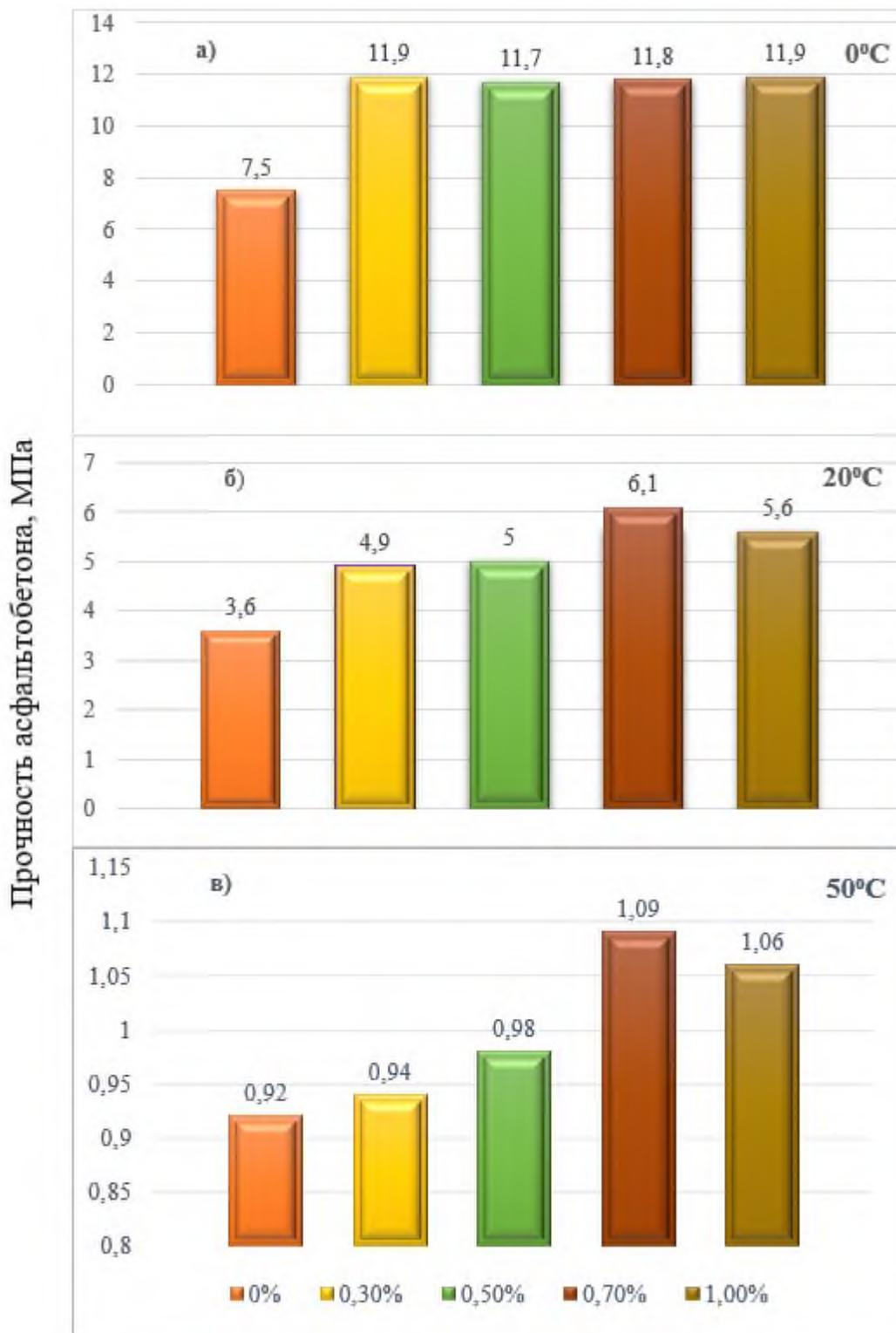


Рисунок 1- Зависимость прочности асфальтобетона без и с синтепоном при температурах, °C: а) 0°C; б) 20°C и в) 50°C.

На рис. 2 приведена зависимость прочности асфальтобетона на растяжение при сдвиге, которая также показывает на возрастание прочности образца асфальтобетона с синтепоном по сравнению с образцом без армирующей добавки.

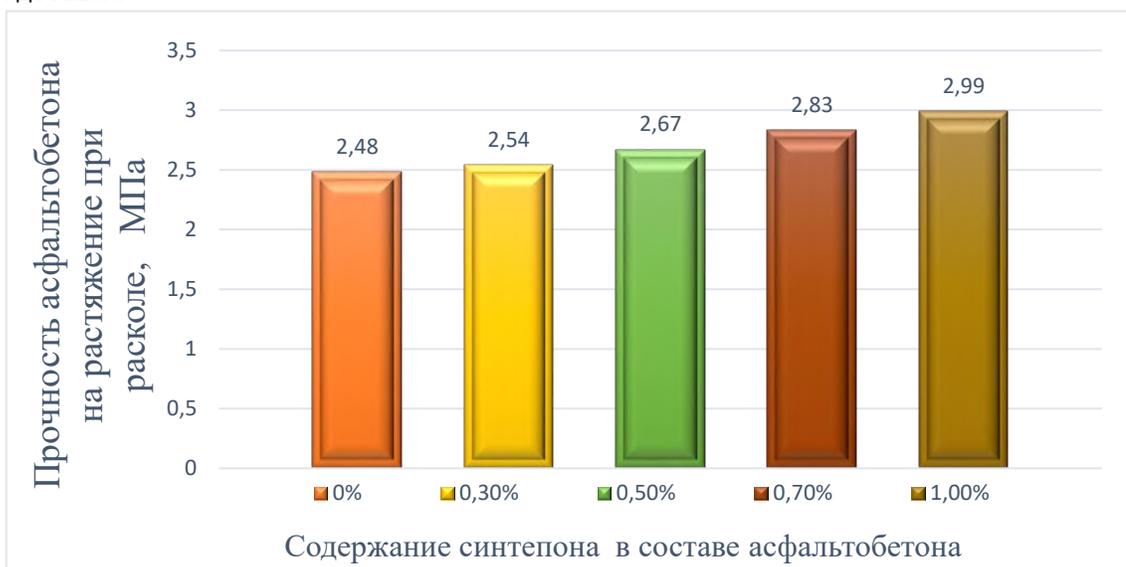


Рисунок 2- Зависимость прочности асфальтобетона на растяжение при расколе от содержания синтепона в его составе.

Показатели других характерных свойств асфальтобетона при разных количествах армирующей добавки в его составе приведены в Таблице 2.

Таблица 2- Плотность и водопоглощение асфальтобетона

Свойства асфальтобетона	Показатели свойств асфальтобетона при использовании армирующей добавки в её составе в количествах, % от массы асфальтобетонной смеси				
	-	0.3	0.5	0.7	1.0
Плотность, γ , кг/м ³	2.42	2.40	2.39	2.38	2.38
Водопоглощение, В, %	2.36	2.45	2.54	2.68	2.83
Коэффициент водостойкости, K_v	0.85	0.87	0.85	0.89	0.99
$K_{кк}$ при температуре 20°C	1.49	2.04	2.09	2.56	2.35

Анализ вышеприведённых экспериментальных данных показывает, что при введении синтепона в качестве армирующей добавки в состав асфальтобетона в количествах 0.3-1.0% от её общей массы плотность асфальтобетона снижается на 0.8-1.7%; её прочность при сжатии возрастает при 0°C на 56-57%; при 20°C - на 36,1 - 69,4%; а при 50°C – на 2,2 - 18,2 %; прочность асфальтобетона при расколе на трещиностойкость возрастает от 2.4% до 20.6%; возрастание коэффициента водостойкости асфальтобетона составляет от 2,4% до 16,5%; значение коэффициента конструктивного качества ($K_{кк}$) асфальтобетона повышается на 55-71.8%. При этом водопоглощение асфальтобетона с армирующей добавкой возрастает на 3.6-19.9%, но это отрицательно не влияет на показатели других свойств асфальтобетона.

Таким образом, можно заключить, что использование синтепона, полученного из полиэтилентерефталата использованных бутылок для хранения воды, в качестве армирующей добавки в составе асфальтобетонной смеси, улучшает качества асфальтобетона повышением показателей его свойств, обеспечивающих устойчивую и долговечную эксплуатацию автомобильных дорог. Введение армирующей добавки в состав асфальтобетона не оказывает существенное влияние на себестоимость его производства, поскольку синтепон получают из отработанной пластиковой посуды по несложной технологии получения ватобразной смеси волокон.

Рецензент: Исмоилзода Л.С. – к.т.н., доцент, начальник отдела экспертизы проектов дорог, мостов и транспортных тоннелей ГУП «Пашхисгар»

Литература

1. Патент 2 256 628 РФ, С 04 В 26/26. Активированный минеральный порошок для асфальтобетонной смеси / А.М. Сергута, С.А. Дымов// заявл.22.04.2004, опубл.20.07.2005, Бюл. №20.

2. Патент РТ №1557, МПК (2022): E 01C 7/18; C 04 B26/26 Асфальтобетонная смесь/ А. Шарифов, Дж.З. Тошов и др./ заявл.20.05.2024, опубл.19.11.2024, Бюл. №2401961

3. Патент РТ №1558, МПК (2023): E 01C 7/18; C04B 26/26 Асфальтобетонная смесь/ А. Шарифов, Дж.З. Тошов и др./ заявл.20.05.2024, опубл.19.11.2024, Бюл. №2401962

4. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.

5. ГОСТ 16557-2003. Минеральный порошок для асфальтобетонных смесей. Технические условия.

6. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.

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

TJ	RU	EN
Тошов Цонон Зухуриддинович	Тошов Джонон Зухуриддинович	Toshov Jonon Zukhuriddinovich
Ассистент	Ассистент	Assistant
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E.mail: tjz90@mail.ru		
TJ	RU	EN
Шарифов Абдумумин	Шарифов Абдумумин	Sharifov Abdumumin
доктори илмҳои техники, профессор	доктор технических наук, профессор	doctor of technical sciences, professor
Институти химии ба номи В.И. Никитини АМИТ	Институт химии имени В.И. Никитина НАНТ	Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin NAST
E.mail: Sharifov49@mail.ru		

УДК 541.48/486; 544.31.031: 546.65

ВИСМУТ – АНАЛОГИЯ, ТЕРМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕГО СПЛАВОВ С ЛАНТАНИДАМИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

С.К. Насриддинов, Г.К. Рузматова, А. Бадалов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Рассмотрена аналогия в свойствах сурьмы, висмута и свинца. Проведён системный анализ важной прикладной характеристики – температуры плавления интерметаллических соединений сплавов систем висмут (Bi)- лантаниды (Ln) полуэмпирическим методом, который учитывает особенности электронного строения лантанидов. Определены и/или уточнены температуры плавления интерметаллидов составов Bi_3Ln_5 , BiLn и Bi_3Ln_4 . Установлено, что закономерности изменения температуры плавления интерметаллидов в зависимости от природы лантанидов и от состава сплавов имеют сложный характер с проявлением «тетрад-эффект»-а. Составлены математические модели закономерностей.

Ключевые слова: аналогия, сплавы висмута с добавками лантанидов, температура плавления, закономерности изменения, природа лантанидов.

ВИСМУТ – АНОЛОГИЯ, ХОСИЯТҲОИ ТЕРМИКИИ ХУЛАҲО ОН БО ЛАНТАНИДҲО ВА ҚОНУНИЯТҲОИ ТАҒИРӢБИ ОНҲО

С.Қ. Насриддинов., Г.К. Рузматова., А.Бадалов

Монандӣ дар хусусиятҳои сурма, висмут ва сурб баррасӣ гардид. Таҳлили мунтазами тавсироти муҳими амалӣ – ҳарорати гудозиши пайвастагиҳои интерметаллии системаи висмут- лантанид бо усули нимэмпирикӣ анҷом дода шуд, бо назардошти сохтори электронии лантанидҳо. Ҳароратҳои гудозиши интерметаллидҳои зерин Bi_3Ln_5 , BiLn ва Bi_3Ln_4 муайян ва ё дақиқ карда шуданд. Қонуниятҳои тағйирёбии ҳарорати гудозиши интерметаллидҳо вобаста аз табиати лантанидҳо ва таркиби хӯлаҳо характери мураккаб дошта, бо зухуроти тетрад - эффекти зоҳир мегарданд. Моделҳои математикӣ ба қонуниятҳо тартиб дода шуданд.

Калидвожаҳо: аналогия, хӯлаҳои висмут бо иловаҳои лантанидҳо, ҳарорати гудозиши, қонуниятҳои тағйирёбии, табиати лантанидҳо.

BISMUTH - ANALOGY, THERMAL CHARACTERISTICS OF ITS ALLOYS WITH LANTHANIDES AND REGULARITIES OF THEIR CHANGES

S.K. Nasriddinov., G.K. Ruzmatova., A. Badalov

The analogy in the properties of antimony, bismuth and lead is considered. A system analysis of an important applied characteristic – the melting point of intermetallic compounds of bismuth (Bi) – lanthanide (Ln) alloys – is carried out using a semi-empirical method that takes into account the features of the electron structure of lanthanides. The melting points of intermetallic compounds of the Bi_3Ln_5 , BiLn and Bi_3Ln_4 compositions are determined and/or refined. It is established that the patterns of change in the melting point of intermetallic compounds depending on the nature of lanthanides and the composition of alloys are complex with the manifestation of the “tetrad effect”. Mathematical models of the patterns are compiled.

Keywords: analogy, bismuth alloys with lanthanide additives, melting point, patterns of change, nature of lanthanides.

Введение

Химические элементы - сурьма, висмут и свинец в Таблице химических элементов расположены рядом и во многом проявляют аналогию в физико-химических свойствах. Долгое время висмут воспринимали как разновидность свинца, олова и сурьмы [1]. Аналогия характеристик сурьмы и висмута также проявляется в структурной аномалии, наряду с водой и галлием, заключающейся в том, что у них плотность жидкой фазы больше, чем твёрдой. Установлено, что в результате перехода висмута из жидкого в твёрдое состояние, его удельный объём увеличивается на 3.32 % при температуре плавления 544 К, а у воды структурная аномалия наблюдается при +277 К и объём возрастает на 9 % [1-3]. Исследователями Института физики Казанского федерального университета показано, что «... атомы этих металлов вблизи температуры плавления в расплаве могут образовывать связанные структуры в виде компактных кластеров или протяжённых цепочек» [2], которые возможно приводят к структурной аномалии. Согласно другой теории аномалия наблюдается так, как в твёрдом висмуте наличие ковалентно - металлической связи препятствует образованию более плотной упаковки атомов в кристаллической решётке, которая разрушается при переходе в жидкую фазу с проявлением только металлической связи между атомами.

Вместе с тем свинец ($^{207,282}\text{Pb}$) является устойчивым продуктом радиоактивного распада многих радиоактивных элементов, а висмут - ($^{208,98}\text{Bi}$) открывает порог тяжёлых радиоактивных элементов (α -распад) [1-2].

Висмут относится к категории редких металлов и содержание его в земной коре оценивается в пределах $9 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-5}$ % масс. [1-4]. Висмут и его сплавы проявляют важные прикладные свойства и поэтому находят широкое применение во многих областях промышленности: почти 46% производимого висмута используется для получения легкоплавких сплавов – для изготовления клише с деревянных матриц, в протезировании зубов, напайке колпаков на броневой снаряды, для спайки металла со стеклом, в автоматических системах

пожаротушения. Сплав состава BiMn применяется для изготовления мощных постоянных магнитов. Сплав системы Hg-Bi-In является основой для получения стабильных и надёжных элементов питания, используемых в космической и военной технике (из висмута получают изотоп ^{210}Po , который используется как источник на космических станциях и кораблях). Сплавы висмута используются в производстве люминофоров, сегнетоэлектрических, акустооптических, сверхпроводниковых, фотонных, лазерных и других материалов [3-5].

В последнее время проводятся интенсивные исследования по разработке высокотемпературных термоэмиссионных генераторов, преобразующих тепловую энергию в электрическую [6-8]. Особое значение приобретают эти исследования в области высокотемпературных теплоносителей в реакторах на быстрых нейтронах, как материалы для контура охлаждения бланкета термоядерных реакторов [9-12]. В этом аспекте сплавы висмута и его аналогов – сурьма и свинец с добавками редкоземельных металлов, в частности лантанидов, проявляют наряду с высокой термической устойчивостью и термоэмиссионные способности [13-14].

Методы и результаты исследования

В настоящей работе приведены результаты исследования важной характеристики - температуры плавления сплавов висмута с лантанидами (Ln) и её зависимость от природы лантанидов и от состава сплава.

Сведения по диаграммам состояния систем висмут (Bi) – лантаниды (Ln) обобщены в фундаментальном справочнике [15] и об их характеристиках в работе [16]. Установлено, что в системах висмут (Bi) – лантаниды (Ln) образуются интерметаллические соединения составов Bi_2Ln , Bi_4Ln_5 , Bi_3Ln_5 , $\text{Bi}_{10}\text{Ln}_{11}$, BiLn , Bi_3Ln_4 и BiLn_2 . Анализ литературных сведений показывает, что диаграмма состояния систем Bi-Ln относительно подробно изучена для лантанидов цериевой подгруппы (за исключением Bi-Eu), частично изучены системы Bi-Gd , Bi-Du и отсутствуют сведения для иттриевой подгруппы (кроме Bi-Yb).

Анализ имеющихся сведений по температуре плавления интерметаллидов (ИМ) систем висмут – лантаниды показывает, что относительно подробно изучены и получены взаимосогласованные значения для составов Bi_3Ln_5 , BiLn и Bi_3Ln_4 , особенно для ИМ цериевой подгруппы. Поэтому эти системы стали объектами исследования настоящей работы. Для ИМ иттриевой подгруппы эти сведения изучены недостаточно и носят отрывочный характер. Поэтому невозможно установить закономерности в изменениях температуры плавления ИМ в зависимости от природы лантанидов в пределах всей группы.

С целью определения и/или уточнения температуры плавления интерметаллидов (ИМ) составов Bi_3Ln_5 , BiLn и Bi_3Ln_4 и получения наиболее полных сведений нами применён полуэмпирический метод, разработанный авторами работ [17-18].

Использовано корреляционное уравнение

$$T_{\text{пл. Bi}(x)\text{Ln}(y)} = A \text{Bi}(x)\text{La}(y) + \alpha N_f + \beta S + \gamma' S (\text{Ce} - \text{Eu}) (\gamma'' L(\text{тб} - \text{yb})) \quad (1)$$

По значениям коэффициентов уравнения (1) возможно учитывать влияние: α – $4f$ – электронов, β - и γ – спиновых (S) – и орбитальных (L) – моментов движения атомов и ионов лантанидов на температуру плавления ($T_{\text{пл.}}$) ИМ . Коэффициент γ' - относится к лантанидам цериевой подгруппы, γ'' – к металлам иттриевой подгруппы. Метод показал свою правомочность для аналогичных металлических систем с участием лантанидов [19-22].

Значения коэффициентов уравнения (1) по определению температуры плавления ИМ систем Bi-Ln составов Bi_3Ln_5 , BiLn и Bi_3Ln_4 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов уравнения (1) по определению температуры плавления ИМ систем Bi-Ln

ИМ	Параметр	α	β	γ'	γ''
BiLn	$T_{\text{пл.}}, \text{K}$	17,99	74,02	-12,39	-8,74
Bi_3Ln_4	$T_{\text{пл.}}, \text{K}$	-1,65	-39,55	27,50	-42,35
Bi_3Ln_5	$T_{\text{пл.}}, \text{K}$	-7,14	-25,71	-10,82	12,72

Из данных таблицы 1 можно отметить, что на величину температуры плавления ИМ существенное влияние оказывают для состава BiLn коэффициенты α и β , для составов Bi_3Ln_4 и Bi_3Ln_5 – β , γ' и γ'' .

Определённые и/или уточнённые, также литературные значения температуры плавления ИМ систем Bi-Ln обобщены и приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения температуры плавления изученных интерметаллидов систем
 Bi – Ln: P-1 – расчётные, литература – источник: [15-16].

Состав	Подгруппа Ln		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	
BiLn	Цериевая		P-1	1888	1923	1954	1997	2052	2119	2000
			[15]	1888	1903	-	2073	-	2090	-
	Литература		[16]	1800 1943	1798	2083	2223	-	2090	-
	Иттри- евая	Ln	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		P-1	2273	2246	2209	2182	2163	2152	1792*	2140*
	Литера тура	[15]	2273	-	2323	2045	773	-	-	2140*
[16]		2300	2193	2173 2323	2193	2133	2153	-	2103 2323	
Bi ₃ Ln ₄	Подгруппа Ln		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	
	Цериевая		P-1	1943	2003	2036	2042	2021	1972	1750*
			[15]	1943	2013	-	2023	-	1970	723
	Литература		[16]	1883	1903	1918	2023	-	1970	-
	Иттри- евая	Ln	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		P-1	1793	1683	1616	1592	1610	1670	1650*	1920*
Литера тура	[15]	1793	-	-	-	-	-	1773	-	
	[16]	1803	1848	-	-	-	-	1773	-	
Bi ₃ Ln ₅	Подгруппа Ln		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	
	Цериевая		P-1	1790*	1730	1689	1658	1638	1629	1450*
			[15]	1623	1673	-	1473	-	1878	623
	Литература		[16]	-	-	1643	1493	-	1878	-
	Иттри- евая	Ln	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		P-1	1650*	1687	1718	1736	1742	1735	1250*	1690*
Литера тура	[15]	1548	-	1788	-	1098	-	1673	-	
	[16]	1579	1743	1720	1693	1700	1783	1673	1723	

Из данных таблицы 2 видно хорошее совпадение расчётных и литературных значений температуры плавления ИМ с расхождением в пределах 50 - 150 градусов, которые составляют $\pm (5\div 8)$ %. Существенное расхождение данных наблюдается для ИМ состава Bi₃Ln₅, мало исследованных ИМ систем висмут - лантаниды цериевой подгруппы, и для ИМ BiEr, обусловленное трудностью получения соответствующей степени чистоты лантанидов.

Обсуждение результатов

Таким образом, на основе полученных сведений по температуре плавления ИМ составов BiLn, Bi₃Ln₄ и Bi₃Ln₅ установлены закономерности её изменения в зависимости от природы лантанидов и от состава в пределах всей группы лантанидов. Характерные особенности установленных закономерностей наглядно отражены на рисунках 1–3. Общей характерной особенностью кривых заключается в проявлении «тетрад-эффект»-а и их чёткого разделения по подгруппам лантанидов. Отклонение от общей закономерности для ИМ европия (№63) и иттербия (№70) обусловлено их электронным строением - частичным или полным заполнением 4f – орбиталей электронами.

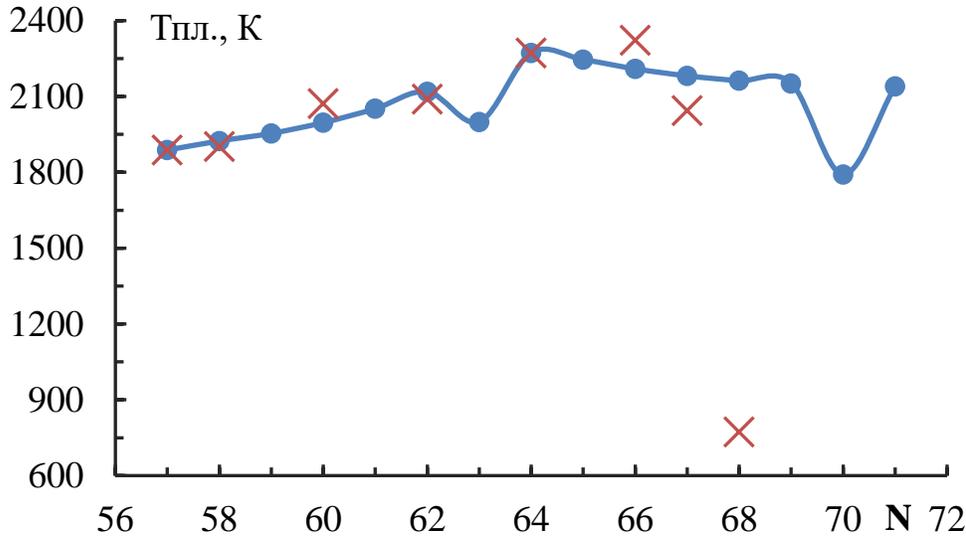


Рисунок 1 - Кривая закономерности изменения температуры плавления ИМ состава BiLn в зависимости от природы лантанидов:

● — Расчёт, X — литература.

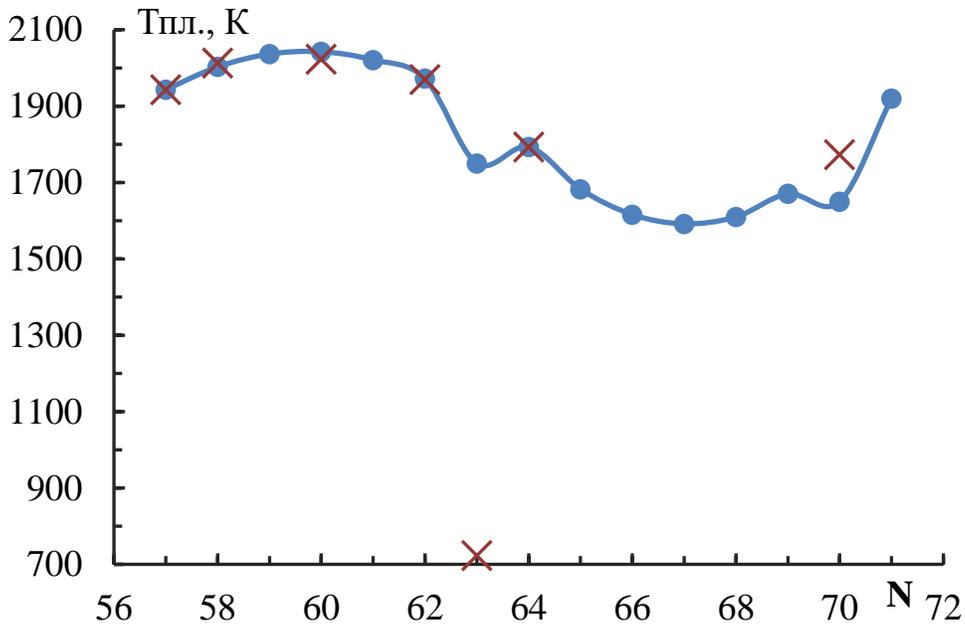


Рисунок 2 - Кривая закономерности изменения температуры плавления ИМ состава Bi₃Ln₄ в зависимости от природы лантанидов:

● — Расчёт, X — литература.

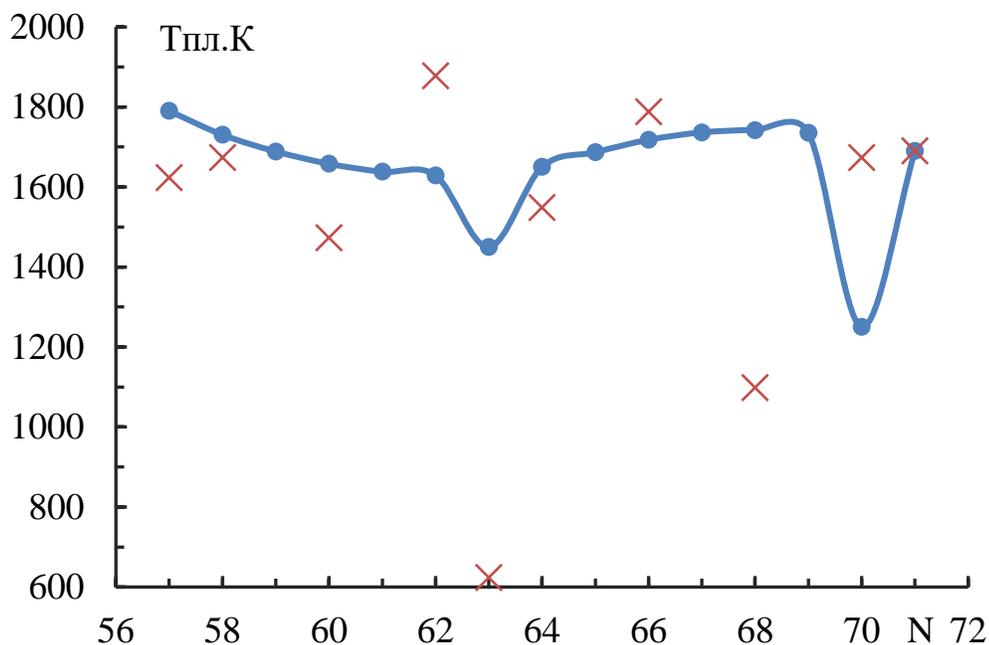


Рисунок 3 — График закономерности изменения температуры плавления ИМ состава Bi_3Ln_5 в зависимости от природы лантанидов: ●—Расчёт, X— литература.

Данные таблицы 2 позволяют установить закономерности изменения температура плавления изученных ИМ систем $Bi-Ln$ в зависимости от состава сплавов. На рисунках 4 и 5 наглядно изображены характерные особенности этих закономерностей для соответствующих подгрупп лантанидов.

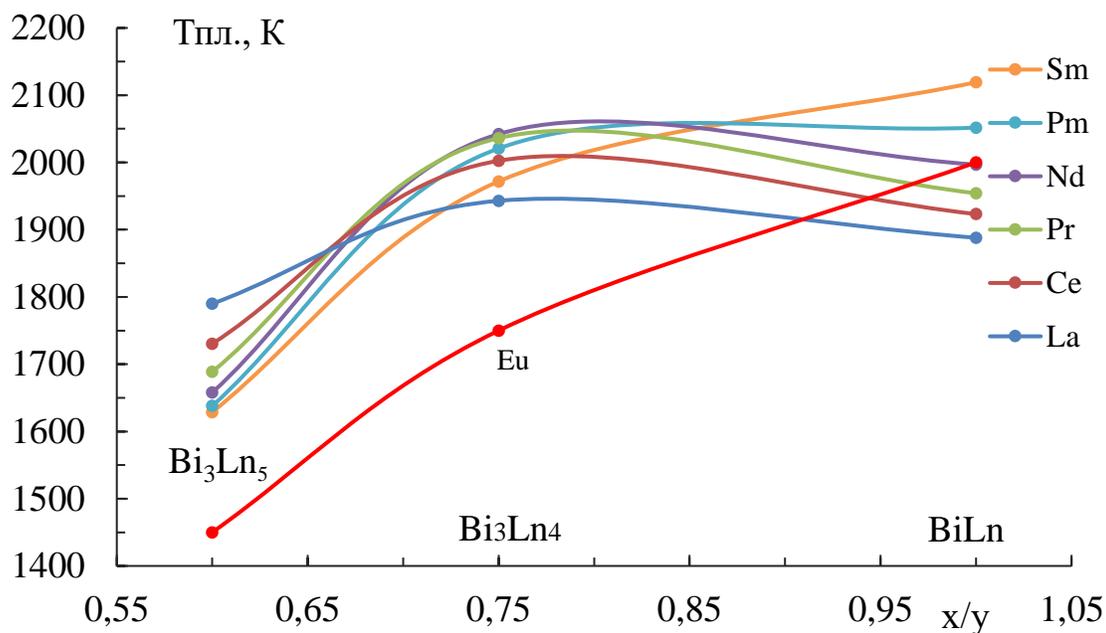


Рисунок 4 — Графики закономерности изменения температуры плавления в зависимости от состава для ИМ систем $Bi-Ln$ (лантаниды цериевой подгруппы).

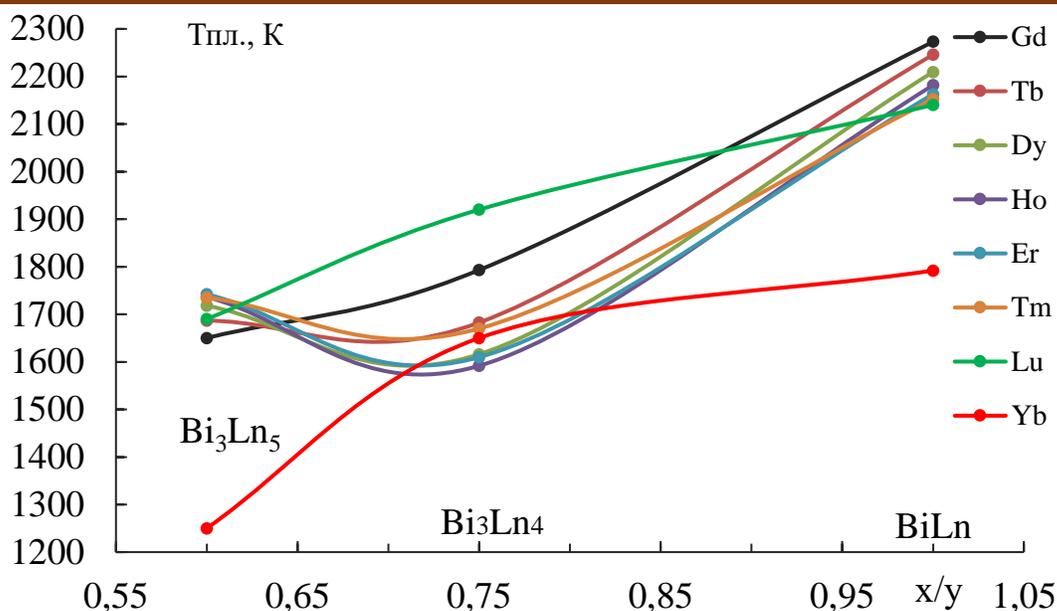


Рисунок 5 — Графики закономерности изменения температуры плавления в зависимости от состава для ИМ систем Bi-Ln (лантаниды иттриевой подгруппы).

Из рисунков 4,5 видно следующие характерные особенности:

- в целом, с ростом концентрации легирующей добавки лантанида в ряду $Bi_3Ln_5 \rightarrow Bi_3Ln_4 \rightarrow BiLn$ повышается температура плавления ИМ при разнохарактерности этих изменений в подгруппах лантанидов;

- для ИМ цериевой подгруппы при переходе $Bi_3Ln_5 \rightarrow Bi_3Ln_4$ наблюдается резкое повышение температуры плавления, которое замедляется при переходе $Bi_3Ln_4 \rightarrow BiLn$;

- для ИМ иттриевой подгруппы при переходе $Bi_3Ln_5 \rightarrow Bi_3Ln_4$ наблюдается резкое понижение температуры плавления, а при переходе $Bi_3Ln_4 \rightarrow BiLn$ происходит повышение данной характеристики ИМ;

- ИМ европия и иттербия отклоняются от установленных закономерностей, которые обусловлены их электронным строением.

Моделированием по стандартной программе MICROSOFT EXCEL получены уравнения (таблица 3), которые с высокой степенью достоверности выражают установленные закономерности изменения термохимических характеристик изученных ИМ систем Bi-Ln от природы лантанидов по их подгруппам. При расчетах не учтены данные для ИМ с участием европия и иттербия.

Таблица 3. Уравнения закономерности изменения термических свойств ИМ систем Bi — Ln от природы лантанидов: (а) — цериевой, (б) — иттриевой подгруппы

Состав	Свойство	Вид уравнений	Вид тренда	R ²	
BiLn	Т _{пл}	а	$y = 45,172x - 698,77$	Линейная	0,976
		б	$y = 2,8143x^2 - 399,44x + 16313$	Полином.	0,996
Bi ₃ Ln ₄	Т _{пл}	а	$y = -13,604x^2 + 1624,7x - 46466$	Полином.	0,999
		б	$y = 21,315x^2 - 2859,4x + 97486$	Полином.	1,000
Bi ₃ Ln ₅	Т _{пл}	а	$y = 6,048x^2 - 751,56x + 24977$	Полином.	0,999
		б	$y = -5,7456x^2 + 781,56x - 24837$	Полином.	0,998

Характерные особенности изменения закономерности в изменениях рассмотренных характеристик ИМ систем Bi-Ln в пределах лантанидных подгрупп наглядно показаны на рисунках 6 – 3.35.

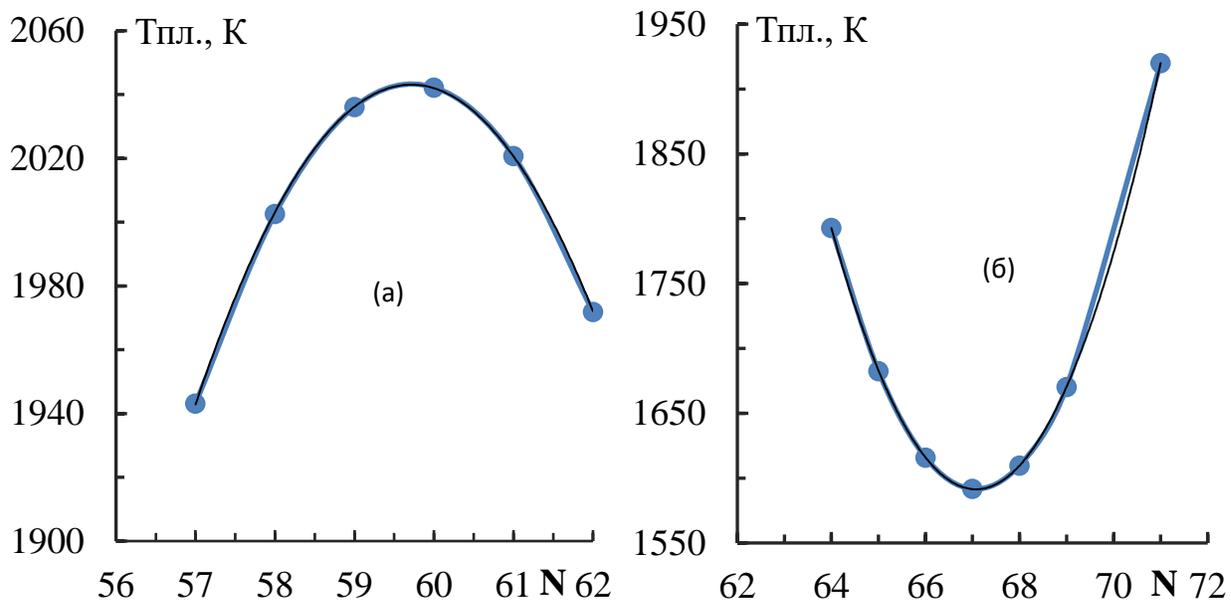


Рисунок 6 — Кривые закономерности изменения температуры и энтальпии плавления ИМ состава Vi_3Ln_4 от природы лантанидов цериевой (а) и иттриевой (б): N — порядковый номер лантанидов, (P-1), — линия тренда.

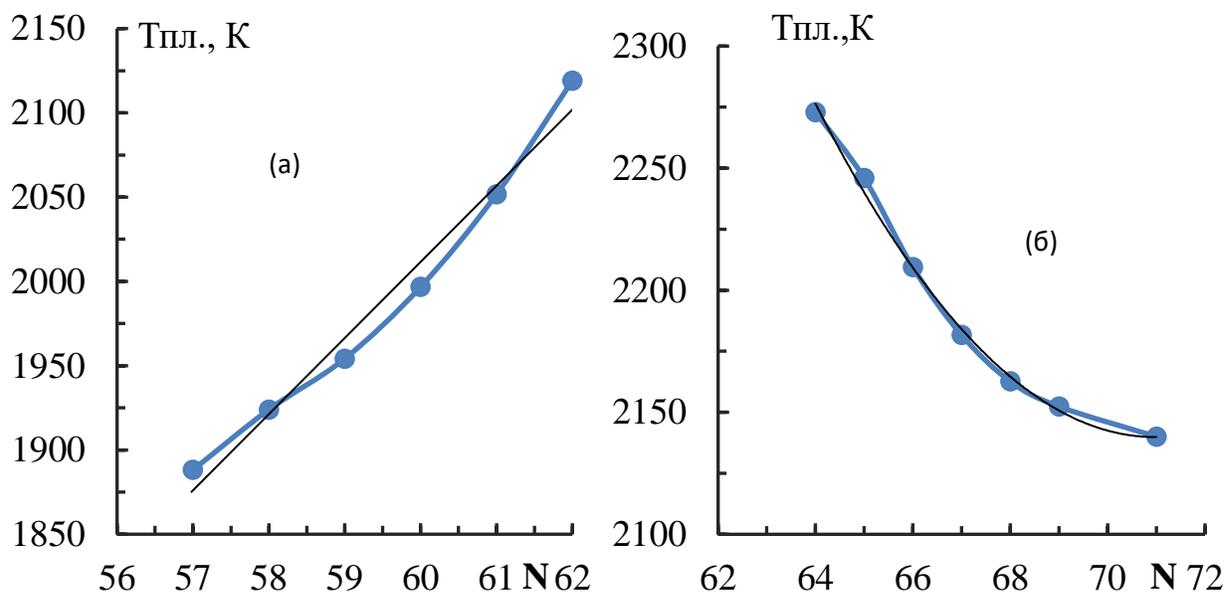


Рисунок 7 — Кривые закономерности изменения температуры и энтальпии плавления ИМ состава $ViLn$ от природы лантанидов цериевой (а) и иттриевой (б): N — порядковый номер лантанидов, (P-1) — линия тренда.

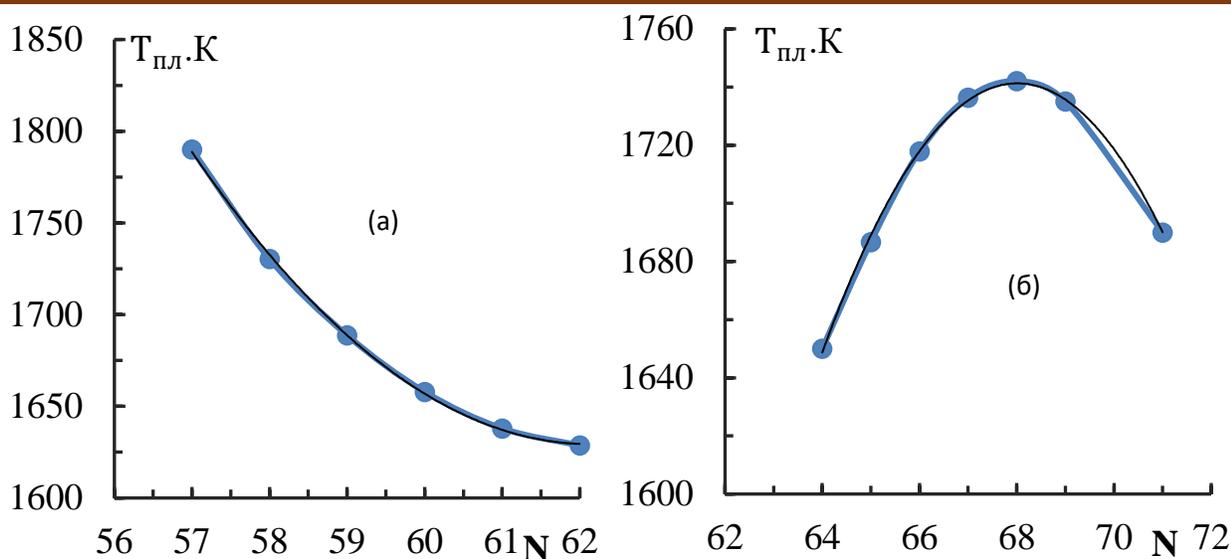


Рисунок 8 — Кривые закономерности изменения температуры и энтальпии плавления ИМ состава Bi_3Ln_5 от природы лантанидов цериевой (а) и иттриевой (б): N — порядковый номер лантанидов, (P-1), — линия тренда.

Заключение

Полученные сведения о термических характеристиках интерметаллидов помогут внести поправки и уточнить диаграммы состояния исследованных систем висмута с участием лантанидов. Полученные сведения имеют фундаментальный характер, которые пополняют банк термических характеристик металлических систем новыми данными и будут способствовать более широкому применению этих сплавов. Установленные закономерности изменения температуры плавления ИМ систем Bi-Ln от природы лантанидов позволяют, исходя из условий эксплуатации, подобрать соответствующий лантанид и состав сплава, что важно для наукоёмких отраслей промышленности.

Рецензент: Саидов С. — к.т.н., доцент кафедры «Органическая химия» ЛНУ

Литература

1. Гумбрис Е.Г. Актуальность получения и исследование висмутосодержащих комплексов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2009. №2 (72). С. 95-97.
2. Mokshin A. V. Galimzyanov B.N. Barrat L. Extension of Classical Nucleation Theory for Uniformly Sheared Systems Phys. Rev. E-2013. – V.87. – P.062307(1) – 062307(5).
3. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк.; 2004. -527 с.: ил.
4. Кренёв В.А., Дробот Н.Ф., Фомичёв С.В. Висмут: ресурсы, области применения и мировой рынок. Химическая технология том 15. № 1.2014.
5. Авдонин В. В., Бойцов В.Е., Григорьев В. М. и др. Месторождения металлических полезных ископаемых. М.: Трикта, 2005. 719 с.
6. Brown SR, Kauzlarich SM, Gascoin F, Snyder GJ. Yb₁₄MnSb₁₁: new high efficiency thermoelectric material for power generation. Chem Mater. 2006; 18:1873–7.
7. Chan JY, Olmstead MM, Kauzlarich SM, Webb DJ. Structure and ferromagnetism of the rare-earth Zintl compounds: Yb₁₄MnSb₁₁ and Yb₁₄MnBi₁₁. Chem Mater. 1998; 10:3583–9.
8. Магомедов А.М, Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Глава 8 Термоэлектродгенераторы. ИПО «Юпитер», Махачкала- 1996- 194 с.
9. Meschel S.V., Nash P., Du Yong, Wang J.C. The thermochemistry of some 5:3 binary lanthanide–lead compounds by high temperature direct synthesis calorimetry. J of Alloy and Compd., 2016, V. 656, p. 88-93.
10. G. Borzone, N. Parodi, R. Ferro, M. Gambino, V. Vassiliev, J.P. Bros, J of Alloy and Compd, 220(1993)111-116.
11. Новицкий А. П. Влияние дефектов и замещение висмута редкоземельными элементами на термоэлектрические свойства оксиселенидов BiCuSeO/ Автореф. дис.....к. ф.-м. н., Москва, 2019, 26 с.
12. Влияние замещения висмута празеодимом и лантаном на термоэлектрические свойства оксиселенидов BiCuSeO. А.П. Новицкий, И.А. Сергиенко, С.В. Новиков и др. Физика и техника полупроводников, 2019, том 53, вып. 2. С.226-230.

13. Абулхаев, В.Д. Синтез и физико-химические свойства сплавов и соединений редкоземельных элементов с сурьмой и висмутом: дис. ... д-ра хим. наук: 02.00.01/Абулхаев В. Дж. – Душанбе. -1996. -355 с.
14. Abdusalyamova M.N., Bismuthides of rare earth elements: Monograph/ M.N. Abdusalyamova, S.A. Gadoev, F.A. Makhmudov – Dushanbe: PD TTU, 2021 - 56 pp.
15. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. акад. РАН Лякишева Н.П. М.: Машиностроение, 1996, 1997, 2001, т.1-3, 992, 1024, 1320 с.
16. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник. Минск: Современная школа, 2005. - 608 с.
17. Мешкова, С.Б. Гадолиниевый излом в ряду трёхвалентных лантаноидов / С.Б. Мешкова, Н.С. Полуэктов, З.М. Топилова, М.М. Данилкович // Координационная химия. -1986. -Т.12. -Вып.4. -С.481-484.
18. Полуэктов, Н.С. Корреляционный анализ в физико - химии соединений трёхвалентных ионов лантаноидов / Н.С. Полуэктов, С.Б. Мешкова, Ю.В. Коровин, И.И. Оксиненко // Докл. АН СССР. -1982. –Т.266. -№5. –С.1157-1160.
19. Ахмедов Ш.А. Получение и физико-химические свойства сплавов системы алюминий – церий / Ахмедов Ш.А., Мирзоев Ш.И., Эшов Б.Б., Рузматова Г.К., Бадалов А. Вестник Хорогского университета, №1(29),2024. С. 207-211, ISSN 2664-5696.
20. С. А. Гадоев, Б. Ш. Рахмонов, Б.Б. Эшов, А. Бадалов. Температура плавления интерметаллидов состава Ln₅Pb₃ (где Ln – лантаниды) и закономерности их изменения. Вестн. ТТУ Серия: Инженерные исследования. № 4 (68) 2024. -С.92-98.
21. Ахмедов Ш.А., Исмоилов И.Р., Мирзоев Ш.И., Бадалов А. Температура плавления интерметаллидов систем магний - лантаноид. Кишоварз, ТАУ им. Ш Шотемур, №4 (80), 2018, с.147- 151.
22. Тсюан Тингжи, Азизов Ю.С., Бадалов А. Закономерность изменения температуры плавления эвтектики систем сурьма – лантаниды в области богатые сурьмой. Политехнический вестник. Сер. инженер. исследования (ТТУ), № 1 (49) – 2020, с.83 – 86.

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

TJ	RU	EN
Насриддинов Субхиддин Камарович	Насриддинов Субхиддин Камарович	Nasriddinov Subhidddin Kamarovich
номзади илмҳои химия,	кандидат химических наук	Candidate of Chemical Sciences,
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: subhididdin@mail.ru .		
TJ	RU	EN
Рузматова Гулноза Камоловна	Рузматова Гулноза Камоловна	Ruzmatova Gulnoza Kamolovna
номзади илмҳои химия,	кандидат химических наук	Candidate of Chemical Sciences,
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: Gulnoz@mail.ru .		
TJ	RU	EN
Бадалов Абдулхайр	Бадалов Абдулхайр	Badalov Abdulkhair
узви вобастаи АИ ҚТ, д. и.х., профессор.	чл.-корр. АН РТ, д. х. н., профессор.	Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Doctor of Chemical Sciences, Professor.
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: badalovab@mail.ru		

УДК 533.9:537.52

УСУЛИ ПЛАЗМОХИМИЯВИИ ҲОСИЛ НАМУДАНИ ХОКАҲОИ СУЛФИДИ ҚАЛЪАГИИ ДИСПЕРСИЯШ БАЛАНД

Б.С. Сафаров

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Вактҳои охир плазмаи пастҳарорат барои ба даст овардани маводди нави конструксионии дорои хосиятҳои идорашаванда васеъ истифода гардида истодааст. Дар айни замон плазмаи пастҳарорат барои ба даст овардани маводди нимноқили ба оташ тобовар ва катализаторҳои бисёркомпонента васеъ истифода бурда мешавад. Дар мақолаи мазкур омӯхтани имконияти ба даст овардани хокаҳои хурди дисперсии сулфиди қалъагӣ, ки бо роҳи бефосила бо атомҳои гидроген бомбарборон намудани омехтаи механикӣ, ки аз хлориди қалъагӣ ва сулфури кристаллӣ иборат аст баррасӣ шудааст.

Калимаҳои калидӣ: плазмаи пастҳарорат, пайвастагиҳои нимноқилӣ, қалъагӣ, омехтаи механикӣ, SnCl_2 ва сулфури кристаллӣ, дифрактограмма, спектроскопия ИС.

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ СУЛЬФИДА ОЛОВА

Б.С. Сафаров

В последнее время низкотемпературная плазма широко применяется для получения новых конструкционных материалов с управляемыми свойствами. В настоящее время такая методика широко применяется для получения тугоплавких полупроводниковых материалов и поликомпонентных катализаторов. Настоящая работа посвящена исследованию возможности получения мелкодисперсных порошков сульфидов олова методом непрерывной бомбардировки атомами водорода механическую смесь из хлорида олова с кристаллической серой.

Ключевые слова: низкотемпературная плазма, полупроводниковые соединения, олово, механическая смесь, SnCl_2 и кристаллическая сера, дифрактограмма, ИК-спектроскопия.

PLASMA-CHEMICAL METHOD OF PRODUCING HIGHLY DISPERSED TIN SULFIDE POWDERS

B.S. Safarov

Recently, low-temperature plasma has been widely used to obtain new structural materials with controlled properties. Currently, low-temperature plasma is widely used to obtain refractory structural materials and polycomponent catalysts. This work is devoted to the study of the possibility of obtaining finely dispersed tin sulfide powders by continuous bombardment of a mechanical mixture of tin chloride and crystalline sulfur with hydrogen atoms with hydrogen atoms.

Keywords: low-temperature plasma, semiconductor compounds, tin, mechanical mixture SnCl_2 , diffraction pattern, IR spectroscopy.

Муқаддима

Дар даҳсолаи охири асри XX тадқиқоти таҷрибавии плазма васеъ инкишоф ёфт, ки ба бисёр масъалаҳои муҳим ба монанди синтези идорашавандаи термоядрой, ба вучуд овардани табдилдиҳандаҳои энергияи плазма, муҳарриқҳои плазмавӣ, сохтани генераторҳои плазмавӣ ва ғайра дахл дорад. Яке аз усулҳои хеле самарабахши ҳосил кардани атомҳои гидроген, ки барои ҳалли бисёр масъалаҳои фундаменталӣ ва амалӣ васеъ истифода мешавад, диссоциатсияи гидроген дар плазмаи разряди газии пастҳарорат мебошад. Дар плазмаи разряди газ тавлиди атомҳои гидроген барои ташкили равандҳои гетерогении ташаққули қабати тунук ва реаксияҳои химиявии фазаҳои сахти ба даст овардани хокаҳои дисперсиашон баланд, хокаи металлӣ, сулфид ва карбид истифода мешавад. Истифодаи хлоридҳои металлӣ ҳамчун реагенти ибтидоӣ барои ба даст овардани плёнкаи металлӣ пеш аз ҳама аз он иборат аст, ки реаксияи химиявии гетерогении атомҳои гидроген бо хлоридҳо аз ҷиҳати энергетикӣ мусоид буда, дар шароити сабуктар сурат мегирад ва ифлосшавии плёнкаи бо маҳсулоти иловагии реаксия мушоҳида намешавад. Истифодаи плазмаи пастҳарорат аз он иборат аст, ки усулҳои плазмаи ҳосил кардани маводҳои нисбат ба усулҳои химиявӣ як қатор афзалиятҳо доранд. Бартарии муҳими технологияи плазма дар экология низ зоҳир мешавад, зеро бо усулҳои истеҳсоли плазма-химиявӣ ифлосшавии муҳити зист қариб вучуд надорад. Дар солҳои охир равандҳо ва дасгоҳҳои технологӣ дар асоси истифодаи плазмаи пастҳарорат аҳамияти калон пайдо карда аст [1-4].

Энергияи баланди равандҳои плазма имкон медиҳад, ки реаксияҳо, ки дар шароити муқаррарӣ бо истифода аз технологияҳои муқаррарӣ ғайриимконанд, амалӣ карда шаванд. Махсусан, дар ин соҳа дастгоҳҳо ва конструксияҳои мебошанд, ки бо басомади баланд гарм кардани газро истифода мебаранд, ки дар онҳо набудани электродҳои дохилӣ имкон медиҳад, ки плазмаи махсусан софи бо маҳсулоти нобудшавии онҳо олула нашуда ба даст оварда шавад. Масалан, технологияи плазма дар кори ба вучуд овардани равандҳои нави технологӣ дар химия, металлургия, коркарди масолеҳ ва дар истеҳсоли оксиди кремний (II), баъзе шпинелҳо, нитридҳо, карбидҳо, фторидҳо ва гидридҳои элементҳои гуногун бомуваффақият истифода бурда мешавад. Пеш аз ҳама, аз газҳои кремний ва карбогидрид, пайвастагиҳои металлӣ ва миқдори зиёди дигар маҳсулоти ғайриорганикӣ ва органикӣ ба оташ тобовар ба монанди алкил- ва арилсиланҳо мисоли истифода шудани технологияи плазмаро тавсиф мекунад [5-7].

Азбаски пайвастиҳои нимноқилҳо ҳассосияти баланд доранд, нимноқили теллуриди қалъагӣ дар дастгоҳҳои системаҳои оптоэлектронӣ татбиқи васеъ пайдо кардаанд [8].

Усули плазмо-химиявӣ ҳосил кардани хокаҳои дисперсион ба баланд ба истифодаи гузариши байнифазаҳо дар плазмаи пастҳарорат разряди реактиви баландбасомади индуксионии фишори атмосфера асос ёфтааст. Ин технология гузаштани моддаи ибтидоиро ба ҳолати газӣ бо конденсатсияи минбаъда дар реактори плазмо-химиявӣ таъмин мекунад. Реаксия дар дастгоҳи баландбасомади плазма-химиявӣ, ки дар [8] тавсиф шудааст, гузаронида шудааст. Атомҳои гидроген Н тавассути разряди электрикӣ, ки байни ду электроди беруна ба ҳаяҷон омадаанд, H_2 ба вучуд омадаанд, ки яке аз онҳо ба фидери генератори баландбасомади ЛГД-12 пайваст карда шудааст. Гидроген тавассути гузариш аз капилляри никелии тафсон тоза карда мешавад [9-12].

Омехтаи механикии $SnCl_2$ бо сулфури кристаллӣ дар ҳаҷми 5г ба субстрати технологӣ бор карда шуд ва дар системаи фишори равони гидрогени 130 Па муқаррар карда шуд.

Реаксияҳои гузариш бо истифода аз усулҳои электронографӣ ва таҳлили рентгенофазаӣ бо истифода аз микроскопи электронии JEM-1100CX ва дастгоҳи рентгении ДРОН-1.5 (афканишоти Cu Ka) назорат карда шуданд.

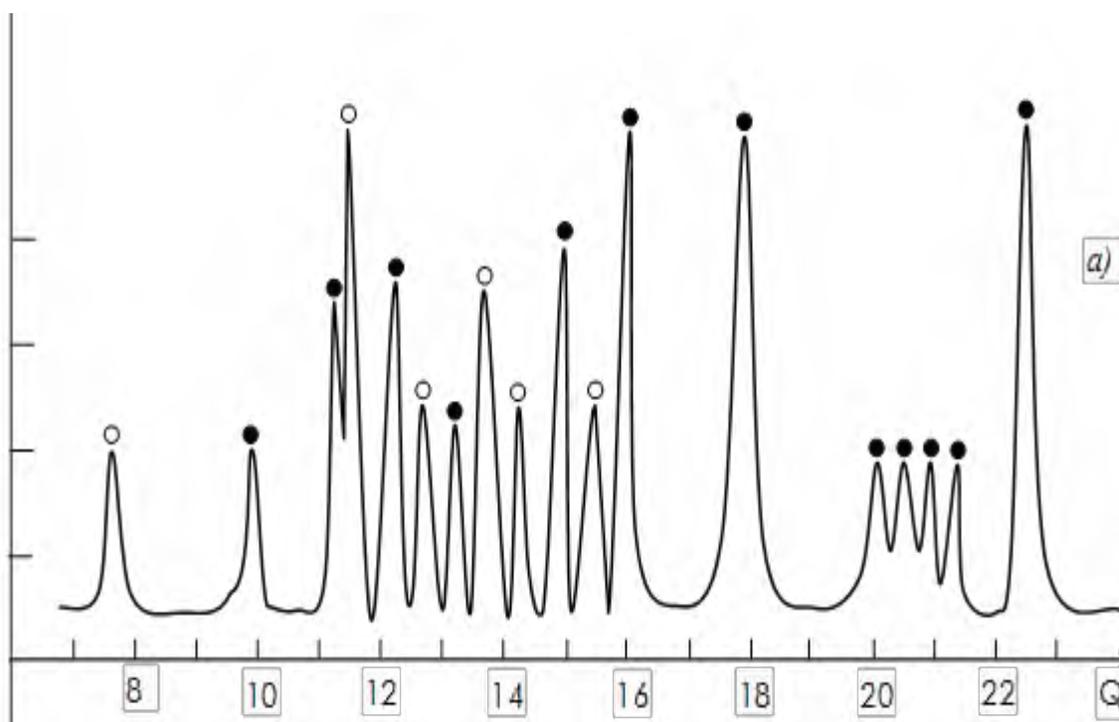
Муайян карда шуд, ки дар давоми 80 дақиқаи бомбаборонкунии омехта бо гидроген суст шудани шиддати инъикоси компонентҳои ибтидоӣ ва пайдоиши нав дар шакли рентнограмма мушоҳида мешавад, ки аз пайдо шудани дигар пайвастиҳои шаҳодат медиҳад (расми 1а).

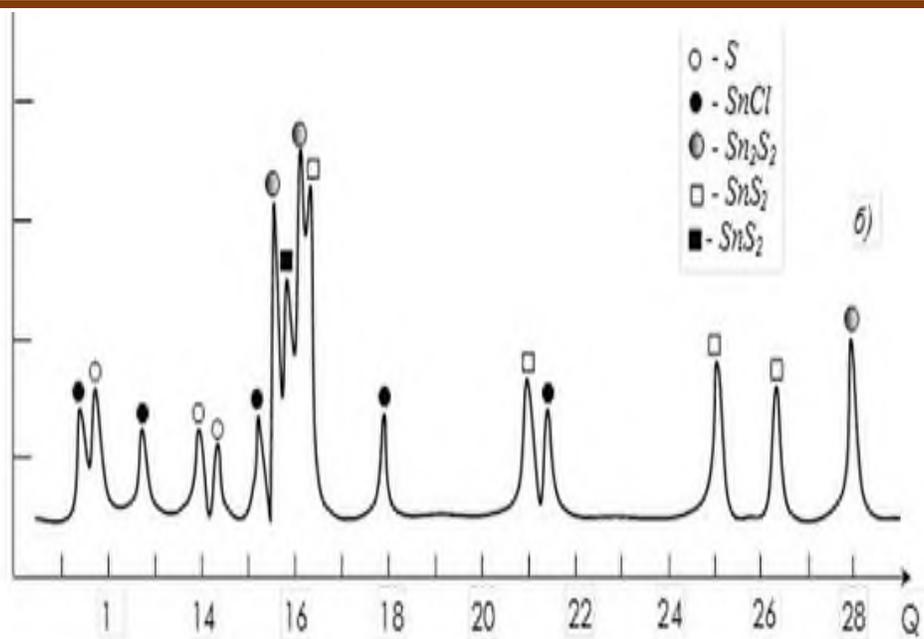
Индексизатсияи (сабти хатҳои дифраксионии инъикосшуда) рефлексҳои инъикос, ки дар расми 1б оварда шудаанд, ташаққули Sn_2S_3 ва SnS_2 -ро ҳамчун маҳсулоти реаксия нишон медиҳад.

Ҳангоми бомбаборони минбаъда бо атомҳои гидроген дар тӯли то 120 дақиқа, дар шакли дифрактограмма сустшавӣ ва афзоиши шиддати инъикоси Sn_2S_3 , SnS_2 ва SnS муайян карда шуд (расми 2а).

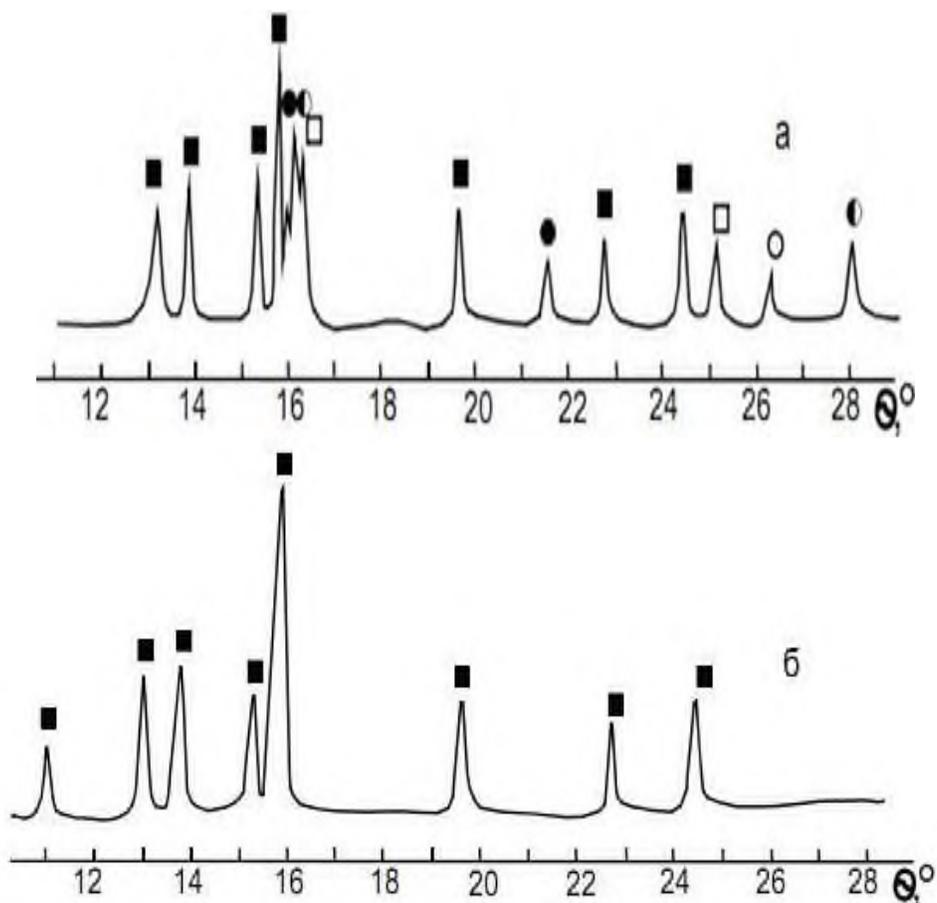
Бояд гуфт, ки хангоми бомбаборонкунии дар деворҳои реактор кони хокистарранг мушоҳида карда шуд.

Барои муайян кардани сохтор ва таркиби фазаҳо ба девори реактор торҳои мисини бо плёнкаи карбонии аррашуда часпонида шуданд; торҳо баъди ба охир расидани таҷриба ва паст кардани фишори реактор ба микроскопи электронии JEM-1100CX гузаронида шуданд.





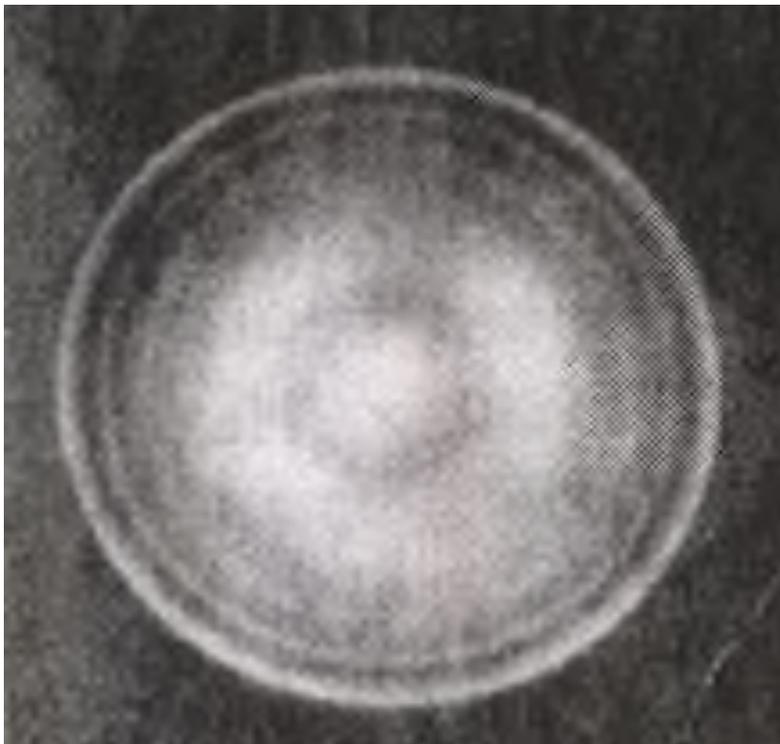
Расми 1 - Дифрактограммаи омехтаи механики $\text{SnCl}_2 + \text{S}$ пеш (а) ва баъд аз бомбаборонкуни бо атомҳои гидроген дар мудати 80 дақиқа (б)



Расми 2 - Дифрактограммаи маҳсулоти реаксия бо бомбаборони омехта бо гидроген дар тӯли 120 дақиқа (а) ва 160 дақиқа (б).

Намунаи дифраксионии плёнкахое, ки дар натиҷаи бомбаборонкунии пайвасти омехтаи механики бо атомҳои гидроген ба даст омадаанд, аз ташаккули сохтори шашкунҷавии дисулфиди кальгагӣ шаҳодат медиҳад (расми 3).

Муқаррар карда шуд, ки дар деворҳои реактор таҳшин шудани плёнкахо натиҷаи реаксияи якхелаи пайвастиҳои гидрогени идорашавандаи кальгагӣ ва сулфур мебошад. Бо мақсади тасдиқ намудани ин тахмин дар спектрофотометри М-80 дар минтакаи $200\text{—}800\text{ см}^{-1}$ тадқиқоти ИС-спектроскопии плёнкахо гузаронда шуданд. Дар баъзе мавридҳо дар спектри ИС-и плёнкахо тасмаи ҷаббиш дар минтакаи 350 см^{-1} муайян карда шуд.



Расми 3 - Намунаи дифраксияи плёнкахои дисулфиди кальгагӣ, ки дар натиҷаи бомбаборон кардани омехта бо гидроген дар мудати 120 дақиқа ба даст омадааст.

Хулоса

1. Муқаррар карда шудааст, ки таҳшини плёнкахо дар вақти бомбаборон кардани омехтаҳои механикӣ бо атомҳои гидроген дар натиҷаи ба вуҷуд омадани фазаи газ ва таҳшиннамоии маҳсулоти реаксия мебошад.

2. Қобилияти гидроген дар раванди бомбаборон кардани омехтаи реактивҳои ибтидоӣ ва ҳосил намудани маводди нав ба андозандаи реаксияҳои мубодилаи моддаҳо муайян карда шудааст.

3. Механизмҳои ҳосилшавӣ, параметрҳои физикию химиявии онҳо вобаста ба миқдори атомҳои бомбабороншудаи гидроген, ҳарорат, фишор дар реактор ва андозаҳои геометрии реактор муқаррар карда шудаанд.

Рецензент: Джурев П.Д. – д.т.н., профессор кафедри «Металлургия», ТПУ имени академика М.С. Осими.

Адабиёт

1. Ганз С.Н. Пархоменко В.Д. Плазма в химической технологии / С.Н. Ганз, А.П. Мельник, В.Д. Пархоменко. – Киев: Техника, – 1969. – 176 с.

2. Хоршуты Д. Хемосорбция водорода / Д. Хоршуты, Г. Тоя // Поверхностные свойства твердых тел. – 1972. – С. 11-24.

3. Фаст, Дж.Д. Взаимодействия металлов с газами. Т.2. Кинетика и механизм / Дж.Д. Фаст. – М.: Metallurgizdat, – 1975. – 196 с.

4. Шопов Д. Химическая связь при адсорбции и катализе. 1. Металлы / Д. Шопов, А. Андреев – София: Болгарской АН, – 1975. – 276 с.

5. Фаст Дж.Д. Взаимодействие металлов с газами. Т.2. Кинетика и механизм / Дж.Д. Фаст. – М.: Metallurgizdat, – 1975. – 68 с.

6. Дункен Х. Квантовая химия адсорбции на поверхности твердых тел / Х. Дункен, В. Лыгин. – М.: Мир, – 1980. – 288 с.
7. Полак Л. С. Теоретическая и прикладная плазмохимия / Л. С. Полак, А. А. Овсянников Д. И. Словецкий Ф. Б. Бурзель.– М.: Наука, –1975. – 304 с.
8. Ганз С. Н., Пархоменко В. Д. Получение связанного азота в плазме / С. Н. Ганз, В. Д. Пархоменко. – Киев: Вища школа, –1976. –196с.
9. Полака Л. С. Плазмохимические реакции и процессы / Л. С. Полака. –М.: Наука,–1977.–316 с.
10. Полока Л. С. Химические процессы в низкотемпературной плазме: Сб. статей / Под ред. Л. С. Полока. – М.: Ин-т нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева АН СССР, –1977. – 201 с.
11. Сурис А.Л. Плазмохимические процессы и аппараты.–М.:–1989.–304 с.
12. Ганз С.Н. Некоторые особенности процесса пиролиза природного газа в азотной плазме / С.Н. Ганз, Ю.И. Краснокутский, В.Д. Пархоменко // Химическая промышленность, – 1970. – №5. – С. 356 - 359.

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

TJ	RU	EN
Сафаров Бахриддин Саидович	Сафаров Бахриддин Саидович	Safarov Bakhriiddin Saidovich
Номзади илмҳои техникӣ, ичроқунандаи вазифаи дотсент	Кандидат технических наук, и.о. доцент	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
E-mail: Baha_1985@mail.ru		

УДК 666.3:553.612

ОГНЕУПОРНЫЕ ГЛИНЫ ТАДЖИКИСТАНА КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЮВЕЛИРНЫХ ТИГЛЕЙ

Х.Б. Кабгов, Ф.Н. Махмудов, Э.Н. Шаймарданов

Национальная академия наук Таджикистана

Институт химии имени В.И. Никитина НАН Таджикистана

От истоков цивилизации и до наших дней керамика остается одним из важнейших материалов, востребованных в быту и промышленности. История керамики насчитывает тысячелетия, и даже в эпоху высоких технологий она не утратила своего значения. Огнеупорная керамика, способная выдерживать экстремальные температуры, находит широкое применение в различных областях. В данной работе мы сосредоточимся на исследовании возможности использования местных глин Таджикистана для производства огнеупорных ювелирных тиглей – изделий, сочетающих в себе традиции древнего ремесла и современные требования к термостойкости.

Ключевые слова: керамика, глина, огнеупорность, уголь, тигли.

ГИЛҶОИ ОТАШТОБОВАРӢ ТОҶИКИСТОН ҲАМЧУН АШӢИ ХОМИ УМЕДБАХШ БАРОИ ИСТЕҲСОЛИ ТИГЕЛҶОИ ЗАРГАРӢ

Х.Б. Кабгов, Ф.Н. Махмудов, Э.Н. Шаймарданов

Аз ибтидои тамаддун то ба имрӯз, сафол яке аз муҳимтарин мавод боқӣ мемонад, ки дар рӯзгор ва саноат ба таври васеъ истифода мешавад. Таърихи сафол ба ҳазорсолаҳо мерасад ва ҳатто дар даврони технологияҳои олии низ аҳамияти худро гум накардааст. Сафол ба оташ тобовар, ки қобиляти тоб овардан ба ҳароратҳои ниҳоят баландро дорад, дар соҳаҳои гуногун ба таври васеъ истифода мешавад. Дар ин қор, мо ба таҳқиқи имконияти истифодаи гилҳои маҳаллии Тоҷикистон барои истеҳсоли кӯраҳои оташтобони заргарӣ, маҳсулоте, ки анбанаҳои ҳунармандии қадимро бо талаботҳои муосир ба муқовимати гармӣ муттаҳид мекунад, тамаркуз хоҳем кард.

Калидвожаҳо: сафол, гил, оташ тобоварӣ, ангишт, тигелҷо.

REFRACTORY CLAYS OF TAJIKISTAN AS A PROMISING RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF JEWELRY CRUCIBLES

H.B. Kabgov, F.N. Makhmudov, E.N. Shaymardanov,

From the dawn of civilization to the present day, ceramics have remained a vital material, widely used in both everyday life and industry. The history of ceramics spans millennia, and even in the age of advanced technologies, it has not lost its significance. Refractory ceramics, capable of withstanding extreme temperatures, find extensive applications in various fields. This study focuses on investigating the potential of using local clays from Tajikistan for the production of refractory jewelry crucibles – products that combine the traditions of ancient craftsmanship with modern requirements for thermal resistance.

Keywords: ceramics, clay, refractoriness, coal, crucibles.

Введение

Глинистые алюмосиликатные породы, благодаря своим уникальным свойствам и доступности, находят широчайшее применение в современной промышленности. Спектр их использования охватывает множество отраслей, включая производство строительной керамики (кирпича, плитки и т.д.), тонкой керамики (фарфора, фаянса), высокотемпературных огнеупорных материалов, различных видов цемента, глинистых растворов, необходимых для бурения скважин, литейных форм для металлургии, а также в бумажной промышленности. Помимо этого, алюмосиликатные глины используются в процессах очистки нефтепродуктов и жиров, производстве минеральных красок и во многих других сферах [1].

В структуре минеральных ресурсов важное место занимают глинистые минералы, среди которых особое значение имеют огнеупорные глины, широко используемые в различных сферах народного хозяйства. Огнеупорные глины классифицируются по минералогическому составу, выделяя три основных типа: каолиновые, монтмориллонитовые и гидрослюдистые глины. Нередко встречаются смешанные типы, состоящие из комбинации этих минералов. Каолиновые глины являются наиболее распространенными в земной коре [2, 3].

Каолинит ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) представляет собой слоистый алюмосиликат, характеризующийся неметаллическим блеском, мягкостью, белым цветом и белой чертой. Его структура обычно плотная и землистая, а при увлажнении он проявляет характерный глинистый запах. Главной особенностью каолинита является его способность образовывать пластичную массу при смешивании с водой, что отличает его от боксита. Каолинит формируется в результате интенсивного химического выветривания алюмосиликатных минералов, в частности, полевых шпатов, под воздействием атмосферных факторов и гидротермальных процессов.

Монтмориллонит ($\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – минерал с моноклинной сингонией, характеризующийся переменным цветом (серый, черный, красноватый, зеленый), матовым блеском и жирностью на ощупь. Отличительной особенностью монтмориллонита является его способность к значительному набуханию в воде, обусловленная слабой связью между слоями в кристаллической структуре. При гидратации объем монтмориллонитовых глин может увеличиваться в несколько раз. Это свойство определяет их применение в качестве компонента буровых растворов при бурении нефтяных скважин, а также в процессах очистки в нефтяной и текстильной промышленности. Кроме того, монтмориллонит используется в качестве наполнителя в резиновой и косметической отраслях.

Гидрослюдистые глины представляют собой землистые породы с белой, серой, зеленой или пестрой окраской. Они не набухают в воде и применяются в производстве огнеупорного кирпича и различных керамических изделий. В Центральной Азии, в частности в центральных и северных регионах нашей республики, для изготовления керамики традиционно используется местное природное сырье – глины и лессовые суглинки [4].

На территории Таджикистана зарегистрировано более 36 угольных рудопроявлений. Вмещающие уголь породы представлены в основном алюмосиликатными глинистыми минералами [5].

Во многих угольных месторождениях, где проводятся исследования, важное значение имеют месторождения, содержащие как уголь, так и огнеупорные глины. К таким объектам относятся Зиддинское (каменный уголь), Шишкатское (бурый уголь), Шурабское (бурый уголь) и другие месторождения, расположенные в центральной и северной части Республики. Геологоразведочные работы указывают на значительные запасы полезных ископаемых в восточной части этих месторождений: например, 17 700 тыс. тонн угля и 46 700 тыс. тонн огнеупорных глин [6].

Целью проводимых исследований является оценка огнеупорных свойств, глин юрских терригенно-угленосных отложений этих месторождений. Это включает в себя оценку качества минерального сырья (угля и пластов огнеупорных глин) и разработку комплексных, безотходных и экономически эффективных инновационных технологий для их переработки.

На Зиддинском и Шишкатском месторождениях огнеупорные глины являются вторым по значимости полезным ископаемым после угля. Они широко распространены на всей площади месторождения, подстилая и перекрывая угольные пласты. Литологически, глинистые породы представлены крупно- и мелкозернистыми алевролитами, аргиллитами и углистыми аргиллитами. Мощность пластов варьирует от 0,5-1,5 м до 3-5 м.

Оценка качества огнеупорных глин проводилась в соответствии с требованиями ГОСТ 9169-75 “Сырьё глинистое для керамической промышленности. Классификация”.

Материалы и методы

Для изучения глинистых пород были использованы следующие методы и оборудование; химический силикатный анализ для определения породообразующих элементов; SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , п.п.п. Гранулометрический анализ пород, для выделения отдельных фракций и установления типов пород и их вещественного состава. Рентгенофазовый и термический анализ для установления минералогического состава глинистых, песчаных пород.

Для проведения исследований отбирались пробы алевролитов и аргиллитов, представляющих собой глинистое минеральное сырье. Изучение глинистой фракции (<0,01 мм) проводилось инструментальными методами: рентгенофазовый анализ на приборе ДРОН-2 и термический анализ на венгерском дериватографе MOM (Q-1000 D).

Рентгенофазовый анализ тонкой фракции глин (<0,01 мм) показал присутствие двух фаз: каолинита и гидрослюда (иллита), которые идентифицируются по интенсивным базальным рефлексам 7,14 и 3,56 Å (каолинит) и менее интенсивным рефлексам 10,1, 5,0 и 3,35 Å (гидрослюда) (рис. 1).

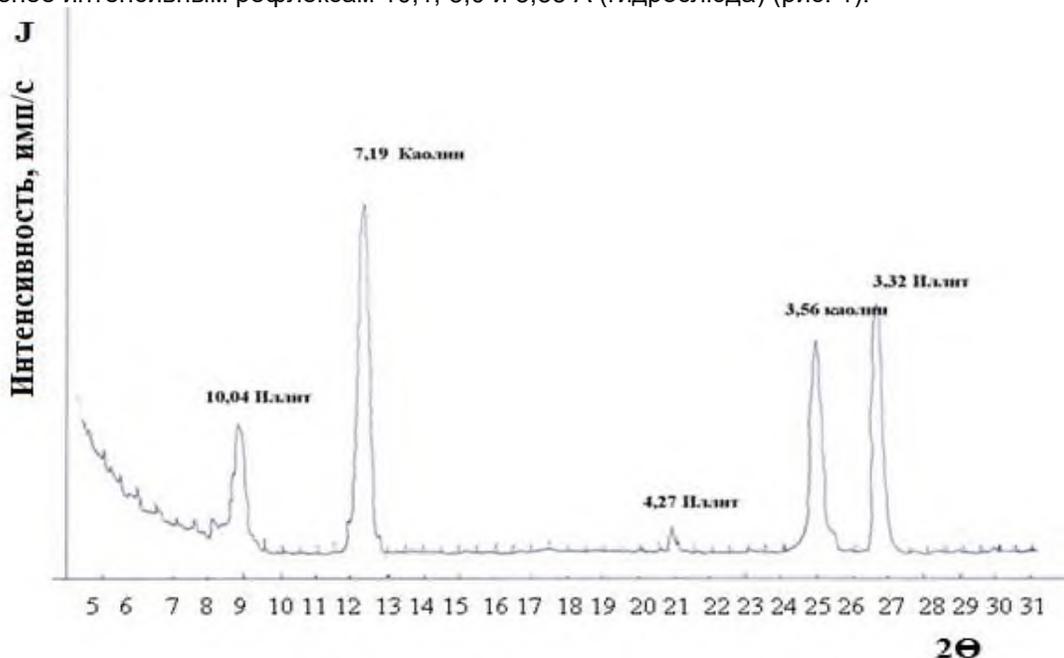


Рисунок 1 – Дифрактограмма тонкой фракции глин (<0,01мм) Зиддинского месторождения

Для экспериментального установления температуры спекания глинистого сырья Зиддинского месторождения были изготовлены опытные образцы. С помощью стальной пресс-формы и лабораторного гидравлического пресса марки ДР-36-7/75 (Carl Zeiss Jena, Германия) из глинистой массы технологических проб методом полусухого прессования с влажностью 7-8% при давлении 150 кгс/см² были отформованы цилиндрические стержни с заданными размерами 40x50 мм (Рис.2) и огнеупорные тигли разных размеров (Рис.3). Из каждой технологической пробы было изготовлено по 5 образцов для проведения обжига в широком диапазоне температур: от 1100 °С до 1300 °С с интервалом 50 °С.



Рисунок 2 — Опытные образцы огнеупорных глин в виде цилиндрических стержней (размер 40x50мм)



Рисунок 3 – Огнеупорные тигли для плавки драгоценных металлов из глины Шишкатского угольного месторождения

По данным измерений водопоглощения обожжённых образцов, незначительное изменение водопоглощения наблюдается до температуры обжига 1200 °С (от 11,71% до 8,23%). При достижении температуры 1250 °С происходит резкое снижение водопоглощения до 2,41%, а дальнейшее повышение температуры до 1300 °С приводит к стабилизации этого показателя (2,45%).

Обсуждение результатов

Полученные результаты испытаний свидетельствуют о том, что огнеупорные гидрослюдисто-каолинитовые глины Зиддинского и Шишкатского месторождений обеспечивают формирование плотного черепка при температуре 1250 °С. Согласно ГОСТ 9169-75, глинистое сырье Зиддинского месторождения по температуре спекаемости классифицируется как среднеспекающееся.

Изготовленные образцы огнеупорных тиглей были предоставлены для проведения испытаний в ООО «Равшан» (г. Душанбе), специализирующееся на изготовлении ювелирных изделий. По результатам проведенных испытаний был получен положительный акт, подтверждающий возможность внедрения разработанной технологии.

Рецензент: Самихзода Ш.Р. — д.т.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории “Обогащения руд” Института химии им. В.И. Никитина НАНТ.

Литература

1. Солодкий Н.Ф. Минерально-сырьевая база Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности/ Н.Ф., Солодкий, А.С Шамриков, В.М. Погребенков// Справочное пособие - Томск: Аграф-Пресс, 2009. - 332 с.
2. Стрелов К.К. Технология огнеупоров/ К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин. Издание третье, переработанное// Издательство «Металлургия» - Москва.- 1978, С. 188-196
3. Сырье глинистое для керамической промышленности классификация ГОСТ 9169-75// Издание официальное Москва, 1975
4. Мурзубраимов Б.М. Исследование физико-химических свойств глин месторождений Ноокат и Таш-Кумыр/ Б.М. Мурзубраимов, М.Д. Абдуллаева// Журнал «Известия» ОшГУ. -2020.- С.88-92
5. Абдурахимов Б.А. Угольная промышленность таджикистана: сырьевая база, состояние и перспективы развития/ Б.А. Абдурахимов, Р.В.Охунов// Душанбе: Недра. 2011.-214 с.
6. Валиев Ю.Я. Литологические, химические и минералогические исследования огнеупорных глин Зиддинского месторождения/ Валиев Ю.Я., Махмудов Ф.А., Кабгов Х.Б, Шаймарданов Э.Н.// Сборник материалов XVI Нумановские чтения 21-октябрь 2021 г. Душанбе/ Институт химии им. В.И.Никитина НАНТ С 154-129.

СВЕДЕНИЕ ОБ АВТОРАХ - МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

TJ	RU	EN
Кабгов Ҳамдам Бобомуродович	Кабгов Хамдам Бобомуродович	Kabgov Hamdam Bobomurodovich
Н.и.к.. мудири озмоишгоҳи “Геохимия ва химияи таҳлилий” Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ	К.х.н. заведующий лабораторией «Геохимии и аналитической химии» Института химии им. В.И. Никитина НАНТ	Candidate of chemical sciences, Head of the Laboratory of Geochemistry and Analytical Chemistry, Institute of Chemistry, V.I. Nikitin, NAST
E-mail: hamdamikabk@mail.ru		
TJ	RU	EN
Махмудов Фарход Абдухолиқович	Махмудов Фарход Абдухоликович	Mahmudov Farhod Abdukholikovich
Н.и.к. ходими пешбари илмии Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ	К.х.н., ведущий научный сотрудник лабораторией «Геохимии и аналитической химии» Института химии им. В.И. Никитина НАНТ	Candidate of chemical sciences, leading researcher. Laboratory of Geochemistry and Analytical Chemistry, Institute of Chemistry, V.I. Nikitin, NAST
E-mail: ap7238@gmail.com		
TJ	RU	EN
Шаймарданов Эрнест Науфальевич	Шаймарданов Эрнест Науфальевич	Shaymardanov Ernest Naufal'yevich
ходими илмии озмоишгоҳи “Геохимия ва химияи таҳлилий” Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ	научный сотрудник лабораторией «Геохимии и аналитической химии» Института химии им. В.И. Никитина НАНТ	Research Scientist, Laboratory of Geochemistry and Analytical Chemistry, V.I. Nikitin Institute of Chemistry NAST
E-mail: ap7238@gmail.com		

ТДУ 621.703.1

ТАЪСИРИ ҚОИЗИ АНДОЗА БА ЭЪТИМОДНОКИИ ЧУЗЪҲОИ АВТОМОБИЛ

Н.Б. Сахибов

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар мақолаи мазкур ҷанбаҳои асосии таъсири қоизи андоза ба сифатнокии истеҳсоли ҷузъҳо баррасӣ шуда, моҳияти қоизи андоза, хусусиятҳои асосии он дида баромада шудааст. Нишон дода шудааст, ки қоизи андозаи тарҳрезӣ ва технологӣ дар вақти истеҳсоли андозаҳои ҷузъҳо ба эътибор гирифта шаванд. Хусусиятҳои асосии қоизи андоза дида баромада шуда дар ҳолатҳое, ки агар қоизи андозаи технологӣ аз қоизи андозаи тарҳрезӣ калон бошад, барои баланд бардоштани сифати истеҳсоли ҷузъҳо истифодабарии усули интиҳоби селективӣ тавсия карда шудааст. Масъалаи баланд бардоштани самаранокии истеҳсоли ҷузъ аз назари иқтисодӣ дар вақти тайёр намудани дақиқии андозаи ҷузъ дида баромада шудааст. Стандарти давлатӣ дар бораи танзими қоизи андоза дида баромада шуда, хусусиятҳои асосии қоизи андоза таҳлил карда шудааст, ки барои баланд бардоштани сифати истеҳсоли ҷузъҳо мусоидат мекунад.

Калидвожаҳо: қоизи андоза, ҷузъ, қоизи андозаи конструктивӣ, қоизи андозаи технологӣ, сифат, истеҳсолот.

ВЛИЯНИЕ ДОПУСКА НА НАДЕЖНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ

Н.Б. Сахибов

В данной статье рассмотрены основные аспекты влияния допуска на качество изготовления деталей. Уточнено влияние и сущность величины допуска при изготовлении деталей. Показано, что при изготовлении деталей учитываются конструктивные и технологические допуски. Рассмотрены основные свойства допуска. В случаях, когда величина технологического допуска больше конструкторского допуска, то в целях увеличения качества изготовленных деталей в статье приведен метод селективной группировки деталей, то есть величина допуска разделена на несколько групп, и соединение деталей осуществляется согласно этим группам. С экономической точки зрения величина допуска определяет эффективность изготовления деталей и влияет на стоимость изготовленной детали. Регламентации допусков осуществляется согласно государственным стандартам, требование которого при изготовлении детали необходимо учитывать. Рассмотрена сущность величины допуска, которые способствуют повышению качества деталей при изготовлении их на производстве.

Ключевые слова: допуск, деталь, конструктивный допуск, технологический допуск, качество, производство.

INFLUENCE OF TOLERANCE ON THE RELIABILITY OF CAR PARTS

N.B. Sahibov

This article discusses the main aspects of the impact of tolerance on the quality of manufacturing parts. The influence and essence of the tolerance value in the manufacture of parts are clarified. It is shown that structural and technological tolerances are taken into account in the manufacture of parts. The basic tolerance properties are considered. In cases where the value of the technological tolerance is greater than the design tolerance, in order to increase the quality of manufactured parts, the article provides a method for selective grouping of parts, that is, the tolerance value is divided into several groups, and the parts are connected according to these groups. From an economic point of view, the tolerance value determines the efficiency of manufacturing parts and affects the cost of the manufactured part. The regulation of tolerances is carried out in accordance with state standards, the requirement of which must be taken into account when manufacturing the part. The essence of the tolerance values that contribute to improving the quality of parts in their manufacture is considered.

Keywords: tolerance, detail, structural tolerance, technological tolerance, quality, production.

Муқаддима

Дар айни замон дар натиҷаи тараққиёти саноат ва мураккаб шудани масолаҳои конструксионӣ ҳамчунин технологияҳои муосир, зарурияти ташаккул додани системаи стандартҳо ба миён омадаст, ки имконияти ташкили самарабахши истеҳсолотро таъмин намояд. Талаботи лозима барои истеҳсоли ҷузъ аввал пеш аз ҳама дар шароити як корхонаи алоҳида ворид карда шуда ва баъдан барои тамоми саноати истеҳсолкунанда истифода бурда мешавад. Ин боиси пайдоиши фанҳои сершумори муҳандисӣ гардид, ки дар онҳо бо мурури замон мафҳумҳои махсус ба монанди қоизи андоза, шиниш, андозаҳои занҷирӣ ва ғайра пайдо шуданд.

Дар истеҳсолот бо сифати баланд истеҳсол намудани ҷузъҳо яке аз нишондиҳандаҳои муҳимтарини фаъолияти саноатӣ мебошад. Ҳамин тариқ, аҳамияти истеҳсол намудани ҷузъҳои баландсифат хеле асоснок мебошад. Дар аксари мавридҳо, сифат аз мавҷудияти қоизи андоза ва параметрҳои таркибии онҳо вобаста аст, ки раванди муайяни истеҳсоли ҷузъҳоро таъмин менамояд.

Дар натиҷаи комёбиҳои навтарини илм, яъне кам шудани бузургии қоизи андоза, сабаби асосии истеҳсоли маҳсулоти баландсифати ҷузъҳои автомобил гардид. Масалан, эътимоднокӣ ва муҳлати истифодабарии автомобилҳо то таъмири қорӣ хеле афзуд. Муҳлати меъерии гардиши автомобилҳо то таъсири навбатии техникӣ, танҳо барои мошинҳои истеҳсоли Русия беш аз 1,5 маротиба зиёд шуд, самаранокии истифодабарии сӯзишвории автомобилҳо беҳтар шуда, шиддатнокии меҳнатталабии хизматрасонии техникӣ ва таъмири қорӣ паст рафт [1].

Гузориши масъала

Яке аз бонуфузтарин ташкилотҳои байналмилалӣ, ки салоҳияти он ниёз ба тасдиқ надорад, Ташкилоти Байналмилалӣ Стандартизатсия – ISO (International Organization for Standardization) мебошад [5]. Ин ташкилот силсилаи стандартҳои сифатии ISO 9000-ро таҳия кардааст, ки ба ҳама гуна корхонаҳо, новобаста аз бузургӣ ва соҳаи фаъолият, татбиқ мешаванд. Асоси стандартҳои ISO 9000 усули идоракунии

ҳаматарафаи сифат – **Total Quality Management (TQM)** мебошад [7]. Ширкате, ки метавонад шаҳодатномаи силсилаи ISO 9000-ро пешниҳод кунад, бо тавсияи бебаҳс ва дастгирии ҷиддии ташкилоти бонуфузи байналмилалӣ ISO таъмин аст, зеро шаҳодатномаи мутобиқат бо стандартҳои ISO 9000 тасдиқи расмӣи кафолати сифатнокии маҳсулот, кор ва хизматрасониҳо мебошад. Дорои шаҳодатномаи ISO 9000 будан нишонаи рушди динамикии ширкат аст, ки ба он дар нигоҳи муштариён ва шарикони эҳтимоли эътибори бештар мебахшад.

Яке аз роҳҳои баланд бардоштани сифати маҳсулот кам кардани бузургии ҷои андоза мебошад. Аслан, ҷои андоза як майдони танзимшавандаи байни тамоюлҳои болоӣ ва поёнӣ аз андозаи номиналӣ мебошад. Дар истеҳсолот андозаи заруриро комилан дақиқ тайёр намудан хеле душвор мебошад. Аз ин рӯ, барои муайян кардани майдони ҷои андозаи истеҳсолшаванда андозаҳои максималӣ ва минималӣ лозимаро қабул кардан лозим аст. Ҷои андозаи истеҳсолот худудӣ маҳдуд буда, дар қисми графикӣ нисбат ба хати сифр ҷойгир мебошад. Ҷои андоза мутобиқи стандартҳои давлатӣ ба меъёр дароварда шуда, чунин стандартҳоро дар бар мегирад: системаи ягонаи ҷои андоза ва шинишҳо (ЕСДП) ва меъёрҳои асосии таъвизпазирӣ (ОНВ) [2].

Ҷои андоза ва шинишҳои дуруст интихоб ва тартиб додани ҳамаҷумла асоси тамоми равандҳои техникӣ, ки дар доираи фаъолияти истеҳсоли истифода бурда мешаванд, хизмат мекунад. Санҷиши техникӣ андозаҳои худудӣ ба корхонаҳое, ки маҳсулот истеҳсол мекунад, гузошта шудааст.

Бояд қайд кард, ки ҳангоми сохтани ҷузъҳои гуногун, пеш аз ҳама, нақшаи дақиқи онҳо бо нишон додани андозаҳои номиналӣ таҳия карда мешавад. Аммо дар амал ду ҷузъ бо андозаҳои дақиқиашон якхела истеҳсол кардан имконнопазир аст. Маҳз бо ҳамин сабаб ҳамаи маҳсулот дар корхона мувофиқи синфҳои дақиқии ҳархела истеҳсол карда мешаванд. Чӣ қадаре, ки тайёр кардани синфи дақиқии маҳсулот баланд бошад, ҳамон қадар бузургии ҷои андоза ва тамоюлҳо (болоӣ ва поёнӣ) кам мешаванд. Мутаносибан, ҷои андоза фарқи тамоюли болоӣ ва поёнӣ мебошад. Ҷои андоза танҳо бо аломати мусбат (+) қабул шуда, андозаҳои худудӣ дар нақша аз хатти сифр боло ё поён ҷойгир шуда метавонанд. Ҷои андозаи истеҳсоли ҷузъҳо бо андозаҳои худудии зарурӣ таъмин мебошад.

Барои баланд бардоштани сифати ҷузъҳои истеҳсолшаванда паст намудани бузургии ҷои андоза бояд пешбинӣ шавад. Баъзе мутахассисони ин соҳа дар тадқиқоти худ бо истифода аз ҳисобҳои гуногун зарурати баланд бардоштани дақиқии тайёр кардани ҷузъҳои алоҳидаро дар баъзе соҳаҳои саноати истеҳсоли зарур мешуморанд. Аммо, аз тарафи дигар, баланд бардоштани дақиқии тайёр намудани андозаи ҷузъ, гузаронидани кори ҷиддӣ барои аз нав дида баромадани системаи технологиро талаб мекунад [3]. Бо бузургии ҷои андозаи хурд, ҷои андозаи корношоямии ҷузъҳо хеле зиёд мешаванд ва истеҳсоли ҷузъҳо метавонад зараровар гардад. Вобаста ба гуфтаҳои боло дар натиҷа ба дигар раванди коркарди технологӣ гузаштан лозим мешавад, ки ин аз ҳисоби истифода бурдани таҷҳизоти дақиқтар ба амал меояд ва боиси мураккаб шудани истеҳсолот, дар навбати худ боиси баланд шудани арзиши аслии маҳсулот мегардад. Аз тарафи дигар, бузургии калони ҷои андоза муҳлати истифодабарии механизмҳоро коҳиш медиҳад. Ҳалли ин муаммо, бартараф намудани зидияти байни талаботи истифодабарӣ ва раванди технологияи коркард, инчунин таъминоти метрологӣ ба қадри имкон дақиқ ва сермаҳсулро ба миён мегузорад.

Таъмини метрологӣ истеҳсолот - ин маҷмуи чорабиниҳои ташкилӣ ва техникӣ мебошад, ки барои муайян намудани хусусиятҳои маҳсулот, гиреҳҳо, ҷузъҳо, мавод, ашёи хом, параметрҳои раванди технологӣ ва таҷҳизот бо дақиқии зарурӣ равона шудаанд ва имкон медиҳанд, ки сифати маҳсулоти истеҳсолшаванда ба таври назаррас баланд бардошта шавад ва хароҷоти ғайриистеҳсоли барои таҳия ва истеҳсоли он коҳиш ёбанд.

Таъмини метрологӣ истеҳсолот инҳоро дар бар мегирад:

- муайян намудани номенклатураи мантиқии параметрҳои ҷенкунӣ ва меъёрҳои дақиқӣ, ки эътимоднокии назорати воридшавӣ ва қабулкунӣ маҳсулот, инчунин назорати хусусиятҳои равандҳои технологӣ ва таҷҳизотро таъмин менамоянд. Меъёрҳои дақиқии ҷенкуниҳо дар як қатор стандартҳо барои усулҳои ҷенкунӣ, таҳлил ва озмоишҳо танзим карда шудаанд;
- таъмини равандҳои технологӣ бо усулҳои мукамалтари иҷрои ҷенкуниҳо, ки дақиқии зарурии ҷенкуниҳоро кафолат медиҳанд, аттестатсия ва стандартизатсияи ин усулҳо (ба маҷмуи усулҳои таҳияшуда бояд усулҳое дохил шаванд, ки бехатарӣ ва ҳифзи меҳнатро таъмин менамоянд);
- таъмини намудани (бо таҷҳизот, таҳия, истеҳсол) воситаҳои ҷенкунӣ, аз ҷумла барои мақсадҳои махсус, воситаҳои коркарду пешниҳоди иттилоот, инчунин воситаҳои ғайристандартӣ ҷенкунӣ;
- таъмини хизматрасонии метрологӣ ва санҷиши воситаҳои ҷенкунӣ;
- таъмини шароити иҷрои ҷенкуниҳо, ки дар ҳуҷҷатҳои илмӣ-техникӣ муайян шудаанд;
- омодагии ҳайати кормандони истеҳсоли ва хизматҳои мувофиқ барои иҷрои амалиётҳои назоратӣ-ҷенкунӣ, санҷиш ва танзими воситаҳои ҷенкунӣ;
- ташкил ва гузаронидани назорати метрологӣ ва экспертизаи ҳуҷҷатҳои конструкторӣ-техникӣ.

Таъмини метрологӣ воситаҳо дар истеҳсолот барои ба баланд бардоштани сифати маҳсулот, яъне кам кардани бузургии ҷои андоза равона шудааст.

Ҷоизи стандартӣ шартан бо ҳарфҳои IT ва бо рақами квалитет ишора карда мешавад, масалан, IT6 ҷоизи андозаи квалитети 6-ум аст. Ҷоизи андоза аз воҳидҳои мадди ҷоиз (i) ва шумораи воҳидҳо (k) вобаста аст, ки барои квалитетҳои гуногун фарқ мекунад.

$$IT = k \cdot I \quad (1)$$

Воҳиди ҷоизи андоза барои квалитетҳои аз 5 то 17 бо формулаи зерин аниқ карда мешавад:

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D \quad (2)$$

D - бузургии миёна дар фосилаи муайян бо мм.

Мувофиқи системаи идоракунии сифат (ISO), 19 квалитет барои андозаҳои аз 1 то 500 мм муқаррар карда шудааст. Ҷоизи андоза ба 19 квалитет бо тартиби камшавии дақиқӣ аз 01, 0, 1, 2 ва ғайра то 17 ишора карда шудааст [3].

Ҷоизи андозаи тарроҳӣ барои сифати муайяни маҳсулот низ муайян карда мешавад. Ҳангоми таъини ҷоизи андозаи тарроҳӣ, меъёри истифодабарӣ барои тамоми давраи истифодабарии маҳсулот ба назар гирифта мешавад. Дар вақти истеҳсоли ҷузъ ба назар гирифтани чунин талаботҳо, ба монанди талаботи метрологӣ, иқтисодӣ ва технологӣ ҳатмист. Ҳангоми истифодабарӣ, ҷузъҳо тадриҷан фарсуда мешаванд, аз ин рӯ талабот ба миён меояд, ки ҷоизи андозаи тарроҳиро аз меъёр каме дақиқтар гирифтани лозим аст.

$$T_t = T_{ч.а.ҳ.т} + \Delta_{х.ч} + T_{б.э.ч.и} \quad (3)$$

$T_{ч.а.ҳ.т}$ – ҷоизи андозаи тарроҳӣ дар натиҷаи ҳисобкунӣ

$\Delta_{х.ч}$ - хатогии ченкунии андозаи ҷузъ

$T_{б.э.ч.и}$ – бузургии эҳтиётии ҷоизи андоза барои истифодабарӣ

Илова бар ин, барои тайёр намудани андозаи ҷузъ, ҷоизи андозаи технологӣ тақрибан баробари 80%-и ҷоизи андозаи тарроҳӣ қабул карда мешавад.

Аз ин рӯ, ҳангоми пайвастании онҳо мумкин аст фосилае пайдо шавад, ки технологӣ иҷозатпазир аст. Андозаи чунин фосила наметавонад аз фарқи ҷоизи андозаи коркарди ин ҷузъҳо зиёд бошад. Яъне, тарқиши бо андозаи муайян сабаби кори нодурусти пайвастшавӣ шуда наметавонад ва маҳсулот метавонад функсияҳои худро бе зиёд шудани фарсудашавӣ иҷро кунад.

Дар ҳолатҳои, ки бузургии ҷоизи андозаи тарроҳӣ нисбат ба технологӣ камтар аст, дар пайвастагӣ усули интиҳоби селективӣ истифода бурда мешавад. Бузургии ҷоизи андоза, ки дар натиҷаи тарроҳии ҷузъ хеле калон шудааст, дар пайвастшавӣ бо истифодабарии усули интиҳоби селективӣ бузургии ҷоизи андозаро яқинд маротиба кам кардан мумкин аст.

Пайвастунии ҷузъҳо бо интиҳоби селективӣ, бо ёрии ба гурӯҳҳо ҷудокунии пешакии ҷузъҳо, пайваст намудани ҷузъҳои гуруҳҳои якхела анҷом дода мешавад. Ҳангоми ба гурӯҳҳо ҷудо кардани ҷузъҳо бо усули интиҳоби селективӣ бо пайдарпаии муайян амалӣ карда мешавад. Ҳамчун мисол, дида мебароем, ки чӣ тавр васлкунии интиҳоби селективии силиндр-поршени муҳаррик анҷом дода мешавад. Агар поршен бо диаметри номиналӣ ва ҷоизи андозаи диаметри доман 0,060 мм (109,880 мм - 109,940 мм) истеҳсол карда шавад. Дар ҳолати диаметри дохилии цилиндр бо андозаҳои 110,000 мм - 110,060 мм истеҳсол карда шавад. Тамоми фосилаи андозаҳоро дар доираи ҷоизи андоза ба се гурӯҳ бо фосилаи 0,020 мм тақсим кардан мумкин аст.

Ҷадвали 1 – фосилаи тақсимкунии андозаҳо барои васлқунӣ

Ишоракунӣ гурӯҳи андозаҳо	Диаметри домани поршен, мм	Диаметри цилиндр, мм
1	109.880 – 109.900	110.000 – 110.020
2	109.900 – 100.920	110.020 – 110.040
3	109.920 – 109.940	110.040 – 110.060

Ҳангоми васл кардани поршен ва силиндри муҳаррик аз рӯи рақамҳои ишорашудаи ҷоизи андоза ба гурӯҳҳо тақсим карда мешавад. Агар валқунӣ бидуни ба гурӯҳҳо тақсимқунӣ иҷро шавад, бо истифода аз усули ивазкунии пурра, дар ин ҳолат андозаи шиниши ҷузъҳо дар ҳудуди зерин тағйир меёбад: тарқишии максималӣ (110,060 - 109,880) = 0,240 мм, тарқишии минималӣ (110,000 - 109,940) = 0,060 мм. Яъне дар механизм пайвастшавии бо тарқишии хеле калон пайдо мешавад, ки ин тамоман қобили қабул нест. Дар сурати тарқишии 0,240 мм, сифати пайвастшавӣ хеле паст мешавад. Ҳамин тариқ, бидуни интиҳоби ҷузъҳо, шиниши поршен дар цилиндр метавонад аз тарқишии 0,240 мм то ба пайвастшавии тарқишии 0,060 мм тағйир меёбад. Агар шартҳои интиҳоби селективӣ риоя карда шавад, тарқишии байни поршен ва цилиндр дар ҳудуди зерин барои гурӯҳи 1 таъмин карда мешавад: тарқишии максималӣ 110,020 - 109,880 = 0,140 мм, тарқишии минималӣ ба 110,000 – 109,900 = 0,100 мм баробар аст.

Мувофиқи шартҳои техникӣ тарқишии минималӣ дар пайвастшавӣ ҳамчун 0,060 мм, тарқишии максималӣ 0,240 мм, яъне ҷоизи андозаи банди маҳкамкунанда $T = 0,060$ мм қабул карда шудааст. Барои ноил шудан ба шиниши зарурӣ, ҷоизи андозаи поршен ва цилиндр бо шартҳои зерин аниқ карда мешавад.

$$T_M = \frac{\Delta}{2} = \frac{0.060}{2} = 0.030 \text{ мм} \quad (4)$$

Чунин бузургии чоизи андозаро фақат бо таҷҳизоти баландсифат таъмин кардан мумкин аст, ки ин боиси афзоиши хароҷоти маҳсулот мегардад. Барои бартараф кардани ихтилофи ба вучудодада, то ба даст овардани бузургии қобили қабули чоизи андоза (T_m), он ба n маротиба зиёд карда мешавад. Дар мисоли зерин, n бо бузургии 3 қабул шудааст. Чузъҳои кордкардашуда бо чоизи андозаи нави истеҳсоли (T_n) бо истифода аз асбоби дақиқи ченкунӣ ба n гурӯҳ чудо карда мешавад. Бо васлкунии чузъҳои ба гурӯҳҳои мувофиқ тақсимшуда, бузургии зарурии тарқиширо ҳосил кардан мумкин аст. Ҳамин тариқ, ивазкунӣ дар доираи гурӯҳҳои андозаи муқарраршуда ба даст оварда мешавад. Барои ба даст овардани тарқиши зарурӣ, поршен ва цилиндрҳое, ки бо чоизи андозаи 60 мкм истеҳсол карда шудаанд, бо сабабҳои иқтисодӣ ба 3 гурӯҳ тақсим карда мешаванд, $T = 60/3 = 20$ мкм. Тарқишӣ дар пайвастиҳои ҳангоми интиҳоби селективӣ ба бузургии номиналии тарқишӣ хеле наздик мебошад. Ҳамчунин талаботҳои чоизи андозаи тарҳрезӣ ва технологиро бо талаботҳои зерин дар истеҳсолот ва таъмир ба ҳисоб гирифташуда зарур аст:

1. Мувофиқи нақша чоизи андозаи зарурии шиниш бо усули ҷамъ намудани чоизи андозаи тарҳрезии da ва db барои андозаҳои чузъҳои пайвастишаванда муайян карда мешавад.

2. Барои истеҳсоли чузъҳои пайвастишаванда майдони чоизи андозаро бо бузургии калон қабул мекунанд, яъне чоизи андозаи технологӣ da ва db . Ин чоизи андоза бо бузургии аз бузургии чоизи андозаи тарҳрезӣ якҷанг маротиба бояд хурд бошад.

3. Шумораи гурӯҳҳои чузъҳои пайвастишаванда бо формулаи зерин муайян карда мешавад.

$$n = \frac{da + db}{da + db} \quad (5)$$

Чоизи андоза барои чузъҳои ҳар як гурӯҳи алоҳида бо усули тақсим кардани чоизи андозаи технологӣ ба шумораи гурӯҳҳо муайян карда мешавад. Барои он ки фосилаи миёнаи тарқишӣ S_m барои ҳамаи гурӯҳҳои андозаҳо якхела бошад, шартҳои $da = db$ ва $da = db$ - ро риоя кардан зарур аст. Ҳангоми тақсим намудани чузъҳо ба гурӯҳҳо, асбобҳои махсус, таҷҳизот ва ҳамчунин мошинҳои ба навъҳо ҷудокунии сермаҳсул истифода бурдан зарур мебошад.

Маълум аст, ки манбаи муҳими баланд бардоштани самаранокии истеҳсолот доимо баланд бардоштани сатҳи техникию сифати маҳсулоти истеҳсолшаванда мебошад. Дар ҳар як кишвари ҷаҳон маҳсулоти баландсифат баҳои баланд мегирад ва дар байни истеъмолкунандагон талабот дорад. Аз ин рӯ, назари наварин ба стратегияҳои истеҳсолот ва соҳибкорӣ аз фаҳмидани он иборат аст, ки сифат воситаи ягона ва самараноктарин дар мубориза бо рақибон, қонеъ кардани талаботи истеъмолкунандагон ва паст кардани хароҷоти истеҳсоли мебошад.

Барои ба даст овардани сатҳи баланди сифати маҳсулот, зарур аст, ки идораи сифатро дар сатҳи зарурӣ анҷом додан лозим аст. Зери мафҳуми идораи сифати маҳсулот равандҳои доимӣ, барномавӣ, ва ҳадафмандонаи таъсиррасонӣ ба ҳамаи сатҳҳо дар омилҳо ва шароитҳо фаҳмида мешавад, ки онҳо таъминкунандаи эҷоди маҳсулоти сифатан оптималӣ ва истифодаи пурраи он мебошанд [8].

Хулоса

Ҳангоми ҳалли масъалаҳои сифати маҳсулоти корхонаҳо қаблан ба сатҳи техникий сифати маҳсулот ва бидуни ба назар гирифтани ниёзҳои бозор така карда мешуд. Ҳамзамон, бояд қайд кард, ки низоми миллии идоракунии сифат, саҳми назаррасро дар рушди равишҳои идоракунии сифати маҳсулот дар тамоми ҷаҳон гузоштааст. Сифати маҳсулот ҳамчун категорияи иқтисодӣ бо чунин хусусият, ба монанди арзиши истеъмолий, зич алоқаманд аст. Аз нуқтаи назари назарияи иқтисодӣ, арзиши истеъмолий ҳамчун маҷмӯи хосиятҳои фоидаҳои мол, яъне фоидаҳои он, баррасӣ мешавад. Дар ҳоле ки сифати маҳсулот дараҷаи зуҳури арзиши истеъмолиро дар шароити мушаххаси истифодаи он инъикос мекунанд. Аз ин рӯ, сифат бо арзиши истеъмолий ҷудонашаванда аст, аммо ба он баробар нест.

Дар бораи моҳияти иқтисодии чоизи андоза ҳаминро бояд қайд кард, ки дар баробари кам шудани бузургии тамоюлҳои андоза сифати маҳсулот баланд мешавад, аммо арзиши аслии истеҳсоли маҳсулот хеле баланд меравад. Таъин намудани квалитети дақиқтар метавонад боиси аз нуқтаи назари иқтисодӣ номувофиқ будани истеҳсоли чузъҳо гардад.

Муқаррир: Юнусов М.Ю. – н.и.т., дотсени кафедраи «Истифодабарии нақлиёти автомобилӣ» -и ДҶТТ ба номи ақадемик М.С. Осимӣ

Адабиёт

1. Юнусов М.Ю., Мажитов Б.Ж., Саҳибов Н.Б., Ҳамидҷонов С. Рациональное управление процессом технической эксплуатации автомобиля путём прогнозирования затрат на запасные части // *Политехнический вестник. Серия: Серия Инженерные исследования.* – 2018. – №1(41). – С. 182–191.
2. Глухов В.М. Структура полей допусков для линейных размеров геометрических элементов деталей / В.М. Глухов. – Омск: Омский научный вестник, 2012. – 377 с.
3. Гребнева Т.Н., Куликова Е.А. Стандартизация как инструмент, обеспечивающий качество конструирования и проектирования / Т.Н. Гребнева, Е.А. Куликова. – Нижний Новгород: Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2015. – 254 с.

4. Гусейнов Р.В., Султанова Л.М. Методологические аспекты теории точности в машиностроении / Р.В. Гусейнов, Л.М. Султанова. – Махачкала: Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки, 2015. – 289 с.
5. Назначение и структура стандарта ИСО 9000: 2005 «Система менеджмента качества. Основные положения и словарь». – [Электронный ресурс]. – Доступ из сети Интернет.
6. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация: Учебник / И. М. Лифиц. – М.: Юрайт-Издат, 2004. – 330 с.
7. Мишин В.М. Управление качеством: учебник для вузов / В. М. Мишин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 288 с.
8. Салимова Т.А. История управления качеством: Учебное пособие / Т.А. Салимова. – М.: КНОРУС, 2005. – 212 с.

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

TJ	RU	EN
Саҳибов Нурулло Бобоевич	Саҳибов Нурулло Бобоевич	Sakhibov Nurullo Boboevich
Номзади илмҳои техникӣ	Кандидат технических наук	Candidate of technical sciences
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
E. mail: nsahibov@mail.ru		

УДК 656.13

АНАЛИЗ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАРЬЕРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ РОГУНСКОЙ ГЭС

Р.А. Давлатшоев, Ф.И. Джобиров, Ф.А. Турсунов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье представлены результаты хронометражных наблюдений за работой карьерных автомобилей различных марок, задействованных в строительстве Рогунской гидроэлектростанции. Проведён сравнительный анализ эксплуатационных показателей, в частности расхода топлива, средней скорости движения и эффективности перевозок. Представлены расчёты удельного расхода топлива, приведены графики зависимости расхода от массы перевозимого груза и расстояния транспортировки. Сформулированы рекомендации по оптимизации использования автотранспорта в горных условиях.

Ключевые слова: карьерные автомобили, расход топлива, Рогунская ГЭС, хронометраж, эксплуатационная эффективность, БелАЗ, HOWO, SHACMAN.

ТАҲЛИЛИ САМАРАНОКИИ АВТОМОБИЛҲОИ КАРЬЕРӢ ДАР СОХТМОНИ НЕРӢГОҶИ БАҶӢИ РОҒУН

Р.А. Давлатшоев, Ф.И. Ҷобиров, Ф.А. Турсунов

Дар мақола натиҷаҳои мушоҳидаҳои хронометражии кори автомобилҳои карьерии намудҳои гуногун, ки дар сохтмони Нерӯгоҳи барқи обии Роғун истифода мешаванд, пешниҳод гардидаанд. Таҳлили муқоисавии нишондиҳандаҳои истифодабарӣ, аз ҷумла сарфи сӯзишворӣ, суръати миёнаи ҳаракат ва самаранокии нақлиёт анҷом дода шудааст. Ҳисобҳои сарфи яқлути сӯзишворӣ пешниҳод гардида, графикҳои вобастагии байни сарфи сӯзишворӣ - массаи бор ва масофаи интиқол оварда шудаанд. Таъсияҳо барои муносибгардонии истифодаи нақлиёт дар шароити кӯҳсор таҳия шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: автомобилҳои карьерӣ, сарфи сӯзишворӣ, НБО-и Роғун, хронометраж, самаранокии истифодабарӣ, БелАЗ, HOWO, SHACMAN.

ANALYSIS OF FUEL EFFICIENCY OF MINING TRUCKS OPERATED IN THE CONSTRUCTION OF THE ROGUN HYDROPOWER PLANT

R.A. Davlatshoev, F.I. Jobirov, F.A. Tursunov

The article presents the results of time-motion studies of various mining trucks used in the construction of the Rogun Hydropower Plant. A comparative analysis of operational parameters is conducted, focusing on fuel consumption, average travel speed, and transportation efficiency. Calculations of specific fuel consumption are provided, along with graphs showing the dependence of fuel consumption on the transported load mass and transport distance. Recommendations for optimizing vehicle use in mountainous conditions are formulated.

Keywords: mining trucks, fuel consumption, Rogun Hydropower Plant, time-motion study, operational efficiency, BelAZ, HOWO, SHACMAN.

Введение

Развитие гидроэнергетики требует применения тяжёлой карьерной техники для перемещения значительных объёмов породы. Одним из масштабных строительных проектов в Республике Таджикистан является Рогунская ГЭС, где эксплуатируются автомобили типа БелАЗ, HOWO и SHACMAN. В условиях горного рельефа важнейшим показателем эффективности такой техники является рациональный расход топлива, от которого напрямую зависят как экономические затраты, так и экологическая устойчивость проекта. В настоящей работе предпринята попытка анализа эксплуатационной эффективности указанных автомобилей на основе данных хронометражных наблюдений.

Хронометражные наблюдения с целью определения тарифов на грузовые перевозки были проведены преподавателями кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» в соответствии с официальным письмом Министерства транспорта Республики Таджикистан (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Момент взвешивания автомобиля БелАЗ–7540В и измерения расхода топлива на строительном объекте.

Обобщённые результаты хронометражных наблюдений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Хронометраж автотранспортных средств общества с ограниченной ответственностью «Сохтмони асосӣ»

№	Марка автомобиля	Регистрационный номер	Дата	Год выпуска	Вес автомобиля с нагрузкой, т	Собственный вес, т	Вес груза, т	Фактический расход топлива, л	Норма расхода топлива, л/100 км	Пройденное расстояние, км	Время движения с нагрузкой, мин	Время загрузки, мин	Высота над уровнем моря, м
1	БелАЗ – 7540В	234	21.06.2018	2013	51,7	22,9	28,8	20	9	135	9	51	9
2	БелАЗ – 7540В	231	21.06.2018	2013	50,9	22,9	28,0	20	9	135	9	50	13
3	HOWO 336	3426 PP 01	21.06.2018	2011	34,6	15,2	19,4	13	9	32	9	26	6
4	SHACMAN 360	514	21.06.2018	2014	39,9	15,8	24,1	18	9	38	9	45	12
5	БелАЗ – 7540В	234	21.06.2018	2013	54,9	22,9	32,0	31	14,4	135	14,4	62	4
6	БелАЗ – 7540В	231	21.06.2018	2013	53,1	22,9	30,2	30	14,4	135	14,4	61	4
7	БелАЗ – 7540В	234	22.06.2018	2013	53,7	22,9	30,8	29	14,4	13	14,4	55	3,5
8	SHACMAN 360	514	22.06.2018	2014	50,8	15,8	35,0	40	14,4	38	14,4	75	4
9	HOWO 336	3426 PP 01	22.06.2018	2011	36,4	15,1	21,3	25	9	32	9	26	6

Исследовательская часть

Для анализа были рассчитаны следующие показатели на основе хронометражных данных, полученных по результатам 9 рейсов различных автомобилей. В каждом случае фиксировались следующие параметры: полная масса автомобиля с грузом, масса груза, фактический расход топлива, расстояние перевозки, нормативный расход топлива, а также время движения и время загрузки.

Для оценки эффективности работы автомобилей в процессе перевозок применяются следующие показатели:

1. Фактический удельный расход топлива

Характеризует количество топлива, затраченное на 100 км пути, независимо от массы груза. Рассчитывается по формуле:

$$q_{\phi} = \frac{Q}{L} \cdot 100, \quad (1)$$

где:

Q— фактический расход топлива, л
L— расстояние перевозки, км

2. Фактический расход топлива на 10 т·км

Отражает топливную эффективность с учётом выполненной транспортной работы (груз × расстояние).

$$q_{\tau} = \frac{Q}{W} \cdot \frac{10}{L}, \quad (2)$$

где:

W— масса перевозимого груза, т

2. Средняя скорость движения автомобиля

Позволяет оценить динамическую производительность и оперативность доставки:

$$v_{cp} = \frac{L}{t} \cdot 60 \quad (3)$$

где:

t— время движения, мин

Проведём расчёты на примере автомобиля БелАЗ–7540В (рейс №1) (таблица 1):

Расход топлива: Q=29л,

Расстояние перевозки: L=14.4км,

Масса груза: $W=30.8\text{т}$,
 Время движения: $t=55\text{мин}$

$$q_{\phi} = \frac{Q}{L} \cdot 100 = \frac{29}{14.4} \cdot 100 = 201.39 \frac{\text{л}}{100\text{км}}$$

$$q_{\tau} = \frac{Q}{W} \cdot \frac{10}{L} = \frac{29}{30.8} \cdot \frac{10}{14.4} = 0,65\text{л на } 10\text{т} \cdot \text{км}$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{L}{t} \cdot 60 = \frac{14,4}{55} \cdot 60 = 15,71 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Аналогичные расчёты выполнены для всех исследуемых автомобилей. Итоги расчётов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ расхода топлива и производительности автотранспорта общества с ограниченной ответственностью «Сохтмони асоэй»

№	Марка автомобиля	Регистрационный номер	Дата	Год выпуска	Вес автомобиля с нагрузкой, т	Собственный вес, т	Вес груза, т	Фактический расход топлива, л	Норма расхода топлива, л/100 км	Пройденное расстояние, км	Время движения с нагрузкой, мин	Время загрузки, мин	Высота над уровнем моря, м
1	БелАЗ – 7540В	234	21.06.2018	2013	51,7	22,9	28,8	20	9	135	9	51	9
2	БелАЗ – 7540В	231	21.06.2018	2013	50,9	22,9	28,0	20	9	135	9	50	13
3	HOWO 336	3426 PP 01	21.06.2018	2011	34,6	15,2	19,4	13	9	32	9	26	6
4	SHACMAN N 360	514	21.06.2018	2014	39,9	15,8	24,1	18	9	38	9	45	12
5	БелАЗ – 7540В	234	21.06.2018	2013	54,9	22,9	32,0	31	14,4	135	14,4	62	4
6	БелАЗ – 7540В	231	21.06.2018	2013	53,1	22,9	30,2	30	14,4	135	14,4	61	4
7	БелАЗ – 7540В	234	22.06.2018	2013	53,7	22,9	30,8	29	14,4	13	14,4	55	3,5
8	SHACMAN N 360	514	22.06.2018	2014	50,8	15,8	35,0	40	14,4	38	14,4	75	4
9	HOWO 336	3426 PP 01	22.06.2018	2011	36,4	15,1	21,3	25	9	32	9	26	6

На основании экспериментальных данных построен график (рисунок 2) зависимости удельного расхода топлива от массы перевозимого груза для различных марок карьерных автомобилей, эксплуатируемых на строительстве Рогунской ГЭС.



Рисунок 2 – Изменение удельного расхода топлива в зависимости от массы груза

Анализ полученного графика показывает, что с увеличением массы груза наблюдается тенденция к снижению удельного расхода топлива, выраженного в литрах на 10 т·км. Это связано с тем, что при увеличении полезной нагрузки двигатель автомобиля работает в более оптимальном режиме, а объем перевезённой продукции возрастает, снижая расход топлива на единицу транспортной работы.

Наиболее эффективным оказался карьерный самосвал **БелАЗ – 7540В**, который при массе груза 30,2–32 т демонстрирует минимальные значения удельного расхода топлива (0,65–0,67 л/10т·км). Это свидетельствует о высокой эффективности его работы при полной загрузке. В то же время автомобили **HOWO 336** и **SHACMAN 360** характеризуются более высокими значениями удельного расхода (0,74–0,83 л/10т·км) при меньших нагрузках (19,4–24,1 т), что указывает на менее рациональное использование топлива в условиях частичной загрузки.

Отдельное внимание заслуживает показатель SHACMAN 360 при массе груза 35 т, где удельный расход составляет 0,79 л/10т·км, что выше, чем у БелАЗов с меньшей массой. Это может быть обусловлено конструктивными особенностями автомобиля, режимом эксплуатации или маршрутом движения.

Таким образом, для обеспечения наилучших показателей топливной экономичности при перевозке скальных пород в условиях строительства Рогунской ГЭС целесообразно использовать автомобили, максимально приближенные к своей номинальной грузоподъёмности. Это позволяет значительно снизить затраты на топливо на единицу выполненной транспортной работы.

На рисунке 3 представлен график зависимости расхода топлива от расстояния перевозки.

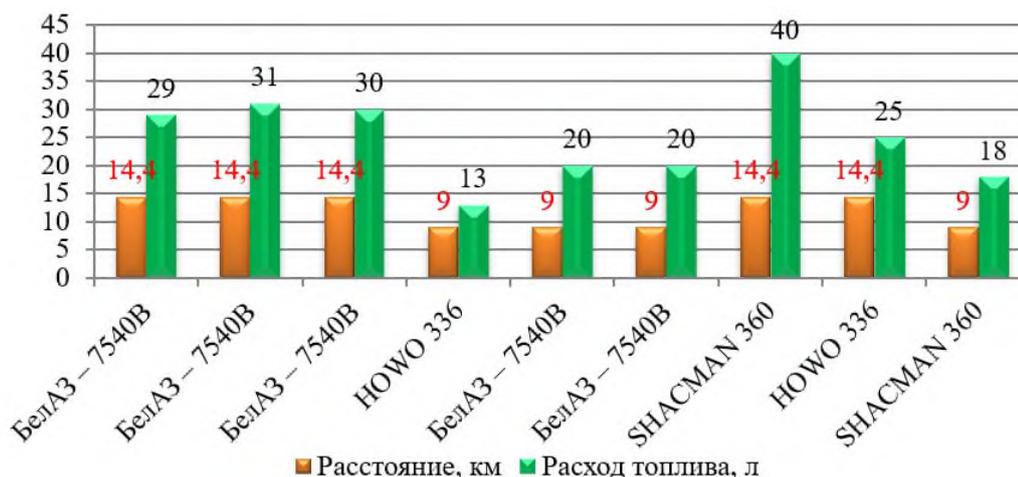


Рисунок 3 – Зависимость расхода топлива от расстояния перевозки

График показывает линейную зависимость расхода топлива от расстояния перевозки. С увеличением расстояния увеличивается суммарный расход топлива, что логично. Однако наклон линии может отличаться у разных марок автомобилей.

Автомобили **БелАЗ – 7540В** демонстрируют меньший прирост расхода топлива по мере увеличения расстояния по сравнению с **SHACMAN** и **HOWO**, что подтверждает их лучшую топливную эффективность на длинных маршрутах.

На рисунке 4 построена диаграмма для сравнения эффективности транспортных средств различных марок по среднему значению удельного расхода топлива.

Средний удельный расход, л/10т·км

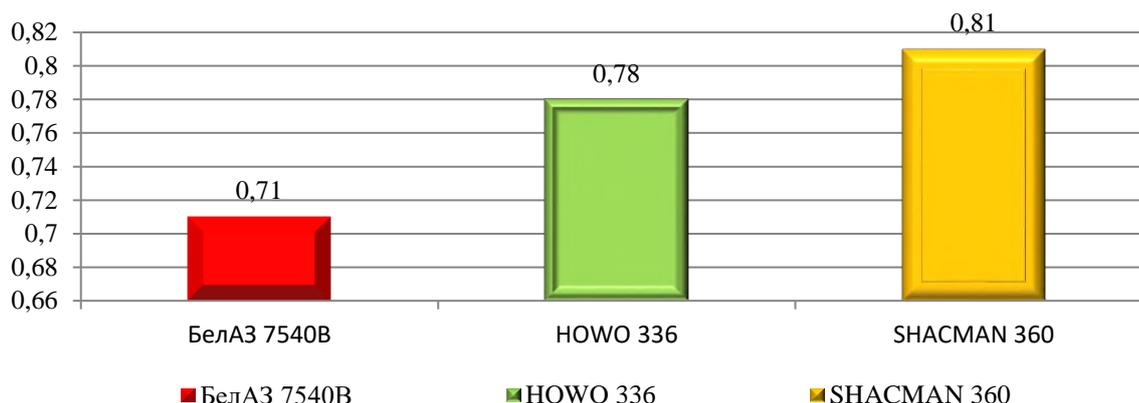


Рисунок 4 – Диаграмма сравнительной эффективности автомобилей различных марок

Наилучшие значения удельного расхода топлива и эффективности транспортной работы наблюдаются у **БелАЗ – 7540В**. Несмотря на большую массу он расходует меньше топлива на 10 т·км по сравнению с HOWO и SHACMAN.

Таким образом, **БелАЗ – 7540В** является оптимальным выбором для условий строительства Рогунской ГЭС, особенно при перевозке тяжёлых грузов на средние и большие расстояния.

Результаты исследования

В ходе проведённого анализа установлено следующее:

- ✓ Наименьший удельный расход топлива зафиксирован у автомобиля HOWO 336 при малых расстояниях и нагрузках, составляя 144,4 л/100 км при массе груза 19,4 т.
- ✓ Карьерный самосвал БелАЗ характеризуется большей стабильностью показателей удельного расхода топлива, однако демонстрирует повышенный расход при коротких дистанциях перевозки.
- ✓ Автомобили марки SHACMAN показывают наилучшую топливную эффективность при перевозке грузов массой свыше 30 т на расстоянии 14,4 км.
- ✓ Во всех рассматриваемых транспортных средствах наблюдается превышение нормативных значений расхода топлива, при этом у БелАЗ показатель достигает 80 л/100 км.
- ✓ Средняя скорость движения большинства автомобилей находилась в диапазоне 10–20 км/ч, что обусловлено сложными дорожными условиями и спецификой маршрутов в горной местности.

Заключение

Анализ эксплуатационной эффективности карьерных автомобилей, используемых на строительстве Рогунской ГЭС, выявил, что фактический расход топлива в ряде случаев превышает нормативные значения. Основными причинами данного явления являются сложные дорожные условия, значительный уклон маршрутов, износ технических средств, а также нерациональное использование ресурсов.

Для повышения эффективности эксплуатации карьерных автомобилей и снижения расхода топлива рекомендуется:

- использовать автомобили с максимальной допустимой нагрузкой, близкой к номинальной, для обеспечения более низкого удельного расхода топлива.
- оптимизировать маршруты перевозок с учётом уклона и дорожных условий;
- проводить регулярную диагностику и техническое обслуживание топливных систем;
- применять автомобили, максимально соответствующие массам перевозимых грузов и длине маршрутов;
- внедрять системы мониторинга и контроля расхода топлива в режиме реального времени.
- для снижения расхода топлива в горных условиях целесообразно отдавать предпочтение самосвалам с мощными двигателями, адаптированными к работе на уклонах и при пониженных скоростях.

Реализация данных мероприятий позволит повысить топливную экономичность и снизить эксплуатационные затраты при транспортировке горной массы в условиях строительства гидроэлектростанции.

Рецензент: Мирзозода Ш.Ж. – к.т.н., доцент, декан факультета Механизации сельского хозяйства ТТГУ имени Ш. Шотемура.

Литература

- ГОСТ 17.2.2.03-87 «Охрана природы. Атмосфера. Нормативы расхода топлива»
- Молчанов В.Ф. «Эксплуатация автотранспортных средств в горных условиях», Москва: Транспорт, 2006
- Муравьев А.П. «Анализ и контроль расхода топлива», СПб.: ГИОРД, 2013
- Строительная документация проекта Рогунской ГЭС, Минэнерго РТ, 2018
- Хронометражные таблицы АО «Сохтмони асосӣ», 2018

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

TJ	RU	EN
Давлатшоев Рашид Асанхонович	Давлатшоев Рашид Асанхонович	Davlatshoev Rashid Asankhonovich
н.и.т, дотсент	к.т.н, доцент	Candidate of Technical Sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осими	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after ac. M.S. Osimi
E-mail: d_rashid71@mail.ru		
TJ	RU	EN
Љобиров Фирӯз Изатуллоевич	Джобиров Фирӯз Изатуллоевич	Jobirov Firuz Izatulloevich
н.и.т, муаллими калон	к.т.н, старший преподаватель	Candidate of Technical Sciences, PhD, Senior Lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осими	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: Jobirov.firuz@mail.ru		
TJ	RU	EN
Турсунов Фаридун Абдукаҳхорович	Турсунов Фаридун Абдукаҳхорович	Tursunov Faridun Abdukahhorovich
Сардори раёсати фуруши чакана	Начальник управления розничных продаж	Head of Retail Sales Department
ЧДММ "Газпром нефть - Таджикистан",	ООО "Газпром нефть - Таджикистан"	Gazprom Neft – Tajikistan LLC
E-mail: faridun13@gmail.com		

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ТАДЖИКИСТАНА

С.Б. Мирзозода, Ж.И. Содиков, Ф.С. Мирзоев

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В данной статье раскрыты теоретические и практические аспекты основных показателей транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог Таджикистана. Охарактеризованы ключевые показатели технического состояния дорожной сети, выявлены существующие проблемы её содержания и приведены пути повышения эффективности эксплуатационного обслуживания. Проведён обзор международного опыта в части использования автоматизированных систем управления дорожными активами (СУДА), на основе которого даны рекомендации по адаптации лучших практик к условиям Таджикистана. Представлены схемы диагностического процесса и сравнительный график индекса IRI по регионам страны.

Ключевые слова: транспортно-эксплуатационное состояние, автомобильная дорога, автоматизированные системы, методы, показатели, содержание дорог, эффективность затрат.

НИШОНДИХАНДАҲОИ АСОСИИ ҲОЛАТИ НАКЛИЁТӢ-ИСТИФОДАБАРИИ РОҲҶОИ АВТОМОБИЛГАРДИ ТОҶИКИСТОН.

С.Б. Мирзозода, Ж.И. Содиков, Ф.С. Мирзоев

Дар мақолаи мазкур ҷанбаҳои назариявӣ ва амалии нишондиҳандаҳои асосии усулҳои мавҷудаи идоракунии ҳолати нақлиёти-истифодабарии роҳҳои автомобилгарди Тоҷикистон нишон дода шудаанд. Нишондиҳандаҳои асосии ҳолати техникии шабакаи роҳҳо тавсиф карда шудаанд, мушкилоти мавҷудаи нигоҳдории он ошкор карда шудаанд ва роҳҳои баланд бардоштани самаранокии хизматрасонии истифодабарӣ оварда шудаанд. Баррасии таҷрибаи байналмиллалӣ оид ба истифодаи системаҳои автоматикунонидашудаи идоракунии дорон роҳҳо (СИДР) гузаронида шуд, ки дар асоси он тавсияҳо оид ба мутобиқсозии таҷрибаҳои бехтарин ба шароити Тоҷикистон дода шудаанд. Схемаҳои раванди таҳхис ва ҷадвали муқоисавии индекси ҳамворӣ (IRI) аз рӯи минтақаҳои кишвар пешниҳод карда шудаанд.

Калидвожаҳо: ҳолати нақлиёти-истифодабарӣ, роҳи автомобилгард, системаҳои автоматикунони, усулҳо, нишондодҳо, нигоҳдории роҳҳо, самаранокии хароҷот.

MAIN INDICATORS OF THE TRANSPORT AND OPERATIONAL CONDITION OF TAJIKISTAN'S ROADS

S.B. Mirzozoda, J.I. Sodikov, F.S. Mirzoev

This article covers theoretical and practical aspects of the main indicators of the transport and operational condition of highways in Tajikistan. Key indicators of the technical condition of the road network are characterized, existing problems of its maintenance are identified, and ways to improve the efficiency of operational maintenance are given. A review of international experience in the use of automated road asset management systems (RAMS) is conducted, based on which recommendations are given for adapting best practices to the conditions of Tajikistan. Schemes of the diagnostic process and a comparative graph of the IRI index by regions of the country are presented.

Keywords: transport and operational condition, highway, automated systems, methods, indicators, road maintenance, cost efficiency.

Введение

Автомобильные дороги играют решающую роль в обеспечении территориальной связанности и экономического развития Республики Таджикистан. При этом эксплуатационная пригодность дорог, оцениваемая через совокупность транспортно-эксплуатационных показателей, во многом определяет безопасность движения, скорость перевозок и уровень транспортных издержек. Особенности горного рельефа, сейсмичность, климатические нагрузки и ограниченные финансовые ресурсы существенно осложняют задачи содержания дорожной сети на необходимом уровне. В данных условиях особое значение приобретает системный подход к мониторингу и поддержанию транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог (ТЭСАД) [1, 2].

Основные элементы ТЭСАД и нормативные требования

ТЭСАД включает совокупность показателей, характеризующих пригодность дороги к безопасной и эффективной эксплуатации. К основным элементам относят:

- Индекс продольной ровности (IRI);
- Коэффициент сцепления колёс с покрытием;
- Поверхностные дефекты;
- Состояние обочин, водоотводов и дорожных знаков;
- Прогноз износа покрытий.

Нормативные документы Республики Таджикистан, такие как СНиП 2.05.02-85 и ГОСТ 33132-2014, предусматривают регулярный контроль состояния вышеуказанных показателей с использованием визуальных и инструментальных методов [1, 2].

Методы и формулы расчета элементов ТЭСАД

Для количественной оценки износа и состояния покрытия могут быть использованы следующие формулы:

1. Определение продольной ровности покрытия (IRI).

IRI определяется как интегральная характеристика вертикального профиля дороги, отражающая степень комфортности и безопасности движения. Используются следующие методы:

- **Имитационный (двухмассовый) метод** - измерение реакции платформы с инерционной системой при движении;
- **Профилографический метод** - регистрация вертикальных перемещений точек дорожной поверхности;
- **Метод лазерного профилирования** - наиболее точный, используется в системах PMS и HDM-IV.

а) Расчёт продольной ровности (IRI) по отклонениям профиля выполняется по формуле:

$$IRI = (\Sigma[Z(i) - Z(i-1)]) / L \quad (1)$$

где $Z(i)$ - вертикальное отклонение (м); L - длина участка (км).

Пример расчёта:

Если сумма отклонений 45 мм на 100 м, то $IRI = 0,045 \text{ м}/0,1 \text{ км} = 0,45 \text{ м/км}$ (отличное состояние).

б) Расчёт продольной ровности (IRI) по модели HDM-4 выполняется по формуле:

$$IRI(t) = IRI_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot ESAL^{\beta_3} \quad (2)$$

где $IRI(t)$ - расчётное значение индекса продольной ровности покрытия автомобильной дороги (м/км) на момент времени t ;

IRI_0 - исходное (начальное) значение индекса продольной ровности покрытия дороги (м/км), измеренное непосредственно после строительства или предыдущего ремонта;

$ESAL$ - накопленная за период эксплуатации нагрузка на дорожное покрытие, выраженная в эквивалентных осях (миллион экв. осей). Одна эквивалентная ось обычно соответствует оси с нагрузкой 8,2 т.;

t - период эксплуатации дороги после начального состояния (лет);

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ - эмпирические коэффициенты, определяемые по результатам натурных исследований и калибровки модели для конкретных климатических и эксплуатационных условий. Они учитывают особенности местного дорожного покрытия, интенсивность движения, погодные условия и технологию строительства [5, 6].

Пример расчёта по модели HDM-IV:

Если: начальное значение индекса продольной ровности $IRI_0=2,0$ м/км - дорога находится в хорошем состоянии; период эксплуатации дороги $t=5$ лет; накопленная нагрузка $ESAL=1,5$ млн. экв. осей; коэффициенты: $\beta_1=0,15$ коэффициент увеличения IRI вследствие климатических и временных факторов (естественное старение покрытия); $\beta_2=0,3$ и $\beta_3=0,4$ коэффициенты, характеризующие воздействие транспортной нагрузки (интенсивность и весовые параметры движения).

Подставим значения в формулу:

$$IRI(5) = 2,0 + 0,15 \cdot 5 + 0,3 \cdot (1,5)^{0,4} = 3,10 \text{ м/км}$$

Полученное значение $IRI=3,10$ м/км указывает на ухудшение эксплуатационного состояния дороги. Обычно нормативами считаются:

- **IRI до 2,0-2,5 м/км** - хорошее состояние;
- **IRI от 2,5 до 4,0 м/км** - удовлетворительное состояние (рекомендуется средний ремонт);
- **IRI выше 4,0 м/км** - плохое состояние (требуется капитальный ремонт).

Полученный индекс (3,10 м/км) означает, что дорога находится в зоне «удовлетворительного состояния», близка к «плохому состоянию» и требует проведения среднего ремонта или других мероприятий по восстановлению.

Изменение индекса продольной ровности (IRI) по времени, графически изображено на **Рис. 1**.

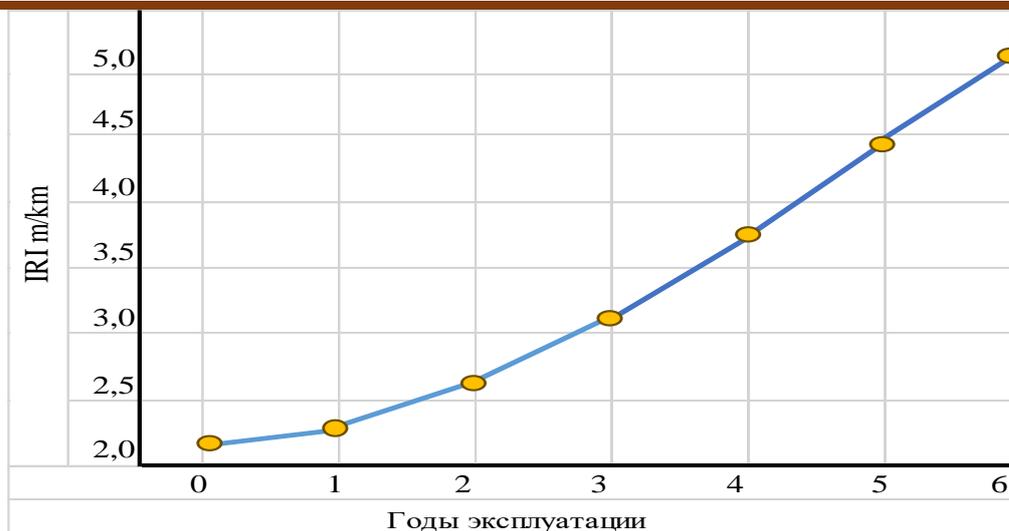


Рисунок 1 - График изменения индекса продольной ровности (IRI) по времени

Данный график показывает нарастание неровностей дорожного покрытия в течение 6 лет эксплуатации. Начальное значение IRI в 2,0 м/км постепенно увеличивается, достигая 5,2 м/км на 6-ой год, что указывает на ухудшение состояния покрытия. Такая динамика требует планового вмешательства, например, в форме назначения среднего ремонта на 4-5 году, чтобы избежать перехода дорожного покрытия в неудовлетворительное состояние и роста транспортных издержек.

Таким образом, график позволяет наглядно определить момент времени, когда необходимо проведение мероприятий по ремонту и восстановлению покрытия дороги, чтобы обеспечить нормативные показатели и безопасность дорожного движения.

2. Коэффициент сцепления (f) рассчитывается с помощью тормозного стенда или измерителей трения:

$$f = (F_T / G) \tag{3}$$

где f - коэффициент сцепления покрытия дороги (безразмерная величина, численно равная отношению сил);

F_T - сила тяги (трения), возникающая между шиной автомобиля и дорожным покрытием при торможении, измеряется в Ньютонах (Н);

G - вес (сила тяжести) автомобиля, действующая на дорожное покрытие, также измеряется в Ньютонах (Н).

Пример расчёта:

Допустим, в результате испытаний на тормозном стенде или специальным прибором были получены следующие показатели:

Сила тяги (сила трения) $F_T = 1800$ Н; Вес автомобиля $G = 9000$ Н.

Подставляем значения в формулу: $f = 1800/9000 = 0,2$.

Полученное значение коэффициента сцепления $f=0,2$ находится ниже нормативного предела (обычно нормативы требуют коэффициент не менее 0,3-0,4, в зависимости от типа дороги и покрытия). Это означает, что дорожное покрытие не обеспечивает достаточной безопасности и требует проведения работ по выравниванию, очистке или замене покрытия.

3. Поверхностные дефекты оцениваются через дефектный балл (D):

$$D = \sum(K_i * L_i) / L_{общ} \tag{4}$$

где **D** - дефектный балл дорожного покрытия (безразмерная величина), отражающий состояние поверхности дороги;

K_i - коэффициент важности конкретного дефекта. Чем выше значение коэффициента, тем серьезнее дефект влияет на эксплуатационное состояние дороги;

L_i - длина зоны дорожного покрытия с конкретным дефектом (м);

$L_{общ}$ - общая длина обследуемого участка дороги (м).

Пример расчёта:

Исходные данные: коэффициент важности трещин $K_{\text{трещины}}=2$; длина участка с трещинами $L_1=40$ м; коэффициент важности выбоин $K_{\text{выбоины}}=3$; длина участка с выбоинами $L_2=30$ м; общая длина обследуемого участка дороги $L_{\text{общ}}=100$ м;

Подставим значения в формулу: $D = (2 \times 40 + 3 \times 30) / 100 = (80 + 90) / 100 = 1,7$

Полученное значение **D=1,7** указывает на **неудовлетворительное состояние покрытия**.

4. Состояние обочин, водоотводов и дорожных знаков.

Оценка этих элементов осуществляется по балльной системе с использованием визуального контроля. Каждый элемент имеет свою шкалу оценки [6, 7]:

- **Обочины** - оцениваются по ровности, наличию осыпей, эрозии:
 - 0 – разрушены
 - 1 – частично разрушены
 - 2 – удовлетворительное состояние
 - 3 – хорошее состояние
- **Водоотводы (кюветы, лотки)** - оцениваются по способности отвода воды и наличию засоров:
 - 0 – полностью засорены
 - 1 – ограниченная проводимость воды
 - 2 – работают частично
 - 3 – функционируют штатно
- **Дорожные знаки** - оцениваются по их наличию, читаемости и вертикальности:
 - 0 – отсутствуют
 - 1 – повреждены
 - 2 – читаемы с искажением
 - 3 – в полном порядке

Итоговая оценка участка (по 5 критериям) определяется по формуле:

$$Q = (Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n) / n \quad (5)$$

где Q_n - оценка по каждому элементу.

Пример расчёта: обочины: 1 балл (частично разрушены); водоотводы: 2 балла (частично работают); дорожные знаки: 3 балла (в норме).

$Q = (1 + 2 + 3) / 3 = 2,0$ (состояние удовлетворительное, но требует улучшений).

5. Прогноз износа покрытия определяется по формуле:

$$I(t) = I_0 + (\alpha \cdot N \cdot t) \quad (6)$$

где $I(t)$ - накопленный износ покрытия за период эксплуатации (мм); I_0 - **исходный износ покрытия (мм), обычно принимается 0 для нового покрытия**; α - коэффициент износа покрытия, характеризует скорость износа на одно транспортное средство в сутки за 1 год (мм/(авт./сут.*год)); N - интенсивность движения, количество автомобилей в сутки (авт./сут.); t - период эксплуатации покрытия (лет).

Пример расчёта: $I_0 = 0$; $\alpha = 0,001-0,002$; $N = 5000$ авт./сут.; $t = 5$ лет;

$I(t) = 0 + (0,001 \cdot 5000 \cdot 5) = 0 + 25 = 25$ мм.

Накопленный износ покрытия за 5 лет эксплуатации составит 25 мм.

На **Рис.2** представлена блок-схема, которая иллюстрирует поэтапный процесс обследования состояния автомобильных дорог, начиная от сбора исходной информации до формирования технического отчёта. Такой подход обеспечивает последовательность, объективность и воспроизводимость оценки состояния дорожной сети. Важно, чтобы все этапы выполнялись регулярно и с применением современных диагностических средств, что является основой для эффективного управления дорожными активами [5].



Рисунок 2 - Этапы обследования и оценки ТЭСАД

Текущее состояние дорожной сети и проблемы её содержания

Анализ состояния республиканской дорожной сети показывает, что значительная её часть нуждается в капитальном или текущем ремонте. По экспертным оценкам, уровень износа покрытия на отдельных участках достигает 70-80%, особенно в отдалённых и горных районах. Основные проблемы:

- *Нерегулярная диагностика состояния дорог*, что затрудняет планирование ремонтов и профилактических мероприятий;
- *Недостаточное финансирование*, не позволяющее реализовывать комплексные программы содержания;
- *Отсутствие специализированной техники и обученного персонала*, особенно в региональных дорожно-эксплуатационных управлениях;
- *Стихийность и реактивный подход к ремонту*, когда мероприятия проводятся только после возникновения серьёзных повреждений [5].

Таблица 1 - Средние значения индекса IRI по регионам Таджикистана

Регионы Республики Таджикистан	Значения IRI, м/км
Согдийская область	3,5
Хатлонская область	4,2
Горно-Бадахшанская автономная область (ГБАО)	5,8
Районы республиканского подчинения (РПП)	4,6
Допустимое значение согласно нормативу	< 3,0

Представленные в таблице 1 значения индекса продольной ровности (IRI) отражают текущий уровень деформаций и неровностей покрытия в разрезе регионов. Значение выше 3,0 м/км считается критическим и требует вмешательства в виде выравнивающего слоя или капитального ремонта. Наиболее неблагоприятная ситуация наблюдается в ГБАО, где индекс ровности составляет 5,8 м/км, что обусловлено сложным горным рельефом, повышенной сейсмичностью и недостатком технических ресурсов для своевременного обслуживания. Данные значения получены на основе анализа полевых обследований, выполненных мобильными диагностическими комплексами в 2024 году [5].

Международный опыт и возможности адаптации

Во многих странах с развитой дорожной инфраструктурой используются автоматизированные системы управления дорожными активами (PMS - Pavement Management System). Эти системы позволяют:

- собирать и обрабатывать данные о состоянии дорожного полотна с помощью мобильных лабораторий и ГИС;
- моделировать износ покрытия и прогнозировать его состояние на перспективу;
- оценивать стоимость различных ремонтных стратегий и выбирать оптимальные с учётом бюджета [3, 4].

Наиболее эффективные PMS-системы внедрены в США (AASHTO PMS), Канаде (TAC), Японии и странах Евросоюза. Для условий Таджикистана актуальна разработка адаптированной PMS-системы, учитывающей особенности рельефа, климата и ресурсных ограничений.

Представленная на **Рис. 3** схема демонстрирует логическую структуру типичной системы управления дорожными активами (СУДА), обеспечивающей сбор, анализ и использование данных для принятия решений по ремонту и обслуживанию дорожной сети. Система ориентирована на цикличность и замкнутость процесса: от фиксации дефектов до контроля выполнения работ. Её внедрение позволяет существенно повысить обоснованность и эффективность затрат на содержание дорог, особенно в условиях ограниченного бюджета [3, 4].

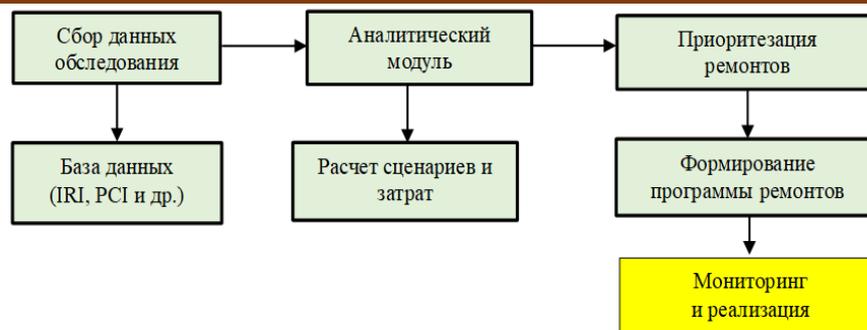


Рисунок 3 - Структура типичной системы управления дорожными активами (СУДА)

Выводы и предложения

Для повышения транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог необходимо выполнение следующих действий:

- систематизация обследований;
- цифровизация данных;
- внедрение системы СУДА;
- подготовка квалифицированных кадров;
- использование моделей износа, ровности, коэффициентов сцепления и дефектов покрытия [5].

Указанные меры позволяют существенно повысить эффективность использования ограниченных ресурсов и обеспечить устойчивое развитие дорожно-транспортной инфраструктуры страны.

Рецензент: Сайраҳмонов Ғ.Х. - к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

"Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций" ТПУ им. акад. М.С. Осими.

Литература

1. ГОСТ 33132-2014. Автомобильные дороги общего пользования. Требования к эксплуатационному состоянию.
2. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги.
3. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures - American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.
4. Transportation Association of Canada (TAC). Pavement Asset Design and Management Guide. - Ottawa, 2013.
5. World Bank. Highway Development and Management Model (HDM-4) Manual. - 2013.
6. Методические рекомендации по оценке эксплуатационного состояния автомобильных дорог. - М.: Росавтодор, 2017.
7. Дорожное хозяйство и безопасность движения: Учебник / под ред. В.И. Блинова. - М.: Транспорт, 2008.

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

TJ	RU	EN
Мирзозода Сухроб Бегмат	Мирзозода Сухроб Бегмат	Mirzozoda Sukhrob Begmat
номзади илмҳои техникӣ, дотсент	кандидат технических наук, доцент	candidate of technical sciences, professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ.	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi.
E-mail: sukhrob63@mail.ru		
TJ	RU	EN
Содиқов Жамшид Иброҳим Угли	Содиқов Жамшид Иброҳим Угли	Sodikov Jamshid Ibrokhim Ugli
доктори илмҳои техникӣ, профессор	доктор технических наук, профессор	doctor of technical sciences, professor
Донишгоҳи Давлатии Нақлиёти Тошқанд	Ташкентский государственный транспортный университет	Tashkent State Transport University
E-mail: osmijam@gmail.com		
TJ	RU	EN
Мирзоев Фаридун Сухробович	Мирзоев Фаридун Сухробович	Mirzoev Faridun Suhrobovich
Муҳандиси-тарҳрезӣ Шуъбаи техникӣ	Инженер-проектировщик Технического департамента	Engineer - designer of the Technical department
ЧСК «Таджикгидроэлектромонтаж»	ОАО «Таджикгидроэлектромонтаж»	JSC «Tajikhydroelectromontazh»
E-mail: farid.mirzaev.96@bk.ru		

ОИД БА БЕХАТАРИИ АВТОМОБИЛҲОИ БАРҚИ

¹Мамадамон Абдулло, ²Ш.С. Саъдуллозода, ³А.А. Абдуллоев

¹Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ,

²ДП ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ дар ш. Хучанд,

³ҶСК “ТГЭМ”

Дар мақола бехатарии автомобилҳои барқӣ ва гибридӣ, ки омилҳои асосии паҳншавии васеи онҳо ва эътимоли истеъмолиқунандагон мебошад, инчунин стандартҳои бехатарии нақлиёти автомобилӣ баррасӣ шудааст. Тадқиқоти охири ва натиҷаҳои озмоишҳои садамаҳои нишон медиҳанд, ки ин мошинҳо ҳамчун моделҳои анъанавӣ бо муҳарриқҳои дарунсӯзӣ бехатаранд ва дар баъзе ҳаҷмҳои хатто аз онҳо зиёдтаранд. Автомобилҳои барқӣ аз ҳисоби ҷойгиркунии батареяҳои аккумуляторӣ маркази вазнинии паст доранд, ки устуворияти онҳоро зиёд мекунад ва ҳатто чапшавиро коҳиш медиҳад. Набудани муҳарриқи дарунсӯзӣ аз пеш имкон медиҳад, ки ҳудуди деформатсия васеътар гардида, муҳофизати бехатари мусофирон таъмин гардад. Автомобилҳои гибридӣ бартариҳои автомобилҳои анъанавиро бо қарорҳои инноватсионӣ муттаҳид мекунад, аммо ба онҳо хатарҳои муштаракӣ ҳам системаи сӯзишворӣ ва ҳам батареяҳои аккумуляторӣ хосанд. Мушкилоти асосии бехатарии автомобилҳои барқӣ ва гибридӣ ин эҳтимоли “фирори гармӣ”-и батареяҳои аккумуляторӣ ва душвории хомӯш кардани онҳо мебошад, ки технологияҳои махсус ва омӯзиши ҳадамоти фавқулоддара талаб мекунад. Дар маҷмӯъ, онҳо сатҳи баланди бехатарии фаъл, ғайрифаъл ва пас аз садамаро бо риояи стандартҳои байналмилалӣ таъмин мекунад.

Калидвожаҳо: бехатарии автомобилҳо, бехатарии фаъл ва ғайрифаъл, бехатарии экологӣ, бехатарии электромагнитӣ, гибрид, аккумуляторҳои литий-ионӣ, фирори гармӣ.

О БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Мамадамон Абдулло, Ш.С. Саъдуллозода, А.А. Абдуллоев

В статье проведен обзор безопасности электромобилей и гибридных автомобилей, являющаяся ключевым фактором их широкого распространения и доверия потребителей, а также стандарты безопасности для автотранспортных средств. Недавние исследования и результаты краш-тестов показывают, что эти автомобили не уступают по безопасности традиционным моделям с двигателями внутреннего сгорания, а в некоторых отношениях даже превосходят их. Электромобили имеют низкий центр тяжести благодаря расположению аккумуляторных батарей, что повышает их устойчивость и снижает риск опрокидывания. Отсутствие двигателя внутреннего сгорания в передней части кузова обеспечивает большую зону деформации и лучшую защиту пассажиров. Гибридные автомобили сочетают в себе преимущества обычных автомобилей с инновационными решениями, но им свойственны общие риски, связанные как с топливной системой, так и с аккумуляторными батареями. Основной проблемой безопасности электромобилей и гибридных автомобилей является возможность «тепловой разгона» аккумуляторных батарей и сложность их отключения, что требует применения специальных технологий и подготовки сотрудников экстренных служб. В целом, они обеспечивают высокий уровень активной, пассивной и послеварийной безопасности, соответствующий международным стандартам.

Ключевые слова: безопасность электромобилей, активная и пассивная безопасность, экологическая безопасность, электромагнитная безопасность, гибрид, литий-ионные аккумуляторы, тепловой разгон.

ABOUT THE SAFETY OF ELECTRIC VEHICLES

Mamadamon Abdullo, Sh.S. Sadullozoda, A.A. Abdulloev

The article provides an overview of the safety of electric vehicles and hybrid vehicles, which is a key factor in their widespread adoption and consumer confidence, as well as safety standards for motor vehicles. Recent research and crash test results show that these cars are not inferior in safety to traditional models with internal combustion engines, and in some respects even surpass them. Electric vehicles have a low center of gravity due to the location of the batteries, which increases their stability and reduces the risk of tipping over. The absence of an internal combustion engine in the front of the body provides a larger deformation zone and better protection for passengers. Hybrid cars combine the advantages of conventional cars with innovative solutions, but they share common risks associated with both the fuel system and batteries. The main safety problem of electric vehicles and hybrid vehicles is the possibility of "thermal acceleration" of batteries and the difficulty of disconnecting them, which requires the use of special technologies and training of emergency personnel. In general, they provide a high level of active, passive, and post-emergency safety that meets international standards.

Keywords: safety of electric vehicles, active and passive safety, environmental safety, electromagnetic safety, hybrid, lithium-ion batteries, thermal acceleration.

Пешгуфтор

Автомобилҳои барқӣ дорои дараҷаи баланди бехатарии истифодабарӣ низ мебошанд. Онҳо аз озмоишҳои шадиди садамавӣ (краш-тест), санҷиши батареяҳои аккумуляторӣ ва сертификатсияи ҳатмӣ мегузаранд, то эътимоднокӣ ва бехатарии худро дар вақти истифодабарӣ исбот кунанд. Дар зер ҷанбаҳои асосии бехатарии электромобилҳо ва автомобилҳои гибридро таҳлил мекунам.

Сифати автомобил ин маҷмӯи хосиятҳои он мебошад, ки ба талаботи дода шуда дар шароити муайяни истифодабарӣ ҷавобгӯ мебошад.

Хосиятҳои автомобилро метавон ба се гурӯҳ тақсим намуд (расми 1):

- функционалӣ;
- истифодабарӣ (истеъмолиқ);
- бехатарӣ.

Хосиятҳои бехатарӣ ба чор зергурӯҳ ҷудо мешаванд:

а) Хосиятҳои бехатарии фаъл қобилияти кам намудани эътимолияти ба садама дучоршавии автомобилро нишон дода, қисмҳои зеринро дар бар мегирад:

— хосиятҳои боздорӣ (тормозӣ) — қобилияти зуд паст кардани суръат, боэътимод боздоштан ва ором нигоҳ доштани автомобил;

— идорашавандагӣ ва устуворият дар ҳолатҳои фавқулода — қобилияти тез тағйир додан (идорашавандагӣ) ва доимӣ нигоҳ доштани (устуворият) параметрҳои ҳаракати автомобил (суръат, шитоб, самти ҳаракат ва ғайра) дар ҳолатҳои фавқуллода тибқи хоҳиши ронанда;

— доираи назар аз ҷои ронанда — имконияти аз тарафи ронанда қабул намудани иттилоот ба тариқи чашм дар бораи муҳити атроф, ки ба сохти кабина, шишаҳо, оинаҳои диди қафо ва ғайра вобаста аст;

— иттилопазирии берунаи автомобил — миқдор, ранг, ҷойҳои ҷойгиршавии асбобҳои равшанидиҳандаи беруна (чароғҳои асосӣ, нишондиҳандаҳои гардишу боздорӣ ва ғайра);

— дараҷаи ғулғула дар ҷойи нишастии ронанда — дараҷаи пастшавии коршоямии ронанда дар зери таъсири мағали (ғулғулаи) давомнок.



Расми 1 – Бехатарии нақлиёти автомобилӣ

Автомобилҳои барқӣ дорои дараҷаи баланди бехатарии истифодабарӣ низ мебошанд. Онҳо аз озмоишҳои шадиди садамавӣ (краш-тест), санҷиши батареяҳои аккумуляторӣ ва сертификатсияи ҳатмӣ мегузаранд, то эътимоднокии ва бехатарии худро дар вақти истифодабарӣ исбот кунанд. Дар зер ҷанбаҳои асосии бехатарии электромобилҳо ва автомобилҳои гибридро таҳлил мекунам.

Хосиятҳои бехатарӣ ба чор зергурӯҳ ҷудо мешаванд:

а) Хосиятҳои бехатарии ҷаъол қобилияти кам намудани эътимодияти ба садама дучоршавии автомобилро нишон дода, қисмҳои зеринро дар бар мегирад:

- хосиятҳои боздорӣ (тормозӣ) — қобилияти зуд паст кардани суръат, боэътимод боздоштан ва ором нигоҳ доштани автомобил;
- идорашавандагӣ ва устуворият дар ҳолатҳои фавқулода — қобилияти тез тағйир додан (идорашавандагӣ) ва доимӣ нигоҳ доштани (устуворият) параметрҳои ҳаракати автомобил (суръат, шитоб, самти ҳаракат ва ғайра) дар ҳолатҳои фавқуллода тибқи хоҳиши ронанда;
- доираи назар аз ҷои ронанда — имконияти аз тарафи ронанда қабул намудани иттилоот ба тариқи чашм дар бораи муҳити атроф, ки ба сохти кабина, шишаҳо, оинаҳои диди қафо ва ғайра вобаста аст;
- иттилопазирии берунаи автомобил — миқдор, ранг, ҷойҳои ҷойгиршавии асбобҳои равшанидиҳандаи беруна (чароғҳои асосӣ, нишондиҳандаҳои гардишу боздорӣ ва ғайра);
- дараҷаи ғулғула дар ҷойи нишастии ронанда — дараҷаи пастшавии коршоямии ронанда дар зери таъсири мағали (ғулғулаи) давомнок.

б) Хосиятҳои бехатарии ғайриҷаъол қобилияти паст кардани вазнинии оқибати садамаи руҳдодаро нишон дода, қисмҳои зеринро дар бар мегирад:

- хосияти паст кардани дараҷаи маъюбшавии ронанда ва мусофирон ҳангоми садама, ки ба қобилияти фурубурди энергия аз тарафи кузови автомобил, асбобҳои ҳимоякунанда (тасмаи бехатарӣ, болини дамшавандаи (подушек) бехатарӣ, зерсарақҳо (подголовников) ва ғайра), сохти шишаҳо, идоракунии рулӣ ва сохти дарунии салони автомобил;

- хосияте, ки дараҷаи маъюбшавии пиёдагардонро кам менамояд (набудани қисмҳои хатарноки беруна);
- бехатарии сӯхтор, ки аз рӯи сохти системаи ғизодиҳӣ, ҷойгиршавии зарфи (баки) сӯзишворӣ, мавҷуд будани воситаҳои сӯхторхомушкунӣ ва ғайра баҳо дода мешавад.
- с) Бехатарии экологӣ – хосияти кам кардани таъсири зараровари автомобил ба муҳити атроф буда, қисмҳои зеринро дар бар мегирад:
 - дараҷаи элементҳои зарарнок дар таркиби газҳои боқимондаи муҳаррикҳои автомобил – дараҷаи ифлоскунии муҳити ҳаво тариқи газҳои заҳрнок (оксиди карбон, оксидҳои нитроген, карбогидратҳо ва ғайра);
 - дараҷаи мағалнокӣ — дараҷаи таъсири манфии мағал ба одамоне, ки дар гирду атрофи шоҳроҳҳои автомобилгард ҷойгиранд;
 - дараҷаи истифодашавии маводди безарар дар тайёр намудани чузҳои автомобил;
 - мутобиқат ба безараргардонӣ баъди муҳлати истифода — мутобиқати автомобил, узвҳо ва қисмҳои таркибии он барои коркарди дубора.
- д) Бехатарии баъдисадамавъ маҷмуи чорабиниҳои мебошад, ки ба ҳадди ақалл расонидани оқибатҳои садамаи нақлиётӣ барои ронанда, мусофирон ва дигарон нигаронида шудаанд. Он як қисми системаи умумии бехатарии воситаҳои нақлиёт буда, масъалаҳои зеринро дар бар мегирад:
 - Нигоҳ доштани якпорчагии салони мусофирон;
 - Мустаҳкамии бадана (кузов) ва минтақаҳои дефроматсияшаванда;
 - Ҳифзи системаи сӯзишворӣ аз фишор ва сӯхтор;
 - Кам кардани ҷароҳатҳои дуумдараҷа;
 - Ба таври автоматӣ ҷудо кардани батареяи аккумуляторӣ;
 - Қатъ кардани занҷирҳои баландшиддати автомобилҳои барқӣ;
 - Таъмини эвакуатсияи мусофирон;
 - Имконияти кушодани дарҳо пас аз бархӯрд;
 - Нигоҳ доштани фаъолияти қуфлҳо ва механизмҳои ҳолати фавқуллода;
 - Системаҳои алоқаи фавқуллода ва огоҳкунӣ;
 - системаи худкори занги таъҷили ҳангоми садама (eCall);
 - фиристодани маълумот оид ба макони дақиқи автомобили ба садама дучор шуда ба ҳадамоти таъҷили.

Ҷанбаҳои асосии бехатарии электромобилҳо ва автомобилҳои гибридӣ дар ҷадвали 1 оварда шудаанд.

Ҷадвали 1 – Бехатарии электромобилҳо ва автомобилҳои гибридӣ

Намуд	Стандартҳои асосии танзимкунанда
Бехатарии фаъол, яъне системаҳои, ки хатари бархӯрдро дар марҳилаи аввал пешбинӣ ва пешгирӣ мекунанд, сарбории ронандаро коҳиш медиҳанд ва идоракунии автомобилро беҳтар мегардонанд.	ISO 26262-1 (бехатарии функционалӣ) [49], Euro NCAP AEB testing ¹ , UNECE R13–R155 ² (системаҳои боздорӣ, ADAS - (Advanced Driver Assistance Systems)) ва ғайра.
Бехатарии ғайрифавқол, яъне амалҳои, ки дар лаҳзаи бархӯрӣ ё зарба ба қор мебароянд: бадана (кузов), курсиҳо, камарбандҳо ва болишти бехатарӣ энергияро фурӯ бурда, мусофирон ва пиёдагардонро муҳофизат мекунанд.	UNECE R94/R95 (қраш-тести рӯ ба рӯ ва паҳлӯӣ) ³ , FMVSS 214 ва ГОСТ Р 54811-2011 (дар Федератсияи Россия) танзим карда мешаванд [7; 36; 55; 58].
Бехатарии экологӣ, ки тамоми занҷири давраи ҳаёти воситаи нақлиётро аз истихроҷи ашёи хом (маъдани оҳан, литий, сӯзишворӣ ва ғайра) то безараргардонӣ ва коркарди дубораи маводду масолеҳи истифодашударо дар бар мегирад, бо хусусиятҳои зерин тавсиф мешавад.	Euro 6 / Euro 7 / WLTP (Европа), ISO 14001 - (талабот ба системаи идоракунии муҳити зист)[48]. Қонуни Чумҳурии Тоҷикистон “Дар бораи таъмини амнияти экологии нақлиёти автомобилӣ”[2].
Бехатарии баъдисадамавъ технологияҳои дар бар мегирад, ки фавран пас аз ҳодиса ба қор мебароянд, аз ҷумла онҳо аз сӯхтор пешгирӣ мекунанд, қори начотдиҳандагонро осон мекунанд ва хатарҳои дуумдараҷаро кам мекунанд.	UNECE R131 ⁴ (eCall) — системаи занги таъҷили. UNECE R100 ⁵ (муҳофизат аз зарбаи барқ ва ғайра). ISO 26262 – (бехатарии функционалӣ, ки алгоритмҳои барои ҳифзи электроника ва пешгирии ноқомии пас аз бархӯрд фаро мегирад). FMVSS 305 (ИМА) – (пешгирии ихроҷи электролит ва расиши кӯтоҳ пас аз садама) [35]. ГОСТ Р 54811-2011 (системаҳои пас аз садама). GB/T 18384 Чин (ҳифзи батарея ва қатъи автоматии системаҳо пас аз садама) [39].

Сарчашма: таҳияи муаллиффон

¹ <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/safety-assist/aeb-car-to-car/>

² United Nations Economic Commission for Europe. <https://unece.org/>

³ United Nations Economic Commission for Europe. <https://unece.org/>

⁴ <https://unece.org/transport/documents/2023/02/standards/regulation-no-131-revision-1-amendment-2>

⁵ <https://unece.org/transport/documents/2022/03/standards/regulation-no-100-rev3>

Рейтинги бехатарӣ дар асоси як қатор озмоишҳои автомобилӣ, ки аз ҷониби Euro NCAP таҳия ва гузаронида шудааст, муайян карда мешавад.

Euro NCAP⁶ системаи панҷситорадори рейтингӣ бехатариро таъсис додааст, то ба истеъмолкунандагон ва корхонаҳо муқосиса кардани автомобилҳо ва дар интиҳоби бехатартарин воситаи нақлиёт барои эҳтиёҷоти онҳо кӯмак расонад.

Рейтинги бехатарӣ дар асоси як қатор озмоишҳои автомобилӣ, ки аз ҷониби Euro NCAP таҳия ва гузаронида шудааст, муайян карда мешавад. Ин озмоишҳо сенарияҳои соддакардашудаи садамаҳои воқеиро ифода мекунад, ки метавонанд боиси ҷароҳат ё марги мусофирон ё дигар иштирокчиёни ҳаракат дар роҳ шаванд. Он тамоми ҷанбаҳои ҷаҳони воқеиро пурра инъикос карда натавонанд ҳам, технологияҳои такмилёфтаи нақлиёт, ки дар солҳои охир дар натиҷаи стандартҳои баланди бехатарӣ ба вуҷуд омадаанд, самаранок будани худро исбот карданд ва ба истеъмолкунандагон манфиати воқеӣ меоранд.

Гарчанде автомобилҳои барқӣ дар вақти истифодабарӣ партови бевоситаи газҳои захрнок ва гулхонагӣ тавлид накунад ҳам, таъсири умумии онҳо ба муҳити зист, баҳусус ба партовҳои газҳои гулхонаӣ, ба таври назаррас аз манбаи нерӯи барқе, ки барои заряд додани онҳо истифода мешавад, вобаста аст. Яъне нақлиёти барқиро дар он сурат аз ҷиҳати экологӣ нисбатан тоза шуморидан мумкин аст, ки энергия барои заряд додани он аз манбаҳои барқароршавандаи энергия гирифта шавад. Агар заряддиҳӣ тавассути манбаҳои энергияи барқ, ки аз сӯختани сӯзишворӣ (ангишт, газ, маводди нафтӣ ва ғайра) анҷом дода шавад, бартариҳои экологии он назаррас нахоҳад буд [4].

Ҷумҳурии Тоҷикистон дорои манбаи асосии барқароршавандаи энергия, яъне захираҳои бузурги гидроэнергетикӣ мебошад ва то 98 фоизи истеҳсоли нерӯи барқ ба истифодаи захираҳои обӣ рост меояд [1].

Бартариҳои технологияҳои нав дар бисёр ҳолатҳо ба таври интиқодӣ қабул мешавад ва аҳолии одатан садоқатро ба технологияҳои ҷорӣ ва муқаммал кардани он нигоҳ медоранд. Инро ҳолатро дар рушди нақлиёти автомобилӣ барқӣ низ мушоҳида кардан мумкин аст, аз ҷумла таъсири афканишоти (радиатсия) электромагнитӣ, безаргардонии аккумуляторҳои литий-ионӣ ва ғайра.

Ин озмоишҳо сенарияҳои соддакардашудаи садамаҳои воқеиро ифода мекунад, ки метавонанд боиси ҷароҳат ё марги мусофирон ё дигар иштирокчиёни ҳаракат дар роҳ шаванд.

Гарчанде, ки рейтингӣ бехатарӣ тамоми ҷанбаҳои ҷаҳони воқеиро пурра инъикос карда натавонанд ҳам, технологияҳои такмилёфтаи нақлиёт, ки дар солҳои охир дар натиҷаи стандартҳои баланди бехатарӣ ба вуҷуд омадаанд, самаранок будани худро исбот карданд ва ба истеъмолкунандагон манфиати воқеӣ меоранд.

Бехатарии барқӣ

Бехатарии барқии электромобилҳо маҷмуи ҷораҳо ва ҳалли техникӣ мебошад, ки ба пешгирии таъсири зараровари ҷараёни барқ, майдонҳои электромагнитӣ ва дигар омилҳои электрикӣ ба одамон ва муҳити зист нигаронида шудааст. Бо афзоиши маъруфияти нақлиёти барқӣ, масъалаҳои бехатарӣ бо назардошти хатарҳои мушаххасе, ки бо системаҳои баландшиддат ва батареяҳои литий-ионӣ алоқаманданд, махсусан муҳим арёбӣ мешаванд.

Системаҳои баландшиддат. Автомобилҳои барқии муосир аз системаҳои баландшиддати шиддаташон аз 200 то 650 вольт истифода мебаранд. Батареяҳои аккумуляторӣ бо шиддати аз 200 то 300 вольт кор мекунад ва қувваи ҷараён метавонад ба 50 ампер мерасад, ки хатари ҷиддии зарбаи барқиро ба вуҷуд меорад. Дар схемаи таъмини муҳаррики барқӣ шиддат метавонад ба 650 вольт расад, ки ҳангоми хизматрасонии техникӣ ва таъмир ҷораҳои махсуси эҳтиётро талаб мекунад [13].

Батареяҳои аккумуляторӣ электромобилҳо дар қуттиҳои махсуси устувор ҷойгир карда мешаванд, ки онҳоро аз осеби механикӣ, ҷанг ва об муҳофизат мекунад. Системаҳои зидди сӯхтор пешбинӣ шудаанд, ки дар ҳолати расиши кӯтоҳ ё ҳарорати аз ҳад зиёд ба таври автоматӣ барқро хомӯш мекунад [9].

Системаи идоракунии батареяҳои аккумуляторӣ (BMS) раванди заряд ва разряди батареяи аккумуляториро назорат мекунад ва барои кори бехатарӣ он ва назорати ҳолати он масъул аст. BMS аз расиши кӯтоҳ, қувваи ҷараёни аз ҳад зиёд, заряди барзиёд, аз ҳад зиёд гармшавӣ ва аз ҳад зиёд хунукунӣ муҳофизат мекунад. Система метавонад шиддати ҳар як ҳуҷайраи алоҳидаро бо дақиқияти чанд милливольт чен кунад ва ҳароратро бо дақиқии ± 1 °C назорат кунад [10; 16].

⁶ <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/>

Make & Model	Safety Equipment	Overall rating				
ZEEKR ZEEKR X	Standard	★★★★★	91%	90%	84%	83%
Audi Q6 e-tron	Standard	★★★★★	91%	92%	81%	80%
Maxus eTERRON 9	Standard	★★★★★	91%	85%	84%	83%
ZEEKR ZEEKR 001	Standard	★★★★★	89%	88%	84%	83%
DEEPAI Deepal S07	Standard	★★★★★	95%	87%	74%	77%
Porsche Macan	Standard	★★★★★	90%	90%	83%	78%
Cupra Tavascan	Standard	★★★★★	89%	86%	80%	79%
Maxus MIFA 7	Standard	★★★★★	92%	87%	81%	75%
NIO NIO EL6	Standard	★★★★★	93%	85%	78%	76%
Volvo EX30	Standard	★★★★★	88%	85%	79%	80%
XPENG G6	Standard	★★★★★	88%	85%	81%	75%
Ford Capri	Standard	★★★★★	89%	86%	80%	72%
Ford Explorer	Standard	★★★★★	89%	86%	80%	72%
Leapmotor C10	Standard	★★★★★	89%	85%	77%	76%
ALPINE Alpine A290	Standard	★★★★☆	80%	80%	76%	68%

Расми 1 – Бехтарин электромобилҳои бехатар дар соли 2024 тибқи рейтинги тибқи озмоишҳои Euro NCAP [32]

HVIL (High Voltage Interlock) - хусусияти дигари бехатарӣ мебошад, ки барои назорат кардани якпорчагии занҷири баландшиддат аз занҷири (ҳалқаи) пастшиддат истифода мебарад. Система барои муҳофизат кардани одамон аз шиддати баланд тарҳрезӣ шудааст, ки метавонанд бо чузҳои баландшиддати электромобилҳо дар тамос шаванд, инчунин, ронандаро дар ҳолати канда шудани пайвасти баландшиддат ва ҳалалдоршавии кори он огоҳ мекунад [43].

Дастгоҳи заряддиҳӣ бо системаҳои муҳофизатии гуногун мучаҳҳаз шудааст, то бехатарии раванди заряддиҳиро таъмин кунад. Муҳофизати аз шиддати аз меъёр барзиёд ва паст. Ин система одатан вақте, ки сатҳи шиддатро, ки аз ҳадди бехатар зиёд аст, ошкор мекунад ва манбаи барқро хомӯш мекунад. Муҳофизат аз шиддати паст кафолат медиҳад, ки раванди заряддиҳӣ қатъ мегардад, агар шиддати таъминот аз сатҳи муайян паст шавад, ки ин метавонад боиси заряддиҳии бесамар ё вайрон шудани батарея гардад. Муҳофизати аз сарбории аз ҳад зиёд ба дастгоҳи заряддиҳӣ имкон медиҳад, ки дастгоҳи заряддиҳӣ аз ҳад зиёд гарм нашавад ва сӯхтори эҳтимолӣ рух надиҳад. Муҳофизат аз талафоти ҷорӣ

энергия барои ошкор кардани ҳама гуна талафоти қорӣ дар дастгоҳи заряддиҳӣ, ки метавонад боиси зарбаи барқ гардад, муҳим аст. Он февран барқро қатъ мекунад, то ҳар гуна зарарро пешгирӣ кунад. Заминваслаи муҳофизавӣ кафолат медиҳад, ки дастгоҳи заряддиҳӣ ба таври дуруст ба замин пайваст шуда, ҳатари зарбаи барқро коҳиш медиҳад ва таҷҳизотро қаҳиши шиддати барқ муҳофизат мекунад. Системаи муҳофизати аз гармии аз ҳад зиёд ҳарорати дастгоҳи заряддиҳӣ назорат мекунад ва агар он аз ҳарорати бехатари қорӣ зиёд бошад, барқро қатъ мекунад. Системаҳои муҳофизат аз раъду барқ барои муҳофизат кардани дастгоҳи заряддиҳӣ аз шиддати раъду барқ, ки метавонанд махсусан харобиовар бошанд, тарҳрезӣ шудаанд. Системаи муҳофизати аз расиши кӯтоҳ як хусусияти муҳими бехатарӣ мебошад, ки расиши кӯтоҳро дар дохили дастгоҳи заряддиҳӣ ё электромобили васлшуда ошкор мекунад ва барқро барои пешгирӣ кардани осеб қатъ мекунад. Дар конструксияи дастгоҳи заряддиҳӣ маводҳои ба оташ тобовар истифода мешавад, то паҳншавии сӯхтор дар сурати рух додани он пешгирӣ карда шавад [24].

Стандартҳои асосии байналмилалӣ ISO 26262 барои бехатарии функционалии воситаҳои нақлиёти роҳ ва IEC 618517 барои системаҳои заряддиҳии электромобилҳо мебошанд. ISO 64698 талаботи бехатариро барои системаҳои нигоҳдории энергияи барқгиранда ва хусусиятҳои функционалии бехатарӣ муқаррар мекунад.

Бехатарии электромагнитӣ

Афканишоти электромагнитӣ воқеан дар автомобилҳои барқӣ аз сабаби қори муҳаррикҳои барқӣ, батареяҳои аккумулятори кашанда, электроникаи идоракуни ва системаи заряддиҳӣ ҳосил мешавад (Расми 2). Радиатсияи электро-магнитиро дидан ғайриимкон аст, онро танҳо тавассути асбобҳои махсус чен кардан мумкин аст [5; 15]. Истифодаи пуршиддати энергияи электромагнитӣ дар қомеаи муосир ба он оварда расонд, ки дар охири асри 20 омили нави муҳими ифлосшавии муҳити зист – омили электромагнитӣ ба вучуд омад ва ташаккул ёфт.

Миқёси ифлосшавии электромагнитӣ дар муҳити инсон то ҳадде назаррас шудааст, ки Созмони Ҷаҳонии Тандурустӣ (World Health Organization, WHO) ин мушкилотро ба қатори мушкилоти барои инсоният мубрамтарин шомил кардааст ва бисёре аз олимони онро омили қавии экологӣ, ки барои тамоми мавҷудоти зинда дар рӯи замин оқибатҳои фалокатовар доранд, ворид намудааст. Истилоҳи "ифлосшавии глобалии электромагнитии муҳити зист" расман соли 1995 аз қониби WHO қорӣ карда шудааст. Дар байни яқчанд лоиҳаҳои глобалӣ, WHO Лоиҳаи байналмилалӣи электромагнитӣ (WHO International EMF Project) -ро амалӣ мекунад, ки аҳамият ва таваҷҷуҳ ба ин мавзӯро аз қониби қомеаи ҷаҳонӣ таъкид мекунад [14].

Дар электромобилҳо манбаҳои асосии майдони электромагнитӣ таҷҳизоти дастгоҳи зерин мебошанд:

— Муҳаррикҳои барқӣ — манбаъи асосии майдонҳои электромагнитӣ, ки тавассути эҷод ва тағйир додани майдонҳои электромагнитӣ барои табдил додани энергияи электрикӣ ба энергияи механикӣ қор мекунанд [12].

— Батареяҳои аккумулятори қашишӣ ва ноқилҳои қараёндор — манбаи энергияи барқ дар автомобил ва ноқилҳои (кабелҳо) майдонҳои электромагнитии басомади пастро (60–420 Гс) ба вучуд меорад [8; 12].

— Электроникаи идоракуни ва табдилдиҳандаҳои барқ — инвертерҳо, конвертерҳо ва контроллерҳо бо истифода аз транзисторҳои баландсуръат (IGBT, MOSFET) манбаъи майдони электромагнитии баландбасомад дар ҳудуди аз 2 то 20 кГц ва болотар мебошанд [11].

— Дастгоҳи заряддиҳӣ — ҳангоми заряд додани автомобили барқӣ, онҳо дар басомадҳои 50–60 Гс (қараёни тағйирёбанда) майдонҳои электромагнитӣ ба вучуд меояд. Инчунин, искони тавлиди басомади баландтар низ мавҷуд аст [5].

Таҷҳизоти иловагии барқӣ – системаҳои ҳавотозакунӣ ва гармидиҳӣ (сардкунӣ), равшанидиҳӣ ва ғайра низ сарчашмаи майдонҳои электромагнитии ҳудуди басомади пастр мебошанд [8].

Комиссияи байналмилалӣ оид ба ҳифзи радиатсияи иондоршаванда (ICNIRP - The International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection) дастурҳо ва стандартҳои илман асоснокшударо таҳия мекунад, ки ба маҳдуд кардани таъсири майдонҳои электромагнитӣ (EMF) ба инсон ва ҳифзи саломатӣ равона шудаанд [17].

Муқаррароти асосии стандартҳои ICNIRP:

— Доираи васеи басомадҳоро дар бар мегирад - аз майдонҳои электромагнитии пастрбасомад ва болотар аз он, аз ҷумла афканишоти радиобасомад.

⁷ IEC 61851. Electric vehicle conductive charging system. <https://webstore.iec.ch/en/>

⁸ Electrically propelled road vehicles — Safety specifications Part 1: Rechargeable energy storage system (RESS). <https://www.iso.org/standard/68665.html>

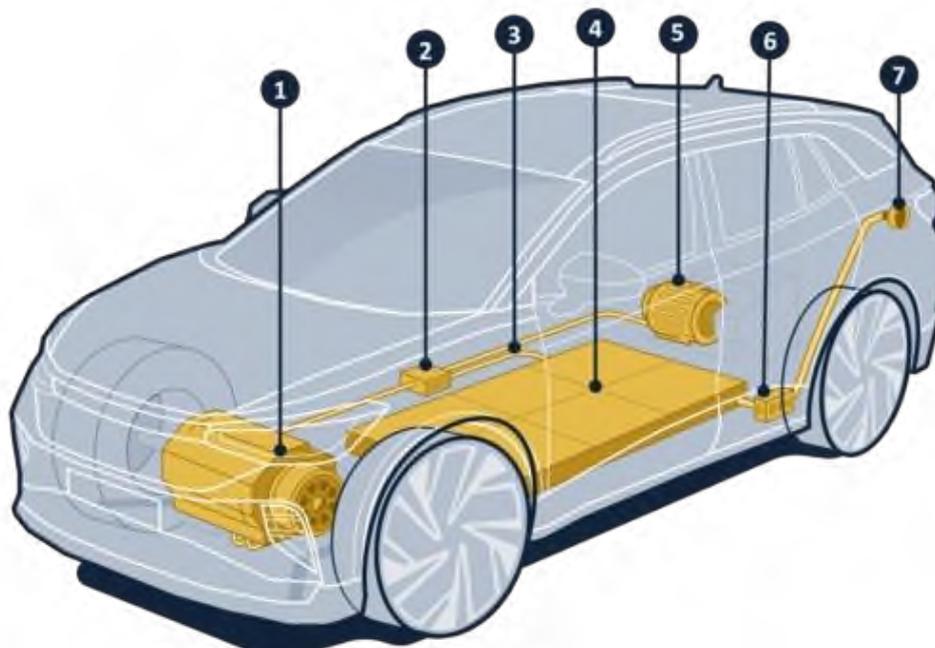
— Маҳдудиятҳои асосиро, ки ба таъсири биологӣ асос ёфтаанд, муқаррар карда мешаванд ва дар ҳеҷ ҳолат афканишот набояд аз меъёр зиёд бошад.

— Ҳам таъсири мустақими майдонҳои электромагнитиро ба бадани инсон ва ҳам таъсири ғайриимустақим - тавассути тамос бо объектҳои дорои потенциали электромагнитии гуногун ба назар гирифта мешаванд.

— Маҳдудиятҳоро барои параметрҳои гуногун дар бар мегирад: шиддатнокии майдони электрикӣ (V/m), индуксияи магнитӣ (μT), суръати хоси фурӯбарӣ (Specific Absorption Rate, SAR⁹, W/kg) ва ғайра.

— Ба натиҷаҳои тадқиқоти лабораторӣ ва эпидемиологӣ асос ёфта, инчунин маълумотро дар бораи озмоишҳо бо ҳайвонот ба назар мегиранд ва онҳоро нисбат инсон экстраполятсия мекунад.

— Барои таҳияи стандартҳо ва қоидаҳои миллӣ дар кишварҳои гуногун замина фароҳам меоранд.



Расми 2 – Манбаъҳои асосии майдонҳои электромагнитӣ дар электромобилҳо [20]: 1 – муҳаррики барқии пеш, 2 – инвертер, 3 – симҳои баландшиддат, 4 – батареяҳои аккумулятори баландшиддат, 5 – муҳаррики барқии қафо, дастгоҳи заряддиҳии дохилӣ, 6 – пайванди заряддиҳӣ

Мақсад ва вазифаи Стандартҳои ICNIRP:

— Таъмини сатҳи қобили қабули ҳифзи саломатӣ аз таъсири майдони электромагнитӣ ва пешгирӣ кардани бад шудани вазъи саломатӣ дар натиҷаи таъсири он.

— Эҷоди заминаи илман асоснок барои арзёбии хатарҳо ва мониторинги сатҳи афканишоти электромагнитӣ дар муҳити саноатӣ ва маишӣ.

Стандартҳои ICNIRP ҳуҷҷатҳои роҳнамо дар сатҳи байналмилалӣ эътирофшуда барои арзёбӣ ва маҳдуд кардани таъсири майдонҳои электромагнитӣ ба инсон, аз ҷумла радиатсия аз автомобилҳои барқӣ, дастгоҳҳои маишӣ ва саноатӣ, инчунин технологияҳои мобилӣ ва дигар радиомавҷҳо мебошанд. Риояи ин стандартҳо сатҳи муносиби ҳифзи саломатии ҷамъиятро таъмин мекунад.

ICNIRP инчунин, маҳдудиятҳои асосиро муайян мекунад, аз ҷумла тибқи талаботи SAR:

— Барои аҳоли: $SAR \leq 0,08$ Вт/кг (ба ҳисоби миёна), ≤ 2 Вт/кг (нуқтавӣ, сар/тана).

— Барои Қорманд: $SAR \leq 0,4$ Вт/кг (ба ҳисоби миёна), ≤ 10 Вт/кг (нуқтавӣ, узвҳо).

Дар қадвали 2 меъёрҳои ҳудудии афканишоти электромагнитӣ тибқ дастури ICNIRP барои ҳудуди гуногуни басомадҳо ва намудҳои майдонҳо дар асоси тавсияҳои расмӣ оварда шудааст [17; 41; 62]:

⁹ SAR - дараҷаи хоси азхудкунии энергияи электромагнитӣ нишондиҳандаест, ки энергияи майдони электромагнитии дар бофтаҳои бадани инсон дар як сония ҷабдишударо муайян мекунад. Ин нишондиҳанда, аз ҷумла, ҳаҷми таъсири зараровари телефонҳои мобилӣ ба инсонро чен мекунад.

Ҷадвали 2 – Нишондиҳандаҳои ҳудудии майдонҳои электромагнитӣ (1 Гс – 300 ГГс) тибқи ICNIRP

Басомад (f10)	Гуруҳ	E, В/м	H, А/м	B, μ T	S, Вт/м ²	Асос	
Ҳудуди басомади паст (Таъсир ба системаи асаб)							
1 – 8 Гс	Корманд	20000	8 000 / f(Гс)	1x10 ⁷ /f(Гс)		ICNIRP (2010)	
	Аҳолӣ	10000	32 000 / f(Гс)	4x10 ⁷ /f(Гс)			
8 – 25 Гс	Корманд	20000	8 000 / f(Гс)	1x10 ⁷ /f(Гс)			
	Аҳолӣ	10000	4 000 / f(Гс)	5x10 ⁶ /f(Гс)			
25 – 400 Гс	Корманд	5 x 10 ⁵ /f(Гс)	320	400			
	Аҳолӣ	250/f(Гс)	100	125			
400 Гс – 3 кГс	Корманд	5 x 10 ⁵ /f(Гс)	320	400			
	Аҳолӣ	250/f(Гс)	0,25*f(Гс)	0,1*f(Гс)			
3 кГс – 100 кГс	Корманд	167	320	400			
	Аҳолӣ	83	83	104			
Ҳудуди басомади баланд (Таъсир: гармшавии бофтаҳои бадан)							
100 кГс – 10 МГс	Корманд	610	1,6*f (МГс)	(воб. аз Н)			ICNIRP (2020)
100 кГс – 400 кГс	Аҳолӣ	87	0,73	(воб. аз Н)			
400 кГс – 2 МГс	Корманд	87	0,73	(воб. аз Н)	f(МГс)/ 400		
2 МГс – 10 МГс	Аҳолӣ	1,375*f0,5 (МГс)	0,0037*f0,5 (МГс)	(воб. аз Н)	f(МГс)/ 400		
10 – 400 МГс	Корманд	61	1,6	(воб. аз Н)	10		
	Аҳолӣ	1.375*f0,5 (МГс)	0,0037*f0,5 (МГс)	(воб. аз Н)	f(МГс)/ 400		
400 МГс – 2 ГГс	Корманд	61	1,6	(воб. аз Н)	10		
	Аҳолӣ	27,5	0,073	(воб. аз Н)	2		
2 – 300 ГГс	Корманд	137/ f0,5 (ГГс)	0,36/f0,5 (ГГс)	(воб. аз Н)	50		
	Аҳолӣ	61	0,16	(воб. аз Н)	10		

Сарчашма: [17; 41; 62]

Эзоҳ: E-шаддидияти майдони электрикӣ, В/м; H-шаддидияти майдони магнитӣ, А/м, B - индуксияи магнитӣ, μ T, S- зичии селай энергия, Вт/м². Дар ҳудуди басомадҳои баланд, нишондиҳандаи индуксияи магнитӣ одатан нишон дода намешаванд (B). Онро аз рӯи шаддидияти майдони магнитӣ (H) бо формулаи $B=\mu_0 \cdot H$, ки дар инҷо $\mu_0 \approx 1.257 \times 10^{-6}$ Тл·м/А мебошад, ҳисоб кардан мумкин аст. Аҳолӣ аксар вақт аз таъсири майдонҳои электромагнитӣ огоҳ нест ва шароити будубоши худро дар ҳудуди чунин майдон назорат карда наметавонад. Корманд аз хатарҳои эҳтимолии огоҳ буда, аз омӯзиши мегузаранд ва метавонанд аз таҷҳизоти муҳофизатии инфиродӣ истифода баранд ё чораҳои эҳтиётӣ андешанд.

Дар ҷадвали зерин қиммати миёна ва максималӣ майдони электромагнитӣ аз асбобҳои маишӣ ва саноатӣ бо назардошти маълумоти ICNIRP, WHO, IEEE, IEC ва тадқиқоти дигар дар Аврупо оварда шудаанд (Ҷадвали 2).

Ҷадвали 2 – Майдони электромагнитӣ аз асбобҳои маишӣ ва саноатӣ (дурии зиёда аз 30 см)

Таҷҳизот/асбоб	Соҳа	Қимати миёна (μ T)	Максимум (μ T)
Риштарошаки барқӣ	Асбобҳои рузгор	0.08 – 9.0	то 15.0
Мӯйхушунак	Асбобҳои рузгор	0.01 – 6.0	то 10.0
Танӯри микроавҷӣ	Асбобҳои рузгор	0.01 – 0.3	то 1.0
Чангкашак	Асбобҳои рузгор	0.1 – 2.0	то 7.0
Яхдон	Асбобҳои рузгор	0.01 – 0.3	то 0.5
Мошини чомашӯй	Асбобҳои рузгор	0.1 – 2.0	то 3.0
Плитаи индуксионӣ	Асбобҳои рузгор	0.3 – 2.0	то 15.0
Компютер, монитор, роутер	Офис ё хона	<0.05	то 0.2
Автомобилҳои кафшери барқӣ	Истеҳсолот	100 – 300	то 1000
Трансформаторҳо 10-35 кВ	Истеҳсолот	20 – 200	то 1000
Танӯрҳои барқӣ (индуксионӣ)	Истеҳсолот	100 – 500	то 2000
Муҳаррикҳои барқӣ >10 кВт	Истеҳсолот	10 – 200	то 500
Конвейерҳо (бо ҳаракатовари барқӣ)	Истеҳсолот	5 – 50	то 100
Кабелҳои баландшиддат (1-10 кВ)	Истеҳсолот	1 – 50	то 100
Таҷҳизоти радиобасомад (13,56 МГс)	Истеҳсолот	10 – 100	то 300
Таҷҳизоти рентгенӣ	Тиб	<0.1	то 1.0
Таҷҳизоти MRI (дар дохилаш)	Тиб	1500000 – 3000000	то 3000000
Ҳавзҳои электролизӣ	Истеҳсолот	5 – 200	то 500

¹⁰ f - басомад бо МГц

Таҷҳизот/асбоб	Соҳа	Қимати миёна (µТ)	Максимум (µТ)
Ҳаракатоварҳои бо басомад танзимшаванда	Истеҳсолот	10 – 150	то 400
Электромобил (ҳангоми заряддихӣ)	Нақлиёт	2 – 10	то 20
Электромобил (дар дохили кабина ҳангоми ҳаракат)	Нақлиёт	0.2 – 3.0	то 10
Автомобили гибридӣ (ҳангоми рондан)	Нақлиёт	0.1 – 2.5	то 8
Троллейбус (салон, дар болои муҳаррик)	Нақлиёт	1 – 10	то 30
Трамвай (дар болои ҷараёнқабулкунак ё муҳаррики барқӣ)	Нақлиёт	2 – 20	то 50

Сарчашма: [18; 29; 34; 46; 47; 61]

Дастурҳои ICNIRP (2010), ки барои бисёре аз кишварҳои ҷаҳон истинодҳои муътабар мебошанд, барои майдонҳои магнитии басомади паст 50/60 Гц индуксияи магнитии то 200 микротесларо (µТ) барои аҳолии муқаррар кардааст. Ин сатҳ бо захираи бузурги бехатарӣ барои муҳофизат аз ҳама таъсири таълими кӯтоҳмуддат ва дарозмуддат ба саломатӣ муқаррар карда шудааст.

Тадқиқотҳои сершуморе, ки дар моделҳои гуногуни автомобилҳои барқӣ гузаронида шудаанд, нишон медиҳанд, ки сатҳи воқеии майдонҳои магнитӣ дар салони мусофирон дар аксари ҳолатҳо аз тавсияҳои ICNIRP даҳҳо ва ҳатто садҳо маротиба камтар аст.

Кшиштоф Гриз ва дигарон дар мақолаи худ натиҷаи тадқиқотро вобаста ба мушкilotи афканишоти электромагнитӣ аз нақлиёти шаҳрӣ нашр намудаанд [40].

Ҷадвали 3 – Индуксияи магнитии нақлиёти барқӣ

Восиати нақлиёт	Усули ченкунӣ		Миёна	Максималӣ
Трамвай	Дар наздикии таҷҳизоти AC ва DC	(N = 10)	0.48–0.85	1.8–20
	Ҷойҳои канорӣ	(N = 20)	0.05–0.20	0.18–2.9
Троллейбус	Дар наздикии таҷҳизоти AC ва DC	(N = 10)	0.03–1.00	4.9–33
	Ҷойҳои канорӣ	(N = 10)	0.03–0.29	0.57–1.7
Автобусҳои PEV	Дар наздикии таҷҳизоти AC ва DC	(N = 37)	0.03–2.6	4.8–28
	Ҷойҳои канорӣ	(N = 65)	0.08–1.7	0.55–2.2
Автомобили PEV (1)	Ҷойҳои пеш	(N = 8)	0.04–0.10	0.95–1.3
	Ҷойҳои қафо	(N = 8)	0.17–0.30	1.3–1.5
Автомобили HEV(2)	Ҷойҳои пеш	(N = 8)	0.05–0.12	0.76–1.2
	Ҷойҳои қафо	(N = 8)	0.12–0.73	1.9–16

Сарчашма: [40]

Эзоҳ [40]: Индуксияи магнитӣ дар ҳудуди басомади андозагирии 40–800 Гц бо басомади дискретикунонӣ 1,5 с чен шудааст; N — миқдори ғаити электромобил бо сабти индуксияи магнитӣ; (1) Бастаи батареяҳои аккумуляторӣ дар зери кабинаи нақлиёт ҷойгир буданд ва инвертер DC/AC ва муҳаррики барқӣ ҷараёни тағйирёбанда дар қафои автомобил буданд; (2) Бастаи батареяҳои аккумуляторӣ ва инвертер DC/AC дар қафои мошин ва муҳаррики барқӣ ҷараёни тағйирёбанда дар пеш ҷойгир буданд.

Яке аз тадқиқоти бехтарин ва ҳамаҷониба муфассал оид ба майдонҳои электромагнитӣ дар автомобилҳо аз тарафи BfS¹¹ гузаронида шудааст ва тадқиқот дар ин самт давом дорад. Маълумоти ҷамъовардашуда ба ченкунии мунтазами майдонҳо дар моделҳои ҷорӣ ҳангоми ҳаракат дар роҳҳои Ҷумҳурии федеролии Олмон асос ёфтааст. Тадқиқот дар се ҳолат гузаронида шудааст: дар стенди махсуси динамометрии ғилдиракдор, дар роҳи озмоишии пӯшида ва ҳаракат дар ҳолати воқеии роҳ. Ҳамагӣ 11 мошини комилан электрикӣ, ду мошини гибридӣ ва як мошини дорои муҳаррики дарунсӯз таҳлил карда шуданд. Новобаста аз намуди манбаъи энергияи механикӣ, майдонҳои магнитӣ дар ҳамаи автомобилҳои санҷидашуда аз ҳадди аксари барои ҳифзи саломатӣ тавсияшуда камтар буданд. Майдонҳои магнитӣ дар курсҳои нишастӣ 14 модели гуногуни автомобилҳои истеҳсоли солҳои 2019 – 2021 дар шароити гуногуни корӣ чен ва арзёбӣ гардидаанд. Инчунин, дучархаи электрикӣ дар шакли мопед, ду моторсикли сабук ва моторсикли муқаррарӣ мариди тадқиқот қарор дода шудаанд, чунки дар онҳо низ майдонҳои магнитии баландтарин дар минтақаи пойҳо ва рони поёнӣ ба вучуд меоянд. Дар маҷмӯъ, пайдоиши таъсири собитшудаи майдони электромагнитии ба саломатӣ таъсирбахш, дар воситаҳои нақлиёти таҳлилшуда хеле кам арзёбӣ гардидааст [19; 53; 54].

Вобаста ба бехатарии электромагнитии нақлиёти барқӣ:

— Афканишоти электромагнитӣ воқеан дар автомобилҳои барқӣ аз сабаби кори муҳаррикҳои барқӣ, батареяҳои аккумулятори кашанда, инвенторҳо (табдилдиҳандаҳо) электроникаи идоракунии ва системаи заряддихӣ мавҷуд аст [45; 52].

— Сатҳи майдони магнитӣ дар кабинаи автомобилҳои электрикии муосир ва гибридо, аз рӯи натиҷаҳои ченкунии систематикӣ, одатан аз 0,1 то 2 µТ буда, ҳатто дар ҳолати сарбории баланд (шитоб,

¹¹ BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) – Созмони (Дафтари) федералии бехатарии радиатсионӣ Олмон. <https://www.bfs.de>

боздорӣ, заряддиҳӣ) хеле кам ба 3–4 μT мерасад [22; 40]. Ин аз меъёрҳои кунунии байналмилалӣ ICNIRP (2010) барои аҳоли (200 μT) даҳҳо ва садҳо маротиба камтар аст [22; 31; 59].

— Қиматҳои баланд (то 100–500 μT) ба таври локалӣ ва кӯтоҳмуддат, асосан дар минтақаи пойгоҳ ё хангоми рондани боизтироб имконпазиранд [22; 59].

— Майдонҳои магнитӣ дар электромобилҳо аз майдони магнитии бисёр асбобҳои маишӣ (масалан, дарзмол, танӯри микромавҷӣ ва ғайра) ва саноатӣ камтаранд ва қобили муқоиса бо ноқилҳои барқии маъмулии маишӣ ҳастанд [22].

— Саломатӣ ва бехатарӣ: Тадқиқоти мустақили кунунӣ (масалан, SINTEF, BfS, BMUV) тасдиқ мекунанд, ки майдонҳои электромагнитӣ дар электромобилҳо ба ронанда ва мусофирон таъсири зараровар надоранд ва аз талаботи меъёрҳои ҳифзи саломатӣ зиёд нестанд [21; 22; 40; 59].

— Майдонҳои электромагнитӣ дар автомобилҳои барқӣ тағйирёбандаанд ва топологияи мураккаб доранд, ки тадқиқоти минбаъдaro барои арзёбии таъсири дарозмуддат талаб мекунанд, аммо маълумоти мавҷуда хатарҳои ҷиддиро баро саломатӣ ошкор накардааст [6; 8; 23; 37; 63].

Автомобилҳои барқӣ ва гибридо майдонҳои электромагнитиро тавлид мекунанд, аммо сатҳи онҳо дар кабина аз меъёрҳои амнияти байналмилалӣ хеле пасттар аст. То имрӯз, ягон асоси илмӣ вучуд надорад, ки кори электромобилҳоро аз ҷиҳати радиатсияи электромагнитӣ ба саломатӣ хатарнок тавсиф карда бошад [6; 8; 20; 22; 30; 33; 40; 57; 59]. Вобаста ба бехатарии зидди сӯхтори автомобилҳои барқӣ дар мақолаи пешина маълумот оварда будем [3].

Бехатарии экологӣ

Гарчанде автомобилҳои барқӣ дар вақти истифодабарӣ партови бевоситаи газҳои захрнок ва гулхонагӣ тавлид накунад ҳам, таъсири умумии онҳо ба муҳити зист, баҳусус ба партовҳои газҳои гулхонаӣ, ба таври назаррас аз манбаи нерӯи барқе, ки барои заряд додани онҳо истифода мешавад, вобаста аст. Яъне нақлиёти барқиро дар он сурат аз ҷиҳати экологӣ нисбатан тоза шуморидан мумкин аст, ки энергия барои заряд додани он аз манбаҳои барқароршавандаи энергия гирифта шавад. Агар заряддиҳӣ тавассути манбаҳои энергияи барқ, ки аз сӯхтани сӯзишворӣ (ангишт, газ, маводди нафтӣ ва ғайра) анҷом дода шавад, бартариҳои экологии он назаррас нахоҳад буд [4].

Бартариҳои технологияҳои нав дар бисёр ҳолатҳо ба таври интиқодӣ қабул мешавад ва аҳоли одатан садоқатро ба технологияҳои ҷорӣ ва мукамал кардани он нигоҳ медоранд. Масалан дар асри XIX нақлиёти асосӣ дар шаҳрҳои калон воситаҳои гуногуни нақлиёти (аробаҳои хурду бузург) тавассути аспҳо ҳаракаткунанда буд. Як асп ба ҳисоби миёна дар як рӯз аз 15 то 35 кило пору партов мекунанд. Аз ин сабаб, кӯчаҳои шаҳрҳои калони асри XIX бо поруи асп пур мешуданд, ки дар навбати худ шумораи зиёди пашшаро ба худ ҷалб мекард ва поруи хушқу майдашударо шамол ба ҳар тараф паҳн мекард ва он сабаби бемориҳои гуногун гардида буд. Рӯзномаи The Times пешгӯӣ карда буд, ки "дар 50 соли оянда, ҳар кӯча дар Лондон зери 9 фут (2,75 метр) пору гӯр карда мешавад" ва баъдтар он бо номи "Бӯҳрони бузурги поруи асп дар соли 1894" маъруф шуд [28; 50]. Соли 1898 дар Нью-Йорк аввалин конференсияи байналхалқӣ оид ба ҳалли масъалаи зикршуда, барои 10 рӯз ташкил шуда буд. Аммо он пас аз 3 аз сабаби пайдо накардани роҳҳои ҳалли мушкилот кори худро қатъ кард. Дар соли 1900 дар Нью-Йорк, зиёда аз 100 000 асп дар як рӯз 2,5 миллион фунт (≈ 1134 тонна) поруи асп партов мекарданд, ки онро ҳамарӯза рӯфта, коркард кардан лозим буд. [26; 28].

Ҳалли мушкилот тамоман аз дигар тараф пайдо шуд. Яъне тавассути тоза кардани кӯчаҳо аз поруи асп нею. иваз кардани асп. Муҳарриқҳои дарунсӯз ҳамчун манбаи энергияи механикӣ аспҳоро ба тадриҷ иваз карданд ва мушкилоти пору дар муддати кӯтоҳтарин ҳал гардид. Олмон дар таҳияи муҳарриқи дарунсӯз бо ихтироъкорони барҷастааш, ба мисли Николаус Отто, Карл Бенс, Рудолф Дизел, Феликс Ванкел, Фердинанд Порше, Готлиб Даймлер ва Вилҳелм Майбах нақши муҳим бозиданд [44].

Дар навбати худ муҳарриқҳои дарунсӯз мушкилоти дигареро ба вучуд оварданд. Садои баланди корӣ, партови газҳои захрнок ва гулхонагӣ натиҷаи сӯзиши сӯзишворӣ дар муҳарриқҳои дарунсӯз мебошанд. Гарчанде партови газҳои захрнок бо ҷорӣ кардани талаботи экологӣ ва татбиқи технологияҳои нав то ҳадди аққал кам шуда бошанд ҳам, партови гази гулхонагӣ, яъне диоксидаи карбон (CO_2) аз байн нахоҳад рафт, чунки он натиҷаи сӯзиши пурраи ҳамагуна сӯзишвориҳои органикӣ мебошад. Марҳилаи аввали гузариш ба нақлиёти экологӣ ва самарабахш тавассути автомобилҳои гибридо оғоз ёфт, ки дар он дар баробари муҳарриқи дарунсӯз аз ҳисоби сӯзишворӣ, инчунин, аз муҳарриқи барқӣ ва батареяҳои аккумуляторӣ низ истифода мешавад.



Расми 3 – Хиёбони панҷуми Нью-Йорк 15 апрели соли 1900 (як автомобил) ва 23 марти соли 1913 (як асп) [25; 44]

Ҳалли мушкилоти партовҳо дар марҳилаи нав асосан тавассути нақлиёти барқӣ ҳалли худро пайдо карда истодааст. Муҳарриқҳои электрикӣ ҷойгузини муҳарриқҳои дарунсӯз гардиданд. Мушкилоти экологии нақлиёти барқӣ тамоман самти дигарро дарбар мегирад, ки он асосан давраи истеҳсол ва баъди аз истифода баромадани он, ё қисмҳои хоси он, аз ҷумла аккумуляторҳои литий-ионӣ зоҳир мегардад. Партовҳо дар тамоми давраи ҳаёт, аз ҷумла, раванди истеҳсол, истифодабарӣ ва безаргардониро дар бар мегирад. Истеҳсоли электромобилҳо, хусусан батареяҳои аккумуляторӣ одатан нисбат ба истеҳсоли автомобилҳои анъанавӣ бо муҳарриқи дарунсӯз коркунанда партовҳои зиёдтарро дар бар мегирад, чунки истихроҷи ашёи хом ва истеҳсоли батареяҳои аккумуляторӣ равандҳои энергияталаб мебошанд [42; 44; 51; 60]. Аз тарафи дигар, тадқиқот нишон медиҳанд, ки ин партовҳои пешаки аксаран дар давоми мӯҳлати истифодабарии электромобилҳо аз ҳисоби манбаъҳои барқароршавандаи энергия ҷуброн карда мешаванд. Дар як қатор таҳлилҳо омадааст, ки электромобилҳо аз нуқтаи назари партовҳои умумӣ назар ба автомобилҳои дорои муҳарриқи дарунсӯз дар тӯли 1,5 то 1,9 сол бартарияти комилро соҳиб мешаванд ва дар тамоми давраи “ҳаёт” электромобилҳо дар қоҳиши умумии партовҳо, аз ҷумла “изи карбон” афзалият доранд [27; 38; 56; 60].

Албатта, технология ва инноватсия дар як ҷо намеистанд ва бо боварии том метавон гуфт, ки ин мушкилот низ ҳалли худро меёбад, аз ҷумла тавассути электромобилҳои гидрогенӣ. Истифода аз энергияи гидроген тавассути ҳуҷайраҳои сӯзишворӣ (FCEV), ки дар онҳо энергиябаранда (дар ин сурат гидроген) дар зарфҳои (балонҳои) махсус зери фишори то 700 атмосфера нигоҳ дошта мешавад, самти афзалиятноки рушди нақлиёти автомобилӣ мебошад. Дар баробари ин чунин автомобилҳо бо микдори муайяни аккумуляторҳо низ ҷиҳозонида мешаванд. Тавлиди энергияи барқ тавассути ҳуҷайраҳои сӯзишворӣ бо истифодаи гидроген як самти бисёр ояндадодор, хусусан дар нақлиёти автомобилӣ мебошад.

Бартариҳои муҳимтарини чунин электромобилҳо вақти кӯтоҳи пур кардани баллон бо гидроген мебошад. Баллони гидрогени электромобили FCEV-ро дар давоми камтар аз панҷ дақиқа пур кардан мумкин аст. Бартариҳои дигари кулӣ дар қиёс бо электромобилҳои аккумуляторӣ захираи гашт мебошад, ки одатан аз 500 километр зиёд аст. Самаранокии чунин электромобилҳо аз ҳарорати беруна вобаста нест. Чуноне, ки дар боло зикр гардид, дар кишвари мо 98 фоизи нерӯи барқ бо истифода аз захираҳои об истеҳсол мешавад. Аммо истеҳсол ва сарфи энергияи барқ дар ҷумҳури хусусияти мавсимӣ дорад ва дар ин росто истеҳсол ва захираи гидроген дар мавсими гарм аз ҳисоби энергияи барқ ва истифодаи минбаъдаи он дар мавсими хунук самаранокии истифодаи энергияи барқро зиёд менамояд. Аз тарафи дигар гидрогени истеҳсолшуда ба маҳсулоти воридотивазкунанда мубаддал мегардад, чунки зарурати ворид кардани сӯзвории нафтию газӣ ба тадриҷ кам мегардад.

Нерӯи барқе, ки аккумуляторҳои автомобилҳои барқӣ аз ҳисоби он заряд медиҳанд, аз манбаъҳои гуногун, аз ҷумла сӯзишвории истихроҷшаванда (ангишт, маҳсулоти нафтӣ, гази табиӣ ва ғайра), энергияи атомӣ ва манбаъҳои таҷдидшаванда (офтоб, шамол, об) тавлид мешавад. Партови нисбии газҳои гулхонаӣ аз манбаи энергия, ки барои зарядгирӣ истифода мешавад, вобаста аст. Минтақаҳое, ки фоизи баланди манбаъҳои барқароршавандаи энергияро истифода мебаранд, дар муқоиса бо минтақаҳое, ки аз сӯзишвории истихроҷшаванда саҳт вобастаанд, ба таври назаррас партовҳои камтарини нақлиёти барқӣ хоҳанд дошт.

Хулоса

Бехатарии автомобилҳои барқӣ ва гибридӣ яке аз масъалаҳои мубрами саноати автомобилсозии муосир ба шумор меравад, зеро он эътимоду боварии истеъмолкунандагон ва дурнамои таъбиқи васеи технологияҳои навро дар нақлиёт муайян мекунад. Дар маҷмуъ, тадқиқоти сершумор, натиҷаҳои санҷиши садамаҳо ва таҷрибаи корӣ нишон медиҳанд, ки автомобилҳои барқӣ ва гибридӣ мисли автомобилҳои дорои муҳарриқи дарунсӯзи анъанавӣ бехатаранд ва дар баъзе мавридҳо ҳатто аз онҳо бехатартар мебошанд. Бо вучуди ин, онҳо инчунин хатарҳои хос доранд, ки диққати махсусро талаб мекунанд. Дар робита ба бехатарии фаъол, автомобилҳои муосири барқӣ ва гибридӣ аксар вақт бо системаҳои пешрафтаи пешгирии садамаҳо мучаққаз карда мешаванд: барномаи устувории электронӣ (ESP),

системаи зиддиблокировкаи боздорӣ (ABS), назорати круизӣ, боздории автоматики фавқуллода, кӯмак дар нигоҳ доштани хати ҳаракат ва системаҳои ҳамаҷонибаи назорати атроф, ки эҳтимолияти садамаҳоро ба таври назаррас коҳиш медиҳанд. Дар робита ба бехатарии ғайрифавқул, автомобилҳои барқӣ, бидуни муҳаррики дарунсӯз дар пеш, тақсимоли муассиртари минтақаҳои шикаст ва фазои онро зиёдро барои азхуд кардани энергияи бархурд муҳайё месозанд. Автомобилҳои гибриди маъмулан дар платформаҳои замонавӣ сохта мешаванд, ки дорои чаҳорҷӯбаи мустақамшудаи бадан, камарбанди бехатарӣ ва болишти бисёрминтақавӣ мебошанд. Ғайр аз он, бастаҳои батарея бо корпусҳои мустақами муҳофизатӣ ва системаҳои назорати ҳарорат тарҳрезӣ шудаанд, ки хатари осебро дар ҳолатҳои муқаррари ронандагӣ коҳиш медиҳанд. Бартарии назарраси автомобилҳои барқӣ ва гибриди ин маркази пасти вазнинии онҳо мебошад, ки тавассути ҷойгир кардани батареяҳои аккумулятори вазнин дар дар зери бадана (кузов) ба даст меояд. Ин ба устуворӣ ва идоракунии автомобил таъсири мусбӣ мерасонад, хатари чаппашавиро коҳиш медиҳад ва идоракуниро ҳангоми манёврҳои ногаҳонӣ беҳтар мекунад.

Ҳамзамон, автомобилҳои барқӣ мушкилоти беназири бехатарии пас аз садамаро ба бор меоранд: ҳангоми бархӯрди шадид, батареяҳои литий-ионӣ метавонанд ба истилоҳ ба "фирори гармӣ" гузаранд, ки боиси сӯхтани стихиявӣ ва ихроҷи газҳои заҳролудкунанда мешаванд. Хомӯш кардани чунин сӯхторҳо миқдори зиёди об ва технологияҳои махсусро талаб мекунад, ки барои сӯхторнишонии стандарти дастрас нестанд. Барои кам кардани ин хатарҳо, истеҳсолкунандагон қатъи автоматики системаи баландшиддатро ҳангоми бархӯрд, қатъи интиқоли барқ ба схемаҳои вайроншуда ва алгоритмиҳои нармафзори худташхискунанда, ки барои барвақт ошкор кардани мушкилот кумак мекунад, татбиқ мекунад. Автомобилҳои гибриди бо як қатор хатарҳо рӯбарӯ мешаванд: ба ғайр аз хатари сӯхтори сӯзишворӣ, хатари вайрон шудани батареяҳои аккумуляторӣ низ вучуд дорад, гарчанде таҷриба нишон медиҳад, ки ба шарофати муҳофизати бисёрқабата ва стандартизатсияи система, чунин ҳодисаҳо кам рух медиҳанд.

Аз нуқтаи назари муҳити зист ва саломатӣ, автомобилҳои барқӣ ва гибриди аз сабаби вучуд надоштан ё ба таври назаррас коҳиш додани партовҳои CO₂ ва газҳои заҳролудкунанда, бартарихи назаррас доранд. Бо вучуди ин, ин барои иваз ва коркарди дубораи батареяҳои аккумуляторӣ, ки коркарди махсуси бехатарро талаб мекунад, мушкил эҷод мекунад. Ғайр аз он, ҳадамоти фавқуллода барои кор бо автомобилҳои барқӣ ва гибриди ба омӯзиши махсус ва таҷҳизоти махсус ниёз дорад, зеро усулҳои анъанавии хомӯш кардан на ҳама вақт мувофиқ меоянд.

Дар маҷмӯъ, метавон хулоса кард, ки ҳангоми тарҳрезии дуруст ва мутобиқат ба стандартҳои байналмилалӣ, автомобилҳои барқӣ ва гибриди сатҳи баланди бехатарии фавқул, ғайрифавқул, экологӣ ва пас аз садамаро пешниҳод мекунад. Бо вучуди ин, онҳо муносибати ҳамаҷониба ба идоракунии хавфи системаи батареяҳои аккумуляторӣ, рушди инфрасохтори хизматрасонӣ, чаҳорҷӯбаи мукаммали меъёрӣ ва омӯзиши мутахассисонро барои ҳаққи аксар расонидани манфиатҳо ва кам кардани хатарҳои эҳтимоли талаб мекунад.

Рецензент: Давлатшоев Ҷ.А. — к.т.н., доцент қабедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ТПУ им. ақад. М.С.Осимӣ

Адабиёт

1. Суханронӣ дар вохӯрӣ бо бунёдгарони нуруҳои барқи обии «Роғун»: ПРЕЗИДЕНТИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН. – Речаи дастрасӣ: https://www.president.tj/event/domestic_trips/26117 (Санаи муроҷиат: 03.09.2024). – [Захираи электронӣ].
2. Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон “Дар бораи таъмини амнияти экологии нақлиёти автомобилӣ”. – Речаи дастрасӣ: <https://mmih.tj/SEARCH/DocumentView?DocumentId=124975> (Санаи муроҷиат: 17.09.2025). – [Захираи электронӣ].
3. Абдулло, М.А. Оид ба бехатарии зиддисӯхтори автомобилҳои барқӣ / М.А. Абдулло, А.А. Абдуллоев // Паёми Политехникӣ. Баҳши: Таҳқиқоти Муҳандисӣ. – 2025. – № 1 (69). – С. 55-64.
4. Абдулло, М.А. Электромобилҳо ва ҳифзи муҳити зист / М.А. Абдулло, З. Воҳидов // Маводи конференсия Конференсияи илмию амалии ҷумҳуриявӣ “Инноватсия, мушкилоти экологӣ ва технологияҳои захирасарфакунанда дар нақлиёт”. – Душанбе: Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, 2024. – С. 35-39.
5. Вред электромобилей для здоровья человека: электромагнитное излучение. – Режим доступа: <https://online-dealer.ru/elektromagnitnoye-izlucheniye/> (дата обращения: 26.06.2025). – [Электронный ресурс].
6. Гипотезы и факты облучения от электроавтомобиля. – Режим доступа: <https://freecoder.by/test/elektromobili-i-gibridy/bezopasnost-elektrotransporta/gipotezy-i-fakty-oblucheniya-ot-elektroavtomobilya/> (дата обращения: 28.06.2025). – [Электронный ресурс].
7. ГОСТ Р 54811-2011 Электромобили. Методы испытаний на активную и пассивную безопасность. – Режим доступа: <https://vsegost.com/Catalog/51/51893.shtml> (дата обращения: 15.06.2025). – [Электронный ресурс].
8. Коробейников, А.Г. Измерительные системы магнитных полей в электромобилях для анализа электромагнитной безопасности / А.Г. Коробейников, В.С. Исмагилов, Ю.А. Копытенко, Н.Г. Птицына // Программные системы и вычислительные методы. – 2013. – № 4. – С. 384-396.

9. Насколько безопасны электромобили? – Режим доступа: <https://xn--80ajhbc1bp1czc.xn--p1acf/news/naskolko-bezopasny-elektromobili/> (дата обращения: 24.06.2025). – [Электронный ресурс].
10. Обзор систем управления батареями (BMS): описание, характеристики. – Режим доступа: <https://e-solarpower.ru/faq/vse-ob-akkumulyatorah/sistema-upravleniya-batarei-bms/> (дата обращения: 24.06.2025). – [Электронный ресурс].
11. Преодоление электромагнитных помех в приложениях для электромобилей. – Режим доступа: <https://tellur-el.ru/blog/tehnologii/preodolenie-elektromagnitnykh-pomekh-v-prilozheniyakh-dlya-elektromobiley/> (дата обращения: 26.06.2025). – [Электронный ресурс].
12. Птицына, Н.Г. Электромагнитная безопасность электротранспортных систем: основные источники и параметры магнитных полей / Н.Г. Птицына, Ю.А. Копытенко, В.С. Исмагилов, А.Г. Коробейников // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – Электромагнитная безопасность электротранспортных систем. – № 2 (84). – С. 65-71.
13. Раков, В.А. Электробезопасность при ремонте электромобилей и гибридных автомобилей / В.А. Раков. – [Электронный ресурс] // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах. – 2015. – С. 65-65. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26487930> (дата обращения: 24.06.2025).
14. Селиванов, С.Е. Электромагнитные загрязнения биосферы автотранспортом (автомобили, электромобили, гибридные автомобили) / С.Е. Селиванов, В.В. Филенко, А.В. Бажинов, Э.Н. Будянская. – [Электронный ресурс] // Автомобильный транспорт. – 2009. – № 25. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektromagnitnye-zagryazneniya-biosfery-avtotransportom-avtomobili-elektromobili-gibridnyye-avtomobili> (дата обращения: 26.06.2025).
15. Электромобили создают опасное излучение. Миф или правда? – Режим доступа: <https://rucars.ru/ev-danger-myth> (дата обращения: 26.06.2025). – [Электронный ресурс].
16. BMS (система управления аккумуляторными батареями) | ESG. – Режим доступа: <https://www.esgsolar.com/ru/products-detail-4964128> (дата обращения: 24.06.2025). – [Электронный ресурс].
17. ICNIRP Guidelines. Руководства МКЗНИ по ограничению воздействия переменных электрических, магнитных и электромагнитных полей (ДО 300 ГГц) / ICNIRP Guidelines. – ICNIRP, 1998. – Режим доступа: icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPEMFgdIRus.pdf (дата обращения: 26.06.2025). – [Электронный ресурс].
18. Samaras, T. SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF), 27 January, 2015 / T. Samaras, N. Leitgeb, A. Auvinen, и др. – 2015.
19. Schmid, G. Bestimmung von Expositionen gegenüber elektromagnetischen Feldern der Elektromobilität: Vorhaben 3620S82473 // Accepted: 2025-03-12T07:33:21ZjournalAbbreviation: Ergebnisbericht – Teil 1: Elektromagnetische Felder beim Fahrenpublisher: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). – Режим доступа: <https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2025031250843> (дата обращения: 03.07.2025). – [Электронный ресурс].
20. Strahlenschutz bei der Elektromobilität. – Режим доступа: https://www.bfs.de/DE/themen/emf/e-mobilitaet/e-mobilitaet_node.html (дата обращения: 02.07.2025). – [Электронный ресурс].
21. Ziegler, P. Radiowecker gegen Elektroauto – was strahlt mehr? / P. Ziegler. – 2023. – Режим доступа: <https://creafeld.ch/wie-stark-strahlt-ein-elektroauto/> (дата обращения: 03.07.2025). – [Электронный ресурс].
22. Воздействие электромагнитных полей от электромобилей. – 2025. – Режим доступа: <https://evon.by/vozdjstvje-elektromagnitnyh-polej-ot-elektromobilej/> (дата обращения: 28.06.2025). – [Электронный ресурс].
23. Aretxabaleta, I. High-Voltage Stations for Electric Vehicle Fast-Charging: Trends, Standards, Charging Modes and Comparison of Unity Power-Factor Rectifiers / I. Aretxabaleta, I. Martinez de Alegria, J. Andreu и др. // IEEE Access. – 2021. – Т. PP. – High-Voltage Stations for Electric Vehicle Fast-Charging. – С. 1-1. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3093696.
24. Basic Safe Protections of EV Charger | GREENC. – Режим доступа: <https://greenc-ev.com/basic-safe-protections-of-ev-charger/> (дата обращения: 24.06.2025). – [Электронный ресурс].
25. Battery Banter 1: Are Internal Combustion Engines Going the Way of the Horse? Risk and Well-Being.
26. Burrows, E.G. Gotham: a history of New York City to 1898. Gotham / E.G. Burrows, M. Wallace. – Oxford University Press, 1998. – Режим доступа: https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=mObQCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=A+History+of+New+York+City+to+1898+&ots=eydrI_aGfx&sig=0WWH7-f2Zc9MkG2vll3N5EZudh8 (дата обращения: 06.07.2025). – [Электронный ресурс].
27. Carbon Footprint Face-Off: A Full Picture of EVs vs. Gas Cars. – Режим доступа: <https://www.recurrentauto.com/research/just-how-dirty-is-your-ev> (дата обращения: 06.07.2025). – [Электронный ресурс].
28. Davies, S. The Great Horse-Manure Crisis of 1894. – Режим доступа: <https://fee.org/articles/the-great-horse-manure-crisis-of-1894/> (дата обращения: 06.07.2025). – [Электронный ресурс].
29. Deventer, E. van. Environmental health criteria 238: Extremely low frequency fields / E. van Deventer // Environmental Health Criteria. – 2007. – Environmental health criteria 238. – С. 1-519.
30. Dong, X. Electromagnetic Exposure Levels of Electric Vehicle Drive Motors to Passenger Wearing Cardiac Pacemakers / X. Dong, Y. Qian, M. Lu // Sensors. – 2024. – Vol. 24. – № 13. – P. 4395. DOI: 10.3390/s24134395.

31. Electric Vehicle Radiation Concerns | Aires Tech x The Wave. – Mode of access: <https://airestech.com/blogs/digital-wellness/emf-in-cars-radiation-from-electric-vehicles> (date of access: 03.07.2025). – [Electronic resource].
32. Electric Vehicles | Euro NCAP. – Mode of access: <https://www.euroncap.com:443/en/ratings-rewards/electric-vehicles/> (date of access: 26.06.2025). – [Electronic resource].
33. Elektro-magne-tische Felder in Elektro-autos - Bulletin DE. – Режим доступа: <https://www.bulletin.ch/de/news-detail/emf-in-elektroautos.html> (дата обращения: 02.07.2025). – [Электронный ресурс].
34. European Commission. Directorate General for Health and Consumers. Opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). / European Commission. Directorate General for Health and Consumers. – LU : Publications Office, 2015. – Mode of access: <https://data.europa.eu/doi/10.2772/75635> (date of access: 26.06.2025). – [Electronic resource].
35. Federal Motor Vehicle Safety Standards; FMVSS No. 305a Electric-Powered Vehicles: Electric Powertrain Integrity Global Technical Regulation No. 20 Incorporation by Reference. – Mode of access: <https://www.federalregister.gov/documents/2024/12/20/2024-28707/federal-motor-vehicle-safety-standards-fmvss-no-305a-electric-powered-vehicles-electric-powertrain> (date of access: 15.06.2025). – [Electronic resource].
36. Federal Motor Vehicle Safety Standards No. 214, Side Impact Protection. – Mode of access: <https://www.federalregister.gov/documents/2025/05/30/2025-09743/federal-motor-vehicle-safety-standards-no-214-side-impact-protection> (date of access: 15.06.2025). – [Electronic resource].
37. Gao, F. Reduction of Electric Vehicle Electromagnetic Radiations Using a Global Network Model / F. Gao, M. Xu // Journal of Electromagnetic Engineering and Science. – 2023. – Т. 23. – С. 335-343. DOI: 10.26866/jees.2023.4.r.175.
38. Gas vs Electric Cars: Evaluations & practical considerations. – Mode of access: <https://smartcar.com/blog/ev-emissions> (date of access: 06.07.2025). – [Electronic resource].
39. GB 18384-2020: Electric vehicles safety requirements. – Режим доступа: <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GB18384-2020> (дата обращения: 15.06.2025). – [Электронный ресурс].
40. Gryz, K. Complex Electromagnetic Issues Associated with the Use of Electric Vehicles in Urban Transportation / K. Gryz, J. Karpowicz, P. Zradziński // Sensors (Basel, Switzerland). – 2022. – Т. 22. – № 5. – С. 1719. DOI: 10.3390/s22051719.
41. Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz) // Health Physics. – 2020. – Vol. 118. – № 5. – P. 483-524. DOI: 10.1097/HP.0000000000001210.
42. Hall, D. Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions / D. Hall, N. Lutsey.
43. Hauser, A. High-voltage battery management systems (BMS) for electric vehicles / A. Hauser, R. Kuhn. – [Электронный ресурс] // Advances in battery technologies for electric vehicles. – Elsevier, 2015. – С. 265-282. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978178242377500011X> (дата обращения: 24.06.2025).
44. Hoekstra, A. Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel / A. Hoekstra, M. Steinbuch.
45. Hybrid & Electric Cars: Electromagnetic Radiation Risks. Hybrid & Electric Cars. – Mode of access: <https://www.saferemr.com/2014/07/shouldnt-hybrid-and-electric-cars-be-re.html> (date of access: 03.07.2025). – [Electronic resource].
46. IEC 62233:2005. – Mode of access: <https://webstore.iec.ch/en/publication/6618> (date of access: 26.06.2025). – [Electronic resource].
47. IEEE SA - IEEE C95.6-2002. – Режим доступа: <https://standards.ieee.org/ieee/C95.6/3236/> (дата обращения: 26.06.2025). – [Электронный ресурс].
48. ISO 14001:2015. – Mode of access: <https://www.iso.org/standard/60857.html> (date of access: 17.09.2025). – [Electronic resource].
49. ISO 26262-1:2018 - Road vehicles — Functional safety — Part 1: Vocabulary. – Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/68383.html> (дата обращения: 17.09.2025). – [Электронный ресурс].
50. Johnson, B. The great horse manure crisis of 1894 / B. Johnson. – [Электронный ресурс] // Historic UK. – 2015. – Режим доступа: <https://courses.seas.harvard.edu/climate/eli/Courses/EPS101/Sources/Last-class/the-hope/The-Great-Horse-Manure-Crisis-of-1894.pdf> (дата обращения: 06.07.2025).
51. McLaren, J. Emissions Associated with Electric Vehicle Charging: Impact of Electricity Generation Mix, Charging Infrastructure Availability, and Vehicle Type. Emissions Associated with Electric Vehicle Charging / J. McLaren, J. Miller, E. O'Shaughnessy, et al. – 2016. – Mode of access: <http://www.osti.gov/servlets/purl/1247645/> (date of access: 05.07.2025). – [Electronic resource].
52. Moreno-Torres, P. Passenger Exposure to Magnetic Fields in Electric Vehicles / P. Moreno-Torres, M. Lafoz, M. Blanco et al. – [Electronic resource] // Modeling and Simulation for Electric Vehicle Applications. – IntechOpen, 2016. – Mode of access: <https://www.intechopen.com/chapters/52321> (date of access: 02.07.2025).
53. Radiation protection in electromobility. – Mode of access: https://www.bfs.de/EN/topics/emf/electromobility/electromobility_node.html (date of access: 03.07.2025). – [Electronic resource].

54. Radiation protection study: analysed electric cars comply with recommended maximum values for health protection. – Mode of access: <https://www.bfs.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BfS/EN/2025/005.html> (date of access: 03.07.2025). – [Электронный ресурс].

55. Regulation No. 94. Rev.4 | UNECE. – Режим доступа: <https://unece.org/transport/documents/2022/12/standards/regulation-no-94-rev4> (дата обращения: 15.06.2025). – [Электронный ресурс].

56. Singh, P. The role of electric vehicles and eco-friendly technologies in reducing CO2 emissions / P. Singh, Namrata // Journal of Environmental Management. – 2025. – Т. 390. – С. 126321. DOI: 10.1016/j.jenvman.2025.126321.

57. Sztafrowski, D. Electromagnetic field in electric and hybrid cars / D. Sztafrowski, J. Winiarz. – [Электронный ресурс] // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – Т. 2408. – С. 012018. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2408/1/012018/meta> (дата обращения: 28.06.2025).

58. UN Regulation No.95 Revision 4 | UNECE. – Режим доступа: <https://unece.org/transport/documents/2023/09/standards/un-regulation-no95-revision-4> (дата обращения: 15.06.2025). – [Электронный ресурс].

59. Vassilev, A. Magnetic Field Exposure Assessment in Electric Vehicles / A. Vassilev, A. Ferber, C. Wehrmann и др. // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2015. – Т. 57. – № 1. – С. 35-43. DOI: 10.1109/TEMC.2014.2359687.

60. Woody, M. Corrigendum: The role of pickup truck electrification in the decarbonization of light-duty vehicles (2022 Environ. Res. Lett. 17 034031) / M. Woody, P. Vaishnav, G.A. Keoleian et al. // Environmental Research Letters. – 2022. – Vol. 17. – Corrigendum. – № 8. – P. 089501. DOI: 10.1088/1748-9326/ac7cfc.

61. World Health Organization. Extremely low frequency fields : Environmental health criteria ; 238 / World Health Organization. – 2007. – P. 519.

62. ICNIRP Secretariat. GUIDELINES For limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz TO 100 kHz) / ICNIRP Secretariat // Health Physics. – 2010. – Vol. 99. – № 6. – P. 818. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181f06c86.

63. Understanding Electromagnetic Fields : 文字. – Режим доступа: <https://www.taipower.com.tw/2764/2826/2853/2855/25164/> (дата обращения: 03.07.2025). – [Электронный ресурс].

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

TJ	RU	EN
Абдулло Мамадамон Абдурахмонбек	Абдулло Мамадамон Абдурахмонбек	Abdullo Mamadamon Abdurahmonbek
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Ph.D., associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
mamadamonabdullo@gmail.com		
ORCID Id 0000-0002-6253-5946		
TJ	RU	EN
Саъдуллозода Шахриёр Саъдулло	Саъдуллозода Шахриёр Саъдулло	Sadullozoda Shahriyor Sadullo
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Ph.D., associate professor
Донишкадаи политехникии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ дар ш.Хучанд	Худжандский политехнический институт ТТУ имени академика М.С. Осими	Khujand Polytechnic institute of TTU named after academician M.S. Osimi
Srsaidaliev@gmail.com		
ORCID Id 0000-0001-5801-9140		
TJ	RU	EN
Абдуллоев Аҳмад Ақдолович Муҳандис-механик ҶСК “ТГЭМ”	Абдуллоев Аҳмад Ақдолович Инженер-механик ОАО “ТГЭМ”	Abdulloev Ahmad Akdodovich Mechanical engineer OJSC “TGEM”
ahmad.abdulloev@tgem.tj		

УДК: 656.12(575)

МЕТОДОЛОГИЯИ БАҲОДИҲИИ САМАРАНОКИИ ИСТИФОДАИ ТАРКИБИ ҲАРАКАТКУНАНДАИ НАҚЛИЁТИ РОҲИ ОҲАН ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Ш.Н. Қурбонов, У.Ҷ. Ҷалилов

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар мақола масоили марбут ба арзёбии самаранокии истифодаи таркиби ҳаракаткунандаи роҳи оҳани Ҷумҳурии Тоҷикистон мавриди баррасӣ қарор гирифтааст. Муаллифон методологияи таҳлили нишондиҳандаҳои техникую иқтисодиро пешниҳод менамояд, ки имкони баҳогузори дақиқи вазъи мавҷударо дар соҳаи нақлиёти роҳи оҳан фароҳам месозад. Таъсири омилҳои мухталиф ба самаранокии истифодабарии таркиби ҳаракаткунанда, аз ҷумла сатҳи истифодаи иқтидори техникӣ ва самаранокии истифодабарии таркиби ҳаракаткунандаи нақлиёти роҳи оҳан баррасӣ мегардад. Дар натиҷа, роҳҳои такмил ва рушди устувори соҳаи нақлиёти роҳи оҳан дар Ҷумҳурии Тоҷикистон пешниҳод шудаанд. Бо дарназардошти чараҳои босуръати навсозии инфрасохтори нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон, масъалаи баланд бардоштани самаранокии истифодаи таркиби ҳаракаткунандаи нақлиёти роҳи оҳан аҳамияти махсус пайдо мекунад.

Калидвожаҳо: нақлиёти роҳи оҳан, таркиби ҳаракаткунанда, нишондиҳандаҳои техникую иқтисодӣ, самаранокии истифода, методологияи баҳодиҳӣ, инфрасохтор.

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

Ш.Н. Курбонов, У.Дж. Джалилов

В статье рассматриваются вопросы, связанные с оценкой эффективности использования подвижного состава железных дорог Республики Таджикистан. Авторы предлагают методологию анализа технико-экономических показателей, позволяющую точно оценить сложившуюся ситуацию в сфере железнодорожного транспорта. Обсуждается влияние различных факторов на эффективность использования подвижного состава, в том числе уровня использования технической мощности и эффективности использования подвижного состава железнодорожного транспорта. В результате были предложены пути улучшения и устойчивого развития отрасли железнодорожного транспорта в Республике Таджикистан. В связи с быстрым процессом модернизации транспортной инфраструктуры Республики Таджикистан вопрос повышения эффективности использования подвижного состава железнодорожного транспорта приобретает особое значение, в данной статье рассматриваются научные подходы к разработке и внедрению методики оценки, в качестве основы для анализа и оценки представлены основные технические, экономические и эксплуатационные показатели.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, подвижной состав, технико-экономические показатели, эффективность использования, методология оценки, инфраструктура.

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF RAILWAY ROLLING STOCK IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Sh.N. Kurbonov, U.J. Jalilov

The article discusses issues related to the assessment of the effectiveness of the use of rolling stock of the railways of the Republic of Tajikistan. The authors propose a methodology for analyzing technical and economic indicators, which makes it possible to accurately assess the current situation in the field of railway transport. The influence of various factors on the efficiency of using rolling stock is discussed, including the level of utilization of technical capacity and the efficiency of using railway rolling stock. As a result, ways to improve and sustainably develop the railway transport industry in the Republic of Tajikistan were proposed. Due to the rapid process of modernization of the transport infrastructure of the Republic of Tajikistan, the issue of increasing the efficiency of the use of railway rolling stock is of particular importance. This article examines scientific approaches to the development and implementation of evaluation methods, and presents the main technical, economic and operational indicators as a basis for analysis and evaluation.

Keywords: railway transport, rolling stock, technical and economic indicators, efficiency of use, assessment methodology, infrastructure.

Сарсухан

Нақлиёти роҳи оҳан дар рушди иҷтимоӣ ва иқтисодии Тоҷикистон нақши калидӣ дорад. Маҳдудиятҳо, техникаи нисбатан қўҳна ва талаботи рӯзмарраи логистикӣ зарурати ҷустуҷўи усулҳои баландбардории самаранокии истифодабарии таркиби ҳаракаткунандаи нақлиёти роҳи оҳанро ба миён меорад. Дар ин замина, на танҳо навсозии техникӣ, балки такмили усулҳои баҳодиҳии системавӣ низ зарур аст [7].

Дар Тоҷикистон таркиби ҳаракаткунанда (локомотивҳо ва вагонҳо) аксар вақт ба таври оқилона истифода намешавад: қисмати зиёде бекор мемонад, сатҳи омодагии техникӣ паст ва хароҷоти нигоҳдорӣ зиёд мешаванд. Набудани меъёрҳои ягонаи арзёбӣ боиси тасвири нодурусти самаранокии истифода мегардад. Дар ҷунин ҳолат, зарур аст, ки муносибати таҳлил ва идоракунии таркиби ҳаракаткунанда ҷиддан такмил ёбад.

Мақсади асосии омӯзиши мазкур таҳияи методологияи комплекси арзёбии самаранокии истифодаи таркиби ҳаракаткунандаи нақлиёти роҳи оҳан дар Ҷумҳурии Тоҷикистон мебошад. Ин методология бояд имконият фароҳам оварад, ки вазъи кунунии истифодаи таркиби ҳаракаткунанда ба таври объективӣ арзёбӣ гардад ва самтҳои асосии беҳтарсозии фаъолият таҳия карда шаванд. Маҷмааи нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон намудҳои гуногуни нақлиётро, аз ҷумла нақлиёти автомобилӣ, роҳи оҳан ва авиатсиониро дар бар мегирад. Ҳамзамон, роҳҳои автомобилӣ низ дар ин маҷмӯъ шомил мебошанд¹².

¹² Государственная целевая программа «Развитие транспортного комплекса Республики Таджикистан на 2010-2025 годы»

Ба рушди нақлиёти роҳи оҳан, махсусан ба сохтмони роҳҳои оҳане, ки марказро бо минтақаҳои стратегӣ мепайвандад, диққати махсус дода мешавад. Нақлиёти роҳи оҳан "...барои интиқоли масофаҳои дур самаранок аст, аммо дар танзими тарифҳо ҳамеша рақобати озод вучуд надорад, ки ин ба самаранокии кор таъсир мерасонад. Нақлиёти роҳи оҳани ҷумҳурий бо қобилияти баланди интиқол ва арзиши нисбатан пасти хизматрасонӣ фарқ мекунад. Ҳангоми сохтмони роҳҳои оҳан сармоягузори калон лозим аст, ки аксар вақт танҳо бо ҷалби назаррас ва истифодаи самаранокии он пардохт карда мешавад. Роҳи оҳани Тоҷикистон дорои 33 истгоҳ мебошад, ки дар қитъаи марказӣ 10 истгоҳ, дар қитъаи шимолӣ 10 истгоҳ ва дар қитъаи ҷанубӣ 13 истгоҳ ҷойгиранд. Сохтори интиқоли бор ва мусофирон тавассути қитъаҳои роҳи оҳани Тоҷикистон нишон медиҳад, ки пуршиддаттарин қитъаҳо барои интиқоли бору мусофирон гуногунанд. Дар байни қитъаҳои боркашонӣ бештар дар минтақаҳои Душанбе–Чиптура, Чиптура–Турсунзода, Хучанд–Конибодом ва Қўрғонтеппа–Хошаде интиқол меёбанд. Дар самти боркашонии байналмилалӣ зиёда аз 90% тавассути роҳи оҳан амалӣ мешавад. Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон муносибати мустақими байни суръати афзоиши даромади воқеии аҳоли ва ҳаҷми мусофиркашонӣ дар нақлиёти роҳи оҳан вучуд надорад". Сабаб ин аст, ки талабот ба хизматрасониҳои нақлиёти мусофирбар бештар ба тағйироти муҳочирати аҳоли ва ҳолати иҷтимоии табақаҳои камбизоати аҳоли вобаста мебошад, на ба сатҳи афзоиши даромади миёнаи воқеӣ. Бояд тазаккур дод, ки дар солҳои охир Ҳукумати мамлакат бо роҳбарии Пешвои муаззами миллат, Ҷаноби олий муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон тадбирҳои мушаххасе ҷиҳати рушди соҳа амалӣ намудаанд, ки худашон низ дар баромади расмияшон ба он таъкид кардаанд: "...дар даврони соҳибистиклолӣ дар кишвар 58 лоиҳаи сармоягузори давлатӣ дар самти сохтмону таҷдиди роҳҳои мошингард ва роҳи оҳан, бунёди инфрасохтори онҳо ва таҳким бахшидани иқтисодии техникаи соҳа ба маблағи 26,6 миллиард сомонӣ амалӣ гардида, ҳоло корҳо дар ин самт бомаром идома доранд"¹³.

Роҳҳои оҳани мавҷуда дар тамоми қитъаҳо то соли 2025 барои хизматрасонии ҳаҷми пешбинишудаи интиқол қобилияти кофӣ доранд. Таҳлил нишон медиҳад, ки "...сармоягузориҳо ба инфрасохтори роҳи оҳан нисбат ба дигар бахшҳои нақлиёт бештар ба мақсад мувофиқанд [3]. Бо вучуди ин, рушди васеи шабакаи роҳи оҳан дар самти робитаи Ҷануб-Марказ ва Марказ-Шимол дар ҷумҳурий пешбинӣ шудааст. Айни замон ҳаҷми борҳои байналмилалӣ, ки дар контейнерҳои стандарти ISO интиқол дода мешаванд, нисбатан кам аст. Дар соли 2008 тавассути роҳи оҳан камтар аз 15 000 контейнер ва тавассути роҳи автомобилӣ зиёда аз 2 000 контейнер интиқол ёфтааст" [2].

Мавод ва усулҳои тадқиқот

Бо вучуди ин, тибқи дурнамо, то соли 2025 суръати афзоиш коҳиш ёфта, афзоиши солона ҳамагӣ то 5% маҳдуд хоҳад шуд (ҷадвали 1).

Ҷадвали 1 - Афзоиши интиқоли контейнерҳо (ISO) дар роҳи оҳани Тоҷикистон¹⁴

Даврҳо	Суръати афзоиш (%)	Ҳаҷми интиқол (контейнер)
2010	–	27 500
2010–2014	25	56 200
2015–2019	15	100 000
2020–2025	10	127 000

Ҷадвали 1 нишон медиҳад, ки сарфи назар аз коҳиш ёфтани суръати афзоиш дар давраҳои баъдӣ, ҳаҷми умумии интиқоли контейнерҳо пайваста афзоиш хоҳад ёфт.

Рушди ҳамлу нақли контейнерӣ дар Тоҷикистон чи тавре қайд намудаанд "...ба монетаҳои ҷиддӣ дучор шудааст. Сабабҳои асосии он аз набудани таҷҳизоти махсус барои боркунӣ ва борфарорӣ, набудани созишномаҳои расмӣ бо кишварҳои ҳамсоя, кам будани борҳо дар самти бозгашт ва таносуби номусоиди борҳои гаронбаҳо ва зудвайроншаванда иборатанд. Ин омилҳо истифодаи контейнерҳоро душвор ва камсамар мегардонанд"[2].

Бо дарназардошти ин мушкилот, зарурати таҳияи методологияи мушаххас барои баҳодихии самаранокии истифодаи таркиби ҳаракаткунандаи нақлиёти роҳи оҳан ба миён меояд.

Методологияи тадқиқот бо маҷмуи нишондиҳандаҳои асосии баҳодихии самаранокии истифодаи таркиби ҳаракаткунандаи нақлиёти роҳи оҳани зерин бояд асос ёбанд:

1. Коэффитсиенти омодагии техникаӣ (Ктг):

$$Ктг = \frac{Вр}{Вр + Вт} \quad (1)$$

дар ин ҷо: Вр - вақти корӣ, Вт - вақти дар таъмирбуда.

Ин коэффитсиент дараҷаи омодабошии техникаи ҳайати ҳаракаткунандаро нишон медиҳад.

¹³ Паёми Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон «Дар бораи самтҳои асосии сиёсати дохилӣ ва хориҷии ҷумҳурий», 28.12.2023с., шаҳри Душанбе

¹⁴ Государственная целевая программа «Развитие транспортного комплекса Республики Таджикистан на 2010-2025 годы»

2. Коэффитсиенти истифодаи масофаи гашт (Куп):

$$Куп = \frac{Пл}{П} \quad (2)$$

дар ин ҷо: Пл - масофаи тайкардашудаи музднок, П - масофаи умумии тайкардашуда.
 Ин нишондиҳанда самаранокии истифодаи ҳаракат дар масирро муайян мекунад.

3. Маҳсулнокии вагон ё локомотив (В):

$$В = \frac{Q}{N} \quad (3)$$

дар ин ҷо: Q - ҳаҷми умумии интиқоли бор (мусофирон), N - шумораи вагонҳо (локомотивҳо).

Ин нишондиҳанда ҳосилнокии миёнаи як воҳиди ҳаракаткунандаро нишон медиҳад. Ин нишондиҳандаҳо имконият медиҳанд, ки самаранокии техникую истифодабарии таркиби ҳаракаткунандаи нақлиёти роҳи оҳан ба таври аниқ арзёбӣ гардида, захираҳои беҳсозии он муайян шаванд.

Методологияи арзёбӣ на танҳо имкон медиҳад самаранокии ҷорӣ истифодаи таркиби ҳаракаткунандаро дақиқ кунанд, балки равандҳои истифодаи онро дар сатҳи стратегӣ низ идора намояд. Барои Тоҷикистон, ки нақлиёти роҳи оҳан нақши муҳими пайваस्तкунандаи кишварҳои ҳамсояро дорад, ин масъала маҳсус аҳамият дорад.

Дар шароити маҳдудияти маълумоти оморӣ ва хусусияти мураккаби системаи миллии роҳи оҳан, усули арзёбии экспертӣ метавонад ҳамчун роҳнамои оқилона ва муассир истифода шавад. Аз ин лиҳоз мо омилҳои асосӣ, ки ба самаранокии истифодаи таркиби ҳаракаткунандаи нақлиёти роҳи оҳан дар Ҷумҳурии Тоҷикистон таъсир мерасонанд, муайян намудем.

Барои гузаронидани таҳлил ва ҷамъоварии андешаҳои мутахассисон, усули арзёбии гурӯҳии кормандони пуртаҷрибаи КВД “Роҳи оҳани Тоҷикистон” интихоб карда шудааст. Ин усул имкон медиҳад, ки таҷрибаи амалии мутахассисон ва қорбарони соҳаи нақлиёти роҳи оҳан дар шакли муқоисашаванда ва баҳогузоришаванда ҷамъоварӣ ва таҳлил гардад. Бо назардошти зарурати таҳлили ҳамаҷонибаи фаъолияти нақлиёти роҳи оҳан, ҳам дар самти боркашонӣ ва ҳам мусофирбарӣ, арзёбии самаранокӣ бояд ҳамаи ҷанбаҳои муҳими равандро фаро гирад.

Барои баҳогузорию мукамал ва дақиқи самаранокии мусофирбарии роҳи оҳан, омилҳои гуногун ба гурӯҳҳои зерин тақсим мешаванд:

-Омилҳои техникӣ: Ин гурӯҳ нишондиҳандаҳоро дар бар мегирад, ки ба ҳолати техникий таркиби ҳаракаткунанда рабт доранд. Аз ҷумла, коэффитсиенти омодагии техникӣ, фосилаи байни таъмир, ҳиссаи таркиби ҳаракаткунанда бо зиёд шудани муҳлати истифода, шумораи носозҳои техникӣ ва вайроншавиҳо дар як моҳ, инчунин синни миёнаи вагонҳо ва локомотивҳо.

-Омилҳои истифодабарӣ: Ин гурӯҳ ба нишондиҳандаҳои мисли коэффитсиенти истифодаи парк, масофаи миёнаи тайкардашудаи шабонарӯзӣ, вақти миёнаи бекорӣ ва суръати миёнаи қаторай мусофирбар дахл дорад.

-Омилҳои сифатӣ: Баррасии сифати хизматрасонӣ ва шароити мусофирбариро дар бар мегирад. Аз ҷумла пуршавии таркиби ҳаракаткунанда, миқдори сафарҳои бекоршуда ва таъхиршуда, риояи графикаи ҳаракат ва ҳамчунин мавҷудияти кондитсионер.

-Омилҳои иқтисодӣ: Арзиши аслии мусофирбарӣ барои як мусофир-километр, даромад аз як вагон ва истеъмоли сӯзишворӣ барои 1000 мусофир-километр дар бар мегирад.

-Омилҳои экологӣ: Ба ҳаҷми партовҳои CO₂ барои 1000 км дахл дорад.

Ин гурӯҳи омилҳо барои баҳодиҳии ҳамаҷониба ва систематикӣ дар самти мусофирбарии роҳи оҳан истифода мешаванд ва ба беҳбуди самаранокӣ ва сифати хизматрасонӣ мусоидат мекунанд.

Ин нишондиҳандаҳо дар шакли функцияҳои математикӣ ифода ёфта, дар ҷадвали 2 барои ҳар як гурӯҳи омилҳои баҳогузорию самаранокии мусофирбарии роҳи оҳан бо нишон додани воҳидҳои ченак оварда шудаанд.

Ҷадвали 2 - Нишондиҳандаҳои гурӯҳбандии омилҳои баҳогузорию самаранокии мусофирбарӣ тавассути нақлиёти роҳи оҳан

Гурӯҳи омилҳо ва нишондиҳандаҳо	Воҳиди ченак
Омилҳои техникӣ (F ₁)	
Коэффитсиенти омодагии техникӣ, (x ₁)	Бе воҳид
Фосилаи байни таъмир, (x ₂)	Шабонарӯзӣ
Ҳиссаи таркиби ҳаракаткунандаи муҳлати истифодааш зиёдшуда (x ₃)	Фоиш (%)
Шумораи носозҳои техникӣ ва вайроншавиҳо дар як моҳ, (x ₄)	Адад
Синни миёнаи вагонҳо ва локомотивҳо, (x ₅)	Сол
Омилҳои истифодабарӣ (F ₂)	
Коэффитсиенти истифодаи парк, (x ₆)	Бе воҳид
Масофаи миёнаи тайкардашудаи шабонарӯзӣ, (x ₇)	Километр (км)
Суръати миёнаи қаторай мусофирбар, (x ₈)	Км /соат

Гурӯҳи омилҳо ва нишондиҳандаҳо	Воҳиди ченак
Омилҳои сифатӣ (F_3)	
Пуршавии таркиби ҳаракаткунанда, (x_9)	Ғоиз (%)
Риояи графикаи ҳаракат, (x_{10})	Ғоиз (%)
Миқдори сафарҳои бекоршуда ва таъхиршуда, (x_{11})	Сафарҳо
Мавҷудияти кондитсионер, (x_{12})	Ғоиз (%)
Омилҳои иқтисодӣ (F_4)	
Арзиши аслии мусофирбарӣ барои як мусофир-километр, (x_{13})	Сомонӣ/км
Даромад аз як вагон, (x_{14})	Сомонӣ
Истеъмоли сӯзишворӣ барои 1000 мусофир-километр, (x_{15})	Литр/1000 м.км
Омилҳои экологӣ (F_5)	
Ҳаҷми партовҳои CO_2 барои 1000 мусофир-километр, (x_{16})	Кг/1000 м-км

Манбаъ: дар асоси пешниҳодоти муаллифон

Барои баҳодихии пурраи самаранокии интиқоли борҳо бошад, омилҳо ва нишондиҳандаҳои зерин ҷудо карда мешаванд:

Омилҳои техникӣ: Коэффитсиенти омодагии техникӣ, фосилаи байни таъмир, ҳиссаи таркиби ҳаракаткунанда бо зиёд шудани мӯҳлати истифода, (%), шумораи носозиҳои техникӣ ва вайроншавиҳо дар як моҳ ва синни миёнаи вагонҳо ва локомотивҳо.

Омилҳои истифодабарӣ: Коэффитсиенти истифодаи парк ва боргардиш дар як моҳ.

Омилҳои истеҳсолӣ: Маҳсулнокии як вагон ва боркунии миёнаи вагон.

Омилҳои иқтисодӣ: Арзиши аслии боркашонӣ барои 1 тонна-километр, даромад аз як вагон, хароҷоти нигоҳдории техникӣ воситаҳои нақлиёт барои ҳар 1000 тонна-километр ва истеъмоли сӯзишворӣ барои 1000 километр.

Омилҳои экологӣ: Ҳаҷми партовҳои CO_2 дар 1000 тонна-километр,

Омилҳои логистикӣ: Мӯҳлати миёнаи тартиб додани ҳуҷҷатҳои интиқоли, мӯҳлати миёнаи амалиёти борфарорӣ ва борбарорӣ, ҳиссаи боркашонӣ бо истифода аз ҳуҷҷатгузории рақамӣ ва шумораи шикоятҳои борфирестонандагон оид ба хизматрасониҳои логистикӣ барои ҳар 1000 мизоҷ.

Ин гурӯҳи омилҳо заминаи бозътимод барои арзёбии ҳамаҷониба ва беҳтар намудани самаранокии интиқоли борҳоро фароҳам меоранд.

Натиҷаҳои тадқиқот

Инчунин барои баҳодихии пурраи самаранокии интиқоли борҳо, омилҳо ва нишондиҳандаҳои зерин гурӯҳбандишуда, ҷудо карда шудаанд (ҷадвали 3):

Ҷадвал 3 - Гурӯҳҳои омилҳо ва нишондиҳандаҳо барои баҳодихии самаранокии интиқоли борҳо тавассути нақлиёти роҳи оҳан

Гурӯҳи омилҳо ва нишондиҳандаҳо	Воҳиди ченак
1. Омилҳои техникӣ, (F_1)	
1.1. Коэффитсиенти омодагии техникӣ, (x_1)	Бе воҳид
1.2. Фосилаи байни таъмир, (x_2)	Шабонарӯзӣ
1.3. Ҳиссаи таркиби ҳаракаткунанда бо зиёдшавии мӯҳлати истифода (x_3)	Ғоиз (%)
1.4. Шумораи носозиҳои техникӣ ва вайроншавиҳо дар як моҳ, (x_4)	Адад
1.5. Синни миёнаи вагонҳо ва локомотивҳо (x_5)	Сол
2. Омилҳои истифодабарӣ, (F_2)	
2.1. Коэффитсиенти истифодаи парк, (x_6)	Бе воҳид
2.3. Боргардиш дар як моҳ, (x_7)	Т.км
3. Омилҳои истеҳсолӣ, (F_3)	
3.1. Маҳсулнокии як вагон, (x_8)	тонна-км/вагон
3.3. Боркунии миёнаи вагон, (x_9)	Тонна
4. Омилҳои иқтисодӣ, (F_4)	
4.1. Арзиши аслии боркашонӣ барои 1 тонна-километр, (x_{10})	Сомонӣ/км
4.2. Даромад аз як вагон, (x_{11})	Сомонӣ
4.3. Хароҷоти нигоҳдории техникӣ воситаҳои нақлиёт барои ҳар 1000 тонна-километр, (x_{12})	Сомонӣ
4.4. Истеъмоли сӯзишворӣ барои 1000 тонна-километр, (x_{13})	Литр/1000 т-км
5. Омилҳои экологӣ, (F_5)	
5.1. Ҳаҷми партовҳои CO_2 барои 1000 тонна-километр (x_{14})	Кг/1000 т.-км
6. Омилҳои логистикӣ, (F_6)	
6.1. Мӯҳлати миёнаи тартиб додани ҳуҷҷатҳои интиқоли, (x_{15})	Дақиқа

Гурӯҳи омилҳо ва нишондихандаҳо	Воҳиди ченак
6.2. Муҳлати миёнаи амалиёти борфарорӣ ва борбарорӣ, (x_{16})	Дақиқа
6.3. Ҳиссаи боркашонӣ бо истифода аз ҳуччагузории рақамӣ, (x_{17})	Фоииз (%)
6.4. Шумораи шикоятҳои борфиростонандагон оид ба хизматрасониҳои логистикӣ, барои ҳар 1000 мизоч, (x_{18})	Адад

Манбаъ: дар асоси пешниҳодоти муаллифон

Ин нишондихандаҳо барои таҳлилу баҳогузории ҳамачонибаи самаранокии интиқоли борҳо тавассути нақлиёти роҳи оҳан, истифода мешаванд ва имкон медиҳанд, ки омилҳои гуногун ба таври дақиқ арзёбӣ гарданд.

Пас аз муайян намудани гурӯҳҳои омилҳо ва баҳогузории экспертӣ (ҷадвали 4 ва 5), бо мақсади санҷиши ҳамоянгии ақидаҳои коршиносон, аз коэффитсиенти Кендалл истифода бурда шуд. Ин коэффитсиент нишон медиҳад, ки то чӣ андоза андешаҳои экспертон дар мавриди аҳамияти омилҳо ба ҳам наздик ва мувофиқ мебошанд.

Ҷадвали 4 - Натиҷаи арзёбии коршиносон оид ба омилҳои асосии муайянкунандаи самаранокии интиқоли мусофирон тавассути нақлиёти роҳи оҳан

Омилҳо	Коршиносон														
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15
X ₁	70	78	75	78	75	79	78	77	75	75	76	75	78	76	75
X ₂	63	65	70	65	70	63	60	73	62	60	65	63	63	64	63
X ₃	60	60	65	63	65	67	65	65	60	63	59	60	61	61	60
X ₄	86	85	80	80	60	90	8	85	60	80	84	58	83	83	80
X ₅	75	77	70	70	70	85	70	75	65	76	76	70	76	77	72
X ₆	90	88	85	85	90	75	90	90	95	92	92	95	92	91	85
X ₇	85	91	95	90	90	90	85	90	90	87	90	90	93	90	83
X ₈	70	75	50	65	65	90	70	60	75	65	66	70	60	67	57
X ₉	90	90	70	90	95	60	90	95	95	96	93	93	65	93	97
X ₁₀	95	90	90	90	90	90	80	90	90	70	80	98	95	96	95
X ₁₁	80	70	75	56	70	50	50	50	50	80	75	50	70	60	51
X ₁₂	70	75	68	60	70	73	60	70	70	60	70	73	76	65	75
X ₁₃	93	90	90	85	93	90	80	80	85	90	92	85	91	91	85
X ₁₄	97	95	93	80	95	95	85	85	90	93	90	90	93	95	90
X ₁₅	86	85	80	85	90	85	80	75	80	85	86	85	80	85	80
X ₁₆	82	75	78	75	80	80	75	70	80	70	75	80	75	81	75

Манбаъ: Натиҷаи нурсинома

Ҷадвали 5 - Натиҷаи арзёбии коршиносон оид ба омилҳои асосии муайянкунандаи самаранокии интиқоли борҳо тавассути нақлиёти роҳи оҳан

Омилҳо	Коршиносон														
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15
X ₁	82	85	85	84	82	75	75	74	80	82	73	85	88	79	82
X ₂	53	75	55	50	60	70	60	45	55	50	60	60	53	53	60
X ₃	45	47	40	43	47	40	50	49	40	40	45	50	50	47	40
X ₄	70	70	50	70	60	60	70	70	70	70	65	70	80	70	65
X ₅	40	55	40	45	40	45	35	45	55	49	50	35	39	45	55
X ₆	75	70	70	70	89	74	80	90	90	88	82	83	75	80	80
X ₇	60	65	60	63	70	66	70	80	70	70	73	73	73	70	75
X ₈	85	90	90	94	90	91	85	90	95	90	80	95	92	91	85
X ₉	90	96	92	95	95	94	90	97	89	98	80	92	92	88	83
X ₁₀	92	93	90	95	95	92	90	94	93	94	85	95	90	90	85
X ₁₁	97	94	99	98	95	91	97	99	95	96	94	98	97	95	90

Омилҳо	Коршиносон														
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12	№13	№14	№15
X ₁₂	60	70	66	70	69	75	75	65	68	74	72	75	74	70	75
X ₁₃	65	70	65	65	62	60	60	60	62	65	60	73	66	65	70
X ₁₄	70	68	70	70	71	73	65	70	74	67	65	75	72	70	65
X ₁₅	70	72	82	75	83	84	78	85	80	85	74	84	75	78	60
X ₁₆	70	97	95	95	96	94	93	98	99	91	90	92	65	90	85
X ₁₇	63	63	75	70	64	72	70	63	75	72	71	67	65	70	90
X ₁₈	59	50	60	45	59	48	43	42	48	53	49	51	40	50	60

Манбаъ: Натиҷаи нуршинома

Натиҷаи ҳисоби коэффитсиенти Кендалл дар зер пешниҳод мегардад, ки дараҷаи мувофиқати назарҳои экспертҳоро дар баҳогузори омилҳои самаранокии интиқоли мусофирон ва борҳо инъикос мекунад.

Бо истифода аз коэффитсиенти мувофиқати Кендалл W дараҷаи ҳамоҳангии назари коршиносон таҳлил мегардад.

Барои арзёбии аҳамияти статистикуи коэффитсиенти мувофиқати Кендалл W , истифода бурдани χ^2 Пирсон, ки бо дараҷаи озодии $(m-1)$ тобеъ аст, имконпазир аст.

Аҳамияти коэффитсиенти Кендалл (мувофиқати) W бо муқоисаи арзиши χ^2 ҳисобшуда ва қадвалӣ муайян мешавад, ки он аз сатҳи аҳамият (p) ва дараҷаи озодии $(k = m - 1)$ вобаста аст. Агар арзиши χ^2 ҳисобшуда аз қадвалӣ калон бошад, аҳамияти статистикуи дорад.

Бар асоси ҳисобкуниҳои самаранокии мусофирбарии роҳи оҳан ва санҷиши аҳамияти он, натиҷаҳои зерин ба даст оварда шуданд:

$$W = 0,74; \quad \chi^2_{расч.} = 166,05; \quad \chi^2_{табл} = 24,99;$$

$$\chi^2_{расч} = 166,05 > \chi^2_{табл.} = 24,99$$

Ҳисоби самаранокии боркашонии роҳи оҳан ва санҷиши аҳамияти он нишон дод, ки натиҷаҳои бадастомада барои таҳлилу баҳогузори самаранокии системаи нақлиёт аҳамияти калон доранд:

$$W = 0,88; \quad \chi^2_{расч.} = 224,19; \quad \chi^2_{табл} = 27,58;$$

$$\chi^2_{расч} = 224,19 > \chi^2_{табл.} = 27,58$$

Дар натиҷа, гипотеза оид ба мувофиқати нишондодҳои коршиносон, ки бо истифода аз коэффитсиенти Кендалл W ҳисоб шудааст, рад карда нашуд. Миёни коршиносон мувофиқат дар ин бора вучуд дорад.

Бо вучуди мувофиқати нишондодҳои коршиносон дар бораи аҳамияти омилҳои интиҳобшуда, таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки самаранокии системаи бехатарии нақлиёти роҳи оҳан, садамаҳо ва зарарҳои моддӣ ҳар сол идома доранд, ки амнияти нақлиёт ва рушди инфрасохторро таҳдид мекунанд [4].

Аз ин рӯ, сохторҳои масъул дар Тоҷикистон бояд идоракунии бехатариро тақвият диҳанд, технологияи муосир ва мукаммал бехатариро ҷорӣ кунанд, системаи идоракунии бозътимодно таҳия намоянд ва омилҳои гуногуни хавфро, ки ба истифодаи бехатарии локомотивҳо дар шароити Тоҷикистон таъсир мерасонанд, бартараф созанд.

Татбиқи стратегияҳои муассир барои таъмини бехатарӣ ва устувори нақлиёти роҳи оҳани Тоҷикистон, ки ба рушди устувор ва солими инфрасохтор ва иқтидорҳои нақлиёт мусоидат менамоянд, барои кишвар аҳамияти бузург дорад.

Локомотивҳои роҳи оҳан ҳамчун унсури асосии нақлиёти роҳи оҳан ба ҳисоб мераванд, зеро қатораҳо ташкили асосии системаи нақлиёти роҳи оҳанро ташкил медиҳанд. Аз ин рӯ, самаранокии интиқоли қатораҳо ва бехатарии онҳо дар ҳар як марҳилаи ҳаракат барои рушди бехатар ва устувори нақлиёти роҳи оҳан дар Тоҷикистон аҳамияти калидӣ дорад.

Коэффитсиенти истифодаи қаторҳои роҳи оҳан аз якчанд омилҳо, аз қабилӣ фиристодани қаторҳо дар хаттҳои муайян, ҳамкориҳои байни ҳайати қорӣ ва қаторҳо, ва инчунин маълумот дар бораи истифодаи вақт, шумораи ҳаррӯзаи қаторҳо ва суръати интиқоли онҳо вобаста аст.

Бо тадқиқоти амиқ дар бораи истифодаи локомотивҳо, мо метавонем мушкилоти самаранокии амалии онҳо ва роҳҳои беҳтар кардани системаро пайдо кунем. Баланд бардоштани самаранокии истифода тавассути тақмили техникӣ ва кам кардани хароҷот кӯмак мекунад, ки дар натиҷа нақлиёт, хидматрасонӣ ва тиҷорат самараноктар мешаванд. Инчунин, хизматрасонии мусофирон ва боркашонӣ беҳтар мегардад¹⁵.

Мушкилот дар идоракунии бехатарии локомотивҳои роҳи оҳан бо истифодаи усулҳои кӯҳна ва технологияҳои номукамал ба миён меоянд. Ҳоло бисёре аз шуъбаҳо аз усулҳои анъанавӣ қор мебаранд, ки боиси хатарҳо ва камбудихо мешаванд. Барои таъмин намудани бехатарии интиқол ва устувории он, зарур аст, ки системаи муосир ва стандартизатсияшудаи идоракунии амният қорӣ карда шавад.

Технологияҳои пешрафта, аз ҷумла технологияҳои иттилоотӣ, дар нақлиёти роҳи оҳан дар Тоҷикистон аҳамияти зиёд пайдо мекунад. Системаҳои амниятӣ ва истифодаи локомотивҳо бо мурури вақт доимо тақмил ёфта, бояд ба талаботи муосир мувофиқ бошанд. Агар усулҳои кӯҳна ва номукамал барои идоракунии бехатарии локомотивҳои роҳи оҳан истифода шаванд, хатарҳои амниятӣ пурра бартараф намешаванд. Камбудихо дар идоракунӣ метавонанд ба натиҷаҳои номатлуб ва хатарнок оварда расонанд. Барои таъмини бехатарии интиқол ва устувории роҳи оҳан дар Тоҷикистон, лозим аст, ки системаҳои амниятӣ бо истифодаи технологияҳои нав тақмил ёбанд, ва ҳамзамон тахассуси кормандон дар соҳаи бехатарӣ ва идоракунӣ баланд бардошта шавад.

Эътимоднокӣ ва бехатарии истифодаи локомотивҳо дар Тоҷикистон ба малакаи баланд ва омодагии кормандони локомотив вобаста аст. Бо таваҷҷуҳ ба рушди технологияҳои иттилоотӣ ва автоматизатсия, усулҳои идоракунӣ дар соҳаи нақлиёти роҳи оҳан пайваستا тақмил меёбанд [5].

Барои беҳтар кардани идоракунии бехатарӣ ва устувории нақлиёти роҳи оҳан Тоҷикистон, зарур аст, ки системаҳои кӯҳна ва камбудихо ҳарчи зудтар ислоҳ шаванд. Кормандон ва шуъбаҳои масъул бояд иқдоми муассир андешанд, то ки бехатарии ҳаракат ва иҷрои қори нақлиёт мутобик бо талаботи муосир ва шароити воқеии кишвар таъмин гардад.

Барои таъмини бехатарии роҳи оҳан, муҳим аст, ки "...системаи анъанавии идоракунии амният ислоҳ ва тақмил дода шавад. Ба шароити ҳозира, бояд системаи идоракунӣ ба сатҳи илмиву мукамал баробар карда шавад, то ки бехатарии ҳаракат дар қойи аввал қарор гирад. Ҳамзамон, нақшаи воқуниш ба таҳдидҳои эҳтимолии хатарҳои амниятӣ бояд таҳия шуда, кормандон омодагии пурра дошта бошанд, то дар ҳолатҳои хатарнок бо эътимод амал намоянд" [8].

Шуъбаҳои, ки барои идоракунии бехатарии роҳи оҳан масъуланд, бояд ба системаи навтаъсиси идоракунии амният риоя кунанд, ҳамоҳангсозӣ ва ҳамкориҳои амиқро байни якдигар таъмин намоянд, вақолатҳо ва уҳдадорихо қориро дақиқ муайян кунанд ва барои баланд бардоштани самаранокии идоракунии амният ва бехатарии нақлиёт мусоидат кунанд.

Воҳидҳои дахлдор бояд "...талаботи техникӣ бехатарии амалиётро таҳия ва ба шакли дастур тартиб диҳанд, то рушди муназзами соҳаи назорати бехатариро таъмин кунанд. Барои пешгирӣ кардани хатарҳо, суръат дар ҳар қитъаи роҳ бояд мувофиқи талабот танзим шавад, ки ба қори самаранокии локомотив ва кам кардани истеъмоли сӯзишворӣ мусоидат кунанд"¹⁶.

Барои беҳтар кардани бехатарии истифодаи роҳи оҳан дар Тоҷикистон, зарур аст, ки системаи пешгӯии хатарҳо ва пешгирии садамаҳо, таъсис ёбад. Ин раванд ба баланд бардоштани сатҳи бехатарии идоракунии нақлиёти роҳи оҳан кумак мекунад. Маҳз омодагии кормандони роҳи оҳан ва баланд бардоштани огоҳии онҳо дар бораи вазифаҳои бехатарӣ ва мушкилоти эҳтимолии хатарҳо дар фаъолияти нақлиёт муҳим аст. Шуъбаҳои марбут бояд дониш ва малақаҳои кормандонро дар бораи техникаи муосири роҳҳои оҳан ва масъулиятҳои бехатарӣ беҳтар кунанд. Воҳидҳои идоракунии бехатарии роҳи оҳан бояд ба таълими ҳамаҷонибаи кормандон оид ба идоракунии бехатарӣ аҳамият диҳанд.

¹⁵ Лян Цинсинь. Краткое исследование по использованию системы управления безопасностью в железнодорожных локомотивах. Наука и техника Wind, 2020.

¹⁶ Чжао Мин. Исследование по использованию стратегий управления безопасностью для железнодорожных локомотивов. Современный маркетинг (Бизнес-издание), 2019

Онҳо бояд ҳисси бехатарӣ ва муқовимат ба тағйиротро ташвиқ кунанд, амалиётро стандартизатсия кунанд ва барои воқуниш ба ҳолатҳои фавқуллодда имкониятҳои кофӣ фароҳам оранд, то бехатарии мусофирон ва шароити бароҳат ва бехатарии сафар таъмин карда шавад. Дар ҳамин ҳол, “сохторҳои масъул барои идоракунии бехатарии нақлиёти роҳи оҳан бояд механизми муқофот ва ҷазо барои дастовардҳои хуби кормандон пешниҳод кунанд. Системаи муқофот ва ҷазо бояд пайваста тақмил ёфта, кормандонро ба кор бо шавқ ва масъулият водор созад, то онҳо барои баланд бардоштани сифати кор кӯшиш кунанд” [10].

Муҳокимаҳо

Дар асоси гуфтаҳо болозикр, барои шароити Тоҷикистон, ки нақлиёти роҳи оҳан дар он нақши муҳимро дар ҳамлу нақл ва рушди иқтисодӣ мебозад, татбиқи системаи бехатарии муассир ва самаранок зарур аст. Аз ин рӯ, барои беҳтар намудани сатҳи бехатарии истифодаи таркиби ҳаракаткунандаи нақлиёти роҳи оҳан ва инфрасохтори он дар шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон чунин тавсияҳо пешкаш карда мешавад:

- амали намудани низоми ҳавасмандгардонии кормандон ва муҷозоти онҳо [9];
- баланд бардоштани сатҳи таҳассунокии кормандон;
- татбиқ ва истифодаи технологияҳои инноватсионӣ дар системаи бехатарии ҳаракат[1];
- бартаараф намудани ҳолатҳои садаманокӣ ва пешгирии хатарҳо дар раванди истеҳсолӣ;
- ташаққули системаи иттилоотӣ байни шӯъбаҳо ва қисматҳои гуногун;
- истифодаи васеи ситемаҳои интеллектуалӣ дар раванди идоракунии.

Хулоса

Дар шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки нақлиёти роҳи оҳан дар рушди иқтисодиёти кишвар ва амнияти интиқоли молу маҳсулот мавқеъи муҳимро ишғол менамояд, таҳлили истифодаи самаранокӣ таркиби ҳаракаткунандаи нақлиёти роҳи оҳан дар асоси технологияҳои инноватсионӣ аҳамияти калон дорад. Бо ин мақсад ба инobat гирифтани таъсири омилҳои дохилӣ ва беруна ба маҳсулнокии қори нақлиёти роҳи оҳан ва инфрасохтори он, инчунин ба инobat гирифтани ҷабҳаҳои экологӣ, иқтисодӣ ва техникае, ки идораи самаранокӣ нақлиёти роҳи оҳанро таъмин менамоянд, муҳим доништа мешавад. Ин на танҳо ба рушди устувори соҳаи нақлиёти роҳи оҳан, балки ба кам кардани хатарҳо ва дар маҷмуъ, ба рушди босуботи иқтисоди кишвар низ кӯмак мерасонад.

Муқаррир: Раҷабов А.А. – н.и.у., и.в. дотсенти қабедраи фаъолияти гумруқии Донишгоҳи байналмилалӣ сайёҳӣ ва соҳибқорӣи Тоҷикистон

Литература

1. Аникеева Л.О., Лебедева Е.В. Анализ эффективности внедрения инновационных грузовых вагонов // Экономика железных дорог. - 2016. - №10.
2. Государственная целевая программа «Развитие транспортного комплекса Республики Таджикистан на 2010-2025 годы».
3. Кауц В.Э. Развитие железных дорог - основа развития экономики страны // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. - 201. - Т. 2.
4. Лян Цинсинь. Краткое исследование по использованию системы управления безопасностью в железнодорожных локомотивах. Наука и техника Wind, 2020.
5. Мачерет Д.А. Рост дальности грузовых перевозок как долгосрочная экономическая тенденция // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. - 2016. - №3.
6. Паёми Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон мухтарам Эмомалӣ Раҳмон «Дар бораи самтҳои асосии сиёсати дохилӣ ва хориҷии ҷумҳурӣ», 28.12.2023с., шаҳри Душанбе
7. Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты. Рекомендации научно-технической конференции.//Наука и транспорт, специальный выпуск «Модернизация железнодорожного транспорта», 2009.
8. Суо Чаошунь. Анализ проблем и предложений по управлению безопасностью использования железнодорожных локомотивов. Наука и техника Wind, 2020.
9. Устав железнодорожного транспорта Республики Таджикистан.
10. Чжан Пэн. Краткое обсуждение стратегии улучшения управления безопасностью железнодорожных локомотивов. Наука и техника Wind, 2018.

11. Чжао Мин. Исследование по использованию стратегий управления безопасностью для железнодорожных локомотивов. Современный маркетинг (Бизнес-издание), 2019.

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

TJ	RU	EN
Курбонов Шерали Нуралиевич	Курбонов Шерали Нуралиевич	Kurbonov Sherali Nuralievich
унвонҷӯи кафедраи ташкили интиқол ва идора дар нақлиёт	соискатель кафедры организации перевозок и управления на транспорте	candidate of the Department of Transportation Organization and Management
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S.Osimi
TJ	RU	EN
Ҷалилов Умарҷон Ҷамилович	Джалилов Умарджон Джамилович	Jalilov Umardjon Jamilovich
д.и.и., дотсент, мудири кафедраи ташкили интиқол ва идора дар нақлиёт	доктор экономических наук, доцент, зав. каф. организации перевозок и управления на транспорте	Doctor of Economics, Associate Professor, Head of the Department organization of transportation and management of transport
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi
E-mail: umar.dtt.2002@gmail.com		

СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

УДК 72.03 (575.3)

РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРНОГО И ХУДОЖЕСТВЕННОГО ИСКУССТВА В СРЕДНЕВЕКОВОЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ С.М. Мамаджанова

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Настоящее исследование посвящено архитектурно-декоративному искусству Центральной Азии VIII–XIV веков, сформировавшемуся в условиях интенсивных культурных, религиозных и технологических преобразований. Основное внимание уделяется влиянию исламской традиции на архитектуру региона, а также сохранению и трансформации доисламских художественных форм. Анализируются особенности строительных технологий и декоративных элементов: резьба по ганчу, дереву, терракоте, применение глазурированной керамики, эпиграфики и многоцветной росписи. Особое место занимает изучение формирования региональных архитектурных школ, а также устойчивой преемственности форм и мотивов.

Ключевые слова: строительство города, скульптура, традиция, Центральная Азия, творчество, культура, архитектура.

РУШДИ ҲУНАРҶОИ МЕЪМОРӢ ВА ОРОИШӢ ДАР ОСИЁИ МАРКАЗӢ ДАР АСРҶОИ МИЁНА С.М. Мамаджанова

Таджикоти мазкур ба рушди санъати меъмори ва ороиши Осиеи Марказӣ дар асрҳои VIII–XIV бахшида шудааст, ки дар заминаи дигаргуниҳои фарҳангӣ, мазҳабӣ ва технологияи фарогир ташаккул ёфтааст. Дар маркази таваҷҷуҳ таъсири суннатҳои исломӣ ба меъмории минтақа, инчунин нигоҳдорӣ ва таҳаввули шаклҳои ҳунарии тоисломӣ қарор дорад. Махсусиятҳои технологияҳои сохтмон ва унсурҳои ороишӣ — қандақорӣ дар гач, ҷӯб, терракота, истифодаи сафолҳои рангоранг, эпиграфикӣ ва наққошии ранга — мавриди таҳлил қарор мегиранд. Таваҷҷуҳи хос ба ташаккули равияҳои минтақавии меъмори ва пайванди устувори анъанаҳои шакл ва услуби равона шудааст.

Калидвожаҳо: шахрсозӣ, ҳайкалтарошӣ, анъана, Осиеи Марказӣ, эҷодкорӣ, фарҳанг, меъмори.

THE DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL AND ARTISTIC HERITAGE IN MEDIEVAL CENTRAL ASIA S.M. Mamadzhanova

The present study is devoted to the architectural and decorative art of Central Asia from the 8th to the 14th centuries, which developed under the conditions of intensive cultural, religious, and technological transformations. Particular attention is given to the influence of Islamic tradition on the region's architecture, as well as to the preservation and transformation of pre-Islamic artistic forms. The research analyzes the features of construction techniques and decorative elements, including ganch, wood, and terracotta carving, the use of glazed ceramics, epigraphy, and polychrome painting. A special focus is placed on the emergence of regional architectural schools and the enduring continuity of forms and motifs.

Keywords: urban construction, sculpture, tradition, Central Asia, creativity, culture, architecture.

Введение

Средняя Азия в VIII–IX веках переживала сложный исторический этап, связанный с вхождением в состав Арабского халифата. Эти события сопровождались глубокими культурными потрясениями: разрушались старые верования, уничтожались изображения и художественные символы прежней эпохи. Однако с ослаблением власти халифата уже в IX–X веках начался новый подъём культурной и строительной деятельности, отразившийся в архитектуре и изобразительном искусстве региона.

Развитие строительных технологий сыграло ключевую роль в формировании новой архитектурной среды. Переход от использования сырьёвого кирпича к обожжённому, а также распространение купольных и арочных конструкций потребовали не только технических знаний, но и высокой степени художественного мастерства. Архитектура того времени стала не просто функциональной, но и эстетически насыщенной: орнамент, пропорции и геометрия получили новое осмысление как часть единого художественного замысла.

Методы и результаты исследования

Данное исследование посвящено комплексному анализу архитектурно-художественного наследия Средневековой Средней Азии, раскрывающему его характерные черты, принципы формирования и роль в развитии искусства в широком культурном контексте. Акцент сделан на взаимосвязи конструктивных основ и декоративного убранства, что позволяет рассматривать архитектуру не только как функциональную среду, но и как выразительное средство художественного самовыражения.

Исламская традиция, распространившаяся в Средней Азии после вхождения региона в состав Арабского халифата, оказала глубокое воздействие на формирование новых художественных и архитектурных форм. Однако этот процесс не был односторонним: несмотря на активное внедрение канонов исламского искусства, архитектурный декор Средней Азии сохранил и развил богатые местные традиции зодчества.

Характерной чертой архитектуры этого периода стало активное применение обожжённого кирпича, из которого мастера формировали сложные рельефные выкладки. Кирпичи располагались в блоках по два и три, с чередованием, перерывами, зубчатыми, угловыми, тычковыми и ложковыми соединениями. Подобная техника придавала стенам сложную текстурную структуру, создавая выразительный

визуальный ритм. Игра света и тени на такой поверхности вызывала ощущение завершенности и художественной целостности. Дополнительное декоративное богатство обеспечивалось за счёт использования пиленых и шлифованных брусков, которые вносили в композицию орнаментальное разнообразие [11, 12].

Таким образом, даже в условиях сильного влияния общехалифатского стиля, архитектура региона не утратила свою индивидуальность. Уникальность декоративных решений объясняется сохранением местных представлений о красоте, традиционных форм и приемов художественной обработки материалов. Как отмечает М.Р. Мукимов, архитектурный декор IX–X веков в Средней Азии отличался именно тем, что «его уникальность и красота тесно связаны с местными традициями, художественными идеями и формами» [7, 8].

Именно этот сплав внешнего влияния и внутреннего культурного кода стал основой архитектурного стиля региона, в котором исламские идеи получили своеобразное и самобытное художественное воплощение.

Одним из наглядных свидетельств художественной преемственности является колонна X века, обнаруженная в Обурдоне — местности в долине реки Зеравшан. В её оформлении прослеживаются мотивы, берущие начало в доисламской культуре, сохранявшейся в народной памяти. Зодчие удачно сочетали эти элементы с новыми декоративными формами, включая растительный орнамент, выполненный в духе арабески. Особый интерес представляет применение эпиграфических узоров — надписей, гармонично включённых в композиционную структуру архитектурного объекта. Такой подход позволял соединить традиции разных эпох в едином художественном образе [6].

Классические образцы архитектурного декора IX–X веков представляют собой важные памятники, отражающие художественные традиции и мастерство того времени. В Южном Туркменистане к таким памятникам относится резьба по ганчу в мечети-мавзолее Шир-Кабир, датируемой X веком. Этот вид декоративного искусства демонстрирует тонкую работу с гипсовыми смесями, создавая сложные орнаменты и узоры, характерные для исламской архитектуры раннего средневековья.

В Таджикистане значимыми являются резной деревянный михраб из Искодара (X век) и образцы резьбы по дереву, найденные в горных районах верховьев реки Зеравшан, в частности, в Чоркухе. Эти изделия свидетельствуют о развитии местных ремесленных традиций и синтезе художественных стилей, где природные мотивы сочетаются с исламской символикой.

В Узбекистане известны образцы резьбы по ганчу, обнаруженные в залах дворца Саманидов в Самарканде (IX–X века), а также в купольном зале того же археологического комплекса, датируемом X веком. Кроме того, к важным памятникам относится резной штукатурный декор мавзолея Араб-ата, который также отражает высокий уровень художественного мастерства эпохи [1].

Таким образом, перечисленные памятники иллюстрируют разнообразие материалов и техник, а также региональные особенности архитектурного декора в Средней Азии эпохи IX–X веков, подчёркивая значимость этого периода в истории исламского искусства.

Влияние традиций на архитектурный декор Мавераннахра IX–X веков было глубоким и многогранным, одновременно с чем происходило активное внедрение новых художественных концепций, особенно в условиях городских центров. Для каждого материала разрабатывались специфические методы обработки и оформления, позволяющие адаптировать традиционные мотивы в соответствии с технологическими возможностями и эстетическими задачами.

Теория арабесок в этот период стала систематизированной наукой, а их исполнение — высоким искусством. Основой нового направления послужили принципы построения растительных и геометрических орнаментов, в которые органично вписывались разнообразные фигуры и медальоны, известные под названиями «ислими», «гирих», «мадохил» и «турундж». Эти элементы стали характерной чертой архитектурного декора региона, отражая синтез культурных влияний и мастерство мастеров [2].

Архитектурные сооружения XI–XIII столетий на территории Средней Азии впечатляют высоким уровнем исполнения кладки и декоративного оформления. В южных районах Туркменистана к наиболее выразительным постройкам относятся минареты комплекса Месториан, в частности сооружение, датируемое 1002 годом, а также целый ряд мавзолеев Мервского оазиса, включая мавзолей Мухаммада ибн Зейда и Аламбердара, построенные в XI веке. Существенный интерес представляет также каравансарай Дая-Хатын и мечеть Талхатан-баба, относящиеся к периоду XII века. На территории современного Кыргызстана особое значение имеют башня Бурана (X–XI века) и минарет в Узгенте (XI век). Все эти памятники иллюстрируют развитие строительной техники и изобразительной культуры, отражая устойчивые традиции архитектуры региона в сочетании с поисками новых художественных форм [3, 4].

К числу выдающихся образцов художественной обработки штукатурки, характерных для архитектуры XI–XII веков, относятся такие памятники, как дворец в Хульбуке, мавзолеем Шах Фазиль в селении Сафед Буленд на территории современной южной Киргизии, резиденция термезских правителей, мавзолеем Хакима ат-Термези в Термезе, а также монументальное сооружение мавзолея султана Санджара в Мерве. Эти объекты демонстрируют высокую степень мастерства в технике резьбы по гипсу и являются важными свидетельствами развития декоративно-пластического искусства в исламской архитектуре Средней Азии указанного периода.

К числу выдающихся произведений резьбы по дереву XI–XII веков, сохранившихся на территории горных районов долины Зеравшана (Курут, Фатмев, Урметан), относятся изящные деревянные колонны, отличающиеся тонкой проработкой декоративных элементов. Особый интерес представляет резной фриз XII столетия, обнаруженный в одной из древнейших построек некрополя Шахи-Зинда в Самарканде. Не менее значимыми являются и художественно оформленные колонны мечети Джума в Хиве, демонстрирующие высокий уровень ремесленного мастерства и устойчивые традиции декоративного оформления культовых сооружений этого периода.

Применение ганча для имитации фигурной кирпичной кладки получило широкое распространение в декоративной отделке архитектурных сооружений XI–XII веков. Яркие примеры такого художественного приёма можно наблюдать в оформлении фрагментов караван-сарая Рабати Малик, расположенного в степной зоне между Самаркандом и Бухарой, а также во внутреннем убранстве мавзолея Ярты-Гумбаз в Серахсе. Эти элементы демонстрируют стремление мастеров к созданию визуальных эффектов, подчеркивающих пластическую выразительность архитектурных форм при помощи местных строительных традиций [12].

В архитектурно-декоративном искусстве XI–XII веков прослеживается стилистическое единство в орнаментике резной терракоты, деревянной резьбы и керамических элементов. Повторяющиеся мотивы и художественные приёмы указывают на формирование общего художественного языка, связанного с развитием средневековых феодальных городов Востока, в которых активно развивались торговля и ремесла. Это культурное и экономическое оживление способствовало становлению единого художественного направления, формировавшегося в рамках идеологических установок ислама. Хотя влияние этих факторов на архитектурный облик и изобразительную систему несомненно, в ряде случаев оно проявляется неявно и требует комплексного анализа для своего точного выявления.

На начальном этапе возрождения художественных традиций особое место заняло обращение к формам архитектурного декора XI–XIII веков, причём его восприятие происходило так, будто историческая преемственность не была прервана. Эта тенденция особенно заметна в памятниках Северного Туркестана и горных районов Средней Азии. Яркими примерами служат мавзолей Мухаммеда Бошаро вблизи Пенджикента, мавзолей Манаса в северной части Киргизии, а также надгробный памятник Наринджан-баба в Каракалпакии, где фасады украшают изысканные композиции из резной неполивной терракоты, отличающиеся тонкостью орнамента и мастерством исполнения [5].

В архитектурно-декоративной практике того времени применялись матовые кирпичи, изготовленные из кашинной массы, а также кирпичи, покрытые термостойкими лаками, цветной полупрозрачной глазурью или непрозрачной эмалью. Из керамики производились как облицовочные плитки с глазурью, так и элементы сложной формы — сталактиты, использовавшиеся в декоративных сводах и нишах. Разнообразие технологических подходов и типов продукции способствовало формированию локальных художественно-ремесленных школ, каждая из которых имела свои особенности. Наиболее известны среди них школы мастеров Бухары, Самарканда, Кашкадарьи и Хорезма, чьи традиции сыграли значительную роль в развитии региональных форм архитектурного декора [9].

Во второй половине XIV века на территории Мавераннахра сформировалась художественная школа, объединившая местных мастеров и выходцев из других регионов. Идея синтеза различных форм изобразительного искусства (за исключением пластики, запрещённой религиозными нормами) стала определяющим принципом её развития. Именно в рамках этой школы были созданы выдающиеся архитектурные памятники эпохи — мавзолей Гур-Эмир, мечеть Биби-Ханым, а также ансамбль великолепных мавзолеев некрополя Шахи-Зинда. Помимо облицовочной керамики, в убранстве интерьеров активно применялись настенные росписи, элементы из папье-маше с позолоченным рельефом, а также орнаменты в виде медальонов и цветочных мотивов на насыщенном синем фоне. Всё это придавало поверхностям визуальный эффект роскошной тканевой драпировки и подчеркивало декоративную насыщенность интерьера [10].

Архитектурно-декоративное искусство Средней Азии в период с VIII по XIV века развивалось в условиях значительных историко-культурных трансформаций. После включения региона в состав Арабского халифата и последующего распространения ислама наблюдался кризис прежней художественной системы. Однако, несмотря на утрату многих доисламских форм, местная архитектура смогла не только приспособиться к новым религиозно-культурным требованиям, но и выработать своеобразный художественный язык. В процессе этого становления сложился оригинальный архитектурный стиль, объединивший элементы местных традиций с принципами исламской художественной культуры, что позволило создать уникальные формы зодчества, охватившие обширную территорию Мавераннахра.

Важную роль в формировании архитектурного облика Средней Азии в VIII–XIV веках сыграло совершенствование строительных приёмов. В этот период активно развивались технологии, позволившие реализовывать более сложные конструктивные и художественные замыслы. Применение обожжённого кирпича вместо сырцового, развитие купольных и арочных перекрытий, а также широкое использование декоративных материалов — резной терракоты, ганча, древесины, поливной керамики и настенной

росписи — открыло новые возможности для архитекторов. Украшение зданий стало не просто отделкой, а частью общей художественной идеи, где декор выполнял не только эстетическую, но и смысловую функцию, передавая духовные и культурные ориентиры эпохи [9].

Исследование архитектурных памятников IX–XIV веков позволяет выявить устойчивую преемственность художественных форм и мотивов. Несмотря на заметное влияние внешних культурных и стилистических импульсов, архитектура Средней Азии сохранила внутреннюю целостность и выразительную самобытность. Это проявлялось в особенностях орнаментики, типологических решениях зданий, подборе строительных материалов и характерных декоративных приёмах. Формирование региональных школ архитектуры и прикладного искусства свидетельствует о наличии глубоко укоренённой традиции, в которой техника, религиозные установки и эстетическое мышление были тесно взаимосвязаны.

На протяжении веков художественная культура региона постоянно развивалась, отражая как исторические изменения, так и локальные особенности. Зодчие южных областей Средней Азии — Северного Хорасана, Тохаристана, Кашкадарьи, Бухары, Самарканда, Ташкента, Ферганы, Хорезма и северных районов Туркестана — внесли значительный вклад в развитие архитектурного языка своего времени. Их деятельность способствовала формированию оригинальных традиций декоративного оформления, выразившихся в устойчивых признаках и стилевых особенностях. Народные формы украшения зданий, выработанные и сохранённые мастерами на протяжении поколений, продолжали использоваться в течение длительного времени, отражая преемственность и устойчивость художественной культуры региона.

Заключение

Архитектурно-декоративное искусство Средней Азии в VIII–XIV веках отражает сложный путь исторических и культурных изменений, оказавших влияние на развитие зодчества. Несмотря на серьёзные потрясения, вызванные распространением ислама и сменой прежней художественной парадигмы, архитектурная традиция региона не исчезла, а, наоборот, обрела новое содержание. Постепенное соединение местных ремесленных практик с нормами исламского искусства способствовало появлению самобытного архитектурного стиля, отличающегося высоким уровнем декоративного и конструктивного исполнения.

Технический прогресс в строительстве, применение разнообразных декоративных материалов и разработка новых художественных приёмов говорят о высоком уровне профессиональной подготовки средневековых мастеров. Архитектура Средней Азии в этот период стала важным средством художественного выражения, где каждое здание совмещало функциональность с глубоким эстетическим смыслом.

Археологические и архитектурные памятники, сохранившиеся в странах региона, демонстрируют как общность художественного подхода, так и разнообразие локальных традиций. Это подтверждает существование нескольких региональных школ, каждая из которых внесла свой вклад в развитие архитектурного языка Средневековья. Особое значение имеет то, что мастера смогли сохранить преемственность форм и приёмов, основанную на древней художественной памяти.

В целом, архитектурно-декоративное наследие Средней Азии рассматриваемого периода — это не только результат взаимодействия различных культурных пластов, но и важное свидетельство духовных ориентиров эпохи. Его изучение открывает новые возможности для понимания процессов культурной трансформации и даёт более полное представление о роли исламского искусства в формировании региональной художественной традиции.

Рецензент: Одиназода Б.Э. – кандидат исторических наук, и.о. доцента кафедры «Декоративно-прикладное искусство», проректор по науке и творчеству ГЭИИДПИ

Литература

1. Бородин Н.Ф. Декоративные облицовки как элемент тектоники архитектуры Средней Азии. IX–XII вв. // АН. -1986. № 34.- С. 87-96. Андреев М.С. Деревянная колонна в Матче / Изв. АМК. – Т. 4.- Л., 1925. – С.115-118.
2. Булатов М.С. Геометрическая гармонизация в архитектуре Средней Азии IX-X.V вв. Монография / М.С. Булатов. - М.: Наука, 1978. – 361 с.
3. Дюсенов Б. Д. Еділ-орал өңірі эпиграфикалық ескерткіштерінде есімі сақталған қазақтың тарихи тұлғаларын табу және тану (казах.) // Электронный научный журнал «edu.e-history.kz». 2023. - Т. 10, № 2. - С. 387–402.
4. Иманкулов Д.Д., Сагынбекова В.К., Раид Х., Молдалиева И.Т. Реставрация и консервация архитектурного наследия Средней Азии в условиях современных вызовов и угроз. Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. Т.: 21. № 12. 2021. - С.138-147.
5. Маньковская Л.Ю. Мемориальное зодчество Средней Азии / Художественная культура Средней Азии. IX–XIII вв. – Ташкент: Издат. литер. и искусства, 1983. – С. 30-48.

6. Массон М.Е., Пугаченкова Г.А. Гумбез Манаса. Монография / М.Е. Массон, Г.А. Пугаченкова. – М.: Изд. и 1-я тип. Гос. Изд. архитектуры и градостроительства, 1950. – 144 с.
7. Мукимова С.Р. Архитектурно-планировочные и социально-исторические особенности Душанбе. // Вестник Таджикского национального университета. Душанбе: Сино, 2021. № 6, С. 77-81.
8. Мукимов Р.С., Мукимова С.Р. Культурный ландшафт Горного Бадахшана. // Политехнический вестник. Серия: инженерные исследования. Душанбе, 2020. №1, – С. 179-182.
9. Мукимов Р.С., Мамаджанова С.М. Традиционные утилитарно-бытовые постройки и устройства Таджикистана: традиции и современность. Наследие и современность. 2019. № 2(1). – С. 40-62.
10. Мурадов Р.Г. Шахи-Зинда: тысячелетняя жизнь святыни // Вестник МИЦАИ (Международный институт Центральноазиатских исследований). Том: 29. № 1. 2020. – С.141-152.
11. Прибыткова А.М. Архитектурные школы Средней Азии / А.М. Прибыткова // АН. 1982. № 30. – С. 103-119.
12. Пугаченкова Г.А. Зодчество Центральной Азии. XV век. Монография / Г.А. Пугаченкова. – Ташкент: Изд. Литер. и искусство, 1976. – 115 с.; Хмельницкий С.Г. Мавзолей Мухаммада Бошаро / С.Г. Хмельницкий // Изв. АН Тадж.ССР. Серия: ВИФ. № 2(18). – 1990. – С. 28-35; Пугаченкова Г.А. Ярты–Гумбез / Г.А. Пугаченкова // Эпиграфика Востока. 1961. М.-Л., № 14. – С. 45-52.

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

TJ	RU	EN
Мамаджанова Салия Мамаджановна	Мамаджанова Салия Мамаджановна	Mamadzhanova Saliya Mamadzhanovna
доктори меъморӣ, профессор	доктор архитектуры, профессор	Doctor of Architecture, Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi
E-mail: saliya1948@mail.ru		

СОХРАНЕНИЕ И РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ТРАДИЦИЙ ТАДЖИКИСТАНА В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

С.Р. Мукимова

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье рассматриваются актуальные проблемы сохранения и переосмысления архитектурных традиций Таджикистана в контексте современного строительства. Особое внимание уделено влиянию природного ландшафта и культурных особенностей на формирование устойчивой архитектурной среды, способной сохранить национальную идентичность. На основе анализа традиционного зодчества, автор выявляет принципы, лежащие в основе региональной архитектуры: использование местных материалов, ориентация зданий по сторонам света, устройство внутренних дворики и террасная застройка в горной местности. Рассматривается влияние многоэтажного строительства на разрушение исторически сложившейся среды и поднимается вопрос о возвращении к малоэтажной, экологически адаптированной архитектуре.

Ключевые слова: архитектурные традиции, регионализм, культурная идентичность, малоэтажное строительство, устойчивое развитие, Таджикистан.

ҲИФЗ ВА РУШДИ АНЪАНАҲОИ МЕЪМОРИИ ТОҶИКИСТОН ДАР СОХТМОНҲОИ МУОСИР

С.Р. Мукимова

Дар мақола масъалаҳои мабрами ҳифз ва бознигарии анъанаҳои меъмории Тоҷикистон дар заминаи сохтмони муосир мавриди таҳлил қарор гирифтаанд. Таҷассум ба таъсири манзараи табиӣ ва хусусиятҳои фарҳангӣ дар ташаккули муҳити устувори меъмории дода мешавад, ки қобилияти нигоҳдории ҳувияти миллиро дошта бошад. Дар асоси таҳлили меъмории суннатӣ, муаллиф усулҳое, ки пояи меъмории минтақавиро ташкил медиҳанд, муайян менамояд: истифодаи масолеҳи маҳаллӣ, мутобиқсозии биноҳо ба самтҳои олам, тарҳрезии минтақаҳои наздиқавлигӣ ва сохтмони манзилгоҳҳои зинашакл (террасная застройка) дар минтақаҳои кӯҳӣ. Таъсири сохтмони бисёрқабата ба аз байн рафтани муҳити таърихӣ ташаккули фарҳангӣ ва масъалаи бозгашт ба меъмории камқабатаи ба муҳити зист мутобиқбуда муҳокима карда мешавад.

Калидвожаҳо: анъанаҳои меъмории, минтақавият, ҳувияти фарҳангӣ, сохтмони пастошиёна, рушди устувор, Тоҷикистон.

PRESERVATION AND DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL TRADITIONS OF TAJIKISTAN IN MODERN CONSTRUCTION

S.R. Mukimova

The article discusses the current problems of preserving and rethinking architectural traditions of Tajikistan in the context of modern construction. Special attention is paid to the influence of the natural landscape and cultural features on the formation of a stable architectural environment capable of preserving national identity. Based on the analysis of traditional architecture, the author identifies the principles underlying regional architecture: the use of local materials, the orientation of buildings to the cardinal directions, the arrangement of courtyards and terraced buildings in mountainous areas. The influence of multi-storey construction on the destruction of the historically established environment is considered and the question of returning to low-rise, ecologically adapted architecture is raised.

Keywords: architectural traditions, regionalism, cultural identity, low-rise construction, sustainable development, Tajikistan.

Введение

Архитектурное наследие Таджикистана отражает многовековой опыт, накопленный народами региона в условиях разнообразного климата и богатого этнокультурного фона. С начала 1990-х годов в стране наблюдается активное стремление к переосмыслению архитектурных традиций. Это связано с необходимостью сохранить национальную идентичность и стремлением органично вписать элементы традиционного зодчества в современные архитектурные решения.

В эпоху стремительной урбанизации и активного строительства возникает серьезная угроза утраты привычного архитектурного облика городов и обеднения духовной составляющей архитектурной среды. Вместе с тем усиливается интерес к местным строительным практикам, природосберегающим технологиям и архитектурным формам, адаптированным к специфике региона.

Сохранение и развитие архитектурных традиций сегодня рассматриваются не только как акт уважения к прошлому, но и как стратегически важное направление устойчивого градостроительного развития. Целью становится создание комфортной, гармоничной среды, соответствующей культурным ожиданиям населения. В этой связи особую актуальность приобретает изучение исторически сложившихся приёмов строительства и декоративных решений, а также их роль в формировании узнаваемого архитектурного образа современного Таджикистана.

Поиск архитектурной самобытности остаётся открытым и продолжающимся процессом. Можно ожидать, что в ближайшие годы появятся новые яркие архитектурные формы, в которых будут переосмыслены традиции национального зодчества. Уже сегодня очевидна тенденция возврата к проверенным временем приёмам — с их творческим переосмыслением в духе времени.

Интересно отметить, что в современной архитектуре, начиная с конца XX века, особенно в 1980–1990-е годы, стало формироваться направление, известное как архитектурный регионализм. Это течение возникло как реакция на безликие универсальные формы модернистского проектирования, которые игнорировали специфику места, климата и культурной среды. Основная идея регионализма заключается в стремлении к архитектурной аутентичности, связанной с локальными традициями, природными условиями и историческим контекстом. При этом регионализм не ограничивается рамками одного

государства или этнической культуры, а охватывает географически однородные регионы — например, зоны с близкими климатическими характеристиками, рельефом или природными ресурсами.

В контексте Средней Азии, включающей Таджикистан, Узбекистан, Туркменистан, юг Казахстана и север Афганистана, регионализм опирается на общее наследие традиционного зодчества, схожие климатические вызовы (жаркое лето, дефицит влаги, высокая инсоляция) и общие социокультурные коды, сформировавшиеся в условиях исламской архитектуры и общинной организации поселений. Применение принципов регионализма позволяет учитывать такие особенности, как:

- необходимость затенения фасадов и внутренних дворов (айванов);
- использование толстых глинобитных стен с высокой теплоемкостью;
- ориентация зданий по сторонам света для обеспечения естественной вентиляции и инсоляции;
- проектирование внутренних двориков, обеспечивающих микроклиматическую стабильность;
- декоративные элементы, отражающие локальные художественные традиции (резьба, майолика, мукарнас, сталактиты и т.д.).

С научной точки зрения, регионализм получил обоснование в трудах таких теоретиков, как Кеннет Фрамpton [8], который в 1983 году в своей статье "Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance" предложил концепцию критического регионализма. Он подчёркивал необходимость отказа от глобализованных шаблонов архитектурного мышления и возвращения к "топосу", то есть месту с его географией, культурой, историей и даже тактильными ощущениями материалов.

Применение регионалистского подхода в архитектуре Таджикистана особенно актуально в условиях стремительной урбанизации, изменения климата и эрозии исторической идентичности городской среды. Возрождение принципов традиционного зодчества — таких как террасная застройка в горных районах, использование пахсы и самана, формирование кварталов по родоплеменным или профессиональным признакам — рассматривается как важный вектор устойчивого и идентичного градостроительного развития.

В понимании таджикских архитекторов национальная архитектура представляет собой не только совокупность конструктивных и декоративных приёмов, но и систему ассоциативных образов, укоренённых в коллективной памяти определённой этнокультурной общности. В этом контексте особую актуальность приобретает задача возрождения и актуализации традиций, связанных с общинным образом жизни, характерной архитектурной пластикой, локальными строительными технологиями и культурными моделями пространственной организации. Эти элементы, являясь результатом длительной исторической эволюции, представляют собой ценнейший пласт социокультурной памяти, до сих пор недостаточно задействованный в современной проектной практике.

Современные урбанизационные процессы, характеризующиеся ускоренной застройкой и доминированием типовых решений, в значительной мере нивелируют архитектурно-пространственную идентичность среды обитания. Особенно отчётливо это прослеживается в сфере жилищного строительства, где в условиях советского периода получил распространение унифицированный подход: массовое возведение многоэтажных жилых домов, стандартизация планировок, упрощённая архитектурная выразительность. Несмотря на наличие положительных аспектов, таких как компактность застройки, экономия строительных ресурсов и повышение плотности размещения, данные процессы одновременно способствовали утрате локальных градостроительных традиций, снижению эстетического и микроклиматического качества среды, а также нарушению природной и социальной гармонии.

Среди положительных аспектов многоэтажного строительства следует выделить его значимую градостроительную роль. Высотные здания, выступая архитектурными доминантами, формируют визуальную структуру городского пространства, акцентируя ключевые зоны городской среды. Кроме того, такие сооружения могут выполнять климаторегулирующую функцию. В частности, в условиях города Душанбе архитектурное расположение высотных объемов позволяет оптимизировать воздушные потоки, направляя горячие дневные ветры в магистральные зоны, что способствует снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха, вызванного деятельностью автотранспорта и промышленных предприятий [1]. Немаловажным преимуществом многоэтажной застройки является рациональное использование ограниченных земельных ресурсов, высокий уровень комфорта жилых помещений и возможность обеспечения значительной плотности населения в пределах городской территории.

Однако наряду с этими преимуществами существуют и существенные недостатки. Среди них — высокая металлоёмкость конструкций, снижение степени взаимосвязи архитектурного пространства с природной средой, а также разрушение сложившихся форм социального взаимодействия в рамках локальных сообществ, ранее характерных для малоэтажной застройки. Высота зданий нередко вызывает у жильцов чувство психологического дискомфорта, усиливает боязнь высоты, особенно при использовании открытых балконов и лоджий, а также представляет потенциальную угрозу для детей. Кроме того, применение бетона с высоким содержанием металлической арматуры может способствовать возникновению неблагоприятного электромагнитного и радиационного фона.

Особую актуальность в условиях Таджикистана приобретает проблема сохранения национального архитектурного колорита при проектировании многоэтажных жилых зданий. Современные высотные

жилые комплексы с их лаконичными геометризованными формами часто вступают в визуальный и смысловой конфликт с традиционной малоэтажной застройкой, особенно в исторически сложившихся районах, таких как старая часть города Худжанда.

В последние годы усилилась критика многоэтажного жилищного строительства, связанная с утратой традиционной квартальной общинности, которая ещё недавно выполняла важные духовно-социальные функции для населения Таджикистана. В научно-профессиональных дискуссиях всё чаще подчёркивается необходимость перехода к малоэтажной застройке, опирающейся на опыт народного зодчества: использование террасных домов на склонах гор и холмов, что особенно актуально для горной страны с длительной историей горной архитектуры.

Данная тенденция проявляется наиболее отчётливо в Душанбе. Неблагоприятная экологическая ситуация столицы — высокий уровень загрязнения воздуха, частые пылевые бури, слабая воздушная циркуляция и дефицит зелёных насаждений — стимулирует переход от массивных бетонных высоток к экологически более чистым и ландшафтно согласованным решениям. Экологи и проектировщики предлагают отказаться от многоэтажных железобетонных домов в пользу малоэтажных зданий, возведённых из местных природных материалов, в частности из битой глины — пахсы [7].

В качестве перспективной территории для такой застройки называются восточные холмы Душанбе, где местные жители издавна возводят дома, адаптированные к сложному рельефу [2, 7]. Аналогичные примеры встречаются в верховьях Зеравшана, где традиционные террасные поселения вековыми практиками были интегрированы в горный ландшафт, формируя единую гармоничную среду. Эти исторически выверенные приёмы могут служить основой для развития устойчивого, культурно идентичного и экологически сбалансированного жилищного строительства в современных условиях [3].

Современные архитекторы и градостроители всё чаще обращают внимание на особенности жизни в таджикских сёлах, где до сих пор сохраняются традиции, сложившиеся веками. Во многих горных, предгорных и равнинных населённых пунктах жители продолжают селиться не случайным образом, а по принципу родственных или соседских связей, по общим профессиям или видам хозяйственной деятельности. Такой подход позволяет не только сохранять близкие человеческие отношения, но и помогает людям совместно решать бытовые, социальные и даже воспитательные задачи [4, 5].

Жители таких кварталов знают друг друга, помогают в трудных ситуациях, вместе устраивают праздники, обустривают общие пространства. Особое значение в такой общинной жизни всегда имела мечеть — она остаётся важным духовным центром, где проходят не только религиозные обряды, но и важные встречи, обсуждаются общие дела. Даже в годы, когда религиозные институты были ограничены, мечети не утратили своей роли в формировании нравственных ориентиров и поддержании традиционных ценностей местных сообществ.

Кроме того, традиционная архитектура таджикских селений исторически формировалась в тесной взаимосвязи с окружающим природным ландшафтом. Местные жители с раннего детства усваивали принципы пространственного баланса, гармонии цвета, масштаба и меры. Строительство велось с учётом особенностей рельефа и геологических условий: здания органично вписывались в природную среду, не нарушая её визуального единства. Мастера народного зодчества демонстрировали высокую адаптивность при выборе конструктивных решений: при возведении жилых домов на просадочных почвах избегали устройства глубоких фундаментов, применяли деревянные опоры и подпорные стены, создавали ограждающие конструкции на основе каркаса с глиняным или каменным наполнением. Для защиты поселений от селевых потоков предусматривались специальные инженерные сооружения — сарбанды, устраиваемые на склонах выше уровня застройки.

Исследователи и архитекторы всё чаще обращают внимание на один из характерных приёмов традиционного жилищного строительства в горных районах Таджикистана — устройство домов террасами на склонах. Такие дома, как правило, имели небольшие внутренние дворики, выходящие на солнечную сторону. При этом планировка была продумана так, чтобы соседние дворы не просматривались друг с друга, обеспечивая уединение. Вместе с тем дети, живущие в этих домах, с раннего возраста могли видеть горные пейзажи, чувствовать масштаб и ритм окружающей природы.

Интересно, что в таких поселениях невозможно найти двух одинаковых домов — у каждого своё внутреннее устройство, планировка и форма помещений. Однако несмотря на это разнообразие, все дома воспринимаются как часть единого архитектурного ансамбля. Их объединяет общий стиль, характерные формы и естественная гармония с окружающим ландшафтом. Благодаря разнообразию геометрических решений и органичному включению в рельеф местности, формируется неповторимый облик каждого села — целостный, но живой, в котором каждое жилище как бы продолжает природу [6].

Данные наблюдения позволяют обоснованно утверждать, что природный ландшафт выступает как объективный и постоянный фактор, формирующий как отдельные архитектурные объёмы, так и структуру всего архитектурного комплекса народного зодчества. Более того, влияние природных условий способствует выработке устойчивых региональных и национальных особенностей архитектуры, её стилистического языка и традиций. Экологический подход и мышление, поддерживающие связь с историческими корнями и культурным наследием, играют ключевую роль в установлении непрерывной

связи между прошлым и настоящим, учитывая при этом их влияние на будущее развитие архитектурной среды.

Современные процессы архитектурного развития Таджикистана свидетельствуют о нарастающем стремлении к интеграции историко-культурного наследия в актуальные проектные практики. В условиях глобальных трансформаций, сопровождающихся утратой локальных градостроительных ориентиров и стандартизацией архитектурной среды, обращение к традиционным формам застройки, устойчивым типологиям и приёмам пространственной организации приобретает особую значимость.

Анализ традиционной архитектуры, сформировавшейся в диалоге с природным ландшафтом, климатическими особенностями и социальными структурами, позволяет утверждать, что принципы регионализма обладают высоким прикладным потенциалом для устойчивого проектирования. Использование природосберегающих материалов, конструктивных решений, адаптированных к географическим условиям, и сохранение элементов общинной планировки способствуют формированию архитектурной среды, адекватной как природным реалиям, так и культурным ожиданиям населения.

В этой связи сохранение и актуализацию архитектурных традиций следует рассматривать не как ретроспективную практику стилизации, а как целенаправленную стратегию, направленную на обеспечение устойчивого, идентично ориентированного развития архитектурной среды. Воспроизводство народных строительных принципов в современной интерпретации не только усиливает национальную самобытность архитектурного образа, но и закладывает основы экологически сбалансированной и социокультурно устойчивой среды обитания.

Рецензент: Суюнов Э.С. – доцент, зав. кафедрой «Дизайн и архитектура» им. Қарима Наджмиддинова Государственного института изобразительного искусства и дизайна Таджикистана.

Литература

1. Мамаджанова С. Традиции и современность в архитектуре Таджикистана (на примере Душанбе). - Душанбе: Ирфон-Мерос, 1993. - С.98-121.
2. Григорьева В. Этажи города: Экономика и экология // Коммунист Таджикистана, 5 июля 1984 года; Она же. Жилище или контейнер? // Комсомолец Таджикистана, 25 января 1989 года; и др.
3. Мамаджанова С., Мукимов Р. Зодчество Кухистана. –Душанбе: Мерос, 1993. - С.59; они же. Жилище горных районов Таджикистана // Жилищное строительство. -1978. - М. - № 9.
4. Мамаджанова С., Мукимов Р. Мечети Таджикистана. –Душанбе: Мерос, 1994. - С. 82-83.
5. Мукимова С.Р. Архитектурно-планировочные и социально-исторические особенности Душанбе. // Вестник Таджикского национального университета. Душанбе: Сино, 2021. № 6, С. 77-81.
6. Мукимов Р.С., Мукимова С.Р. Культурный ландшафт Горного Бадахшана. // Политехнический вестник. Серия: инженерные исследования. Душанбе, 2020. №1, - С. 179-182.
7. Мукимова С.Р., Мухиддинова Р.К. История развития благоустройства Средней Азии во второй половине XIX-начала XX-го века // Инженерный вестник Дона, №5 (2022) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7659
8. Frampton K. Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance // Foster H. (ed.). The Anti-Aesthetic: Essays on Postmodern Culture. Seattle: Bay Press, 1983. P. 16–30.

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

TJ	RU	EN
Мукимова Сайёра Рустамовна доктори меъморӣ, и.в. профессора	Мукимова Сайёра Рустамовна доктор архитектуры, и.о. профессора	Mukimova Sayyora Rustamovna Doctor of Architecture, Acting Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикисон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi
E-mail: msayora72@mail.ru		

УДК: 728.1.011 (075.8)

**ИЗМЕНЕНИЯ В ЖИЛОМ ПРОСТРАНСТВЕ: СОВРЕМЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ КОНТЕКСТ
(НА ПРИМЕРЕ ЖИЛОЙ АРХИТЕКТУРЫ КЫРГЫЗСТАНА)****С.Т. Кожобаева, А.Дж. Кожалиев**

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

Статья посвящена анализу современных изменений в архитектуре жилых зданий Кыргызстана на фоне урбанизации и внедрения цифровых технологий. Рассматриваются тенденции перехода к гибким, адаптивным и энергоэффективным архитектурным решениям, соответствующим новым требованиям качества жизни. Особое внимание уделено влиянию социокультурных факторов, климатических условий и национальных традиций на проектные подходы. Приводятся примеры структурных трансформаций и интеграции цифровых инструментов в архитектурное проектирование. Исследование основано на сравнении международного опыта с местной практикой. Выводы статьи могут быть полезны для архитекторов, проектировщиков и специалистов в сфере градостроительства.

Ключевые слова: архитектура, жилое пространство, проектирование, изменения, эргономика, гибкость, концепция.

**ТАҒЙИРОТҲО ДАР ФАЗОИ МАНЗИЛӢ: МУҲИТИ МУОСИРИ МЕЪМОРӢ (ДАР МИСОЛИ
МЕЪМОРИИ МАНЗИЛИИ ҚИРҒИЗИСТОН)****С.Т. Кожобаева, А.Дж. Кожалиев**

Мақола ба таҳлили тағйиротҳои муосир дар меъморӣ биноҳои истиқомати Қирғизистон дар заминаи урбанизатсия ва ҷорӣ намудани технологияҳои рақамӣ бахшида шудааст. Дар мақола тамоюлҳои гузариш ба ҳалли меъморӣ намуди чандирӣ, мутобиқшаванда ва каммасрафи энергия, ки ба талаботи навини сифати зиндагӣ ҷавобгӯ мебошанд, баррасӣ мешаванд. Таҷриботи иҷтимоиву фарҳангӣ, шароити иқлим ва анъанаҳои миллии ҳамчун омилҳои таъсиригузор ба усулҳои тарҳрезӣ махсус таъкид шудаанд. Мисолҳои табилолоти сохторӣ ва ҳамгирии воситаҳои рақамӣ дар тарроҳии меъморӣ оварда шудаанд. Тадқиқот ба муқоисаи таҷрибаи байналмилалӣ бо амалияи маҳаллӣ асос ёфтааст. Хулосаҳои мақола метавонанд барои меъморон, лоиҳақашон ва мутахассисони соҳаи шаҳрсозӣ муфид бошанд.

Калидвожаҳо: меъморӣ, фазои манзилӣ, тарроҳӣ, тағйирот, эргономика, чандирӣ, консепсия.

**CHANGES IN LIVING SPACE: MODERN ARCHITECTURAL CONTEXT (USING THE EXAMPLE
OF RESIDENTIAL ARCHITECTURE IN KYRGYZSTAN)****S.T. Kozhobaeva, A.J. Kozhaliev**

The article analyzes contemporary changes in the architecture of residential buildings in Kyrgyzstan in the context of urbanization and the integration of digital technologies. It explores the shift toward flexible, adaptive, and energy-efficient architectural solutions that meet new standards of quality of life. Special attention is given to the influence of sociocultural factors, climate conditions, and national traditions on design approaches. The paper presents examples of structural transformations and the use of digital tools in architectural design. The research is based on a comparison of international experience with local practice. The conclusions may be useful for architects, designers, and urban planning specialists.

Keywords: architecture, residential space, design, transformation, ergonomics, flexibility, concept.

Введение

На современном этапе развития общества архитектура жилых зданий претерпевает существенные изменения, связанные с внедрением новых технологий, изменением повседневного уклада жизни и обновлением социально-экономических ориентиров. Особенно заметны эти процессы в развивающихся государствах, таких как Кыргызстан, где современное жилье становится отражением не только исторического и культурного наследия, но и актуальных потребностей населения. Формирование архитектурной среды сегодня требует не только учета традиционных подходов, но и активного отклика на вызовы времени.

Повышение требований к качеству проживания, развитие цифровой среды и стремительный рост городского населения привели к необходимости создания более удобных, функциональных и эстетически выразительных форм жилой архитектуры. Современные пользователи ожидают от жилья не просто наличия базовых условий, а комфортной организации пространства, возможности гибкой трансформации помещений, устойчивости к внешним воздействиям и соответствия стилевым предпочтениям.

В Кыргызстане, как и в других странах, переживших советский индустриальный этап строительства, наблюдается активное обновление жилого фонда. Это сопровождается пересмотром планировочных решений, акцентом на рациональное использование пространства и учетом экологических, технологических и культурных факторов. Существенное значение приобретают принципы энергоэффективности, цифрового моделирования и проектирования с учетом климатических условий и сейсмической активности.

Жилое пространство становится более сложной системой, включающей не только функциональные зоны для повседневной жизни, но и элементы технологической инфраструктуры. Это требует от архитекторов и проектировщиков новых решений, основанных как на международном опыте, так и на национальных традициях и условиях.

Таким образом, исследование, посвященное структурным преобразованиям жилых зданий в условиях современного проектирования, представляется своевременным и практически значимым. Результаты анализа позволяют определить основные направления развития архитектурных решений, отвечающих реальным запросам общества и задачам устойчивого развития городской среды.

Жилое здание, как одна из самых древних форм искусственно созданной пространственной среды, связанной с бытом людей, имеет многовековую историю развития. Каждая эпоха вносила свои изменения в образ жизни людей, тем самым меняя условия существования, и как результат отражалась на видах и типах жилых зданий. Все это приводило к их преобразованию и усовершенствованию, расширяя типологию. Необходимо отметить, что на фоне всей эволюции от древности до современности, именно жилище несет в себе богатую историю формирования и дальнейшего развития архитектуры зданий. На протяжении всего периода жилая среда изменялась в зависимости от изменения социальных структур и социальных процессов в обществе. Также сегодня можно утверждать, что свою лепту в развитие стала активно вносить информационно-техническая модификация. На сегодняшний день жилые здания как живой организм стали нести в себе не только информацию быта людей, но и все своеобразие культуры, отдыха, работы. Мировая история рождала шедевры архитектурных памятников, истоки которых принадлежали к разным государствам в разные времена, и именно жилище всегда главенствовала и являлась актуальной. На протяжении столетий она проявлялась в разных формах, типах, видах, структурах. Например, дворцы правителей, замки знатных людей, резиденции царей, с одной стороны, с другой – хижины, лачуги, небольшие жилища для простого народа. Рассматривая и анализируя мировую историю, можно привести тысячи примеров развития жилой среды. В данном исследовании для полноценного анализа структурных изменений жилого пространства рассматривается зарубежная и отечественная практика формирования, развития и усовершенствования жилого пространства в современных условиях проектирования жилища в целом.

Методология исследования

Исследование основано на сборе информации и анализе архитектурно-пространственных решений, а также объемно-планировочной структуры жилого фонда. Границы исследования охватили постсоветский и современный период развития. Работа выполнялась посредством изучения и систематизации литературных, проектных и научно-исследовательских материалов. Сравнительный анализ архитектурно-пространственных изменений и структурных особенностей при формировании жилых зданий основан на изучении рабочей документации, нормативных и проектных материалов. Приводятся характеристики изменения принципов и качества проектирования с периода внедрения компьютерных программ и применения искусственного интеллекта.

Результат исследования

В проведенном исследовании были рассмотрены вопросы структурных изменений в архитектуре жилых зданий современного периода, которые основывались на аспектах социально-экономического фактора и историко-архитектурного анализа. Основным принципом являлись сравнительные характеристики статистических данных, проблем и задач развития современной жилой архитектуры в Кыргызстане.

В нынешних условиях быстрого роста и глобализации всех отраслей архитектурно-строительной индустрии происходит очень много изменений. С началом двадцать первого столетия в нашу жизнь ворвался динамичный уровень, в большей степени связанный с внедрением и развитием информационных технологий. На сегодняшний день мы можем наблюдать, как шаг за шагом вся жизнедеятельность человека вовлечена в этот процесс и более того зависит от него. Бытовой уровень жизни человека стал автоматизированным. Сервисное обслуживание осуществляется при помощи технического оснащения. Например, элементарная бытовая техника в виде холодильника, стиральной машины, газовой плиты в квартире всегда была, однако параметры, габариты и характеристики были разные. Сегодня это современное бытовое и техническое оснащение, требующее дополнительного пространства, условий для содержания и обслуживания. Просто обойтись стиральной машиной стало недостаточно, как оказалось нужна еще и сушильная машина, место для развешивания белья, гладильная, а также место для складирования средств обслуживания и содержания этого оборудования. И это только один из небольших примеров.

Современные тенденции отражаются во всем жизненном цикле. Уровень роста как путь к цивилизации и необратимая дорога эволюции — это ожидаемый результат, а дальнейший процесс жизни и усовершенствование новых тенденций, создание условий - это наша цель и задача. Так еще в начале двадцатого века Ле Корбюзье (Charles-Édouard Jeanneret-Gris), французский архитектор, дизайнер и теоретик, один из важнейших представителей модернизма в архитектуре, сказал об этом: «Быть современным — это не мода, это состояние. Каждый из нас должен принимать условия, в которых он живет, и приспособление к ним — его долг, а не выбор...». Как один из первых реформаторов в архитектуре современного жилого пространства, он изменил общий подход и взгляды на планировочную структуру, создал теорию функциональности, рационализма и конструктивизма. Его концепция, методы, стиль и принципы стали отправной точкой для архитекторов современности. Каждое высказывание о жилых пространствах подразумевало концепцию развития жилой среды. Например, в знаменитой фразе: "Дом — это жилой механизм. Форма необходима только в том случае, если она соответствует функции", Ле Корбюзье подчеркивал отражение основных принципов функционализма. Таким образом, можно сказать, что для автора данной цитаты функция дома или здания должна определять его внешний вид и структуру. В его концепции "дом-машина" (Maison Dom-ino) он выдвигал идею, что здание должно быть построено

как механизм, функциональный и эффективный. Для него форма и структура здания должны были следовать его основной цели и предназначению, а не быть лишь декоративным элементом. Это высказывание также подчеркивает противостояние Ле Корбюзье традиционному декоративному подходу в архитектуре и выражает его стремление к честной, рациональной и функциональной концепции здания. Однако, делая анализ, можно выделить и то, что как выдающийся архитектор он не отрицал эстетику и своеобразие, а наоборот, отмечал, что "Жилое пространство должно быть архитектурой, архитектура — искусством, искусство — красотой, а красота — удовлетворением души." Это высказывание отражает художественную философию Ле Корбюзье, который считал, что архитектура и жилые пространства должны не только функционировать, но и обладать эстетической ценностью и приносить удовлетворение душе. Например, первая часть цитаты "Жилое пространство должно быть архитектурой", автор выражает здесь мысль о том, что жилое пространство не должно быть просто функциональным и удобным, но также одновременно может обладать архитектурным значением. Он придает важность тому, чтобы даже обыденные пространства были продуманными и имели архитектурную структуру. Следующая часть цитаты "Архитектура — искусством" дает утверждение, что архитектура несет в себе черты искусства. Он подчеркивает важность того, чтобы проектирование зданий было не просто техническим заданием, а процессом, включающим творчество и эстетическое восприятие. Далее утверждение "Искусство — красотой", подчеркивает связь между искусством и красотой. Он видит в архитектуре искусство, и это искусство должно быть красивым. Для него красота в архитектуре является ключевым аспектом. И в заключении фразы Ле Корбюзье подчеркивает: "А красота — удовлетворением души", где подтверждает, что красота в архитектуре несет в себе эмоциональное и духовное удовлетворение. Для него красивая архитектура способна создавать положительные чувства и удовлетворение в душе человека. Таким образом, архитектор подчеркивает важность того, чтобы жилое пространство не только соответствовало функциональным потребностям, но и было выразительным и прекрасным, способным приносить радость и удовлетворение. Если рассматривать утилитарный подход к созданию жилой среды, то здесь Ле Корбюзье отмечает: "Дом — это устройство для жизни, а не статусный символ". Данное высказывание подчеркивает функциональный и прагматичный подход к пониманию дома, где основная функция заключается в обеспечении пространства для проживания. Дом в данном контексте рассматривается как практическое и функциональное устройство, предназначенное для удовлетворения жилищных потребностей, а не восприятие его как символа социального статуса. Вместо того чтобы рассматривать дом как показатель богатства или социального положения, автор подчеркивает, что его ценность заключается в том, как он служит своему основному предназначению, а именно предоставлению комфортного жилого пространства. Также подчеркивает, что важнее всего в доме — это его способность удовлетворять потребности жильцов.

Проделанный анализ показал, что вышеизложенные высказывания отражают философию Ле Корбюзье относительно функциональности, простоты и гармонии в жилых пространствах. Он стремился создавать архитектуру, которая отвечает потребностям современного общества и при этом является эстетически привлекательной, максимально комфортной и удобной. При этом можно отметить, что жилое пространство как движущая система, всегда находится в сфере развития и усовершенствования, не теряя своей актуальности и главного предназначения. В зависимости от времени, уровня развития технологий, жизнедеятельности людей, цивилизации и материального благосостояния менялись требования к быту, продиктованные эпохой высоких технологий и повлекшие за собой изменения в процессе создания жилого пространства. Поэтому в исследовании были сопоставлены концептуальные разработки жилища в целом, их функционально-пространственные характеристики, объемно-планировочные элементы, эстетические и художественные особенности, историко-архитектурные ценности.

Уже в XXI веке известный британский архитектор Норман Фостер (Norman Foster), который славится своими инновационными и функциональными проектами, продолжил тему изменения качества жилого пространства, где в своих проектах придерживается принципов эффективности, устойчивости и современности. Он стремится создавать жилые комплексы, которые сочетают в себе комфорт, функциональность и экологическую устойчивость. Одним из наиболее известных проектов Нормана Фостера в области жилой архитектуры является "30 Сент Джеймс Сквер" (30 St Mary Axe) в Лондоне, также известный как "Шарлотка". Это небоскреб, который стал символом современного Лондона. Он имеет уникальную форму и обладает высокой энергоэффективностью благодаря использованию солнечных панелей и системы естественной вентиляции. Еще одним примером жилого комплекса, разработанного Норманом Фостером, является "Биоморфная резиденция" (Biomorphic Residence) в Лос-Анджелесе, США. Этот проект представляет собой современный дом, вдохновленный природными формами, и включает в себя инновационные технологии для энергоэффективности и устойчивости. Норман Фостер также известен своими работами в области городского планирования и развития. Он создал множество жилых комплексов, включая многофункциональные городские кварталы, которые сочетают в себе жилье, офисы, коммерческие помещения и общественные пространства. В целом, Норман Фостер придает большое значение инновациям, устойчивости и функциональности в своих проектах жилой архитектуры, стремясь создавать современные и комфортные пространства для жизни.[2]

Данный анализ включал в себя рассмотрение различных аспектов, где основными компонентами выступали тенденции структурных изменений жилых пространств в условиях инновационного подхода к проектированию и формированию современной среды.

Таблица 1 – Типы и характеристики структурных и пространственных изменений

№	Типы структурных и пространственных изменений	Общая характеристика пространственных изменений
1	Эргономика и функциональность	Современные жилые пространства стремятся быть максимально эргономичными и функциональными. Анализируются планировочные решения, использование пространства, распределение функциональных зон, а также удобство и эффективность использования каждого квадратного метра.
2	Технологические инновации	С развитием технологий в жилищном строительстве появляются новые возможности для автоматизации, энергоэффективности, умного дома и прочего. Анализируются технологические инновации, их влияние на комфорт и безопасность жильцов.
3	Энергоэффективность и экологические аспекты	Современные проекты уделяют внимание энергоэффективности и экологичности. Анализируются материалы строительства, системы отопления и кондиционирования, возможности использования возобновляемых источников энергии.
4	Гибкость и многофункциональность пространства	Современные дизайнерские решения ориентированы на создание гибких пространств, способных адаптироваться к различным потребностям. Анализируются концепции многофункциональных помещений, возможности изменения планировки.
5	Социокультурные тренды	Анализ социокультурных трендов позволяет предвидеть изменения в потребностях и предпочтениях общества. Это включает в себя анализ требований к социальным и общественным пространствам, требований к технологическим возможностям жилья и т.д.
6	Цифровизация и виртуализация	С развитием цифровых технологий появляются новые возможности для виртуализации и цифрового моделирования жилых пространств. Анализируется влияние цифровых решений на проектирование и восприятие пространства.
7	Городская инфраструктура	Анализируется взаимосвязь жилых пространств с городской инфраструктурой, такой как транспорт, образование, медицинские учреждения и другие общественные сервисы.
8	Устойчивость к кризисам и катастрофам	В свете различных кризисов и природных катастроф, важно анализировать устойчивость жилых пространств к таким ситуациям, включая аспекты безопасности, зонирование, и возможности быстрой реконструкции.

Анализ этих аспектов помогает архитекторам и дизайнерам создавать жилые пространства, отвечающие современным требованиям и ожиданиям общества. В продолжении анализа и подтверждения актуальности темы данного исследования также можно отметить следующее произведение американского писателя, философа, активиста и предпринимателя, широко известного своим вкладом в области окружающей среды, технологий и культуры Стюарта Брэнда (Stewart Brand) «Как здания учатся: что происходит после их построения ("How Buildings Learn: What Happens After They're Built") [2]. Это книга, опубликованная в 1994 году, в которой Брэнд рассматривает концепцию того, как здания развиваются и изменяются с течением времени, какие структурные изменения происходят за определенный период, также актуальными остаются и сегодня.

Книга предоставляет интересный взгляд на архитектуру и долгосрочные аспекты ее использования. Она вызывает размышления о том, как здания могут быть более адаптивными к изменяющимся потребностям общества и как процесс проектирования может учитывать их потенциальное развитие в будущем.

Другим ярким примером создания современной жилой архитектуры стала самый известный и влиятельный архитектор 21 века Заха Хадид, которая получила популярность своими инновационными и смелыми дизайнами. В ее работах прослеживается характерная жилая архитектура, отличающаяся оригинальностью и экспериментами с формами и материалами, динамичными и органическими формами, создающими уникальные пространства для жизни. Она часто использует кривые линии, перекрытия и нестандартные геометрические формы, чтобы создать впечатляющие и инновационные жилые комплексы. Заха Хадид также известна своим использованием передовых технологий и экологически устойчивых подходов в своих проектах. Она стремилась создать жилые пространства, которые

гармонично сочетаются с окружающей средой и учитывают потребности и комфорт жителей. Проекты Хадид включают в себя высотные жилые комплексы, виллы, апартаменты и жилые комплексы. Они располагаются в разных частях мира и отличаются своей уникальностью и инновационным подходом к дизайну. Жилая архитектура Захи Хадид стала символом современности и прогрессивности, и ее работы остаются важными и вдохновляющими в области архитектуры 21 века.

Таблица 2 – Концептуальные характеристики, определяющие структурные изменения в жизни жилого здания за весь период эксплуатации (По Бренду)

Концепция «Понимание эволюции зданий»	Брэнд предлагает взгляд на здания как живые организмы, которые развиваются и адаптируются с течением времени. Он анализирует, как здания "учатся" от своих обитателей и как изменения в использовании пространства влияют на их структуру
Концепция «Шесть уровней здания».	Брэнд выделяет шесть уровней, на которых происходит изменение здания: планировка, образование, общество, галерея, обслуживание и структура. Каждый уровень вносит свой вклад в эволюцию здания
Концепция «Примеры из реальной жизни»	Брэнд приводит множество примеров из различных мест и времен, чтобы проиллюстрировать, как здания адаптируются к изменяющимся потребностям и условиям
Концепция «Роль пользователей, т.е. жителей»	Автор подчеркивает важность роли пользователей, жителей и обитателей зданий в их долгосрочной эволюции. Именно они вносят изменения и приспособливают здание под свои потребности, которые в последствии демонстрируют новые требования и проводят к структурным изменениям и усовершенствованию жилой среды
Концепция «Технологические инновации»	Брэнд также рассматривает влияние технологических инноваций на здания и то, как новые технологии могут быть интегрированы в существующие структуры

Что касается развития жилой архитектуры Кыргызстана необходимо отметить последние тенденции в формировании самого здания и последовательном изменении в структуре объемно-планировочных и функционально пространственных элементов. Несмотря на то, что история кыргызского жилища насчитывает небольшой опыт, она прошла все ступени развития. К примеру, краткое содержание историко-архитектурного анализа показывает, что на ранних этапах функцию жилища кыргызского народа выполняла юрта. Как известно, из эпоса «Манас» можно получить сведения о характере жилищ, предметов домашнего обихода, одежды и средств передвижения, которые отражают образ жизни и географическую среду обитания кыргызов. В связи с кочевым укладом жизни и особенностями родо-патриархального быта кыргызы жили айлами в переносных жилищах – *юртах* [4].

Как известно, она имеет круглое очертание у основания и сферическую ограждающую оболочку. В качестве несущих элементов используется сборно-разборный каркас из специальных видов древесины с куполообразным покрытием. Гибкость конструктивной схемы и небольшие габариты доказывают ее быструю сборку и разборку силами одной семьи в течении небольшого промежутка времени. В силу своего удобства и практичности она полностью удовлетворяет образу жизни кочевников, к которым относятся кыргызы. Однако вот уже на протяжении столетия общее население Кыргызстана перешло на оседлый образ жизни. Стали строиться жилые дома из местных материалов в виде малоэтажных зданий (1900-1930 гг.), в более поздние периоды с развитием промышленности и индустриального строительства (1930-1960 гг.) типы жилых зданий усовершенствуются, вносятся структурные изменения в виде высотности помещений и разнообразия по инфраструктуре. Вводятся новые нормы на проектирование, меняются требования, улучшаются условия и технология строительства. Состояние формирования и развития архитектуры жилых зданий, их художественно-выразительное значение целиком и полностью переходит в политическую концепцию развития тогда еще Советского Союза, в составе которой и был нынешний Кыргызстан. Ставились задачи обеспеченности каждой семьи жилой площадью, улучшение условий проживания и развития семьи [5]. Следствием чего послужило разработка типовых проектов и быстрого индустриального методов возведения зданий и сооружений. Для строительства жилых и общественных зданий разрабатывались унифицированные конструкции заводского изготовления, которые послужили эпохой советской однообразной, типовой и безликой архитектуры. Хотя, справедливо будет отметить, что в 1980-е годы архитекторами Кыргызстана делались попытки воспроизведения национальной культуры с помощью применения орнаментов и форм проема лоджий в крупнопанельных зданиях. Однако эти попытки были только незначительными элементами. На рубеже веков с 1900 по 2005 годы теперь уже суверенный Кыргызстан пережил тяжелое время застоявшейся архитектурно-строительной деятельности. И только сейчас за последние 20 лет мы видим бурный рост строительства именно жилых зданий разных типов, где можно наблюдать фрагменты структурных изменений жилого пространства.[6]

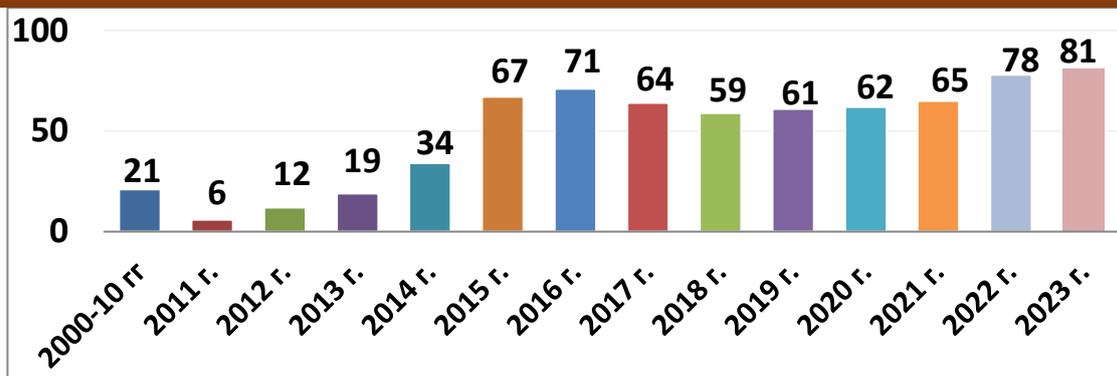


Рисунок 3 – Диаграмма строительства, жилых зданий в г.Бишкек, имеющих количественные и качественные показатели современной жилой среды

Таким образом, архитектура жилых зданий в Кыргызстане на сегодняшний день отражает разнообразие культурных и исторических влияний. Важными факторами, влияющими на современную структуру и архитектурный стиль, являются климатические условия, традиционные строительные материалы и элементы, а также современные тенденции в дизайне. Например, **традиционные элементы**, которые выражены в использовании узорчатых декораций, кованых элементов в балконах и эркерах, каменных элементов и высоких крыш, что отражает влияние кыргызской национальной культуры. **Природно-климатические особенности** (суровые зимние условия и резкие перепады температуры воздуха), которые влияют на фасадные отделки многих зданий, спроектированных с учетом необходимости теплоизоляции и защиты от холода. Каменные стены, толстые стены и деревянные элементы могут использоваться для поддержания комфортной температуры внутри дома. Обязательно учитывается региональная особенность высокой сейсмичности района, которая также влияет на форму здания, его объем и архитектурно-конструктивное решение. **Современные архитектурно-пространственные решения жилых комплексов**, которые можно увидеть при использовании новых технологий и материалов. Это может включать в себя стеклянные фасады, современные формы и инновационные подходы к планировке пространства, иметь современный дизайн, комфортные условия и удобства, а также отражать современные городские тенденции и урбанистику. **Экологические аспекты**, что дают акцент на учет интереса к устойчивому развитию территорий, объектов строительства и экологически чистым технологиям. В зависимости от этого, некоторые новые проекты жилых зданий могут включать в себя аспекты энергоэффективности и устойчивости. Таким образом, архитектура жилых зданий в Кыргызстане продолжает развиваться под влиянием современных тенденций и стремления сохранить и передать традиционные культурные черты.

Делая вывод, можно отметить, что в нынешних условиях глобализации и общей тенденции развития сервисного обслуживания, требования к качеству жизни повышаются. Взгляд на реальность современной жилой среды сегодня отличается и вносит свои коррективы на стадии проектирования. На сегодняшний день в городе Бишкек наблюдается стремительная динамичность в строительстве жилых зданий с разнообразной архитектурой и инфраструктурой. Их разнообразие варьируется от старинных советских построек до новых современных комплексов. На основании анализа можно сделать вывод о состоянии жилого фонда, а также привести несколько характеристик и особенностей. **Панельные дома**, построенные в советское время, и составляют большую часть жилого фонда в Бишкеке. Эти многоквартирные дома обычно имеют несколько этажей и симметричную структуру. По статистическим данным в них проживают многие жители города. **Частные дома**, построенные на окраинах города и в пригородах. Они представляют собой как одноэтажные строения, так и более современные и комфортабельные дома с несколькими этажами. **Новые жилые комплексы**, предлагающие современные апартаменты и инфраструктуру, которые в последние годы активно строятся. Эти комплексы, кроме жилой составляющей, также могут включать в себя зоны отдыха, спортивные сооружения, магазины и парковки. **Старые кварталы**, как историческое наследие, можно найти в центральной части города. Периоды их возведения датируются разными периодами. Эти районы могут предложить уникальную атмосферу и архитектурные особенности, сочетая в себе традиционный стиль и современные элементы.

За последние десятилетия общая атмосфера жилых зон в Бишкеке стала сочетать в себе традиционные наброски с современными тенденциями. Таким образом, структурные изменения для усовершенствования жилого пространства могут варьироваться в зависимости от конкретных условий и потребностей, в большей степени основанных на возможности оптимизации объемно-планировочных и функционально-пространственных решениях.

Заключение

И в заключении хочется вновь процитировать Ле Корбюзье: «Архитектура — это живое искусство, архитектурные формы живут именно в том, что они призваны удовлетворять жизненные потребности».

Это высказывание также может вдохновлять на размышления о том, как архитектура может быть более чувствительной к человеческим потребностям, эмоциям и изменениям в обществе. В конечном итоге, успешная архитектура должна не только визуально впечатлять, но и служить функциональным и практическим целям, содействуя улучшению качества жизни людей.

Рецензент: Муқимов Р.С. – д.архит., профессор кафедры архитектуры и градостроительства ТПУУ имени академика М.С. Осими

Литература

1. Le Corbusier Vers une architecture, 1923. (Публикуется по изданию «Ле Корбюзье. Архитектура XX века». Перевод с французского В.Н. Зайцева. Под редакцией Топуридзе К.Т. Издательство «Прогресс». 1970)
2. Норман Фостер – архитектор будущего. [Электронный ресурс] <https://fineandhome.by/blog/zvezdyi-dizajna/norman-foster>, 2023 г.
3. Stewart Brand. "How Buildings Learn: What Happens After They're Built" / Университет штата Индиана. Винкинг, 1994 г. С.243
4. Нусов В.Е. Архитектура Киргизии с древнейших времен до наших дней [Архитектура Киргизии с древних времен до наших дней] / В.Е. Нусов // Фрунзе, 1971.
5. Кожобаева С.Т. История развития строительства многоэтажных жилых домов в г. Бишкек / С.Т. Кожобаева // Вестник КГУСТА – Бишкек, 2016. – №3 (41). – С.194-199.
6. Мукимова С.Р. Формирование художественного образа в архитектуре жилища Северного Таджикистана XIX-начала XX вв. // Вестник Таджикского национального университета. - №3/7. Часть II. – Душанбе: изд. «Сино», 2017. – С. 25-29.
7. Saltanat Kozhobaeva 2021 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **1203** 022097 DOI 10.1088/1757-899X/1203/2/022097/ <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1203/2/022097>

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

TJ	RU	EN
Кожобаева Салтанат Толонбаевна	Кожобаева Салтанат Толонбаевна	Kozhobaeva Saltanat Tolonbaevna
Директори Институти меъморӣ ва дизайн, номзади илмҳои меъморӣ, дотсент	Директор института архитектуры и дизайна, кандидат архитектуры, доцент	Director of the Institute of Architecture and Design, Candidate of Architecture, Associate Professor
Институти меъморӣ ва дизайн	Институт архитектуры и дизайна	Institute of Architecture and Design
E-mail: kozhobaeva-s@kstu.kg , ak-djalil@mail.ru		
TJ	RU	EN
Кожалиев Акылбек Джалилбекович	Кожалиев Акылбек Джалилбекович	Kozhaliev Akylbek Jalilbekovich
Дотсент, мудири кафедраи «Дизайни муҳити меъморӣ»	Доцент, заведующий кафедрой «Дизайн архитектурной среды»	Associate Professor, Head of the Department of Architectural Environment Design
Донишгоҳи давлатии техникии Қирғизистон ба номи И. Раззоқов	Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова	Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov
E-mail: akylbek.kojaliev@kstu.kg		

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗДАНИЯ С ГРУНТОВЫМ ОСНОВАНИЕМ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Д.Н. Низомов¹, И.К. Каландарбеков², И.И. Каландарзода²

¹Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАН Таджикистана,

²Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В данной обзорной статье рассматриваются современные модели и методы анализа динамических задач взаимодействия здания с грунтовым основанием при сейсмическом воздействии. Особое внимание уделено учёту нелинейных свойств грунтов, а также влиянию различных типов фундамента на общую сейсмостойкость конструкции. Приведены численные методы моделирования, а также результаты компьютерных экспериментов, демонстрирующие характерные особенности передачи сейсмических волн от основания к надземной части здания. Анализ работы направлен на повышение точности расчётов при проектировании зданий в сейсмоопасных районах и может быть полезен специалистам в области сейсмостойкого строительства и инженерной геологии.

Ключевые слова: сейсмостойкое строительство, взаимодействие здания с основанием, сейсмическое воздействие, колебание, численные методы, численное моделирование, податливость основания, математическое моделирование, фундаментная плита.

МОДЕЛҶО ВА МЕТОДҶОИ ТАҲЛИЛИ МАСЪАЛАҶОИ ДИНАМИКИИ БАҲАМТАЪСИРКУНИИ БИНО ВА АСОСИ ХОКӢ ҲАНГОМИ ТАЪСИРОТИ СЕЙСМИКӢ Ҷ.Н.Низомов, И.Қ. Қаландарбеков, И.И.Қаландарзода

Ин мақолаи баррасии амсилаҳои муосир ва методҳои таҳлили масъалаҳои динамикии баҳамтаъсиркунии бинҳо бо асосҳои хокӣ ҳангоми таъсири сейсмикии барраси карда шудааст. Баҳисобгирии хусусияти ғайрихаттии хок ва инчунин таъсири навҳои гуногуни таҳкурси ба қобилияти зилзилатобоварии конструксияҳо диққати махсус дода шудааст. Методҳои адабии моделкунонӣ, инчунин натиҷаҳои таҷрибаҳои ҳисоббарорӣ, ки хусусиятҳои характерноки аз таҳкурси ба қисми болоии бино гузоштани мавҷҳои сейсмикро нишон медиҳанд, оварда шудаанд. Таҳлили қор ба баланд бардоштани саҳеҳии ҳисобҳо ҳангоми лоиҳакашии бинҳо дар минтақаҳои аз ҷиҳати сеймики хавфнок нигаронида шуда, барои мутахассисон соҳаи сохтмони зилзилатобоварии ва геологияи муҳандисӣ муфид буда метавонад.

Калимаҳои калидӣ: зилзилатобоварии сохтмон, баҳамтаъсиркунии бино бо асос, таъсири сейсмики, лапши, методҳои адабӣ, моделкунони адабӣ, нармии асос, моделкунони математикӣ, плитаи таҳкурси.

MODELS AND METHODS OF ANALYSIS OF DYNAMIC PROBLEMS OF INTERACTION OF A BUILDING WITH A GROUND BASE UNDER SEISMIC IMPACT D.N. Nizomov, I.K. Kalandarbekov, I.I. Kalandarzoda

This review paper considers modern models and methods of analyzing dynamic problems of interaction between a building and a soil foundation under seismic action. Special attention is paid to the consideration of nonlinear properties of soils, as well as the influence of different types of foundations on the overall seismic resistance of the structure. Numerical methods of modeling as well as the results of computer experiments demonstrating the characteristic features of seismic wave transmission from the foundation to the above-ground part of the building are given. The analysis of the work is aimed at improving the accuracy of calculations in the design of buildings in earthquake-prone areas and can be useful to specialists in the field of earthquake-resistant construction and engineering geology.

Keywords: earthquake-resistant construction, building-foundation interaction, seismic impact, oscillation, numerical methods, numerical modeling, base pliability, mathematical modeling, foundation slab.

Введение

Обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений остаётся одной из важнейших и в то же время наиболее сложных задач в строительной науке. Применение аналитических методов при расчётах взаимодействия здания с грунтовым основанием зачастую ограничено грубой идеализацией, которая не позволяет в полной мере учитывать особенности контактного взаимодействия системы «здание–грунт». В связи с этим для решения подобных задач всё шире применяются численные методы. Однако такие факторы, как длительность сейсмического воздействия, компактные размеры зданий и высокочастотный характер колебаний, требуют выбора большой расчётной области и использования плотной конечно-элементной сетки. Это, в свою очередь, приводит к значительным вычислительным затратам. Поэтому актуальной задачей является совершенствование численных методов, позволяющих не только адекватно моделировать физические процессы взаимодействия конструкции с основанием, но и существенно снижать объём вычислений.

Динамические взаимодействия сооружения с грунтовым основанием

Проблема динамического взаимодействия сооружения с грунтовым основанием является одной из ключевых в области сейсмостойкого строительства и динамики сооружений. Динамические характеристики сооружения в значительной степени зависят от свойств основания, что, в свою очередь, влияет на его поведение при воздействии динамических нагрузок. Решение данной задачи осложняется рядом факторов: ограниченностью информации о параметрах сейсмического воздействия, высокой сложностью и стоимостью проведения физических экспериментов, а также трудностями при переносе результатов с моделей на реальные объекты. Дополнительным препятствием для численного

моделирования взаимодействия сооружения с основанием при сейсмическом воздействии является высокая трудоёмкость расчётов и значительные вычислительные затраты расчетов [2].

В настоящее время численные методы широко применяются инженерами и исследователями в области технических наук для решения сложных задач. Эти методы предполагают приближённое решение уравнений, описывающих физические процессы. На сегодняшний день существует множество таких методов, включая метод конечных разностей, метод конечных элементов, вариационно-разностный метод, метод граничных элементов, метод сосредоточенных деформаций и другие. Одним из первых приближённых подходов стал метод конечных разностей, в котором исходные уравнения аппроксимируются с использованием локальных разложений искомых функций в усечённые ряды Тейлора [34]. Основным требованием к подобным численным методам остаётся снижение вычислительных затрат при сохранении достаточной точности результатов.

Согласно нормативным требованиям для обеспечения нормальной эксплуатации и увеличения срока службы сооружения необходимо устранение неравномерных осадок, а также ограничение абсолютных и относительных перемещений фундаментов и надфундаментных конструкций. В настоящее время существует множество различных методов математического моделирования поведения грунта. Ключевым аспектом является выбор наиболее эффективной и адекватной модели основания. Часто при использовании одного и того же программного обеспечения проектировщики получают разные результаты расчётов, что, вероятно, связано с различиями в методах представления реального поведения конструкции в виде математической модели. Поэтому особенно актуальной задачей остаётся совершенствование достоверных и точных методов численного моделирования грунтового основания.

Математическое моделирование

Математическое моделирование и анализ напряжённо-деформированного состояния взаимодействия сооружений с основанием остаются актуальными задачами строительной механики.

Известно, что колебания основания здания во время интенсивных землетрясений имеют хаотический характер и зависят от множества факторов, таких как спектр сейсмических волн, угол их подхода к поверхности, тип и жёсткость здания, форма и глубина заложения фундамента, а также состав и структура земной коры. Первый из этих факторов вызывает низкочастотные колебания сооружения, что приводит к возникновению значительных сил инерции. В отдельных зонах конструкции это может привести к образованию высоких напряжений, превышающих прочностные характеристики материалов, что в итоге способно вызвать повреждения и даже обрушение здания. Существует несколько методов определения сейсмических нагрузок на сооружение, которые учитывают соотношение между собственными частотами конструкции и преобладающими частотами внешних воздействий [4].

В источниках [6,7] рассматриваются вопросы, связанные со статистической теорией сейсмостойкости. Одним из ключевых аспектов при расчетах сейсмостойкости зданий является правильный выбор расчетной модели сооружения и грунтового основания. При этом к модели здания предъявляются противоречивые требования: с одной стороны, она должна быть достаточно детализированной для точного описания распределения нагрузок в конструкции, с другой - упрощённой, чтобы снизить вычислительную сложность динамического анализа. Такая противоречивость заставляет искать компромисс между уровнем адекватности модели и её простотой.

Расчёты с использованием нелинейных моделей (например, нелинейно-упругих, упругопластических и других) позволяют более детально описать поведение материалов и конструкций зданий, а также учесть их прочностные ресурсы. Однако такие модели отличаются высокой вычислительной сложностью, так как включают большое количество параметров, отражающих неупругие свойства материалов. В связи с этим практическое применение подобных моделей при расчётах зданий зачастую ограничено и в некоторых случаях может быть нецелесообразным из-за значительных затрат вычислительных ресурсов.

Следовательно, выбор конкретной модели должен основываться на характере решаемой задачи, особенностях работы несущих элементов конструкции и требуемой степени дискретизации [4].

Учёт податливости основания при выборе расчетной модели здания особенно важен для массивных и жёстких сооружений, возведённых на просадочных грунтах. Как известно [4], характеристики основания - упругие, инерционные и демпфирующие - существенно влияют на динамические свойства самого здания и, соответственно, на его реакцию на динамические нагрузки. На сегодняшний день выполнено большое количество исследований, посвящённых задачам динамики и сейсмостойкости зданий в различных расчетных моделях [30, 36]. Вопросы динамического взаимодействия сооружения с основанием подробно рассматриваются в работах [1, 5, 24, 40, 43–45].

При решении таких задач здание, как правило, моделируется менее детально, чем при расчёте отдельных элементов, а неупругие деформации и повреждения обычно не принимаются во внимание. Уровень учёта влияния основания зависит от конкретной задачи исследования: чаще всего рассматривается только упругая податливость основания, тогда как инерционные и демпфирующие эффекты, как правило, опускаются.

При исследовании задач взаимодействия сооружений с основанием под воздействием сейсмических нагрузок необходимо учитывать моделирование распространения сейсмических импульсов в грунтовой среде. Реакция геологической среды на динамические воздействия подробно рассмотрена в работах таких исследователей, как Айзенберг Я.М., Бабешко В.А., Бабич В.М., Ворович И.И., Немирович-Данченко М.М., Михайленко Б.Г., Петрашень Г.И., Ратникова Л.И., Гогелия Т.И., Данилов А.Г., Никифоров С.П., Аки К., Bardet J.P., Lysmer J. и др. Влияние неоднородностей грунтовой среды на перераспределение энергии сейсмических волн анализируется в исследованиях Бабешко В.А., Воровича И.И., Данилова А.Г. и Никифорова С.П. Правильный выбор размеров элементов конечно-разностной сетки при численном моделировании взаимодействия сооружения с грунтом существенно влияет на точность получаемых результатов. Связь между длиной волны и размером ячеек сетки обсуждается в работах Слепяна Л.И., Данилова А.Г., Никифорова С.П., Абу-Лейла М.А., Nielsen P., Berg P., Skonggaard O., Dablain M., Miyatake T. и Trefethen L.N. В этих исследованиях подчеркивается, что для численного моделирования малых сооружений, учитывая длительность и высокочастотный характер сейсмического воздействия, требуется большая расчётная область и плотная сетка, что ведёт к значительному увеличению вычислительных затрат.

В диссертационной работе [18] предложен метод решения двумерных и трёхмерных задач сейсмостойкости сооружений, который существенно снижает вычислительные затраты, учитывает эффекты контактного взаимодействия с грунтовым основанием и демонстрирует удовлетворительное согласование с экспериментальными данными.

Вопросы выбора адекватной модели грунта рассмотрены в исследованиях Ляхова Г.М., Немировича-Данченко М.М., Киселёва Ф.Б. и Вознесенского Е.А. [10, 23, 26, 27]. В данных работах отмечается, что в ряде случаев достаточно применения линейно-упругой модели. Различные расчётные модели упругого основания были предложены исследователями на протяжении времени.

Модели упругого основания

Модель Винклера рассматривает грунтовое основание как систему несвязных между собой упругих пружин. Филоненко-Бородич усовершенствовал эту модель, предложив сверху соединить систему винклеровских пружин нерастяжимой мембраной. Благодаря этому при приложении сосредоточенной силы к одной из пружин в работу вовлекаются также соседние пружины, и деформация основания распространяется за пределы области приложения нагрузки.

Модель Пастернака [14, 31] учитывает сопротивление грунта как сжатию, так и сдвигу, при этом механические характеристики основания задаются двумя коэффициентами, отражающими эти свойства.

Модель Власова [9] основана на общем вариационном методе, который позволяет свести трёхмерную задачу теории упругости к двумерной, а затем - к одномерной. Основание в этой модели рассматривается как однослойная структура, характеристики которой задаются двумя упругими параметрами, взаимосвязанными с толщиной слоя, что отличает её от модели Пастернака, где используются два независимых коэффициента.

Преимуществом рассмотренных выше моделей учёта податливости основания является относительная простота алгоритмов, используемых при расчёте конструкций. В работах [43, 45] для численного моделирования взаимодействия сооружений с грунтом предложена методика, предусматривающая отдельный расчёт сил, действующих со стороны грунта на фундамент при условии жёсткой контактной поверхности, а затем проведение расчётов во временной области с использованием упрощённых механических моделей грунта, учитывающих перемещения и реакции в варианте без искусственного упрочнения.

В этих исследованиях показано, что хотя податливость фундамента оказывает незначительное влияние на сейсмическую реакцию верхней части сооружения, нагрузки, передаваемые грунтом на контактную поверхность фундамента, значительно зависят от податливости. При этом наблюдается перераспределение нагрузок между отдельными узлами, при сохранении общего баланса нагрузок, что приводит к более быстрому изменению внутренних усилий в фундаментных конструкциях по сравнению с общей реакцией сооружения. Эти эффекты необходимо учитывать при определении напряжённо-деформированного состояния (НДС) фундамента и смежных конструкций в системе «сооружение–грунт».

В настоящее время для анализа динамического взаимодействия сооружений с основанием, а также для моделирования волновых процессов в геологической среде широко применяются различные численные методы, включая конечно-разностные методы [12, 35], вариационно-разностные методы [35], метод конечных элементов [13, 20, 21, 22] и метод граничных элементов [1, 25].

Кратко рассмотрим особенности каждого из этих методов.

Численные методы

Конечно-разностные методы являются одними из наиболее универсальных и гибких подходов для решения различных задач математической физики. Чаще всего в этих методах исходной формой служит система уравнений движения, дополненная выражениями для деформаций через перемещения и определяющими соотношениями.

Вариационно-разностные методы отличаются от конечно-разностных тем, что базируются не на дифференциальной, а на вариационной постановке задачи. К ним близок интегро-интерполяционный подход [35]. Вариационно-разностным можно считать любой метод, основанный на сеточной аппроксимации вариационной задачи, сформулированной через некоторый функционал. При этом построение базисных функций необязательно, что является отличительной чертой вариационно-разностного метода по сравнению с методом конечных элементов.

Недостатком конечно-разностных и вариационно-разностных схем является вероятность возникновения эффекта неустойчивости особенно при использовании ячеек с числом узлов, превышающим минимально необходимое.

Метод конечных элементов (МКЭ) возник на основе методов сил и перемещений, применяемых в строительной механике, а также методов Рэлея-Ритца и Бубнова-Галеркина. Вариационно-разностные и конечно-разностные методы по сути являются упрощёнными вариантами МКЭ. Дискретные соотношения, получаемые в вариационно-разностных или конечно-разностных методах, могут быть выведены из метода конечных элементов при использовании определённых функций формы и сокращённого интегрирования.

Главное отличие МКЭ от конечно-разностных методов заключается в том, что в МКЭ искомые функции определены непрерывно по всей области задачи, а не только в ограниченном наборе дискретных точек. При этом в качестве исходных уравнений для МКЭ могут применяться как дифференциальные уравнения, так и вариационные принципы - в зависимости от выбранного способа построения системы уравнений, например, метод коллокации, метод взвешенных невязок или методы Рэлея-Ритца и Галеркина.

Метод граничных элементов зарекомендовал себя как один из перспективных подходов для решения задач генерации и распространения колебаний в полуограниченных слоистых средах с локальными нарушениями структуры и дефектами на плоской поверхности. Суть метода заключается в построении волновых полей с использованием интегралов типа Грина-Вольтерра, ядрами которых служат фундаментальные решения уравнений эластодинамики [8]. Это означает, что поле перемещений внутри тела выражается через граничные перемещения и поверхностные силы, что сводит задачу к определению этих величин. Эффективность метода во многом зависит от удачного разбиения границы на элементарные ячейки. Обычно фундаментальные решения выбираются в форме расходящихся волн.

Снижение размерности задачи, характерное для метода граничных интегральных уравнений (ГИУ) по сравнению с методами конечных элементов (МКЭ) или разностных методов (МКР), существенно уменьшает число неизвестных и объём вычислительных данных. Это преимущество особенно заметно при моделировании в неограниченных средах [25], в частности в задачах распространения сейсмических волн. Однако в ограниченных телах снижение размерности не всегда приводит к значительному улучшению эффективности.

В работе [19] рассматривается задача взаимодействия в системе «основание-сооружение» на базе модели однородного линейно-упругого полупространства с применением метода граничных интегральных уравнений. Анализируется напряжённо-деформированное состояние сооружения, взаимодействующего с упругим полупространством при условии плоской деформации. Для иллюстрации решения задачи используется пример статического взаимодействия сооружения с полупространством в плоской постановке.

Предполагается, что конечная однородная область с контактной границей взаимодействует с полубесконечной областью. На контактной границе между этими областями соблюдаются условия совместности: перемещения на границе раздела должны совпадать, а сумма напряжений – должны быть равной нулю. Исходя из этих условий и опираясь на теорему о взаимности работ, сформировано сингулярное граничное интегральное уравнение.

Второе интегральное уравнение, описывающее основание сооружения, получается из анализа конечной области, частично погруженной в полуплоскость, где часть её поверхности совпадает с поверхностью полубесконечной области. В этом уравнении неизвестными выступают перемещения и напряжения на контактной границе.

Таким образом, задача взаимодействия сооружения с основанием сводится к совместному решению полученной системы интегральных уравнений с учётом условий совместности на границе раздела. В результате решения системы определяется напряжённо-деформированное состояние: напряжения и перемещения на контактной границе, а также перемещения по контуру элемента.

Таким образом, из выше рассмотренных методов для решения данного класса задач наиболее предпочтительным и эффективным является метод конечных элементов (МКЭ). Однако применение МКЭ при анализе взаимодействия зданий и сооружений с грунтовым основанием сопряжено с рядом трудностей. Одной из главных проблем является правильный выбор размеров элементов конечно-элементной сетки. Небольшие размеры строительных конструкций и их заглубление в грунт требуют использования мелкой сетки, которая позволяет достаточно точно моделировать контактное

взаимодействие конструкции с основанием. Кроме того, размер конечных элементов должен обеспечивать адекватное описание распространения сейсмических волн в грунтовой среде.

Численное моделирование контактного взаимодействия сооружения с основанием

Л.И. Слепян [39] доказал, что при выборе достаточно плавного исходного импульса можно обеспечить его распространение без изменения формы на заданное расстояние; при этом для любой нагрузки существует время (или расстояние), после которого проявляется эффект дискретизации.

Был сделан вывод, что использование мелкой конечно-элементной сетки позволяет адекватно моделировать распространение сейсмических импульсов в грунтовой среде. Однако следует учитывать, что чрезмерное уменьшение размеров элементов значительно увеличивает вычислительные затраты.

Еще одной особенностью рассматриваемой задачи является то, что область анализа является полуограниченной, а применение метода конечных элементов требует аппроксимации расчетной области конечными телами, что может привести к значительным погрешностям в расчетах. Кроме того, учитывая длительность сейсмического воздействия (до нескольких десятков секунд) и высокую скорость распространения волн в грунте (до нескольких километров в секунду), размеры моделируемого грунтового массива должны быть достаточно большими, чтобы минимизировать влияние краевых эффектов на результаты в районе здания на протяжении всего времени сейсмического воздействия [1, 2].

В совокупности с требованием ограничения размеров конечных элементов данное условие приводит к значительным вычислительным сложностям при решении задачи на современных вычислительных комплексах. Как отмечалось ранее, сейсмические колебания грунта имеют случайный характер, поэтому достоверная оценка поведения сооружения под воздействием ожидаемых на площадке нагрузок возможна только при помощи статистического моделирования [42], которое требует проведения множества численных расчетов с разными параметрами. Многократное выполнение таких объемных вычислений приводит к тому, что даже на современных вычислительных системах затраты времени и ресурсов становятся неприемлемо высокими.

Поскольку при решении задач сейсмических колебаний сооружений размеры расчетной области грунта ограничены вычислительными возможностями, важно свести к минимуму ошибки, вызванные краевыми эффектами. В общем случае численного моделирования взаимодействия сооружения с основанием необходимо решать пространственную динамическую задачу контакта фундамента с грунтом. Большое количество зарубежных исследований посвящено динамическим контактным задачам для массивных сооружений с заданной в плане формой, взаимодействующих со слоистой грунтовой средой. Большинство из них сосредоточено на задачах контакта абсолютно жесткого штампа определенной формы со слоем или полупространством в плоской или осесимметричной постановке [15, 17, 37].

Как правило, при численном моделировании контактного взаимодействия сооружения с грунтом сетка, применяемая для грунта, имеет более крупные ячейки по сравнению с сеткой сооружения. В работе [44] рассматривается проблема перехода от набора узловых сил, действующих в узлах редкой сетки грунта, к набору сил, приложенных в узлах более мелкой сетки сооружения. Было выявлено, что при таком переходе могут возникать внутренние колебания, которые устраняются, если поле контактных сил на подошве представить как сумму трех компонентов: первого - распределенного по площади, второго - сосредоточенного по ребрам, и третьего - представляющего собой силы, сосредоточенные в углах. Также необходимо решить вопрос о минимальном числе узлов на контактной поверхности. Согласно нормам при контакте только по подошве рекомендуется использовать не менее восьми элементов вдоль короткой стороны подошвы. Если же контакт происходит также по боковым стенкам, нормы требуют учитывать контакт по нижней части боковых стенок глубиной не более половины общей глубины заложения фундамента, но не более 6 метров. Для вертикальных «ребер» нормы не устанавливают точного количества узлов, однако не рекомендуют применять сетки с менее чем двумя узлами на ребре [44].

При численном моделировании сейсмических колебаний сооружений возникает необходимость учитывать действие силы тяжести. Как отмечается в работах [1, 45], массивные здания, построенные на грунтах с невысокой жесткостью, оказывают обратное влияние на колебания основания при сейсмических воздействиях, существенно изменяя движение грунта на площадке по сравнению с так называемым «полевым» движением - то есть движением грунта на той же площадке в отсутствие сооружения. Строительные нормы требуют при расчёте конструкций на сейсмические нагрузки учитывать дополнительные усилия, возникающие в зданиях вследствие просадки грунта в процессе эксплуатации. В работе [18] при численном моделировании взаимодействия сооружений с грунтом данные требования также принимаются во внимание.

Еще одним важным аспектом при численном моделировании взаимодействия сооружения с грунтовым основанием является выбор модели грунта. Для этого определяются ключевые характеристики грунта - динамические модули сжатия и сдвига, коэффициент затухания и другие параметры, на основе которых выбирается подходящая модель поведения грунтового основания [26]. Для более точного описания распространения сейсмических волн в грунте разработаны слоисто-неоднородные и трещиноватые модели среды.

В работе [27] рассмотрены методы и подходы, используемые при решении прямых динамических задач теории упругости и сейсмологии, а также проанализированы различные модели грунтовых сред. Отмечается, что построение сейсмических волновых полей вдали от источника обычно выполняется в рамках динамической теории упругости, тогда как неупругое поведение среды учитывается преимущественно вблизи источника колебаний.

В работе [23] исследуются свойства грунтового массива, состоящего из нескольких слоев. Для слоев, включающих скальные породы и известняки, а также нескальные породы с мелкозернистой структурой (например, глины), при умеренных нагрузках предлагается использовать линейно-упругую модель поведения.

При проектировании многоэтажных зданий важным является строгое соблюдение требований по несущей способности и деформациям фундаментов. Если плитный фундамент в определенных условиях не отвечает этим требованиям, его грунтовое основание может быть усилено буронабивными сваями по технологии CFG. Когда фундаментная плита и верхние концы свай не связаны жестко, а между ними присутствует грунтовая подушка, взаимодействие в системе «плита – подушка – сваи – грунт» под нагрузкой становится весьма сложным. Большое количество свай приводит к значительному увеличению числа степеней свободы, что усложняет оценку эффективности проектных решений. Кроме того, при комбинированных объектах, например, комплексах зданий с подземными этажами, размещенных на единой фундаментной плите, даже использование одномерных свайных элементов, встроенных в объемную сетку грунта, может привести к проблемам сходимости численных решений или чрезмерно долгому времени расчёта. Таким образом, на практике сложно найти эффективную схему для оценки работы выбранных конструктивных решений.

Для решения этой задачи в работе [38] предлагается метод замены свайного основания эквивалентным массивом грунта, рассматриваемым как единое тело с анизотропными упругопластическими свойствами и улучшенными механическими характеристиками. Это значительно снижает сложность модели и упрощает вычисления.

Таким образом, во многих случаях [10, 23, 27] возможно использовать достаточно простую модель упругого полупространства. Это позволяет свести задачу к расчету колебаний твердого или упругого тела с заданной массой, расположенного на поверхности однородной, изотропной и непрерывной упругой среды или среды, состоящей из нескольких слоев с различными механическими свойствами.

При математическом моделировании сейсмических вибраций наземных конструкций возникает задача выбора методов моделирования сейсмических колебаний. Решение этой задачи осложняется неопределенностью направления распространения и амплитудных характеристик сейсмических волн. Экспериментальные и синтезированные акселерограммы дают кинематические параметры точек на поверхности, однако для численного моделирования необходимо задать импульсную нагрузку, которая при приложении к границам расчетной области грунта на поверхности воспроизводила бы заданную акселерограмму.

Выводы

1. Здание и основание образуют единую динамическую систему, в которой параметры сооружения влияют на характеристики сейсмических воздействий, действующих на уровне основания. Следовательно, физические свойства грунта основания оказывают значительное влияние на реакцию сооружения.

2. Анализ литературы показывает, что для расчёта зданий и сооружений на сейсмические нагрузки оптимально применять численные методы с использованием специализированных программных комплексов. Для повышения эффективности таких расчётов необходимо разрабатывать и совершенствовать модели, способные адекватно описывать сейсмические процессы в среде с учётом контактного взаимодействия здания и основания.

3. Из обзора литературы по выбору адекватной модели грунта следует, что во многих случаях целесообразно использовать линейно - упругую модель грунтового основания.

Рецензент: Зарифов С.С.—кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры «Промышленное и гражданское строительство» СПбПУ имени академика М.С. Осими

Литература

1. Абу Лейл М.А. Расчет характеристик динамического взаимодействия фундамента с грунтом при сейсмическом или техногенном воздействии / Дисс. на соиск. учен. степени к.т.н., Ростов-на-Дону, 2004. -177с.
2. Баженов В.Г., Дюкина Н.С., Зефирова С.В., Лаптев П.В. Численное моделирование задач взаимодействия сооружений с двухслойным грунтовым основанием при сейсмических воздействиях / Проблемы прочности и пластичности: Межвуз. сбор., 2005, вып. 67 - С. 162-167.
3. Баженов В.Г., Кибец А.И., Садырин А.И. О модификации схемы Уилкинса численного решения трехмерных динамических задач / Прикладные проблемы прочности и пластичности. Алгоритмизация и программное обеспечение задач прочности: Всесоюз. межвуз. сбор. Горьк. у-нт. 1986. - С. 14-19.

4. Бирбраер А.Н., Шульман С.Г. Прочность и надежность конструкций АЭС при особых динамических воздействиях. М.: Энергоатомиздат, 1989. - 304с.
5. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. М.: Стройиздат. 1982.
6. Болотин В.В., Применение статистических методов для оценки прочности конструкций при сейсмических воздействиях / Инженерный сборник, Т.27., М., Изд-во АН СССР, 1960. - С.55-65.
7. Болотин В.В., Статистическое моделирование в расчетах на сейсмостойкость // Строительная механика и расчет сооружений. 1981. №1. - С. 60-64.
8. Бребия К., Теллес Ж., Вроубел JL Методы граничных элементов. М.: Мир, 1987. – 524 с.
9. Власов В.З., Леонтьев Н.Н., Балки, плиты, оболочки на упругом основании / М.: Физматгиз, 1960. - 491с.
10. Вознесенский Е.А., Динамические свойства грунтов и их учет при анализе вибраций фундаментов разного типа. / Геоэкология. 1993. №5. - С. 37-65.
11. Вронский А.В. Исследование деформаций основания бескаркасных крупнопанельных зданий / Дисс. на соиск. учен. степени к.т.н, Москва, 1969. - 123с.
12. Годунов С.К., Рябенкий В.С. Разностные схемы. М.: Наука, 1973.
13. Голованов А.И., Бережной Д.В. Метод конечных элементов в механике деформируемых твердых тел. Казань, 2001. - 301с.
14. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А., Соломин В.И., Расчет конструкций на упругом основании М.: Стройиздат, 1984. - 679с.
15. Горшков А.Г., Тарлаковский Д.В. Динамические контактные задачи для абсолютно жестких тел и упругого полупространства / Препринт, МАИ, 1989. -49с.
16. Дубина М.М., Чухлатый М.С., Ашимихин О.В. Влияние слоистости основания на напряженно-деформированное состояние системы здание- основание. / В. сбор.: Проблемы оптимального проектирования сооружений. Н.: Изд-во НГАСУ, 2002. - С.145-155.
17. Дьелсан Э., Руайе Д. Упругие волны в твердых телах. - М.:Наука, 1982. - 424с.
18. Дюкина Н.С. Численное моделирование взаимодействия заглубленных сооружений с грунтовым основанием при сейсмических воздействиях / Дисс. на соиск. учен. степ. кан. физ. мат наук Нижний Новгород, 2009. - 118с.
19. Низомов Д.Н. Численное моделирование задачи взаимодействия сооружения с основанием// Известия АН РТ, т.55, №9, 2012. - С. 733-741.
20. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике - М.:Мир, 1975. - 240с.
21. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов: от интуиции к общности/ Сб. переводов «Механика», М.: Мир, №6, 1970. - С. 90-103.
22. Кибец А.И. Моделирование нелинейных нестационарных задач динамики пространственных конструкций МКЭ / Дисс. на соиск. учён. степ. док. ф.- м. н., Нижний Новгород, 2001. - 347 с.
23. Киселев Ф.Б. Численное моделирование в задачах механики грунтов / Дисс. на соискание учён. степени к.ф.-м.н. Москва. 2006.-135с
24. Колесников А.О. Совершенствование метода расчета колебаний свайного фундамента с учетом взаимодействия ростверка с грунтом / Дисс. на соискание уч. степени к.т.н., Новосибирск, 2005.-147с
25. Крауч С., Старфилд А. Метод граничных элементов в механике твердого тела. М.: Мир, 1987. - 328с.
26. Ляхов Г.М. Волны в грунтах и пористых многокомпонентных средах. М.: Наука. 1982. -288с.
27. Немирович-Данченко М.М. Модель гипопругой хрупкой среды и ее применение в сейсмике / Дисс. на соиск. учен. степени д.ф.-м.н. Новосибирск. 2004. - 217с.
28. Нестеров И.В. Определение напряженно - деформированного состояния бескаркасных зданий при неравномерных осадках основания / Дисс. на соискан. учён. степени к.т.н., Ростов-на-Дону, 1993. - 134с.
29. Ньюмарк Н., Розенблют Э. Основы сейсмостойкого строительства. М.: Стройиздат, 1980. - 344с.
30. Основы теории сейсмостойкости зданий и сооружений / К.С. Завриев, А.Г. Назаров и др. М.: Стройиздат, 1970. - 224с.
31. Пастернак П.Л. Основы нового метода расчета фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели. - М.: Госстройиздат, 1964.
32. Потапов В.Н. Расчетное обоснование метода регулирования осадки тяжелого сооружения / Дисс. на соискание учен. степени к.т.н., Москва, 1990. - 118с.
33. Ратникова Л.И. Методы расчета сейсмических волн в тонкослоистых средах. - М. Наука, 1973. - 124с.
34. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Наука, 1989. – 432 с.
35. Самарский А.А. Теория разностных схем. - М. Наука, 1983.
36. Саргсян А.Е. Строительная механика. Высшая школа, Москва, 2004.
37. Сеймов В.М. Динамические контактные задачи. - Киев: Наукова Думка, 1970. -283с.
38. Сижун Нью, Янпин Яо, Яньфан Сунь, Юйхао Хэ, Хайцин Чжан. Трёхмерный численный анализ взаимодействия подземной части многоэтажного здания и ее грунтового основания усиленного сваями CFG. Электронный ресурс.
39. Слепян Л.И. Нестационарные упругие волны. - Л.: Судостроение, 1972. - 374с.
40. Солодовник Н.В. Совершенствование методов расчета свайных фундаментов в сейсмических районах

Краснодарского края / Дисс. на соискание учен. степени к.т.н., Новочеркасск, 2006.-161с

41.Турилов В.В. Расчет нестационарного динамического деформирования трехмерных упругих элементов конструкций методом гранично-временных элементов. / Дис. на соиск. учён. степени канд. техн. наук. Горький, 1986. -116с.

42. Тяпин А.Г. Исследование сейсмических нагрузок со стороны грунта на фундаментные конструкции в зависимости от их податливости

//Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №1, 2007. - С.12- 15.

43.Тяпин А.Г. Моделирование распределения контактных сил по подошве и заглубленным стенкам фундамента в конечно-элементных динамических расчетах с частой сеткой // Строительная механика и расчет сооружений, №2, 2006. - С. 17-21.

44.Тяпин А.Г. Сочетание двух моделей в расчетах сейсмической реакции сооружения, взаимодействующего с грунтовым основанием. //Строительная механика и расчет сооружений. №1, 2006. - С. 43-47.

45.Тяпин А.Г., Расчет жестких фундаментов на волновые воздействия, распространяющиеся в грунте // Строительная механика и расчет сооружений. 1983. №6. - С. 48-51.

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

TJ	RU	EN
Низомов Чахонгир Низомович	Низомов Джахонгир Низомович	Nizomov Jachongir Nizomovich
Доктори илмҳои техники, профессор	Доктор технических наук, профессор	Doctor of Technical Sciences, Professor
Институти геология, сохтмони 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
E-mail: tiees@mail.ru		
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
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
E-mail: kalandarbekov-55@mail.ru		
TJ	RU	EN
Қаландарзода Ифтихор Имомёр	Каландарзода Ифтихор Имомёр	Qalandarzoda Iftikhor Imomyor
Номзади илмҳои техники, дотсент	Кандидат технических наук, доцент	Candidate of Technical Sciences,
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академик М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
E-mail: iftikhor791@mail.ru		

УДК 711 379.8

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ПРОСТРАНСТВА РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ДУШАНБЕ)

Ш.И. Рахматуллозода

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Анализ современных подходов к разработке и реализации генеральных планов городов и районов показывает, что эффективное градостроительное развитие невозможно без реалистичных стратегий, основанных на актуальных данных. Одним из ключевых вызовов XXI века становится стремительный рост городского населения, который сопровождается изменением климата, деградацией окружающей среды и усилением социальной поляризации. В таких условиях важным становится механизм корректировки генеральных планов. Своевременные изменения, основанные на актуальной информации и межсекторальной аналитике, являются необходимым условием эффективной реализации градостроительных программ.

Ключевые слова: планирование, градостроительство, архитектура, проектирование, строительство, города и районы.

URBAN PLANNING OF THE REGION'S INTERNAL SPACE (using the example of Dushanbe)

Sh.I. Rakhmatullozoda

The analysis of contemporary approaches to the development and implementation of master plans for cities and regions reveals that effective urban planning is impossible without realistic strategies based on current and projected data. One of the key challenges of the 21st century is the rapid growth of urban populations, accompanied by issues such as climate change, environmental degradation, and rising social polarization. In this context, the mechanism for adjusting master plans becomes particularly significant. Timely incorporation of changes—based on up-to-date information and cross-sectoral analysis—is a critical prerequisite for the successful implementation of urban development programs.

Keywords: planning, urban development, architecture, design, construction, cities and districts.

БАНАҚШАГИРИИ ШАҲРСОЗИИ ФАЗОИ ДОҲИЛИИ МУҲИТ (ба мисоли шаҳри Душанбе)

Ш.И. Раҳматуллозода

Таҳлили равишҳои муосир дар таҳия ва татбиқи нақшаҳои генералии шаҳрҳо ва ноҳияҳо нишон медиҳад, ки рушди самараноки шаҳрсозӣ бе стратегияҳои воқеӣ, ки ба маълумоти воқеӣ ва дурнамо асос ёфтаанд, ғайриимкон аст. Яке аз мушкилоти асосии асри XXI афзоиши босуръати аҳолии шаҳрӣ мебошад, ки бо мачмуи мушкилоти мутакобилан алоқаманд ҳамроҳӣ мекунад: тағйирёбии иқлим, бадшавии ҳолати муҳити зист, афзоиши бекорӣ ва шиддат гирифтани тафрикаи иҷтимоӣ. Дар чунин шароит, механизми ворид кардани ислоҳот ба нақшаҳои генералии шаҳр аҳамияти махсус пайдо мекунад. Воридсозии саривақтии тағйирот, ки ба маълумоти актуалӣ ва таҳлили байнисоҳавӣ асос ёфтаанд, як чузъи муҳими шароити татбиқи муассири барномаҳои рушди шаҳр ва бехтарсозии муҳити зисти шаҳрӣ ба шумор меравад.

Калимаҳои калидӣ: банақшагири, шаҳрсозӣ, меъморӣ, тарҳрези, сохтмон, бино, мураккаб, шаҳрҳо ва ноҳияҳо.

Введение

Градостроительное планирование является основой эффективного развития территорий, охватывая проектирование, разработку и корректировку генеральных планов, распределение ресурсов и развитие инфраструктуры. Современные вызовы, такие как урбанизация, изменение климата и экономические трансформации, требуют от градостроителей разработки адаптивных решений. Одним из важных аспектов является корректировка планов на основе актуальных данных, что позволяет создавать более гибкие модели городского и регионального развития. Для успешной реализации проектов необходимо наличие качественной документации, включая схемы территориального планирования и пояснительные записки. Эти документы служат основой для принятия решений и определения направлений развития территорий.

Присутствие документов территориального планирования, таких как схемы с обоснованиями и пояснительные записки, обязательно. К объектам, влияющим на размещение объектов регионального значения, относятся экономические зоны, охраняемые территории и объекты культурного наследия.

Условия и изменения геополитической обстановки, в которых реализуются мероприятия социально-экономического развития районов, включают региональное планирование. Другие мероприятия - это инновационно-экологические, информационная среда, внешние воздействия, становление рыночной экономики, возрождение национальной культуры диктуют новые правила и трансформации в системе градостроительной практики, постоянно обновляя и корректируя их с учётом новых условий жизнестойкости.

Таким образом, планирование может быть как краткосрочным, так и долгосрочным в зависимости от стратегических целей. Если региональное планирование решает социально-экономическое развитие отдельных районов, то территориальное планирование отличается размещением объектов недвижимости, объектов капитального строительства, ответственное за реализацию намеченных программ. Присутствие документов территориального планирования, которые включают схемы территориального планирования с обосновывающими материалами, то есть пояснительную записку с соответствующими характеристиками, является обязательным. К объектам, влияющим на размещение объектов регионального значения, относятся схемы территориального планирования, экономические зоны, охраняемые природные территории, объекты культурного наследия, а также зоны с особыми

условиями использования территории. В зависимости от процессов концентрации градостроительной активности - присутствует жилая, производственная, рекреационная среда, что ведёт за собой активное новое строительство и реконструкцию (рисунок 1,2).

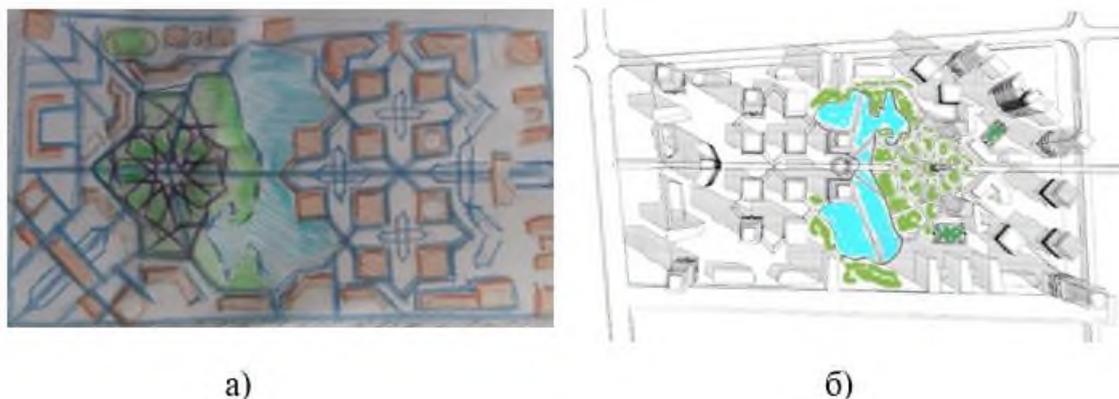


Рисунок 1 - а) эскиз планировочного решения конкурсного проекта 67-микрорайона в г. Душанбе, применяя основы градостроительного аспекта (личный архив, мастерская 1) б) обработанная электронная версия эскиза



Рисунок 2 - а) Пример планировочного решения конкурсного проекта микрорайона «Зарафшон» в г. Душанбе (личный архив, мастерская 2) схема эскиза б) эскиз цветовой решение в) эскиз-проект разработки генерального плана

Преобразование планирования и подготовка схем территорий обеспечиваются безопасными и благоприятными условиями для жизнедеятельности человека. Важную роль в этом играют скоростные автомагистрали, малая авиация, спутниковая связь, беспилотные системы, а также современные информационные технологии, включая компьютеры, интернет и мобильные устройства, которые способствуют эффективному использованию геоинформационных систем. [1]¹⁷. Эти системы как фон общества, где меняются потребности городских, сельских жителей. Основы градостроительного планирования внутреннего пространства любого региона зависят от факторов и служат механизмом формирования в совершенствовании такого аспекта как ландшафтное планирование городов и районов – планировочная структура. Это модель пространственной организации территории, состоящая из планировочных центров, осей, районов и зон, впоследствии каркас в составе узловых и линейных компонентов.

В городе Душанбе согласно генеральному плану для исследования были рассмотрены 20 жилых районов и 113 микрорайонов (по отчёту Главного управления архитектуры и градостроительства г. Душанбе) [8]. В рамках обновленных подходов предполагается создание девяти новых жилых районов и освоение 47 микрорайонов с современной инфраструктурой. Учитывая темпы урбанизации, планирование должно ориентироваться на среднесрочную и долгосрочную перспективу, разрабатывая стратегические планы на ближайшие 5-20 лет в зависимости от характера территории.

¹⁷ Е.Ю.Колбовский стратегическое пространственное планирование как инструмент регионального развития. Ярославский педагогический вестник-2011№3, Т III (естественные науки)

Генеральный план города, рассчитанный до 2025 года, начал реализацию в 2019 году. Однако для успешной реализации необходим тщательный анализ рисков и возможных отклонений от первоначальных решений. Основные вызовы связаны с адаптацией планов к глобализации и конкурентоспособности городов.

Современные методологические основы разработки генеральных планов крупных городов зачастую не способствуют созданию эффективных, адаптивных и жизнеспособных градостроительных стратегий. Эти подходы в ряде случаев оказываются инертными к современным вызовам и угрозам, с которыми сталкиваются города в условиях глобализации. Один из ключевых вызовов — необходимость интеграции в глобальные процессы, в рамках которых особенно возрастает роль крупных городов как центров концентрации капитала, технологий, человеческого ресурса и культурной активности. В этой конкурентной среде города борются за инвестиции, за размещение современных производств и за привлечение квалифицированных специалистов, особенно в креативных и высокотехнологичных отраслях.

В связи с этим во многих зарубежных мегаполисах реализуется концепция конкурентоспособного города, лежащая в основе разработки генеральных планов. Основное отличие между отечественной и международной практикой планирования заключается в степени интеграции социально-экономической и градостроительной политики. В международной практике эти сферы рассматриваются как взаимодополняющие и неразделимые компоненты устойчивого развития городов, в то время как в отечественных подходах подобная синергия пока реализуется фрагментарно.

Понятие удобства расселения носит комплексный характер и включает в себя ряд взаимосвязанных факторов [7]: транспортную доступность к основным местам занятости, близость образовательных, торговых и иных обслуживающих учреждений, уровень благоустройства территории, качество транспортного сообщения. В случае сельских территорий дополнительно учитываются параметры, связанные с организацией хозяйственной и животноводческой деятельности, а также экологическими функциями этих территорий.

Центральное положение города Душанбе в системе агломерации, объединяющей прилегающие населённые пункты, а также наличие устойчивых транспортных связей с другими регионами страны, определяют потенциал стремительного роста его экономической базы и всего столичного региона [3]. Душанбе также выступает ядром Гиссарской (Душанбинской) системы расселения, охватывающей население первого и второго поясов транспортной доступности численностью до 1,5 млн. человек.

Столичный статус Душанбе предполагает выполнение им регулирующих функций, обеспечивающих интеграцию территориальных отношений в масштабах всей республики. К таким функциям относятся административно-управленческие, социальные, коммерческо-деловые, а также производственные. Данный статус требует выработки новой концепции развития города, в центре которой находится баланс между выполняемыми функциями, их масштабом и территориальной направленностью.

Анализ современных проблем роста городов через призму урбанистических подходов позволил более системно рассмотреть вопросы развития Душанбе. Выявленные проблемы и возможные пути их решения рассмотрены в рамках трёх ключевых направлений градорегулирования. Особое внимание уделено проблемам реализации механизмов регулирования, которые, с одной стороны, направлены на улучшение качества жизни населения, а с другой — часто реализуются без участия самих горожан. Отсутствие продуманных форм вовлечения населения в процессы развития, а также игнорирование необходимости формирования устойчивых территориальных сообществ как ключевых субъектов городского развития являются одними из наиболее острых вызовов современной урбанизации [2].

Именно в проектах детальной планировки можно наблюдать проект осуществления жизнедеятельности жилого организма. Примером для анализа может служить проект детальной планировки некоторых микрорайонов, в частности пересечения Проекта планировки в районе улиц А. Лохутӣ, Беҳзод, М. Турсунзода и Шотемур, района И. Сомони (авторы ООО "ГМ ва Партнёры", Рахматуллозода Ш.И.) представленного на (рисунке 3). Это предварительный эскизный вариант, который, несмотря на свою значимость, требует тщательной проверки. Если провести натурные обследования данного участка, можно обнаружить, что большие пустующие пространства, указанные в проекте, в реальности начинают заполняться дополнительными жилыми застройками.

Одной из проблем данного эскизного варианта является отсутствие топографической съемки и инженерных сетей. В связи с этим данный проект не может быть принят за окончательный документ и главную основу для дальнейшей разработки проекта детальной планировки. На спутниковых снимках Google четко отображена частная застройка, которая, как показывает практика, не соответствует предложенному плану. В проекте также не учтены важнейшие параметры, такие как линия застройки (красная линия), плотность населения и современные тенденции урбанизации в этом районе.

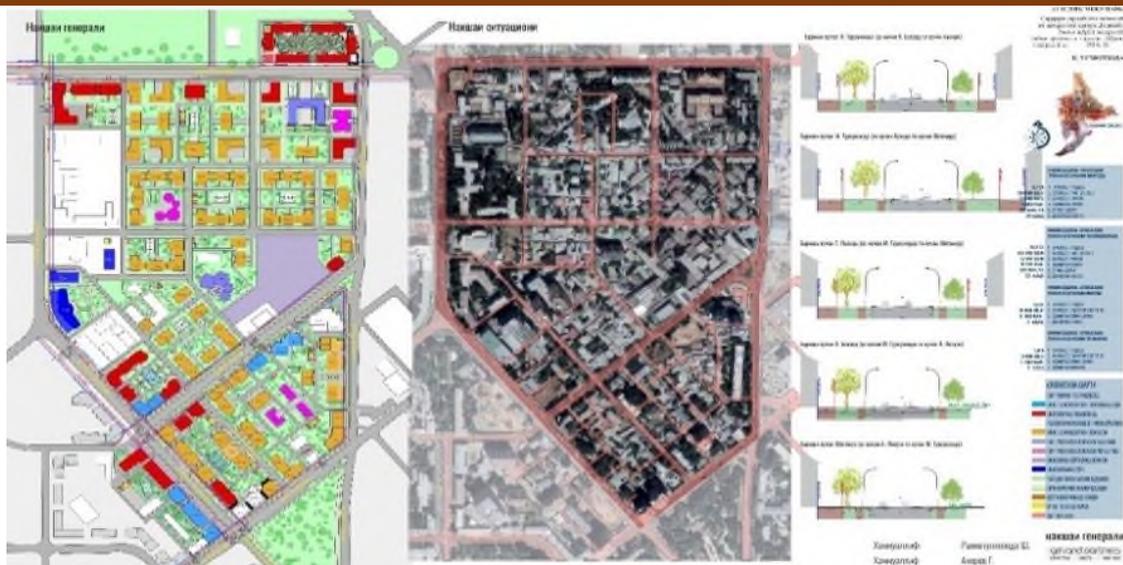


Рисунок 3 - Эскиз проект детальной планировки в районе улиц А. Лоҳутӣ, Беҳзод, М. Турсунзода и Шотемур, района II. Сомони (ООО "ГМ ва Партнëры", Раҳматуллозода Ш.И.)

Многие эскизные проекты детальной планировки (ПДП), предложенные для города, принимаются за основу. Однако при реализации этих проектов часто возникает несоответствие между первоначальными эскизами и конечными результатами. В городе Душанбе на сегодняшний день нет точно просчитанных и окончательно утвержденных вариантов ПДП, что затрудняет процесс их внедрения.

Состояние городской среды постоянно усложняется. Растут масштабы и разнообразие проблем, связанных с урбанизацией. Городское развитие сопровождается негативными последствиями, которые затрагивают экологическую, социальную, демографическую, психологическую и другие сферы. Эти изменения формируют новые требования к городскому развитию и управлению. Город становится не только движущей силой процессов и узлом взаимодействия всех путей современного развития, но и моделью современного общества, пространством для изменений [5].

Если ранее город рассматривался как основная опора промышленного развития, то сейчас он всё больше становится благоприятной средой для жизнедеятельности людей, создающих современные товары обмена: информацию, знания, эмоциональные и психологические блага. Комфортность городской среды становится как условием, так и средством в сложной конкурентной борьбе за ресурсы и перспективы развития [9, 10].

Именно такой акцент — «город для людей», или «город, удобный для жизни» — заложен в современном урбанизме как междисциплинарной системе идей, теорий и взглядов, которые пересекаются с различными областями, такими как география, градостроительство, экономика, социология, культура и другие. В практическом аспекте этот термин используется для обозначения процессов создания, развития и совершенствования городского пространства. По мнению экспертов [4], городское развитие зависит не только от самих городов, но и от стратегий территориального развития страны, включая регионы и муниципалитеты [6], которые часто плохо соответствуют не только современным нормам, но и потребностям городского населения.

Заклучение

Эффективное территориальное планирование требует комплексного подхода, основанного на актуальных данных и своевременной корректировке генеральных планов. Это создает адаптивные города, способные отвечать на вызовы современности. Важную роль в этом процессе играют качественные схемы территориального планирования и пояснительные записки, которые служат основой для успешной реализации проектов. Только с постоянным обновлением планов можно обеспечить устойчивое развитие территорий.

Рецензент: Ганизода ДЖ.Ш. — доцент кафедры «Дизайн и архитектура», Государственный институт изобразительного искусства и дизайна Таджикистана

Литература

1. Е.Ю. Колбовский, Стратегическое пространственное планирование как инструмент регионального развития. Ярославский педагогический вестник-2011.№3, Т III (естественные науки).
2. Сухов И. «Российская газета», «РИА Новости» и «Росбалт» о первых итогах переписи России. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2011/0459/perep01.php>.

3. С. Солодянкина, М.В. Левашёва, Ландшафтно-экологическое планирование для оптимизации природопользования. Учебное пособие. Иркутск 2013 ИГУ, 170 стр.
4. Ш. И. Рахматуллозода, К. Усмонзода. Факторы развития городской среды с учетом транспортной инфраструктуры города Душанбе. Политехнический вестник №3 (47) – 2019г. стр. 131
5. И.А. Аминов. Природно-экономические зоны Республики Таджикистан: состояние и перспективы. Д-2013г.
6. Э.В. Ямпольский. Вверх по вертикали. Народная газета, 1993. 1 апреля.
7. А.А. Акбаров. Формирование поселков АПК. В условиях горного региона. Душанбе. «Ирфон» 1988.
8. Отчёт о деятельности за 2020 год Главного управления архитектуры и градостроительства города Душанбе.
9. В.В. Бабуров, П.И.Гольденберг, Л.С.Залесская, В.А. Лавров, Г.Е. Мищенко, Н.Х. Поляков, Н.С. Смирнов, Планировка и застройка городов. М-1956г. Государственное издательство.
10. И.А.Аминов. Природно-экономические зоны Республики Таджикистан: состояние и перспективы.Д-2013г.

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

RU	TJ	EN
Рахматуллозода Шахноз Ибодулло	Рахматуллозода Шахноз Ибодулло	Rahmatullozoda Shahnoz Ibodullo
кандид. арх., и.о. доцента	Номзади меъморӣ..и.в. дотсент	Candidate of architecture., acting associate Professor
Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими	Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi.
E-mail: Shahnoz119@gmail.ru		

ВБД: 534.84 (575.3)

ТАҲЛИЛИ АКУСТИКИИ БИНОҲОИ ЧАМЪИЯТӢ**Б.С. Ашурзода**

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Мақола ба омӯзиш ва таҳлили дизайни акустикӣ, ки барои беҳдошти ҳузуру ҳаловати акустикӣ одамон дар ҳучраҳо ва истифодаи босамари биноҳо дар умум мусоидат менамоянд, бахшида шудааст. Дар мақола қайд гардидааст, ки дизайни акустикӣ яке аз самтҳои калидии меъморӣ ва сохтмон ба ҳисоб рафта, он барои ташаккули шароитҳои мусоиди паҳншавии садо дар дохили ҳучраҳои он равона гардидааст. Ҳадафи асосии таҳлили акустикӣ аз муайянсозии талаботи акустики нисбати биноҳо ба ҳисоб рафта, он аз таъмини садомуҳофизии зарурии байни ҳучраҳо, ҳомӯш намудани садову ғалоғулаи берунаву дохила, ташаккули муҳити форами садо, хусусан дар биноҳои чамъиятӣ, муассисаҳои таълимӣ ва маърифатӣ, инчунин пешгирии пайдоиши ҳолатҳои ғайриҷашмдошти акси садо иборат мебошад.

Калидвожаҳо: *дизайни акустикӣ, садо, садомуҳофизӣ, муҳити садо, зудӣ, суръат, энергия, зичии садо, шиддатнокӣ.*

АКУСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**Б.С. Ашурзода**

Статья посвящена изучению и анализу акустического дизайна, способствующего улучшению акустического присутствия людей в помещениях и эффективному использованию зданий в целом. В статье отмечается, что акустический дизайн является одним из ключевых направлений архитектуры и строительства, он направлен на формирование благоприятных условий распространения звука в помещениях. Основной целью акустического анализа является определение акустических требований к зданиям, он заключается в обеспечении необходимой звукоизоляции между помещениями, отключении внешнего и внутреннего шума, формировании комфортной звуковой среды, особенно в общественных зданиях, образовательных и просветительских учреждениях, а также в предотвращении возникновения непредвиденных Эхо-ситуаций.

Ключевые слова: *акустический дизайн, звук, звукоизоляция, звуковая среда, частота, скорость, энергия, плотность звука, интенсивность.*

ACOUSTIC ANALYSIS OF PUBLIC BUILDINGS**B.S. Ashurzoda**

The article is devoted to the study and analysis of acoustic design, contributing to the improvement of the acoustic presence of people in the premises and the efficient use of buildings in general. The article notes that acoustic design is one of the key areas of architecture and construction, it is aimed at creating favorable conditions for the propagation of sound in rooms. The main purpose of acoustic analysis is to determine the acoustic requirements for buildings, it consists in providing the necessary sound insulation between rooms, shutting off external and internal noise, creating a comfortable sound environment, especially in public buildings, educational and educational institutions, as well as in preventing the occurrence of unforeseen echo situations.

Keywords: *acoustic design, sound, sound insulation, sound environment, frequency, speed, energy, sound density, intensity.*

Муқаддима

Акустика яке аз самтҳои калидии меъморӣ ва сохтмон ба ҳисоб рафта, он барои ташаккули шароитҳои мусоиди паҳншавии садо дар дохили ҳучраҳои он равона гардидааст. Самти мазкур ҷабҳаҳои садомуҳофизӣ, яъне пешгирӣ аз воридоти садоҳои номатлуб ва инчунин, ташаккули муҳити садо ё пешбинӣ намудани муҳити мусоиди акустикӣ барои таъйиноти муайяни ҳучраҳо дар бар гирифта, аз ҷузъҳои таркибӣ ва муҳими сифатнокии муҳити дохилаи биноҳо ва иншоот, вобаста ба таъйиноти функционалии онҳо ба ҳисоб меравад. Талаботи асоситарини он аз коҳиш додани сатҳи нофорамии садову мағал, таъмини бурроӣ ва фаҳмо будани нутқ ва ҳамзамон ҳаловатнок будани дарку эҳсоси садо (нутқ, музикӣ ва ғ.) иборат мебошад [1, 4].

Мавод ва усулҳои тадқиқот

Садову мағалҳои ҷарҳела ва беруна дар ҳаёту фаъолияти ҳамаҷуз одамон мавҷуд буда, ба системаи асаби онҳо таъсири манфӣ мерасонанд ва боиси коҳишёбии ҳосилнокии меҳнат ё сифати истироҳати онҳо мегарданд. Бо мақсади ташаккул додани муҳити акустикӣ боҳузуру ҳаловат дар биноҳои таъйиноти гуногундошта аз ҷониби олимону лоиҳакашон, мутахассисону истеҳсолкунандагон шифтҳои овезони акустикӣ, намудҳои зиёди маснуоту конструксияҳои махсусу универсалии шифтҳои пешниҳод гардидааст. Шифтҳои акустикӣ дар биноҳои театру кинотеатрҳо, студияҳои сабти овоз, синфхонаҳову аудиторияҳо, намоишгоҳу толорҳои таъйиноти гуногундошта босамар истифода мегарданд.

Боиси зикр аст, ки дар давраи ҳозира дар лоиҳакашии аксари биноҳои шаҳрвандӣ имтиёз ва диққати ҷиддӣ танҳо ба масъалаҳои гармимуҳофизиву энергиясамаранокӣ ва таъминоти равшанӣ дода шуда, мушкилоти мавҷудаи акустикӣ дар сатҳи зарурӣ ба назар гирифта намешавад [2].

Масалан, дар интиҳобу лоиҳакашии миёнадевору болопӯшҳои байниошёнаӣ ва инчунин деворҳои берунаи намоӣ, аз ҷумла дару тирезаҳо, талаботи меъёрии садомуҳофизӣ ба инобат гирифта нашуда, дар натиҷа садову мағали номатлуби беруна (роҳу нақлиёт) ба муҳити дохилаи истифодашаванда ворид мегарданд. Дар аксари биноҳо, хусусан биноҳои маъмуриву муассисаҳои соҳаи тандурустӣ, ҳузуру ҳаловати акустикӣ ҳолати оромӣ халалдор гардида, дар онҳо мағали заминаӣ баланд мешавад ва он боиси мондашавии зиёд ва ба нофорамии руҳии одамон мусоидат менамояд.

Мушкилоти дигари акустикӣ муҳити дохилаи биноҳои шаҳрвандӣ мавҷудоти акси садо ва ревербератсия аз ҳад зиёд мебошад. Онҳо дар натиҷаи лоиҳакашии нодурусти шакли ҳучраҳои бино, интиҳоби маводду масолеҳҳои сахти ороишӣ, аз қабилӣ бетон, шиша, сафол ва ғайра пайдо мегарданд. Мушкилоти мазкур, хусусан дар муҳити дохилаи толорҳои намоишӣ ва маҷлисӣ, варзишӣ ва толорҳои

даромадгоҳу роҳравҳо баръало назаррас ҳастанд. Дар натиҷаи мавҷудияти ин мушкилот дарку эҳсоси нутқронӣ ҳалалдор шуда, ҳолати номатлуби акустикӣ, ҳамзамон “ҷарангосзани”-и ҳучраҳо ба вучуд меоянд.

Садову мағали таҷҳизоти муҳандисӣ, ки манбаи пайдоишашон системаҳои ҳавотозакуниву кондинционеронӣ, муҳаррику фишорафзоҳои гуногун ва лифтҳо мебошанд дар натиҷаи ҳатогҳои лоиҳакашӣ, аз ҷумла: ҷойгиронии нодурусти таҷҳизоти номбурда дар шафати ҳучраҳои зисту корӣ, пешбинӣ нагардидани чорабиниҳои зиддиларзишӣ (вибратсионӣ), ҷилду қуттиҳои садомуҳофизӣ ва ғайра ба вучуд меоянд.

Меъморуно лоиҳакашон дар аксари мавридҳои тарҳрезии лоиҳаҳои биноҳо ба масъалаҳои гармотехникуву равшаннокӣ ва эстетикӣ, бе назардошти таъмини ҳузуру ҳаловати акустикӣ (садомуҳофизӣ) таваҷҷуҳи бештар дода, раванди интиқоли садову ғалоғулаи ҳавогиву зарбавиро дар сатҳи меъёрӣ ба назар намегиранд. Мағали ҳавой ба воситаи ҳаво ва пайвастиҳои конструксияҳо, мағали зарбавӣ бошад, дар натиҷаи қадамзаниҳо, ҷойивазкунии асноби бисоти хоҷагӣ ва функционалӣ ба воситаи болопӯшҳо паҳн мегардад. Сабабҳои асосии ин ҳолатҳо пешбинӣ намудани миёнадеворҳои ғафсии нокифоядошта, мавҷуд набудани зерқабатҳои садомуҳофизӣ ва инчунини фаршҳои махсуси “шинокунанда” мебошад [2, 3, 5].

Дар ҳучраҳои толорӣ биноҳои ҷамъиятии хусусияти маъмуридошта, аз сабаби зарурати пешбинӣ намудани фазоҳои ниҳоят калони бемиёнадевор, зичии зиёди ҷойҳои корӣ, мавҷуд набудани унсурҳои садофурӯбаранда садоҳои ба дигар тараф ҷалбкунанда ба вучуд меоянд, ки боиси пастшавии маҳсулнокии меҳнат ва мондашавии кормандон мегарданд.

Сабаби дигари пайдоиши мушкилоти акустикӣ биноҳо, ин аз ҷониби лоиҳакашон пешбинӣ нагардидани минтақабандии акустикӣ мебошад. Масалан, дар биноҳои муассисаҳои таҳсилоти умумӣ, беморхонаҳо ва биноҳои маъмури минтақабандии акустикӣ, яъне ҷудосозии масоҳати корӣ ба минтақаи ором (кабинету синфхонаҳо, ҳучраҳои гуфтушунид) ва серғавго, аз қабилӣ толору роҳравҳо, пешбинӣ нагардидани минтақаҳои буферӣ миёни ҳучраҳои сарбориҳои гуногуни акустикидошта на дар ҳама мавридҳо амалӣ карда мешавад, ки сабаби коҳишёбии ҳузуру ҳаловати акустикӣ мебошад.

Мушкилоти дигар дар натиҷаи истифодаи масолеҳу конструксияҳои садомуҳофизи санҷиданашуда ва бесамар, ки дорои коэффитсиенти садофурӯбарии камтар аз 0,2 ва инчунин ҷой доштани ҳатогҳои васлкунии конструксияҳо ба мисли: вучуд надоштани ҳавоногузарӣ (герметизатсия), ҷойгиронии нодуруст ва пешбинӣ нашудани қабати ҳавоногузар ба вучуд меояд [6].

Ва ниҳоят бояд қайд намуд, ки аксари мушкилоти акустикӣ дар натиҷаҳои ба назар нагирифтани ҳалҳои дурусти тарҳрезии акустикӣ дар марҳилаҳои қаблӣ лоиҳакашии биноҳо ва иншоот ба вучуд меоянд. Талаботи акустикӣ барои ҳучраҳои таъйиноти гуногун дар ҷадвали 1 ва мушкилоти акустикӣ ва роҳҳои ҳалли онҳо дар биноҳои шахрвандӣ ва дар ҷадвали 2 дарҷ шудаанд.

Ҷадвали 1 – Талаботи акустикӣ барои ҳучраҳои таъйиноти гуногун (тибқи МКС, МҚ, ISO 3382 ва ғ.)

Намуди ҳучраҳо	Андозаҳо	Меъёр	Тавзеҳот
Ҳучраҳои истиқоматии биноҳои манзилӣ	$R'w \geq 52$ дБ	МҚ 51.13330.2011	Деворҳои байниманзилӣ
Кабинетҳои маъмури	$RT \leq 0,6$ с (дар доираи 500–2000 Гц)	ISO 3382-2	Вақти ревербератсия
Синфхонаҳои МТУ	$RT \leq 0,6$ с, $L_p \leq 35-40$ дБ(А)	СанПиН 2.4.2.2821-10	Шартҳои пуррагии нутқ
Толорҳои маҷлисӣ ва конференсияҳо	$RT = 1,0-1,5$ с	ISO 3382	Вобаста аз ҳаҷми ҳучраҳо
Зинахонаҳо	$R'w \geq 50$ дБ	МҚ 51.13330.2011	Мағали минтақаҳои умумӣ
Ҳучраҳои муолиҷавии беморхонаҳо	$L_p \leq 35$ дБ(А), $R'w \geq 52$ дБ	МҚ 158.13330.2014	Оромӣ –омили барқароршавии мичозон

Омӯзишу таҳлили манбаъҳои илмӣ соҳаи акустикаи меъморӣ шаҳодат медиҳанд, ки садову мағалҳо дар биноҳои гуногунтаъйинота дар асоси аломатҳои ҳархела, аз ҷумла: вобаста ба пайдошавӣ, тарзу усули паҳншавӣ, вақти таъсирот гурӯҳбандӣ гардидаанд.

Вобаста ба пайдоиш, онҳо метавонанд ба садоҳои дохила, ки дар дохили ҳучраҳои бино сар мезананд (қадамзани, гуфтугӯзор, асбобу таҷҳизоти техникӣ ва ғ.) ва ғалоғулаи берунаи аз муҳити атрофи беруни бино воридшаванда, аз қабилӣ нақлиёт, саноат, чорабиниҳои кӯчаву роҳҳо ҷудо карда шаванд.

Ҷадвали 2 – Мушкилоти акустики ва роҳҳои ҳалли онҳо дар биноҳои шаҳрвандӣ

Мушкилот	Тавсифот	Ҳалу тавсӣҳо
1. Саdomухофизии нокифояи конструкцияҳои ихтавай	Воридшавии садои мағал ба хучраҳо аз кӯча	Истифодаи деворҳои бисёрқабата, масолеҳи саdomухофиз, ҳавоногузаронии ҷойҳои пайвастанавӣ
2. Акси садо ва ревербератсия аз ҳад зиёд	Халалдоршавии пуррагии нутқронӣ дар толорҳо, синфхонаҳо ва ғ.	Истифодаи шифтҳои садофурӯбаранда, унсурҳои матогӣ, тағйироти шакли хучра
3. Саdomу мағали таҷҳизоти муҳандисӣ	Вибратсия, ғуриши таҷҳизоти ҳавотозакунӣ, лифту фишорафзоҳо	Ҷойгиронии таҷҳизот дуртар аз хучраҳои зисту маъмурӣ, истифодаи таҷҳизоти зиддиларзишӣ
4. Мағали зарбавӣ	Қадамзанӣ, афтидани ҳисмҳо дар ошёнаҳои боло	Пешбинӣ намудани фаршҳои “шинокунанда” ва зерқабатҳои амортизатсионӣ
5. Мавҷуд набудани минтақабандии акустикӣ	Ҷойгиронии омехтаи минтақаҳои орому сермағал	Пешбини минтақаҳои буферӣ, тарҳрезии дурусти хучраҳо
6. Истифодаи масолеҳҳои ғайрисамаранок	Масолеҳҳои дорои коэффитсиенти пасти садофурӯбарӣ	Интихоби масолеҳҳои мувофиқ бо $\alpha \geq 0.6$, санҷиши ҷобаҷогузорӣ

Натиҷаҳо

Ҷӣ тавре, ки қаблан қисман дарҷ гардида буд, дар асоси тарзу усули павҳншавӣ саdomу ғалоғула метавонад ҳавой, ба мисли гуфтугузори мусикии ба воситаи ҳавои муҳит паҳншаванда, зарбавӣ, ки дар натиҷаи таъсироти механикӣ ба конструкцияи фарш пайдо мегардад, сохтори (вибратсионӣ) ба воситаи конструкцияҳои сохтмонӣ паҳншаванда ва акустикӣ бошанд. Намуди акустики саdomу ғалоғула мафҳуми умумии онро ифода намуда, намудҳои гуногуни саdomу ғалоғуларо дар бар мегирад.

Муҳаққиқони соҳа собит сохтаанд, ки саdomу ғалоғула инчунин вобаста ба вақти таъсироти худ гуруҳбандӣ мегарданд ва дар асоси он метавонанд таъсироти доимӣ (ҳавотозакунӣ, роҳҳои нақлиётӣ), ки дар муддати давомнок паҳн мегарданд, импульсивии кӯтоҳмуддат (ғуриш, таркиш) ва даврии бо фосилаи вақт пайдошаванда (мошинаи либосшӯйӣ, лифт ва ғ.) бошанд [1, 7].

Дар самти акустикаи меъмориву сохтмонӣ, ки мавзӯи асосии омузиши он акустикаи биноҳо ва иншоот ба ҳисоб меравад манбаҳои асосии пайдоиши саdomу ғалоғула ба ду гуруҳ, беруна ва дохила ҷудо гардидаанд. Манбаъи берунаи саdomу ғалоғула дар биноҳо нақлиётӣ роҳҳо (мошинаи механизмҳои дигар), роҳҳои оҳан, ҳавопаймоҳо (авиатсия), корхонаҳои саноатӣ ҳамшафат ва фаъолияти берунаро (бозори чорабиниҳои дигар ва ғ.) дар бар мегирад.

Манбаъҳои пайдоиши саdomу ғалоғулаи дохила аз гуфтугузори роҳравии одамон, кушодани пӯшидани дарҳо, техникаи маишӣ (яхдон, мошинаҳои либосшӯйӣ, кондинсионерҳо), системаҳои муҳандисӣ (ҳавотозакунӣ, гармидиҳӣ, таъминоти об), лифту таҷҳизоти ахлотпартоӣ ва инчунин техникаи санитарӣ (садои об, хусусан дар ҳолати пешбинӣ нагардидани саdomухофизии зарурӣ) иборат мебошад.

Боиси зикр аст, ки тамоми он мушкилоти номбурдаи бо саdomу ғалоғула вобастабуда дар натиҷа сабаби як қатор камбудиву норасогиҳо дар фаъолияти ҳамарӯзаи одамон мегардад. Аз ҷумла: коҳиш ёфтани ҳузуру ҳаловат ва сифати ҳаёту фаъолият, халалдоршавии ҳоби бофароғат, истироҳат ва ҳолати рӯҳиву равонии одамон, баландравии ҳатари пайдоиши касалиҳои дилу рағҳо дар ҳолати таъсироти дарозмуддат ва ғайра.

Хусусиятҳои акустики биноҳо ва хучраҳои алоҳидаи онҳо ҷабҳаи муҳимтарини тарҳрезиву лоиҳакашӣ ба ҳисоб рафта, ба сатҳи ҳузуру ҳаловатнокӣ, таъйинотӣ ва сифати муҳити физикии дохилаи биноҳо таъсири назаррас доранд. Таҳлили ҳалҳои меъмориву сохтмонии биноҳо аз нуқтаи назари акустика имкон медиҳад, ки омилҳои таъсирбахши паҳншавии саdomу ғалоғула муайян карда шуда, ҳамзамон роҳҳо ва тарзу усулҳои аз байн бурдани он пешниҳод гарданд [3, 8].

Ҷадафи асосии таҳлили акустикӣ аз муайянсозии талаботи акустики нисбати биноҳо ба ҳисоб рафта, он аз таъмини саdomухофизии зарурии байни хучраҳо, хомӯш намудани саdomу ғалоғулаи берунаву дохила, ташаккули муҳити форами садо, хусусан, дар биноҳои ҷамъиятӣ, муассисаҳои таълимӣ ва маърифатӣ, инчунин пешгирии пайдоиши ҳолатҳои ғайриҷамъиятӣ акси садо иборат мебошад.

Талаботи акустики нисбати биноҳо асосан сатҳи имконпазири таъсироти садоро дар хучраҳои гуногунтаъйинотии биноҳо муаррифӣ намуда, барои ташаккули муҳити боҳузуру ҳаловати садо дар биноҳо равона шудааст. Пеш аз ҳама талаботу меъёрҳои мазкур бо мақсади саdomухофизӣ аз саdomу ғавой, зарбавӣ ва сохторӣ, таъмин намудани саdomухофизии зарурии байни хучраҳо ва ба даст овардани шунавоии босифат дар биноҳои шаҳрвандӣ муқаррар карда шудаанд (Ҷадвали 3).

Ҷадвали 3 – Намудҳои асосии талаботи акустикӣ нисбати биноҳо

Намуди талабот	Тавзеҳот
Садомуҳофизии конструкцияҳои ихтаваӣ	Пешгирии воридоти садои ғалоғула байни ҳучраҳо (девору болопушҳо)
Маҳдуд намудани садои зарбавӣ	Талабот нисбати фаршу болопӯшҳо, ки садои қадамзанӣ, зарба ва ларзиширо паст менамоянд
Садомуҳофизии системаҳои муҳандисӣ	Садомуҳофизии лифтҳо, таҷҳизоти ҳавотозакунӣ, обтаъминкунӣ ва ғайра
Ревербератсия (вақти садодихӣ)	Талабот нисбати давомнокии инъикоси садо дар ҳучраҳо

Акустикаи биноҳои шахрвандӣ бевосита аз як қатор омилҳои калидӣ, аз ҷумла, ҳалҳои меъмориву тарҳрезӣ, конструктивӣ ва масолеҳҳои ороишии муҳити дохилаи ҳучраҳо (интерер) вобаста мебошад. Дар навбати худ омилҳои номбурдари метавон шартан ба намуди физикӣ, меъмориву сохтмонӣ ва технологӣ ҷудо намуд.

Ҳалли меъмориву тарҳрезии биноҳо, аз нуқтаи назари таъмини талаботи акустикӣ асосан аз интиҳоби дурусти шакли ҳаҷми ҳучраҳо (масалан, толорҳои гунбазшакл ё борику дароз бештар ба афзоиш ёфтани акси садо дар онҳо мусоидат менамоянд), минтақабандии муфид, бо назардошти ҷойгиронии минтақаҳои “сермағал” (лифту ҳучраҳои санитариву беҳдошти) дар масофаи зарурӣ аз минтақаҳои “ором”, ҷобачогузории ҳучраҳо вобаста ба сатҳи садои ғалоғула дар онҳо, ва инчунин пешбинӣ намудани ҳучраву роҳравҳо ҳамчун минтақаҳои буферӣ иборат мебошад [10].

Дар биноҳои таъйиноти ҷамъиятӣ (муассисаҳои таълимиву тарбиявӣ, маъмурӣ, беморхонаҳо) бошад, зарурати назорати шумидашавии пурраву буррогии нутқ ва бартарафсозии инъикосоти тақрорӣ садо бояд таъмин карда шавад.

Лоихакаи биноҳои таъйиноти махсус, театру толорҳои консертӣ бояд бо назардошти ҳисоби вақти ревербератсия, истифодаи масолеҳҳои садофурӯбаранда ва диффузорҳо, яъне унсурҳои садопаҳнқунанда, дар асоси муносибати маҷмӯӣ (геометрияи акустикӣ, масолеҳу технологияҳои махсус) бояд амалӣ карда шавад.

Муҳокима

Шакли унсурҳои меъморӣ яке аз ҷабҳаҳои муҳимтарини ташаккули муҳити акустикӣ биноҳо ба ҳисоб рафта, аз тарҳу суроби девору шифтҳо, кунҷу ҳаҷми умумии ҳучраи нишондиҳандаҳои асосии акустикӣ онҳо, аз ҷумла ревербератсия, паҳншавии садо, мавҷуд будани акси садо ва ҳузуру ҳаловати акустикӣ вобастагии бевосита дорад.

Муҳимтарин аз нишондиҳандаҳои мазкур шакли геометрӣ ва паҳншавии садо дар муҳити дохилаи ҳучраҳо мебошанд. Шаклҳои намуди росткунҷаву мукааб дар аксари мавридҳо мавҷҳои устувору истодаро ба вуҷуд меоваранд, ки онҳо дар навбати худ боиси пайдоиши номунтазамиву нобаробарии садо мегарданд.

Шаклҳои гунбазмонанду мудаввар ва равоқдори ҳучраҳо метавонанд мавҷҳои садоро дар як нуқта сарҷамъ намуда, минтақаҳои шидданоки номатлубро ба миён оваранд. Сатҳи моил ва ё камоншакл барои паҳншавии садо дар муҳит мусоидат карда, метавонанд инъикоси садоро пешгирӣ намоянд ва инчунин, тақсмоту паҳншавии садоро беҳтар гардонанд.

Дар ташаккули муҳити басуботи акустикӣ нақши шифтҳо низ назаррасу муфид мебошад. Шифтҳои баланди ҳучраҳо метавонанд сабаби болоравии вақти ревербератсия шаванд, ки ин ҳолат барои толорҳои музикӣ консертӣ мусбӣ арзёбӣ гардида, ҳамзамон ба сифати акустикӣ аудиторияву синфхонаҳои таълимӣ ё ҳучраҳои маъмуриву идоравӣ таъсири манфӣ мерасонанд. Шифтҳои баландии пастдошта вақти ревербератсияро коҳиш дода, буррогии нутқро беҳтар мегардонанд.

Дар лоихакаи акустикӣ биноҳо ҳалли акустикӣ шифтҳо яке аз унсурҳои асоситарини садомуносибгардонии ҳучраҳо ба ҳисоб меравад. Албатта, интиҳоби намуди конструктивӣ шифтҳо, пеш аз ҳама аз вазифаҳои таъйиноти биноу ҳучраҳои алоҳидаи он вобаста мебошад. Конструкция ва шакли намуди шифтҳо бевосита ба вақти ревербератсия, паҳншавии садо дар муҳити атрофи дохила, фурӯбарии садо, паҳншавии ғалоғула ва сифати эҳсоси акустикӣ дар ҳучраҳо таъсир мерасонанд. Дар мавриди лоихакаи шифтҳои биноҳо меъморонро мебояд ба ҷабҳаҳои асосии ҳалли акустикӣ шифтҳо аҳамияти ҷиддиву хоса диҳанд.

Фурӯбарии садои мағал яке аз ҷабҳаҳои муҳими ҳалли масъалаи болозикр буда, истифодаи шифтҳои акустикӣ овезон бо лавҳаҳои сӯроҳадори (перфоратсиядор) аз нахҳои маъданӣ, гач, нахи шиша ва ғайра сохташуда имкон медиҳанд сатҳи садои инъикосгардидаро ба таври назаррас коҳиш диҳанд. Пешбинӣ намудани масолеҳи садомуҳофиз, аз қабилӣ маъданпахта, бурӯи акустикӣ дар болои шифт интиқоли садоро ба воситаи болопӯши ошёнаҳои ҳамшафат кам менамояд [1, 9].

Ҷабҳаи дигари муҳими ҳалли акустикӣ шифтҳо, ин пароканиши садои ғалоғула ба ҳисоб рафта, унсурҳои махсуси пароканиши шифтҳо (лавҳаҳои сатҳи барҷаставу релефӣ) ҷамъшавию афзоиши садоро пешгирӣ менамоянд ва бо ин роҳ паҳншавии мунтазаму баробари мавҷҳои садоро метавонанд таъмин кунанд.

Чӣ тавре, ки қаблан зикр гардида буд, дар ҳалли акустикаи биноҳо ва аз ҷумла шифтҳо паст намудани вақти ревербератсия муҳим арзёбӣ шуда, шифтҳои акустикаи дуруст интихобшуда онро босамар коҳиш дода метавонанд. Ин ҳолат, хусусан дар синфхонаҳо, ҳуҷраҳои маъмури-идоравӣ, толорҳои маҷлисӣ, ки таъмини буррогии нутқ афзалият дорад, муҳим мебошад.

Нақши дигари шифтҳои овезон аз пинҳону ноён ва ҳамҷоя кардани шабакаҳои муҳандисӣ (ҳавотозакунӣ, равшанӣ ва ғ.), бе халалдор гардонидани хусусиятҳои акустикаи онҳо, дар мавриди истифодаи масолеҳҳои муносиб мебошад.

Шифти акустикаи оқилона пешбинишуда метавонад на танҳо ба сифати унсури дизайн истифода шавад, балки он яке аз роҳҳои таъмини муҳити боҳузуру ҳаловати ҳуҷраҳо бошад. Он метавонад пуррагиву шундашавии нутқро беҳтар намуда, сатҳи мондашавиро коҳиш медиҳад ва инчунин, иҷрои вазифаҳои таъйиноти ҳуҷраҳо таъмин менамояд. Интихоби намуди шифти акустикӣ бешубҳа аз таъйиноти бино, сатҳи зарурии ҳифзи акустикӣ ва хусусиятҳои меъморӣ вобаста мебошад. Намунаҳои ҳалли шифтҳои акустикӣ дар ҷадвали 4 дарҷ шудаанд.

Ҷадвали 4 – Намунаҳои ҳалли шифтҳои акустикӣ

Намуди шифт	Хусусияти акустикӣ	Соҳаи истифодабарӣ
Акустикаи овезон	Садоро фуру мебарад ва ба осонӣ васл мегардад	Муассисаҳои таълимӣ, идораҳо, беморхонаҳо
Кашидашаванда бо мембранаи акустикӣ	Садову ғалоғулаи зуддӣ баланддоштаре мавҷ месозад	Биноҳои истиқоматӣ, кинотеатрҳо
Чорҷӯбадор бо сӯрохиҳо (перфоратсиядор)	Садоу ғалоғуларо қисман фуру мебарад	Толорҳои даромадгоҳ, роҳравҳо
Чубин бо унсурҳои акустикӣ	Ҷолибияти эстетикӣ+садомуҳофизӣ	Толору тарабхонаҳо

Лоихақашӣ ва истифодаи шифтҳои овезони акустикӣ (ШОА) дар асоси талаботи меъёрии ГОСТ Р 58324-2018. Шифтҳои овезон, ки ҳоло дар қаламрави Ҷумҳурии Тоҷикистон амалӣ карда мешавад. Яке аз талаботи асоситарин ва калидӣ нисбати шифтҳои овезон бехатарии зиддисӯхторӣ, зарурати хизматрасонӣ ва таъйинотӣ будан ба ҳисоб меравад. Унсурҳои филизии системаҳои конструктивии шифтҳои овезони акустикӣ бояд дорои хусусияти ҳарорати обшавии на камтар аз 750 С⁰ бошанд [1,4,10].

Дар фазои зершифтӣ чуноне, ки қайд гардида буд, коммуникатсия ва таҷҳизоти муҳандисӣ, аз қабилӣ системаҳои ҳавотозакунӣ, равшанӣ ва барқӣ, таҷҳизоти садотаъминкӣ ҷойгиронида шуда, онҳо зарурати хизматрасониҳои доимиву даврӣро ба миён меоваранд. Аз ин лиҳоз, конструксияи интихобшуда бояд имконияти назорату хизматрасониҳои муҳандисиву техникаи онҳоро таъмин намояд.

Ҳалли конструктивии шифтҳои овезони акустикӣ вобаста ба намуди унсури рӯйбастӣ ва тарзи пайвастанӣ ба конструксияҳои борбардори болопӯшу бомпӯшҳо фарқ намуда, он метавонад дар таркиби худ унсурҳои дар бар гирифта бошад, ки фурубарӣ ва садомуҳофизиро дар ҳуҷраҳо таъмин карда, ҳамзамон сатҳи ғалоғуларо коҳиш медиҳанд ва инъикоси номуносибӣ садоро пешгирӣ менамоянд. Вазифаҳои асоситарини онҳо фурубарии мавҷҳои садо, инъикос ва паҳн намудани садо дар тамоми ҳаҷми ҳуҷраҳо мебошад.

Таркиби конструктивии шифтҳои овезони акустикӣ аз як қатор унсурҳои зерин метавонад иборат бошад:

1. Системаҳои овезоншаванда аз мақтаҳои филизий ё пластикӣ, ки бевосита ба шифти асосӣ (болопӯш ва конструксияҳои борбардори бом) овезон карда мешаванд, иборатанд.

2. Лавҳаҳои акустикӣ аз маъданпахта, пенополистирол, нахи шишагин ё масолеҳҳои дигаре, ки дорои хусусиятҳои баланди садофурубарӣ доранд ва дар корхонаҳои истеҳсоли омода мегарданд.

3. Рӯйбастии ороишӣ (декоративӣ) метавонанд аз лавҳаҳои рангардашуда, ламиниронишуда ё сатҳи ороишдошуда иборат бошад.

4. Унсурҳои иловагӣ, масалан, мақтаҳои кунҷӣ барои ороиши тарафҳои шифт, панҷараҳои ҳавотозакунӣ системаҳои ҳавоқашӣ.

Таҳлили таҳқиқи таҷрибаи муосири лоихақашӣ, бунёд ва истифодабарии ШОА имкон медиҳанд, ки онҳоро ба тарзи зайл гуруҳбандӣ намоем:

- *яклухт*. Намуди мазкури шифт бо васли аз девор то девори лавҳаҳои акустикӣ, ки тамоми фазои шифтро пур мекунад, иборат аст;

- *порчаи шифт*. Қисме аз шифти овезон, ки дар баъзе аз ҷойҳои нишондиҳандаҳои хуби акустикиро талаб мекунад, васл карда мешавад;

- *лавҳаҳои акустикаи дар алоҳидагӣ пешбинӣ шуда*. Лавҳаҳо, ки бо мақсади пешбинӣ намудани ҳузуру ҳаловати акустикӣ дар қисматҳои махсус ҷудошудаи ҳуҷраҳо ва ё ҳамчун унсури иловагӣ насб мегарданд.

Хулосаҳо

Акустикаи меъморӣ-сохтмонӣ яке аз нақшҳои асоситарину калидиро дар ташаккули муҳити садои мусоид, ки талаботи таъйиноти бино бояд ҷавобгӯ бошад, мебозад. Нишондиҳандаҳои муҳими акустикӣ

аз вақти ревербератсия, садомуҳофизӣ, коэффитсиенти садофурубарӣ, якҷинсагии акустики ва сатҳи садо иборат буда, баназаргирии онҳо дар лоиҳакашии акустики биноҳо зарур аст.

Шакли меъморӣ ва геометрии ҳуҷраҳо ба паҳншавӣ, инъикос, ҷамъшавӣ ва таҳрифи садо дар онҳо таъсири назаррас дошта, бояд дар марҳалаҳои ниҳони лоиҳакашии биноҳо назар гирифта шаванд.

Манбаи назариявии дизайни акустикӣ яке аз васоитҳои зарурӣ барои таъмини талаботи меъёрӣ, баланд бардоштани сифати муҳити меъморӣ ва ҳузуру ҳаловати акустики истифодабарандагони биноҳо мебошад.

Муқарриз: Муқимов Ғ.С. — доктори меъморӣ, профессори кафедраи дизайни муҳити меъморӣ ва тармики ДЛПТ ба номи академик М.С. Осимӣ

Адабиёт

1. Ahn, J., & Han, J. Advanced Topics in Acoustics: Insights into Architectural Acoustics. Berlin, 2017. Springer.
2. Архитектурная физика / под ред. Н.Ф. Оболенского. – М. : Стройиздат, 2005. – 443 с.
2. Блази, В. Справочник проектировщика / В. Блази. – М. : Техносфера, 2005. – 536 с.
3. Бутко О. Архитектурная акустика, ее особенности и применение // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 1–30 мая 2015. Белгород, 2015. С. 1647–165.
4. Гольдштейн, А. А. Основы акустического проектирования в архитектуре. [Текст] / А. А. Гольдштейн // Архитектура-С. - Москва, 2008. – С. 118-124.
5. Гусев, Н.М. Основы строительной физики / Н.М. Гусев. – М. : Стройиздат, 1975. – 278 с.
6. Ильичев И.А., Рыжих И.Н. Архитектурная акустика // Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 2016. С. 2672–2675.
7. Ковригин, В.М. Архитектурно-строительная акустика / В.М. Ковригин, С.И. Крышов. – М.: Высшая школа, 1986. – 218 с.
8. Мельников Е.Д., Агеенко М.В. Архитектурно-строительная акустика. Воронеж. гос. архитектурно-строительный ун-т, 2015. 60 с. URL: <https://www.iprbookshop.ru/54990.html>.
9. Овсянников, С.Н. Распространение звуковой вибрации в гражданских зданиях / С.Н. Овсянников. – Томск : Изд-во ТГАСУ, 2000.
10. Шершнева, А. И. Акустический дизайн: теория и практика. [Текст] / А. И. Шершнева // Архитектура и строительство - М: Прогресс, -2011. – С. 142-146.

МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФОН – СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - AUTHORS' BACKGROUND

TJ	RU	EN
Ашурзода Бахтиёр Саидкул унвонҷӯӣ	Ашурзода Бахтиёр Саидкул соискатель	Ashurzoda Bakhtiyor Saidkul applicant
Донишгоҳи техникии Тоҷикисон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi
E-mail: kapitelh@mail.ru		

УДК 712.25+711.58:72.03(091), (0.034.2)

РАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТНОГО ИСКУССТВА В АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ГОРОДА**Ф.З. Мирзоева, Г.Ф. Садиева**

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье рассматриваются особенности применения ландшафтных решений в архитектурно-градостроительном развитии городов. Это включает в себя как реставрацию исторических зелёных массивов, так и внедрение новых форм озеленения, способствующих гармонизации городской среды. Таким образом, можно сделать вывод о том, что полученные результаты ландшафтных решений в соответствии с городским планированием, направлены на усовершенствование городской среды в целом.

Ключевые слова: архитектурно-градостроительная среда, ландшафтное искусство, озеленение, города Таджикистана, благоустройство, урбанизация, экологическая устойчивость, историко-культурное наследие, городская среда.

РУШДИ САНЪАТИ ЛАНДШАФТӢ ДАР МУҲИТИ МЕЪМОРӢ-ШАҲРСОӢ**Ф.З. Мирзоева, Г.Ф. Садиева**

Дар мақола хусусиятҳои истифодаи қарорҳои ландшафти дар рушди меъморӣ ва шаҳрсозии шаҳракҳо баррасӣ карда мешавад. Ин барқарорсозии массивҳои таърихӣ манзаравӣ ва ҳам чорӣ қардани шаклҳои нави сабзакорию дар бар мегирад, ки ба ҳамоҳангсозии муҳити шаҳрӣ мусоидат мекунад. Ҳамин тариқ, метавон хулоса кард, ки натиҷаҳои бадастомадаи қарорҳои ландшафти тибқи банақшагирии шаҳр ба тақмили муҳити шаҳрӣ дар маҷмӯъ равона карда шудаанд.

Калидвожаҳо: муҳити меъморӣ ва шаҳрсозӣ, санъати ландшафти, кабудизоркунӣ, шаҳрҳои Тоҷикистон, ободонӣ, урбанизатсия, устувории экологӣ, мероси таърихӣ фарҳангӣ, муҳити шаҳр.

THE DEVELOPMENT OF LANDSCAPE ART IN THE ARCHITECTURAL AND URBAN ENVIRONMENT OF THE CITY**F.Z. Mirzoeva, G.F. Sadieva**

The article discusses the features of the application of landscape solutions in the architectural and urban development of cities. This includes both the restoration of historical green areas and the introduction of new forms of landscaping that contribute to the harmonization of the urban environment. Thus, it can be concluded that the obtained results of landscape solutions in accordance with urban planning are aimed at improving the urban environment as a whole.

Keywords: architectural and urban environment, landscape art, landscaping, cities of Tajikistan, improvement, urbanization, environmental sustainability, historical and cultural heritage, urban environment.

Введение

Ландшафтная архитектура представляет собой многогранную область, которая включает в себя проектирование, создание и реконструкцию открытых пространств как в городской, так и в сельской среде. Ключевым аспектом является гармоничное сочетание природных и искусственно созданных элементов ландшафта, что способствует формированию эстетически привлекательных и функциональных пространств.

Природный ландшафт в географическом контексте – однородный участок земли, ограниченный естественными границами, образующей взаимосвязанное единство из природных компонентов, таких как рельеф, почва, вода, растительность и животный мир [1]. В ландшафтной архитектуре основным принципом является экологическая устойчивость, которая включает в себя использование природных ресурсов с минимальным воздействием на окружающую среду. Это предполагает создание зелёных зон, эффективное использование водных ресурсов и выбор растительности, оптимально адаптированной к местным климатическим условиям. Важным также является принцип чувствительности к контексту, который требует учёта культурных, исторических и социальных особенностей региона при проектировании.

Материалы и методы исследования заключаются в выявлении ключевых направлений развития ландшафтного искусства в архитектурно-градостроительной среде города, а также определении эффективных подходов к формированию экологически устойчивого и эстетически выразительного ландшафтного пространства на основе анализа современных тенденций и региональных особенностей, в том числе с учётом природно-климатических условий Таджикистана. Особо стоит отметить, что в современных условиях актуализируется задача улучшения качества жизни населения, повышение экологической устойчивости и сохранение культурного наследия.

Объектом исследования выступает ландшафтная организация городской среды в условиях современного градостроительства. Методы и приёмы ландшафтной архитектуры направлены на формирование комфортной, функциональной и экологически устойчивой городской среды с использованием природных, культурных и технологических ресурсов.

Городское озеленение представляет собой важный элемент ландшафтной архитектуры городской среды. Оно играет ключевую роль в создании комфортных условий городской среды, особенно в условиях изменяющегося климата. В Таджикистане, где преобладают горные и засушливые территории, зелёные насаждения способствуют смягчению климатических условий, улучшению качества воздуха и повышению уровня жизни населения.

Таджикистан характеризуется континентальным климатом с жарким летом и холодной зимой. Среднегодовая температура в стране увеличивается в связи с глобальными изменениями климата, что наблюдается в сокращении количества морозных дней и увеличении числа жарких дней с температурой

свыше 40°C. Эти изменения оказывают влияние на городскую инфраструктуру и требуют адаптации зелёных зон.

Роль озеленения в городской среде весьма разнообразна:

снижение температуры: деревья и кустарники создают тень, что помогает уменьшить эффект «городского тепловыделяющего городка»;

- очистение воздушного баланса: (аспирация-вдыхание) использование больше растительности, поглощающей углекислый газ, пыль и фильтрующей загрязненную среду;

защита от затопления и паводков: зеленая территория (зона рекреации, растительность) способствует снижению и удержанию влаги и предотвращению разрушения почвы;

зелёные пространства, предназначенные для организации отдыха населения, улучшения микроклимата, состояния атмосферного воздуха и санитарно-гигиенических условий;

повышение качества жизни: парки и скверы создают комфортные условия для отдыха и физической активности.

Однако, несмотря на очевидные преимущества, развитие зелёной инфраструктуры сталкивается с рядом проблем:

- недостаток воды: в условиях засушливого климата необходимо эффективное управление водными ресурсами;

- городская застройка: рост городов ведёт к сокращению зелёных зон;

- экологические риски: повышение температуры и изменение режима осадков могут негативно сказаться на растительности.

Для решения этих проблем необходимы устойчивые методы озеленения, такие как использование засухоустойчивых растений, внедрение систем капельного орошения, создание «зелёных крыш» и вертикальное озеленение зданий.



Рисунок 1,2 – Решение природных экосистем в пространстве города



Рисунок 3 – Зеленый город Душанбе

Особое значение приобретает концепция «зелёного города», включающая в себя использование местных видов растений, минимизацию водопотребления, повышение доли проницаемых поверхностей и интеграцию природных экосистем в структуру города. Это способствует снижению температурного эффекта городских тепловых островов, улучшению качества воздуха и восстановлению городской флоры и фауны (рис. 1-3).

Ландшафтное искусство не только выполняет экологические и санитарно-гигиенические функции, но и играет важную роль в формировании визуального облика города и укреплении его культурной идентичности. Правильно организованное озеленение способно подчеркнуть историко-культурное наследие, создать узнаваемые образы городской среды, а также укрепить эмоциональную связь жителей с местом проживания. Артикулированные зелёные оси, бульвары, парки и площади становятся не только местами отдыха, но и важными элементами урбанистического ландшафта, влияющими на поведение, восприятие и качество жизни горожан. Архитектурно-ландшафтные решения, учитывающие местную специфику, усиливают уникальность городского пространства и способствуют развитию локальной идентичности (рис.4).



Рисунок 4 – Проект жилого комплекса с «зелеными крышами» на этажах в г. Душанбе

В Таджикистане в силу специфических природно-климатических условий - жаркого и засушливого климата, ограниченности водных ресурсов и сложного рельефа - формирование ландшафтных пространств требует индивидуального подхода. Важную роль играют адаптивные решения, основанные на использовании ксерофитных и засухоустойчивых растений, а также систем капельного и подземного орошения.

Потенциал для развития ландшафтного искусства в Таджикистане велик. Города обладают богатым культурным и природным наследием, которое может быть гармонично интегрировано в современные архитектурно-градостроительные проекты. Необходимо уделять внимание формированию зелёных каркасов, озеленению дворовых и общественных пространств, созданию городских садов и «зелёных улиц», особенно в малых и средних городах (рис. 5-7).

Озеленение городов и мероприятия по их благоустройству представляют собой ключевые элементы адаптационных стратегий к последствиям изменения климата в условиях Таджикистана. Формирование и расширение зелёных территорий способствует стабилизации экологических показателей, смягчению температурных колебаний и улучшению общего уровня жизни городского населения. Использование инновационных подходов, а также эффективное и рациональное управление природными ресурсами являются основой для формирования устойчивой, экологически сбалансированной и комфортной городской среды.

Не менее значимым является обеспечение удобства городской инфраструктуры для её обитателей, что предполагает наличие развитой сети объектов обслуживания, рекреационных и культурно-досуговых пространств. Градостроительная среда при этом должна учитывать историко-культурные особенности конкретной территории и способствовать поддержанию благоприятного экологического фона. Тем не менее, в процессе реализации проектов по благоустройству и модернизации городской инфраструктуры выявляется немало трудностей и барьеров.



Рисунок 5 – Градостроительный проект с организацией ландшафта
Рисунок 6 и 7 – Зеленая среда и благоустройство города Душанбе и Дангары

Для повышения показателей Индекса качества городской среды необходимо детально анализировать факторы, влияющие на снижение оценки, и планомерно устранять выявленные недостатки посредством целевых мероприятий и системного подхода к улучшению городского пространства. Также важно взаимодействие с населением через публичные обсуждения, собрания и опросы, чтобы учесть их потребности при планировании городских проектов.

С ростом урбанизации растёт потребность в зелёных пространствах, которые являются важной частью городской инфраструктуры. Активное строительство жилых и общественных комплексов ведёт к уничтожению исторических памятников и сокращению зелёных зон, что ухудшает экологические характеристики города. При развитии городов важно уделять внимание вопросам сохранения природы и создания экологически здоровой среды [2].

Грамотно организованная озеленённая инфраструктура оказывает значительное влияние на экологические параметры, улучшая качество жизни и укрепляя связи человека с природой [3].

Озеленённые территории выполняют как санитарно-гигиенические функции, так и формируют архитектурно-пространственную композицию городской застройки. Их наличие вдоль магистралей, на фасадах зданий и в общественных зонах улучшает восприятие города и укрепляет биофильные связи между человеком и природой.

В градостроительстве озеленённые территории фильтруют атмосферу города от негативных влияний, вредных выбросов техники и технологий, регулируют ветровые потоки очищая и снижая загрязненность воздуха и повышая ее влажность для более улучшения микроклимата городской среды.

С увеличением объёма транспорта и строительства площадь зелёных насаждений на улицах, площадях и дворах городов сокращается, что накладывает на архитекторов и ландшафтных дизайнеров ответственность за сохранение экологической безопасности региона. Проекты должны способствовать сохранению природного богатства и биоразнообразия, снижая антропогенное воздействие на окружающую среду.

Концепция «комфортной среды» заключается в том, что деревья и зелёные насаждения способствуют улучшению основных компонентов комфорта, таких как снижение температуры воздуха,

регулирование влажности, уменьшение скорости ветра, улучшение психоэмоционального состояния и снижение стресса.

В Европе и других странах мира развитие ландшафтной архитектуры связано с водными элементами (бассейны, фонтаны, каскады, водопады и др.), малыми архитектурными формами и скульптурой, а также зелёными зонами [4]. К примеру, в городе Мюнхен (Германия) ландшафтная архитектура играет ключевую роль в формировании визуального и функционального облика городской среды, особенно в контексте гармоничного взаимодействия с природным окружением. Бульвары, обсаженные зрелыми деревьями, обеспечивают визуально проницаемые и удобные пешеходные маршруты, связывающие жилые кварталы. Формированные живые изгороди эффективно экранируют первые этажи зданий, создавая уединённые зелёные дворы для жителей. Луговые парки с цветущими растениями выступают в роли декоративного партера перед архитектурными доминантами, подчеркивая монументальность общественных сооружений.

Кроме того, застройка в данном районе отвечает высоким стандартам энергоэффективности и соответствует классам от А+ до В, тем самым повышает комфортность в использовании ресурсов, вклад в сохранении окружающей среды.

Комплексное мероприятие с комфортной пространственной средой организации жилого района продумана с использованием улучшения микроклимата, защиты от экологических проблем и биоразнообразия. Особый интерес проявляется в проектировании внедрения существующих озелененных массивов и историко-культурных парков, к примеру таких, как Нимфенбургер, Хиршгартен, а также дворцовые парки на берегу реки Вюрм [5] (рис.8).



Рисунок 8 – Фрагмент территории зеленого каркаса Центральной дороги Мюнхена и прилегающих парков [5]



Рисунок 9 – Природный ландшафт Чоркух (Исфара)

Особое значение в сохранении биоразнообразия играет парк Хиршгартен в Мюнхене, который ранее использовался для разведения фазанов. В парке чётко разделяются зелёные пространства для людей, включая стриженные поляны и холмы с видовыми скамейками.

В рамках данного исследования особое внимание уделяется также и комплексному анализу исторических центров ряда городов Таджикистана, включая Худжанд, Истаравшан, Пенджикент, Исфару и Гиссар (рис. 9). Эти города представляют собой ценные градостроительные объекты, обладающие уникальной объемно-пространственной структурой, сложившейся в процессе длительного исторического развития. Особый интерес представляют архитектурные ансамбли и некоторые здания, которые формируют традиционность городской застройки с использованием методов культурных особенностей. Уникальность этих зданий заключается в изящном и оригинальном выполнении декоративного убранства и придания архитектурному образу традиционный стиль древних культурных ценностей. Особенностью

данных городских территорий является историко-культурная градостроительная среда, включающая в себя культурные ландшафтные комплексы, городские природные парки, к примеру, на территории исторического музея города Худжанд, а также охраняемую территорию историко-культурного заповедника Гиссар. Историко-архитектурное наследие выполняет не только функцию сохранения природного и культурного многообразия, но также оказывают существенное влияние на формирование эстетического облика городской среды. Эти объекты способствуют поддержанию преемственности архитектурных традиций и обеспечивают сохранение уникальной идентичности территории.

Результаты

Среди ключевых компонентов культурного ландшафта особое значение имеют визуальные доминанты - виды, перспективы и панорамные раскрытия, формирующие пространственную композицию определённой местности. Именно они задают узнаваемость городской структуры и закрепляют её художественно-архитектурный облик в общественном восприятии.

Кроме того, необходимо обратить внимание на малозаметные, но ценные элементы традиционной архитектуры, среди которых можно выделить декоративные компоненты фасадов, резные оконные и дверные наличники, оригинальные очертания крыш и ограждений. Несмотря на свою внешнюю скромность, подобные архитектурные детали несут значительную культурную и символическую нагрузку, акцентируя локальные особенности среды и формируя выразительную архитектурно-художественную атмосферу, как отдельных населённых пунктов, так и региона в целом.

Особое внимание заслуживают сельские населённые пункты и этнически самобытные районы, в которых до сих пор сохраняются элементы национальной архитектуры и традиционного образа жизни. Такие поселения обладают ярко выраженным этнокультурным колоритом. Их историко-архитектурная ткань отличается особой пластикой объёмов и богатой декоративной обработкой, выполненной в духе народного творчества, что придает территории ощущение поэтичности и глубокой аутентичности. Эти элементы являются неотъемлемой частью культурного наследия, формируя уникальную атмосферу и укрепляя связь поколений.

Как уже упоминалось ранее, историко-культурные центры наряду с природными ландшафтами существуют в тесной взаимосвязи, образуя единую пространственную и смысловую систему. Это взаимодействие способствует формированию новых качеств, обусловленных влиянием культурного слоя на природную среду, и наоборот [6]. Таким образом, интеграция природных и культурных компонентов позволяет не только сохранить историческое наследие, но и активно использовать его потенциал в целях устойчивого развития территорий.

Можно отметить, что необходимо рассматривать историко-культурные объекты в единой системе с ООПТ (особо охраняемыми природными территориями), обеспечивая тем самым функцией опорных точек или ядер ландшафтно-культурного каркаса. Таким образом, важную роль в конструировании региональной идентичности реализовывают структурные элементы, способствуя формированию устойчивой культурной среды и поддержанию целостности историко-ландшафтного пространства.

Обсуждение

Формирование и развитие ландшафтного искусства в условиях современной урбанизации становится важнейшим элементом устойчивого территориального развития. Ландшафтные элементы в архитектурной структуре города выполняют не только эстетическую и экологическую функции, но и становятся ключевыми маркерами региональной идентичности.

Их грамотное включение в общую систему благоустройства способствует созданию комфортной, функциональной и выразительной городской среды. В этой связи ландшафтная архитектура выступает не просто как дисциплина, направленная на озеленение, но как стратегический инструмент, позволяющий формировать уникальный архитектурно-пространственный образ города, отражающий его историческое, культурное и природное своеобразие.

Заключение

Результаты проведённого исследования подтвердили, что развитие ландшафтного искусства в архитектурно-градостроительной среде города требует комплексного подхода, основанного на глубоком понимании взаимосвязей между природными и культурными компонентами городской структуры. Для выявления пространственной организации природно-культурного комплекса применяют практическое решение ландшафтно-исторического подхода, предполагающее проведение архитектурно-ландшафтного, функционального и градостроительного анализа. Такой подход позволяет не только сохранять историко-природное наследие, но и гармонично интегрировать его в современные градостроительные процессы, обеспечивая преемственность культурных ценностей в городской среде.

Рецензент: Хасанзода Н.Н. — Доктор архитектуры, профессор кафедры «Архитектуры зданий и сооружений» ЛПГУ имени академика М.С. Осими.

Литература

1. Залеская Л.С., Микулина Е.М. Ландшафтная архитектура: Учебник для вузов. -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Стройиздат, 1979. -С. 7.

2. Киреева, Т. В. Комфортная городская среда – критерии / Т. В. Киреева // Ландшафтная архитектура и формирование комфортной городской среды: материалы XIV региональной научно-практической конференции / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – С. 3–8.

3. Ландшафтная архитектура и экологические технологии в городах / В. А. Щербаков // Проблемы экологии и охраны природы. – М.: Изд. дом «Геоэкология», 2015. – С. 102–112.

4. Мирзоева Ф. З. Развитие ландшафтного искусства в градостроительной среде Таджикистана: история и современность. Вестник ТТУ им. акад. М.С. Осими №2 (30) -2015. -С. 111.

5. ZentraleBahnhöfen München. Fuß- und Radwegekonzept. – URL: https://stadt.muenchen.de/dam/jcr:d22a80a8-38c2-45c9-be92-4066c562be15/zentrale_bahnflaechen_fuss_radwegekonzept.pdf 20.02.2022).

6. Качемцева, А. А. Синтез природного и рукотворного наследия в городском ландшафте / А. А. Качемцева // Ландшафтная архитектура и формирование комфортной городской среды: материалы XV региональной научно-практической конференции: сборник трудов/ответственный редактор О. П. Лаврова; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – С. 14–18.

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

TJ	RU	EN
Мирзоева Фируза Зокировна номзади меъморӣ, дотсенти кафедраи «Меъморӣ ва шаҳрсозӣ», профессори Академияи байналмиллалии меъморӣ дар Москва Евразия	Мирзоева Фируза Зокировна кандидат архитектуры, доцент кафедры «Архитектура и градостроительство», профессор МААМ Евразия.	Mirzoeva Firuza Zokirovna PhD in Architecture, Associate Professor of the Department of «Architecture and urban planning», IAAM Professor Eurasia.
ДТТ ба номи акадмик М.С. Осимӣ.	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.C. Osimi
E-mail: firuzal@mail.ru		
TJ	RU	EN
Садиева Гулсара Фаттоевна Муаллими калони кафедраи «Меъморӣ ва шаҳрсозӣ»,	Садиева Гулсара Фаттоевна Старший преподаватель кафедры «Архитектура и градостроительство»	Sadieva Gulsara Fattoevna Senior Lecturer Department of architecture and urban planning
ДТТ ба номи акадмик М.С. Осимӣ.	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.C. Osimi
E-mail: Sadievagulsara33@gmail.com		

УДК 712.25+711.4:711.58(575.3)

ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТА И СИСТЕМЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА МАЛЫХ ГОРОДОВ ТАДЖИКИСТАНА (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ПОДЧИНЕНИЯ)

Г.Ф. Садиева, Ф.З. Мирзоева

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье рассматриваются основные этапы формирования ландшафта и благоустройства малых городов районов республиканского подчинения Республики Таджикистан. Проанализированы исторические предпосылки, особенности советского и постсоветского развития, а также современные тенденции в области ландшафтной архитектуры и благоустройства. Сделаны выводы о необходимости комплексного подхода к развитию городской среды с учетом экологических, культурных и функциональных факторов.

Ключевые слова: малые города, ландшафтная архитектура, благоустройство, Таджикистан, районы республиканского подчинения.

РАВАНДИ ТАШАККУЛИ ЛАНДШАФТ ВА СИСТЕМАИ ОБОДОНИИ ШАҲРАҶОИ ХУРДИ ТОҶИКИСТОН (ДАР МИСОЛИ НОҲИЯҶОИ ТОБЕИ ҶУМҲУРӢ)

Г.Ф. Садиева, Ф.З. Мирзоева

Дар мақола марҳилаҳои асосии ташаккули ландшафт ва ободони шаҳраҳои хурди ноҳияҳои тобеи Ҷумҳурии Тоҷикистон баррасӣ карда мешаванд. Заминаҳои таърихӣ, хусусиятҳои рушди шӯравӣ ва пасошӯравӣ, инчунин тамоюлҳои муосир дар соҳаи меъморӣ ландшафтӣ ва ободонӣ таҳлил карда шуданд. Хулосаҳо дар бораи зарурати муносибати комплексӣ ба рушди муҳити шаҳрӣ бо назардошти омилҳои экологӣ, фарҳангӣ ва функционалӣ бароварда шуданд.

Калидвожаҳо: шаҳраҳои хурд, меъморӣ ландшафтӣ, ободонӣ, Тоҷикистон, ноҳияҳои тобеи ҷумҳурӣ.

THE PROCESS OF FORMING THE LANDSCAPE AND LANDSCAPING SYSTEM OF SMALL TOWNS IN TAJIKISTAN (ON THE EXAMPLE OF DISTRICTS OF REPUBLICAN SUBORDINATION)

G.F. Sadieva, F.Z. Mirzoeva

The article examines the main stages of landscape formation and urban improvement of small towns in the republican subordination districts of the Republic of Tajikistan. It analyzes historical prerequisites, the specifics of Soviet and post-Soviet development, as well as modern trends in landscape architecture and urban improvement. Conclusions are drawn about the necessity of an integrated approach to urban environment development, taking into account ecological, cultural, and functional factors.

Keywords: small towns, landscape architecture, urban improvement, Tajikistan, republican subordination districts.

Введение

Развитие ландшафта и благоустройства малых городов Таджикистана имеет свои особенности, обусловленные климатическими условиями, рельефом местности, историко-культурными традициями и этапами социально-экономического развития. Малые города, расположенные в районах республиканского подчинения, выполняют не только функции административных узлов, но также являются важными звеньями в аграрной экономике и центрами культурной координации и взаимодействия.

Малые города, несмотря на свою компактность по сравнению с крупными мегаполисами, играют существенную роль в культурной и экономической жизни любой страны, формируя важное звено в общей системе территориального устройства. Эти населённые пункты выступают не только хранителями локальных традиций и историко-культурного наследия, но и представляют собой значимые центры занятости населения, обладая развитой производственной базой. Процесс их становления и дальнейшего развития способен выступать ключевым элементом в стратегии устойчивого роста, способствуя не только улучшению условий проживания местного населения, но и созданию предпосылок для стабильного экономического прогресса на местах.

Материалы и методы исследования заключаются в рассмотрении основных этапов формирования ландшафтной организации и благоустройства малых городов, расположенных в зонах республиканского подчинения, а также в выявлении их планировочных особенностей, проблемных зон и перспектив дальнейшего развития как природного, так и антропогенного ландшафта. Исследование данной статьи включает историко-градостроительный анализ и рассмотрение современного состояния указанных населённых пунктов.

На территории Таджикистана особую роль играют малые города и посёлки, входящие в состав районов республиканского подчинения (Гиссар, Турсунзаде, Рудаки, Ромит, Шахринав, Вахдат и др.) (рис. 1, 2). Эти населённые пункты характеризуются богатым историческим наследием, разнообразием природного рельефа и стратегическим местоположением. Их эволюция отражает ключевые этапы урбанистического развития страны: от активного строительства в советский период до современных процессов модернизации и восстановления.



Рисунок 1– Ландшафт и благоустройство историко-культурного Гиссарского заповедника



Рисунок 2 – Городской ландшафт современного Турсунзаде

Исторические изменения, происходившие на протяжении XX–XXI веков, оказали значительное влияние на планировочную структуру этих городов, характер озеленения и качество благоустройства. Урбанистическое развитие в данных районах всегда находилось под влиянием общих архитектурных и градостроительных тенденций, характерных для республики в целом.

На ранних этапах малые поселения формировались вокруг ключевых природных ресурсов - источников воды, плодородных земель и торговых путей. Традиционная планировка включала узкие улочки, внутренние дворы и небольшие сады, что обеспечивало защиту от климата и максимальное использование природных условий. [1].

В научных трудах по озеленению и благоустройству, рекреационных территорий городов и поселений Ф.З. Мирзоева отмечает, что большую ценность представляют в горах рекреационные ресурсы для создания улучшенного микроклимата в границах территории комплекса, охране окружающей среды и обогащению ландшафта малых и средних городов.

В настоящее время в городах и районах Таджикистана выполняется ряд программ по реализации комплексных работ проектирования и планирования культурных центров для развития личности и патриотизма к национальным традициям [2].

В своей книге М.Исмаилов отмечает, что формирование ландшафтного искусства и озеленённые территории города нашей страны в принципе, как положительный фактор можно расценивать присоединения территории Республики Таджикистан к России, тем самым такое влияние можно заметить

в организации парков и скверов, развитии государственных учреждений и производственных предприятий [3].

Применение современных строительных материалов, таких как железный кирпич, и устройство деревянных полов в домах знаменовали собой новый этап в архитектуре городов. Однако активная застройка нарушала традиционный средневековый облик таких городов, как Самарканд, Худжанд, Ура-Тюбе. В конце XIX века администрация Худжанда заложила первый городской сквер, разбитый в 1893 году на территории площадью около гектара.

В советский период (с 1920-х по 1990-е годы) развитие малых городов приобрело плановый характер. Началась реализация генеральных планов, закладывались парковые зоны, площади, осуществлялось благоустройство улиц и общественных пространств. В озеленении использовались как местные, так и привнесённые виды растений. Благоустройство носило более формализованный характер: регулярные планировки, посадка аллей, устройство фонтанов.

По сведениям Мукимова Р. С. и Мамаджановой С. М., во второй половине 1950-х годов в Таджикистане наблюдалась творческая трансформация архитектурной деятельности. Проектирование новых городов, таких как Яван и Регар (ныне Турсунзаде) (1964-1965 гг., архитекторы Митайкина Л.Г., Тихонова З.Д., Орлов П.Б., Смыслов И.П.), было обусловлено строительством ключевых промышленных объектов - алюминиевого завода и электрохимического комбината в Яванской долине и крупного алюминиевого завода близ города Турсунзаде – двух основных потребителей энергии Нурекской ГЭС.

В эти годы были выполнены и утверждены проекты генеральных планов других городов Таджикистана и рост городского населения, образование новых городов, увеличение капитальных вложений в жилищное строительство республики предопределили направленность градостроителя, которое один из важнейших задач являлось озеленение и благоустройства городов.

Постепенно формировалась ландшафтная архитектура и благоустройство наряду со зданиями и сооружениями, изменяя в лучшую сторону облик городов» [4]. Также для улучшения и восстановления атмосферного воздуха городов правительство выдвинуло несколько задач по сокращению выбросов вредных газов, высокой концентрации автомобильного движения, пыли и изменения климата. Посадка деревьев вдоль дорог впечатляет красивый обзор, создавая зеленую полосу и тень для отдыхающих, а главное они поглощают углекислый газ и выделяют обогащенный кислород, очищая воздух в районах с высокой концентрацией движения машин. Кроме этого, в жаркую погоду озеленение помогает от перегрева, создавая комфортные условия [5].

После 1991 года малые города столкнулись с экономическими трудностями, что привело к замедлению темпов благоустройства. Однако в последние десятилетия наметились положительные изменения: развитие новых парков, реконструкция старых скверов, появление элементов современной ландшафтной архитектуры. Акцент стал делаться на экологичность, устойчивость и адаптацию пространств под нужды населения.

В целях реализации Национальной программы «Зеленая страна» на период 2023-2027 гг. запланировано озеленить площадь более 4 тысяч га до конца 2025 года, посадками в 65 миллионов деревьев и кустарников. Данная программа направлена по снижению негативного воздействия на окружающую среду с реализацией проекта на два этапа: первый – с 2023-2025 г., и второй – с 2026-2027 г. включительно [5]. По этому случаю до 2040 года принята Государственная программа Республики Таджикистан по озеленению городов [6].

Малые города часто обладают уникальной историей и культурным наследием. Развитие туризма за счёт реставрации исторических зданий, природных ландшафтов и благоустройства, создания культурных маршрутов и фестивалей привлекает туристов и способствует развитию гостиничного бизнеса, ресторанов и местных ремёсел. Экотуризм и агротуризм также могут стать важными направлениями для малых городов, находящихся рядом с природными заповедниками или сельскими регионами (рис.1).

По статистическим данным районы республиканского подчинения являются вторым показателем по занимаемой площади среди регионов страны и величине около 28 тыс. 600 км², где плотность населения составляет – 68,9 чел. на 1 км². По демографическому анализу можно выявить, что таджикская нация составляет основную часть населения – 85%, меньшинство - 12% составляют узбеки и лакайцы, а также занимают остальную часть русские, киргизы, татары и др. Подробно можно перечислить состав РРП, в который включаются 13 районов: Гиссарский, Вахдатский, Варзобский, Нурабадский, Раштский, Рогунский, Лахш, Рудаки, Шахринавский, Турсунзадевский, Сангвор, Таджикибадский, Файзабадский. Эти районы находятся на горной территории, которые считаются одним из актуальных вопросов по развитию малых городов [7].

В научной работе доктора архитектуры Акбаров А. А. приведены исследования формирования малых населенных мест, где отмечено, что наша страна – горный регион, где 93% территории земли занимают горы. Поэтому для решения градостроительных вопросов по развитию расселения в зонах горных и предгорных регионов на сегодняшний день становится наиболее важной перспективной задачей по сохранению окружающей природной среды, социального качества и комфортной жизни населения [8].

Результаты

Следует отметить, что в советский период средние и малые города на территории Республики Таджикистан получили новый импульс развития благодаря политике индустриализации и урбанизации. Были построены заводы, фабрики, школы и культурные учреждения, в которых ландшафтная среда играла важную роль в архитектурном облике городов. Инфраструктура городов значительно улучшилась, и многие из них стали индустриальными центрами с преобладанием лёгкой и пищевой промышленности. К этим городам относятся - город Турсунзаде, где находится промышленный алюминиевый завод, Шахринавский шелковый комбинат, Шахринавский консервный завод и т.д., которые до сегодняшнего дня богаты природным ландшафтом, местом отдыха, а также развитием промышленности (рис. 3, 4).



Рисунок 3 – Организация ландшафта в центре города Шахринав



Рисунок 4 – Организация ландшафта в центре города Шахринав

После распада Советского Союза малые города Таджикистана столкнулись с серьёзными экономическими трудностями, обусловленными переходом к рыночной экономике и последствиями гражданской войны в 1990-х годах. Тем не менее, в последние годы наблюдается восстановление этих населённых пунктов, чему способствовало развитие сельского хозяйства, торговли и улучшение транспортной инфраструктуры.

Обсуждение

Многие малые города региона активно стремятся адаптироваться к современным экономическим вызовам, развивая туризм, сельское хозяйство и малый бизнес, что играет ключевую роль в их экономическом возрождении и дальнейшей урбанизации.

Среди известных малых городов Западного Таджикистана можно выделить Исфару, Пенджикент и Канибадам, каждый из которых обладает уникальной историей и культурным наследием.

В 1991 году после получения независимости Таджикистаном произошли изменения в административно-территориальном делении. Были образованы районы республиканского подчинения, которые получили особый статус и стали важнейшими центрами управления и распределения ресурсов. Эти районы часто включали крупные города и агломерации, что способствовало их экономическому росту.

Современные тенденции. Сегодня в малых городах и районах республиканского подчинения развивается подход к благоустройству, основанный на принципах:

- устойчивого развития;
- сохранения историко-культурной идентичности;

- использования местных материалов и растительности;
- вовлечения местного сообщества в процессы планирования и озеленения.

Важную роль играет создание рекреационных зон, пешеходных маршрутов, благоустройство набережных и общественных пространств.

Для создания в городских центрах эмоционально-действенной пространственной среды, рождающей светлые и радостные чувства, располагающей к общественному единению и вызывающей чувства удовлетворения и гордости достижениями своей эпохи и своего народа в стране, широко привлекаются самые разнообразные средства художественной выразительности архитектуры, в том числе синтеза исторической и новой архитектуры, а также средства различных видов изобразительных и декоративных искусств, элементы городского благоустройства и ландшафта, элементы дизайна и информации (рис. 5, 6).

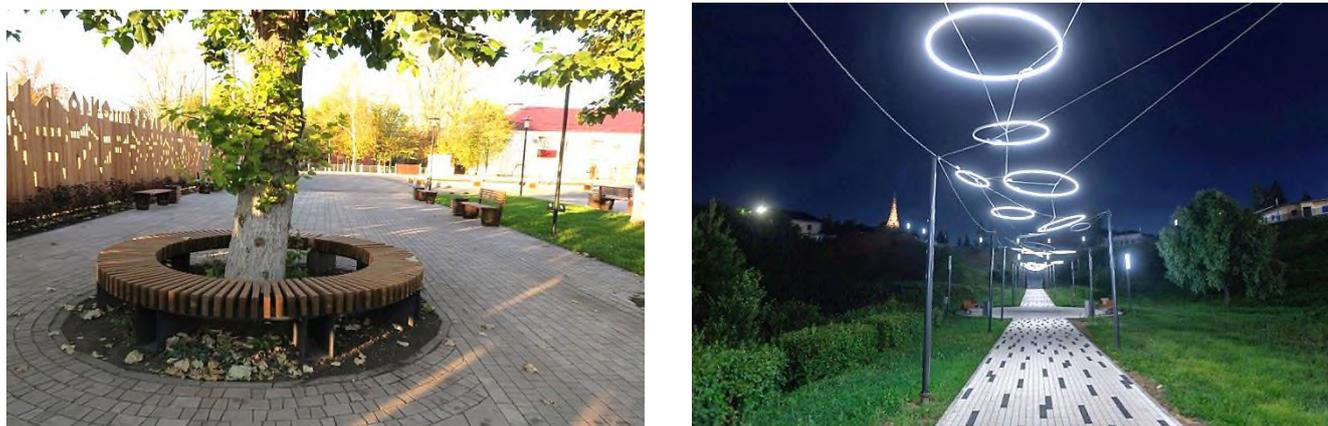


Рисунок 5 – Ландшафтный дизайн малых городов



Рисунок 6 – Ландшафт и благоустройство малых городов

Большой вклад в эту сферу градостроительства внесли архитекторы и художники Таджикистана, разрабатывающие проекты общественных центров фактически всех городов республики и посвятившие этой теме немало теоретических исследований и публикаций, отмеченных глубокой идейно-политической направленностью и целеустремленностью. К настоящему времени многие из проектных замыслов реализованы.

Заключение

Процесс формирования ландшафтной структуры и системы благоустройства малых городов Таджикистана прошёл через несколько исторических этапов, каждый из которых внёс вклад в формирование их архитектурного и пространственного облика. На современном этапе развития важным становится поиск равновесия между сохранением культурно-исторического наследия и внедрением принципов устойчивого развития. Применение комплексного подхода, в котором учитываются экологические, социальные и эстетические факторы, способствует созданию комфортной городской среды, положительно влияющей на качество жизни населения.

От профессиональных решений архитекторов и градостроителей напрямую зависит уровень благополучия и здоровья горожан. Все проектные мероприятия должны быть направлены на удовлетворение общественных потребностей и формирование высокого уровня городской культуры. Организация ландшафта и благоустройство городов должно быть продуманным в пользу общества и интересы каждого горожанина.

Рецензент: Хасанзода Н.Н. — Доктор архитектуры, профессор кафедры «Архитектуры зданий и сооружений» ЛЭГУ имени академика М.С. Осими.

Литература

1. Кончуков Н.П. Планировка сельских населённых мест: // учебное пособие для архитекторов и строит вузов - С. 189–190;
2. Мирзоева Ф.З. Формирование градостроительной среды города Душанбе: традиция и современность. Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. №4 (44) – 2018;
3. Исмаилов М. Ландшафтная организация и благоустройство городских территорий Таджикистана (традиции и современность): учебное пособие. – Душанбе- 2018. – С.62-63;
4. Мукумов Р.С., Мамаджанова С.М., Зодчество Таджикистана: // учебное пособие для архитекторов и строит вузов– Душанбе.Маориф - 1990. - С. 140-141.
5. <https://www.asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/society/20241007/tadzhikistan-ozelenit-bolee-4-tisyach-gektarov-do-kontsa-2025-goda-v-ramkah-programmi-zelenaya-strana>
6. <https://khovar.tj/rus/2024/06/>
7. [https://ru.ruwiki.ru/wiki/ РПИ Таджикистана](https://ru.ruwiki.ru/wiki/РПИ_Таджикистана)
8. АкбаровА.А. Архитектура горного Таджикистана: - Душанбе-2021. - С. 5.

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

TJ	RU	EN
Садиева Гулсара Фаттоевна	Садиева Гулсара Фаттоевна	Sadieva Gulsara Fattoevna
Муаллими калони кафедраи «Меъморӣ ва шаҳрсозӣ», ДТТ ба номи акадмик М.С. Осимӣ.	Старший преподаватель кафедры «Архитектура и градостроительство» ТТУ имени академика М.С. Осими	Senior Lecturer Department of architecture and urban planning TTU named after Academician M.C. Osimi
E-mail: Sadievagulsara33@gmail.com		
TJ	RU	EN
Мирзоева Фируза Зокировна	Мирзоева Фируза Зокировна	Mirzoeva Firuza Zokirovna
номзади меъморӣ, дотсенти кафедраи «Меъморӣ ва шаҳрсозӣ», профессори Академияи байналмиллалии меъморӣ дар Москва Евразия ДТТ ба номи акадмик М.С. Осимӣ.	кандидат архитектуры, доцент кафедры «Архитектура и градостроительство», профессор МААМ Евразия. ТТУ имени академика М.С. Осими	PhD in Architecture, Associate Professor of the Department of «Architecture and urban planning», IAAM Professor Eurasia. TTU named after Academician M.C. Osimi
E-mail: firuz.a.1@mail.ru		

УДК 624.012.4

ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ ИСТИФОДАИ АРМАТУРАИ ПҮЛОДӢ ДАР КОНСТРУКЦИЯҶОИ ОҶАНУБЕТОНӢ

И.Ш. Ашуров, И.С. Муминов

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

Дар мақола таҳлили муқоисавии арматураи пулодии синфҳои А500, А500С ва АIII (А400), ки дар хориҷа истеҳсол шуда, ба ҷумҳури ворид мегарданд, мутобиқ ба талаботи маҷмуи қоидаҳо (МК), ГОСТ Р 52544–2006, ГОСТ 34028–2016 ва ГОСТ 5781–82 анҷом дода шудааст. Параметрҳои асосӣ: муқовимати муваққатӣ (временное сопротивление — σ_b), ҳадди мустаҳкамӣ (предел текучести — σ_t) ва дарозшавии нисбӣ мавриди омӯзиш қарор гирифтанд. Номувофиқатӣ бо стандартҳои байнидавлатӣ дар маҳсулоти воридотӣ муайян гардида, барои баланд бардоштани мустаҳкамӣ, тарқишустуворӣ ва мазбутии биноҳо дар сохтмони кишвар пешниҳодҳо шудаанд.

Калидвожаҳо: арматураи пулодӣ, муқовимати муваққатӣ, ҳадди мустаҳкамӣ, дарозшавии нисбӣ, меъёрҳои лоиҳакашӣ, конструкцияҳои оҳанубетонӣ.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

И.Ш. Ашуров, И.С. Муминов

В статье проведён сравнительный анализ стальной арматуры классов А500, А500С и АIII (А400), производимой за рубежом и импортируемой в Таджикистан, в соответствии с требованиями СП (Свод правил) ГОСТ Р 52544–2006, ГОСТ 34028–2016 и ГОСТ 5781–82. Изучены основные параметры: временное сопротивление — σ_b , предел текучести — σ_t и относительное удлинение. Установлены несоответствия импортируемой продукции межгосударственным стандартам, и предложены меры по повышению прочности, трещиностойкости и надёжности железобетонных конструкций зданий и сооружений.

Ключевые слова: стальная арматура, временное сопротивление, предел прочности, относительное удлинение, проектные нормы, железобетонные конструкции.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE USE OF STEEL REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

I.Sh. Ashurov, I.S. Muminov

In the article a comparative analysis of steel reinforcement of classes А500, А500С and АIII (А400), produced abroad and imported to Tajikistan, in accordance with the requirements of SP (Code of Rules) GOST R 52544-2006, GOST 34028-2016 and GOST 5781-82 is carried out. The main parameters were studied: time resistance — σ_r , tensile strength — σ_s and relative elongation. The discrepancies of imported products to the interstate standards have been established, and measures to improve the strength, crack resistance and reliability of reinforced concrete structures of buildings and structures have been proposed.

Keywords: steel reinforcement, time resistance, ultimate strength, relative elongation, design standards, reinforced concrete structures.

Муқаддима

Дар бунёд қардани конструкцияҳои оҳанубетонӣ, арматураҳои пулодӣ нақши асосӣ бозида, қувваҳои дохилро қабул мекунанд. Арматураҳои пулодӣ дар унсурҳои оҳанубетонӣ ба қашидашавӣ ва фишурдашавӣ қар мекунанд. Одатан, дар бисёри маврид арматураҳои пулодӣ аз ҳисоби яқинса будани маҳсулот ба қашидашавӣ ва қатшавӣ санҷида мешаванд. Мувофиқати маҳсулот бо стандартҳои байнидавлатӣ аҳамияти қалон дорад [1-6]. Мақсади тадқиқот — муайян намудани ҷавобгӯии сифати арматураҳои пулодӣ, ки ба Ҷумҳурии Тоҷикистон аз хориҷи кишвар ворид мешаванд, бо стандартҳои байнидавлатӣ мебошад. Аз таҷрибаҳои илмӣ-тадқиқотӣ маълум гардид, ки ҳар қадаре ҳадди мустаҳкамӣ (дар зери мафҳуми қалмаи мустаҳкамӣ ҳадди ҷоришавӣ фаҳмида мешавад, ки дар пулодҳои нарм ва қайш ба назар мерасанд) ва муқовимати муваққатӣ баланд бошад, ҳамон қадар дарозшавии нисбӣ низ кам мегардад. Дар мақолаи [7] — нишондиҳандаҳои меъёрии арматураи пулодие, ки дар Русия истеҳсол ва истифода мешавад, бо нишондиҳандаҳои арматурае, ки дар кишварҳои Иттиҳоди Аврупо, ИМА ва Ҷопон истеҳсол мегардад, муқоиса шудааст.

Усули тадқиқот ва маҳсулоти санҷишӣ

Тадқиқот дар озмоишгоҳи назди Парки технологии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ аз соли 2022 то 2025 санҷиши намунаи арматураҳои пулодии қутрҳояшон Ø16, 18 ва 20 мм синфҳои А500С ва АIII (А400), ки дар хориҷа (Ширкати металлургии Khogasan намуди KSC СТ, Ширкати Евраз Каспиан Сталь) — истеҳсол шудаанд анҷом дода шуд.

Усули санҷишҳо:

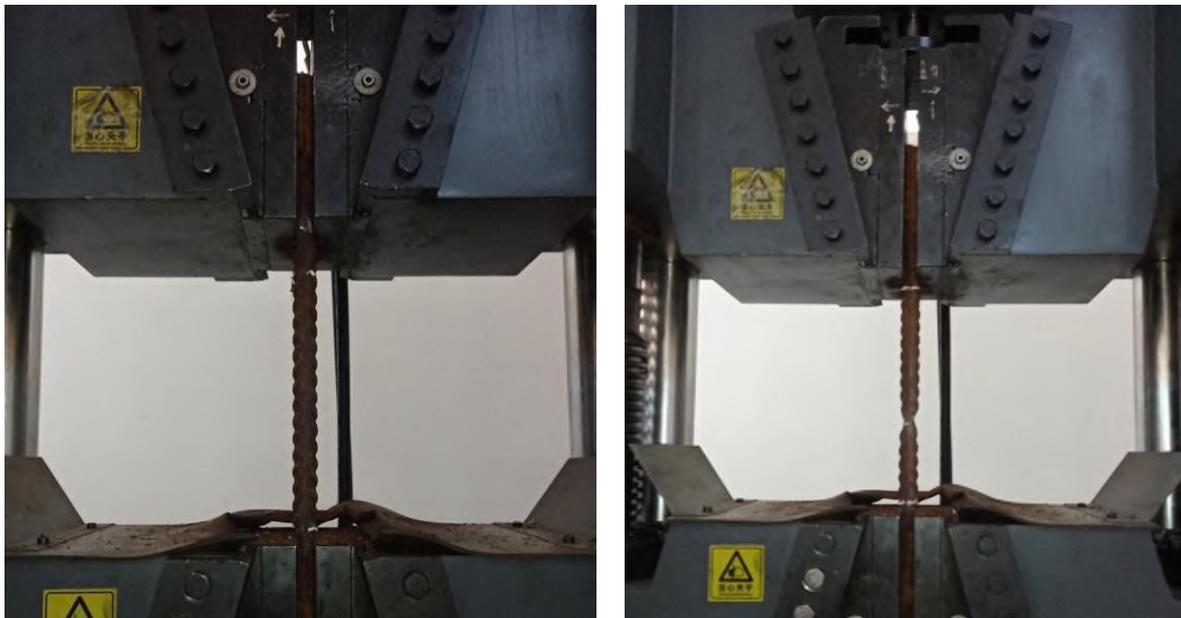
• Муайян намудани ҳадди мустаҳкамӣ — σ_t , (дар зери мафҳуми қалмаи мустаҳкамӣ, ҳадди ҷоришавӣ фаҳмида мешавад, ки дар пулодҳои нарм ва қайш ба назар мерасанд) бо истифода аз дастгоҳи

санҷиши универсалӣ WES-1000B мувофиқ ба талаботи ГОСТ 12004-81 дар расмҳои 1 ва 2 оварда шудаанд [1-4];

- Чен кардани муқовимати муваққатӣ — σ_v , мувофиқи ба талаботи ГОСТ 12004-81 [1-4];
- Ҳисоб кардани дарозшавии нисбӣ — δ , пас аз кандашавии намунаи таҷрибавӣ мувофиқи ГОСТ 12004-81 [1-4].

Муқоиса бо талаботи стандартҳои байнидавлатии зерин:

- ГОСТ 34028-2016 ва ГОСТ Р 52544-2006 барои синфҳои А500 ва А500С;
- ГОСТ 5781-82 барои синфи АIII (А400), гузаронида шуданд.



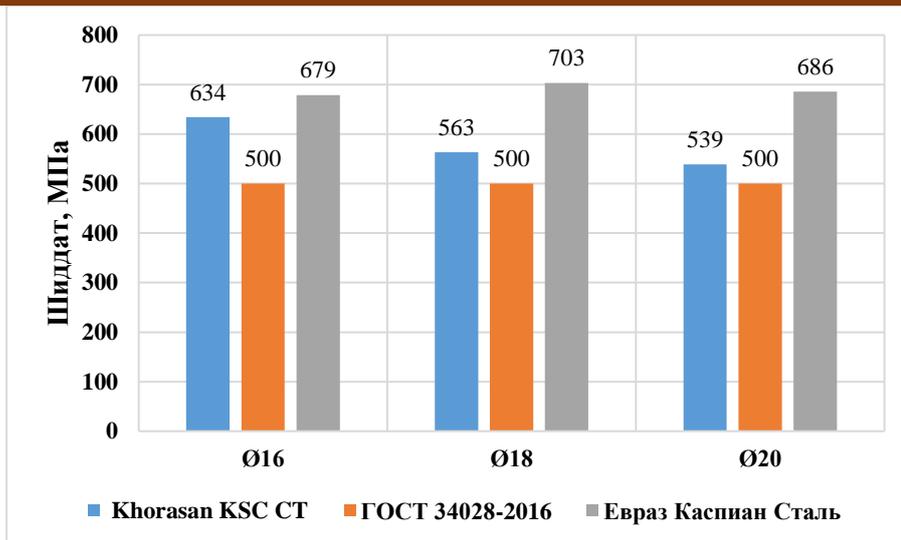
Расми 1 - Санҷиши намунаи арматураи пулодӣ дар дастгоҳи санҷиши универсалӣ WES-1000B



Расми 2 - Намунаҳои арматураи пулодӣ баъд аз санҷиши

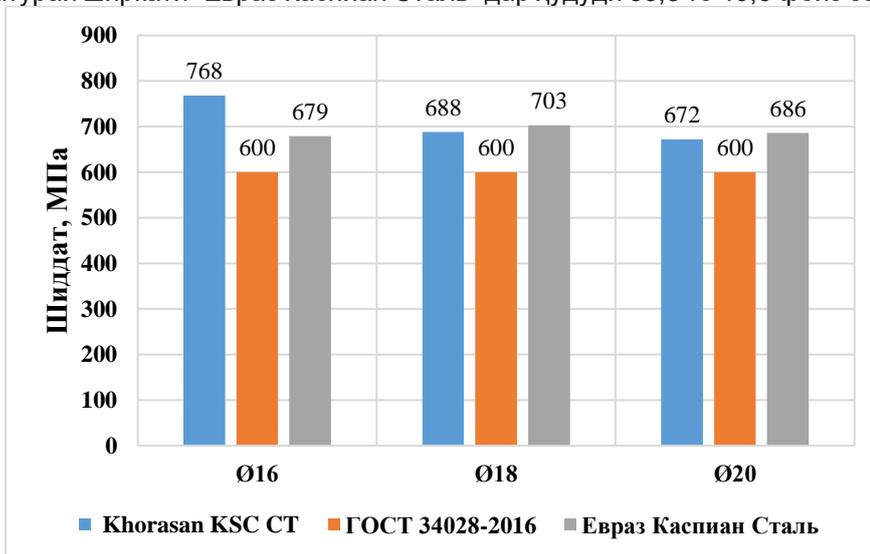
Натиҷаҳо ва муҳокима

Натиҷаи санҷиши хусусияти физикӣ-механикии арматураҳои пулодӣ синфҳои А500 ва А500С тибқи ГОСТ Р 52544-2006, ГОСТ 34028-2016 дар расмҳои 3, 4 ва 5 оварда шудаанд.



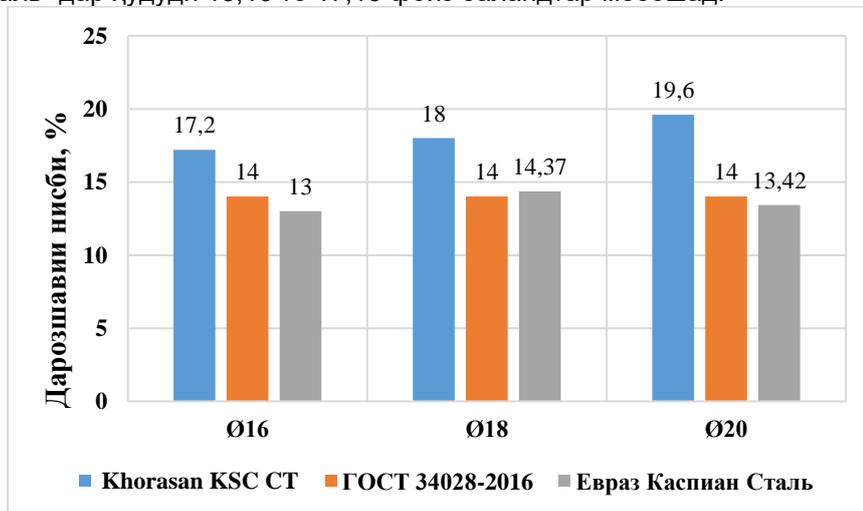
Расми 3 - Ҳадди мустаҳкамии миёнаи арматураи синфҳои A500 ва A500C

Тибқи маълумоти расми 3, нишондиҳандаи ҳадди мустаҳкамии миёнаи (дар зери мафҳуми калимаи мустаҳкамӣ, ҳадди чоришавӣ фаҳмида мешавад, ки дар пулодҳои нарм ва қайш ба назар мерасанд) арматураи истеҳсоли ширкати "Khorasan" аз меъёри муқаррарнамудаи ГОСТ дар ҳудуди 7,8 то 26,8 фоиз ва арматураи ширкати "Евраз Каспиан Сталь" дар ҳудуди 35,8 то 40,6 фоиз баландтар мебошад.



Расми 4 - Муқовимати муваққатии миёнаи арматураи синфҳои A500 ва A500C

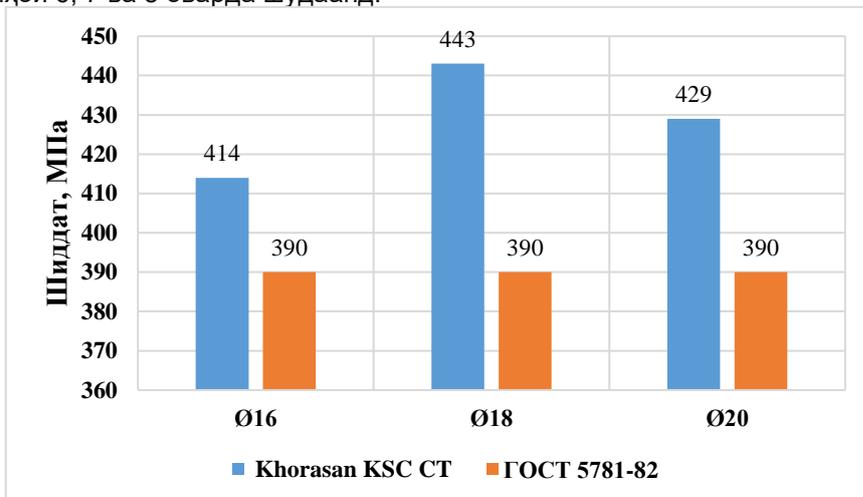
Тибқи маълумоти расми 4, нишондиҳандаи муқовимати муваққатии миёнаи арматураи истеҳсоли ширкати "Khorasan" аз меъёри муқаррарнамудаи ГОСТ дар ҳудуди 12,0 то 28 фоиз ва арматураи ширкати "Евраз Каспиан Сталь" дар ҳудуди 13,16 то 17,16 фоиз баландтар мебошад.



Расми 5 - Дарозшавии нисби миёнаи арматураи синфҳои A500 ва A500C

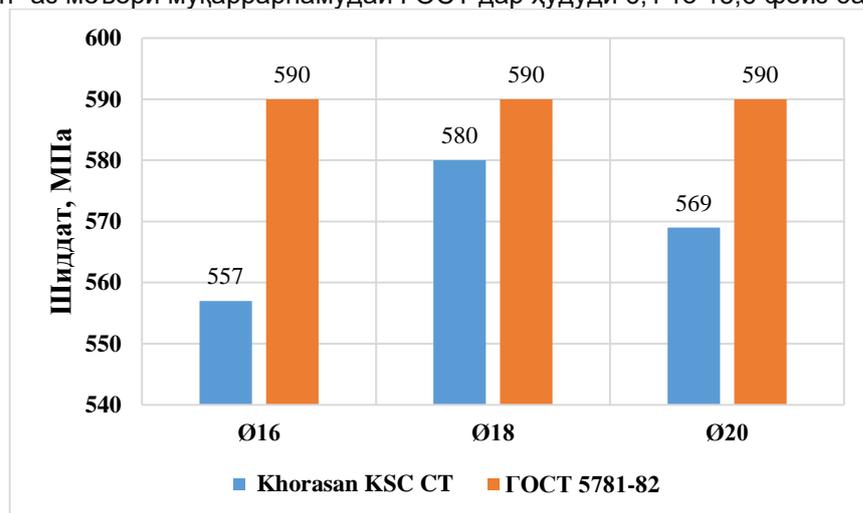
Тибқи маълумоти расми 5, нишондиҳандаи дарозшавии нисбии миёнаи арматураи истеҳсоли ширкати "Khorasan" аз меъёри муқаррарнамудаи ГОСТ дар ҳудуди 10 то 22,8 фоиз зиёд буда, дар ҳамин ҳол, арматураи ширкати "Евраз Каспиан Сталь" барои қутрҳои 16 ва 20 мм дар ҳудуди 4 то 7 фоиз аз меъёри муқаррарӣ камтар мебошад.

Натиҷаи санҷиши хусусияти физикӣ-механикии арматураҳои пулодӣ синфи АIII (A400) тибқи ГОСТ 5781-82 дар расмҳои 6, 7 ва 8 оварда шудаанд.



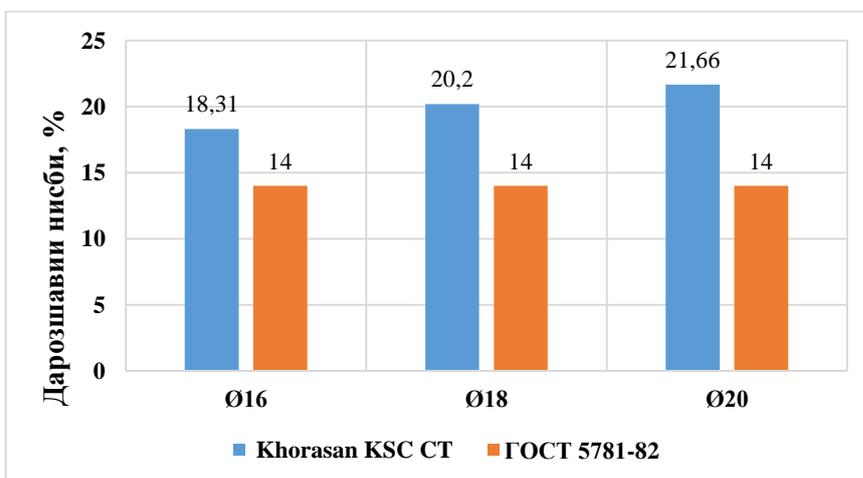
Расми 6 - Ҳадди мустаҳкамии миёнаи арматураҳои синфи АIII (A400)

Аз расми 6 дида мешавад, ки нишондиҳандаи ҳадди мустаҳкамии миёнаи арматураи истеҳсоли ширкати "Khorasan" аз меъёри муқаррарнамудаи ГОСТ дар ҳудуди 6,1 то 13,6 фоиз баланд мебошад.



Расми 7 - Муқовимати муваққатии арматураҳои синфи АIII (A400)

Аз расми 7 дида мешавад, ки нишондиҳандаи муқовимати муваққатии миёнаи арматураи истеҳсоли ширкати "Khorasan" аз меъёри муқаррарнамудаи ГОСТ дар ҳудуди 5,6 то 1,7 фоиз паст мебошад.



Расми 8 - Дарозшавии нисбии арматураҳои синфи АIII (A400)

Тибқи маълумоти расми 8, нишондиҳандаи дарозшавии нисбии миёнаи арматураи истехсоли ширкати "Khorasan" бо меъёри муқаррарнамудаи ГОСТ ҷавобгӯ мебошад.

Арматураи ширкати металлургии Khorasan, намуди KSC CT ҳадди мустаҳкамии нисбатан баланд ва дарозшавии нисбии зиёд доранд, ин метавонад нишондиҳандаи ноустувории маҳсулот бошад. Натиҷаҳои санҷиш нишон медиҳад, ки ҳадди мустаҳкамии баланд ва дарозшавии ниҳоят зиёд ин сабаби паст гаштани муқовимати муваққатӣ магардад. Илова бар ҳамин мавзӯ бояд қайд намуд, ки дар асоси таҳлилҳое, ки дар озмоишгоҳи мазкур гузаронида шудаанд, арматураҳои аз қутри 10мм то 14мм баракс мустаҳкамии начандон баланд ва дарозшавии нисбии начандон зиёд доранд, ки ба талаботи ГОСТ 5781-82 ҷавобгӯ набуда, ин боиси саргардонии чандинқаратаи фармоишгарон ва талафоти вақт дар раванди сохтмон мегардад [3,8].

Хулоса

1. Арматураҳои синфҳои А500 ва А500С истехсоли ширкатҳои "Khorasan" ва "Евраз Каспиан Сталь" аз рӯи ҳадди мустаҳкамӣ ва муқовимати муваққатӣ нишондиҳандаҳои баландтар аз меъёрҳои стандартиро нишон медиҳанд.

2. Дарозшавии нисбии миёнаи арматураи "Khorasan" мутобиқ ба талаботи ГОСТ буда, аз меъёри муқаррарӣ болотар мебошад, ҳол он ки дар маҳсулоти "Евраз Каспиан Сталь" камбуди ҷузъӣ мушоҳида мешавад.

3. Арматураи синфи А400-и ширкати "Khorasan" аз рӯи ҳадди мустаҳкамӣ ба талабот ҷавобгӯ, вале аз рӯи муқовимати муваққатӣ каме пасттар аст.

4. Барои баланд гардидани эътимоди сохтмончиён ва харидорони арматураҳои пулодӣ, ки аз хориҷи кишвар ба ҷумҳури ворид мешаванд, зарур аст, ки ба сифати маҳсулот таваҷҷуҳи ҷиддӣ зоҳир карда шавад. Тавсия дода мешавад, ки дар шаҳодатномаи сифати маҳсулот маълумот дар бораи синф, тамға, қутр, рақами партия, натиҷаҳои санҷиш ва номи озмоишгоҳ ба таври равшан нишон дода шаванд. Шаҳодатнома бояд дорои рақами қайди стандартизатсияшуда ва ишораи аккредитатсияи расмӣ озмоишгоҳи "Тоҷикстандарт" бошад.

Муқаррир: Низомов Ҷ.Н.- д.и.т., профессор, узви вобастаи АМЭИ. Мудири лабораторияи "Зилзилатобоварии бино ва иншоот"-и Институти геология, сохтмони ба заминҷунбӣ тобовар ва сейсмологияи АМЭИ.

Адабиёт

1. ГОСТ 34028-2016. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2019. — 46 с.
2. ГОСТ Р 52544-2006. Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2006. — 12 с.
3. ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. — Изм. №4. — 13 с.
4. ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. — М.: Издательство стандартов, 1981. — 12 с. (Официальное издание).
5. BS 4449:2005+A3:2016. Steel for the reinforcement of concrete. Weldable reinforcing steel. Specification. — BSI, 2016. — (Соответствует стандарту В500В, применяемому на Хорасонском комплексе).
6. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. — М.: Стандартинформ, 2021. — 32 с.
7. Мадатян С. А. Сравнительный анализ применения арматуры в железобетонных конструкциях в России и зарубежом // Вестник МГСУ. — 2013. — № 11. — С. 7–18.
8. МҚС ҚТ 52-03-2020. Конструкцияҳои бетонӣ ва оҳанубетонӣ Душанбе- 2022. — 141 с.

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

RU	TJ	EN
Ашуров Идрис Шарифхонович Старший преподаватель	Ашуров Идрис Шарифхонович Муаллими калони	Ashurov Idris Sharifkhonovich Senior Lecturer
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
E-mail: ashurovidris@gmail.com		
RU	TJ	EN
Муминов Ихтиёр Субхонкулович Старший преподаватель	Муминов Ихтиёр Субхонкулович Муаллими калон	Muminov Ikhtiyor Subhonkulovich Senior Lecturer
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
E-mail: imuminov86@gmail.com		

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОЗДАНИЯ БЕТОНОВ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ДЛЯ ПОКРЫТИЯ АЭРОДРОМОВ**Р.Х. Сайрахмонов, Хасан Мухаммадёр, Д.С. Гафурзода**

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Воздушные трассы и местные воздушные линии Республики Таджикистан допускаются к эксплуатации специально уполномоченным органом республики в области гражданской авиации, где в настоящее время ими используются аэродромы по назначению различных категорий. Однако некоторые из них требуют капитального ремонта или реконструкции. На этой основе в интересах Военно-воздушных сил и гражданской авиации республики строительство новых аэродромов и реконструкция существующих требует при проектировании, строительстве и эксплуатации соблюдение высокой точности и качества всех строительных работ. В этом направлении одним из важных этапов при строительстве аэродромов является создание бетонных покрытий, которые обеспечивают прочность и долговечность взлетно-посадочных полос и других бетонных сооружений аэродрома. В статье рассматриваются теоретические предпосылки, перспективы строительства современных аэродромов, имеющих способность приема всех типов воздушных судов, и экспериментальные исследования возможности создания бетонов, которые обеспечивают надежность и долговечность аэродромных покрытий при эксплуатации в условиях сухого жаркого климата Республики Таджикистан.

Ключевые слова: строительство аэродромов, аэродромное покрытие, бетонная смесь, органическая добавка, минеральная добавка, цементные вяжущие, гражданская авиация.

ЗАМИНАИ НАЗАРЯВИ ВА ТАҲҚИҚОТИ ТАҶРИБАВИ ИСТЕҲСОЛИ БЕНТОНҶОИ БАЛАНДСИФАТ БАРОИ БОЛОПУШӢ АЭРОДРОМҶО**Р.Ҳ. Сайрахмонов, Ҳасан Мухаммадёр, Ҷ.С. Гафурзода**

Хатсайрҳои ҳавой ва хатҳои ҳавоии маҳаллии Ҷумҳурии Тоҷикистон аз тарафи идораи махсус гардонидашуда вобаста ба соҳаи авиатсияи граждони ҳангоми истифода назорат карда мешаванд, ки ҳануз дар зами назорати онҳо эродромҳои дараҷаи гуногун хизмат менамоянд. Аммо айни ҳол хатҳои парвоз ва нишастии аксари онҳо пеш аз мӯҳлат вайрон шуда таъмирталаб шудаанд. Дар ин асос ба авиатсияи граждони ва қувваҳои ҳарби-ҳавоии Ҷумҳурии Тоҷикистон зарур мебошад, ки нисбати баланди бардоштани мӯҳлати хизмати хати парвози фуруди эродромҳо ҳангоми лоиҳакаши ва сохтмони эродромҳо диққати ҷидди диҳанд. Дар мақола бо таври назарияви заминаи сохтмони эродромҳои ҳозиразамон, ки қобилияти қабул намудани ҳамагуна апаратҳои парвозкунандаи гаронвазро дошта бошанд, оварда шудаанд. Инчунин таҳқиқоти озмоишӣ, оиди истеҳсоли бетонҳои баландсифат, ки устуворӣ ва дарозумрии хатҳои парвоз ва фуруди эродромҳоро таъмин менамоянд оварда шудааст.

Калодвоҷаҳо: эродромҳо, хати парвоз ва нишаст, қабатҳои бетонӣ, сохтмони эродромҳо, фарши эродромҳо, сохтмони қабатҳои эродромҳо, сементобетон.

THEORETICAL PRELIMINARIES AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE CREATION OF HIGH-QUALITY CONCRETE FOR AIRFIELD PAVEMENTS.**R.Kh. Sayrahmonov, Hasan Mukhammader, J.S. Gafurzoda**

Air routes and local air lines of the Republic of Tajikistan are allowed to operate by a specially authorized body of the Republic in the field of civil aviation, where they currently use airfields for various purposes of various categories. However, some of them require major repairs or reconstruction. On this basis, in the interests of the Air Force and civil aviation of the Republic, the construction of new airfields and reconstruction of existing ones requires high precision and quality of all construction work during design, construction and operation. In this direction, one of the important stages in the construction of airfields is the creation of concrete pavements that ensure the strength and durability of runways and other concrete structures of the airfield. The article discusses the theoretical background, prospects for the construction of modern airfields that have the ability to use all types of aircraft and experimental studies of the possibility of creating concrete that ensures the reliability and durability of airfield pavements when operating in dry hot climate conditions of the Republic of Tajikistan.

Keywords: airfield construction, airfield pavement, concrete mixture, organic additive, mineral additive, cement binder, civil aviation.

Введение

В Республике Таджикистан аэродромы занимают важное место для устойчивого развития промышленности и укрепления международных отношений с другими государствами мира. Для этого в современной ситуации повышение социально-экономического уровня народного хозяйства и промышленности страны с учетом вышесказанного в значительной мере будет связано с совершенствованием аэродромов и аэродромного хозяйства. В этом аспекте реконструкция имеющихся аэродромов и строительство новых составляет одну из важнейших приоритетных задач в планах реализации стратегических целей Правительства Республики Таджикистан. На этой основе в перспективе развитие гражданской авиации Республики Таджикистан осуществляется в рамках Государственной целевой программы "Развитие транспортного комплекса Республики Таджикистан на 2010-2025 г.", утвержденной постановлением правительства страны в 2009 г. В этом документе проанализированы состояние и развитие транспортного комплекса, описаны пути его развития в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе. Согласно программе основная роль отводится автомобильному транспорту, за которым следует железнодорожный, а гражданская авиация занимает лишь третье место. До 2025 г. львиная доля средств будет направлена на строительство автодорог (2,09% от ВВП), финансирование железнодорожного транспорта составит 0,7% ВВП, а на гражданскую авиацию отпущено лишь 0,18% ВВП. Несмотря на это в перспективе силами (ВВС) и гражданской авиации Республики Таджикистан предусмотрен план проведения изыскательных работ по выявлению работоспособности существующей аэродромной сети в местах базирования военной и гражданской

авиации. Имеются в виду базовые аэродромы, обеспечивающие испытания авиационной техники, и площадки для армейской и гражданской авиации.

Известно, что после приобретения независимости Республики Таджикистан по инициативе Правительства республики началось строительство новых покрытий для взлетно-посадочных полос, зданий и сооружений, обеспечивающих руководство полетами на базовых аэродромах в г. Душанбе и некоторых областях республики. Однако практика эксплуатации аэродромов показывает, что они должны иметь способность принимать все типы воздушных судов, находящихся в гражданской авиации и вооружении ВВС и имеющиеся в авиапарке Республики Таджикистан. Уместно отметить, что в последнее время в связи тем, что в воздушном пространстве мира появились тяжелые и сверхтяжелые воздушные суда, в результате чего увеличились нагрузки на покрытия аэродромов. Как показывает практика эксплуатации аэродромных покрытий, современные аэродромные покрытия должны обладать высокими эксплуатационными характеристиками и в то же время быть довольно экономичными. Однако опыт эксплуатации показывает, что срок их службы меньше нормативного. Эта тенденция наблюдается на некоторых действующих местных аэродромах нашей страны, они начинают разрушаться, не доходя до нормативных сроков службы. На этой основе можно отметить, что с теоретической точки зрения в современных условиях создание высокопрочного бетона для аэродромных покрытий не представляет принципиальных трудностей. При таком раскладе применение в бетон все более тонких компонентов из минерального сырья, водоредуцирующих добавок и суперпластификаторов требует научного исследования и экспериментальной проверки его качества.

Теоретическая часть

Бетон - это как основной и самый распространенный строительный материал, состоит из смеси цемента, щебня, песка, воды и иногда органических и минеральных добавок различного функционального действия, которые обеспечивают специальные строительно-технические его свойства при работе в сооружениях. При изготовлении бетонных и железобетонных конструкций, в том числе сооружений на их основе, наряду с основными компонентами бетона, добавки в бетон используются с целью повышения их надёжности и долговечности в зависимости от условий эксплуатации.

В практических условиях создание качественных изделий из бетонов, которые обеспечивают надёжность и долговечность возводимых на их основе сооружений, не только зависит от вида и природы добавок, но и от способа и условий их приготовления. В этом аспекте можно отметить, что при приготовлении смесей цементных бетонов для устройства аэродромных покрытий одним из важных факторов является правильный выбор технологии и условия приготовления. Можно отметить, что выбор неправильного соотношения компонентов при дозировке может привести к ухудшению качества бетона и снижению его устойчивости при эксплуатации. Для этого приготовление бетонных смесей должно проводиться в соответствии с требованиями технических норм и правил. Поэтому в некоторых случаях в практических условиях поведение бетона при эксплуатации в сооружениях оценивают в зависимости от свойств смеси изготовленного данного бетона. Потому что из бетонных смесей при учете коэффициента вариации формируется конструкция или в целом сооружения [1-6]. Для этого в производственных целях при подборе состава бетона одновременно производят подбор состава бетонной смеси.

Состав и свойства бетонной смеси в разные этапы развития бетонной промышленности изучали многие исследователи [1-6, 8, 11, 25]. Однако свойства бетонных смесей еще не в достаточной степени учитываются при подборе состава бетона и требуют своего дальнейшего систематического изучения. Сказанное подтверждали авторы в работе [8, 13, 14, 16, 18], по их мнению, по показателю осадки конуса смеси из бетона невозможно оценивать в должной мере характеристики бетона при эксплуатации. В этом направлении можно отметить, что показатель осадки конуса в определенном смысле оценивает реологии смеси бетона. С точки зрения реологии консистенция, степень мягкости смесей, их густоты, связность достаточно хорошо характеризуют такие однородные материалы, как лакокрасочные, жиры и им подобные. В практических условиях для бетонной смеси, которая неоднородна по составу, определение степени мягкости понятием консистенции не совсем удачно [3, 4]. В научных литературах многие исследователи и специалисты [2, 6, 7] считают более совершенным характеризовать состояние смеси пластичностью и жесткостью, подвижностью, удобоукладываемостью, формуемостью. Можно ли считать эти понятия взаимозаменяемыми. Теория пластичности бетонных смесей изучали многие исследователи, по мнению авторов [3, 6, 7], пластичность как бы характеризует такое физическое состояние, при котором смесь одновременно подвижна и однородна. По их мнению, бетонная смесь не распадается на составляющие части, при этом цементное тесто хорошо связано с поверхностью каменных материалов. Смесь большей или меньшей пластичности может быть достаточно просто получена путем перемешивания вяжущих и минеральных материалов в бетоносмесителях. Пластичные смеси можно перевести без расслоения к месту укладки, и их уплотняют без существенных усилий [15, 17, 19].

В практических условиях бетонная смесь по своим физико-химическим характеристикам намного отличается от других природных материалов, потому что бетон образуется из различных материалов с различными определенными свойствами [2, 17]. В бетонных смесях знание пластичности недостаточно для полной характеристики его качества и по ряду других причин. К таким причинам можно отнести: - условия применения бетона, свойства вяжущих, каменных материалов и арматурной стали; особенности

производства работ в различных условиях; наличие оборудования и средств производства бетонных работ. При проектировании или строительстве сооружения с применением бетона можно отметить, что сечение конструкции и особенности ее армирования диктуют выбор заполнителя такой крупности, при которой смесь без расслоения может разместиться в форме. Например, при строительстве дорог или аэродромов для верхнего слоя покрытия надо выбрать мелкозернистый бетон независимо от учета расслоения смесей бетона. Кроме того, в эксплуатационных условиях учет действия агрессивных сред вызывает необходимость применять цементы с добавками или цементы, производимые для таких целей. Отсюда следует, что все перечисленные условия в бетонной промышленности определяют разнообразие расхода сырьевых смесей для приготовления однородного и надёжного бетона. Кроме того, в производственных условиях для получения однородных смесей бетона количество воды играет важную роль. Применение большего количества воды в бетонных смесях повышает пористость бетонных изделий, меньшее количество воды в бетонной смеси ухудшает его способности при укладке в сооружениях. С другой стороны, известно, что уплотнение пластичных смесей вибраторами в ряде случаев вызывает частичное расслоение цементного теста [1,18].

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что при производстве бетонных смесей нужно использовать такие методы, которые позволяли бы заранее сказать, что из данных материалов - цемента, воды и щебня (гравия) - можно получить однородную смесь, которая при его использовании в производстве сохраняет свою однородность.

В производственных условиях, если бетонная смесь пластична, то она должна быть подвижной, с другой точки зрения, может расслаиваться при транспортировании или уплотнении. Авторы [8] в своих исследованиях показывают, что такая смесь не будет обладать надлежащей однородностью и удобоукладываемостью. По мнению авторов [8,19], одна часть расслоенной смеси, содержащей избыток каменных материалов, окажется с недостатком цементной пасты. Другая часть смеси имеет избыток каменного материала, но при этом каменных материалов будет не хватать. По мнению авторов, из таких смесей невозможно получить материал высокой плотности. На этой основе можно сделать следующие выводы, что взаимозаменяемые перечисленные характеристики не могут определить состояние смеси. Можно отметить, что каждая из перечисленных характеристик как бы восполняет отсутствие технологии бетона - универсального реологического критерия оценки качества смеси.

С технологической точки зрения, пластичность или жесткость в сочетании с подвижностью, удобоукладываемостью и формуемостью при выполнении бетонных работ оценивают пригодность бетонных смесей для применения. Кроме того, численные показатели вышеизложенных характеристик должны соответствовать условиям, для которых проектируется смесь.

В производственных условиях по показателю только одной пластичности или жесткости смеси бетона, изготовленной даже на цементе хорошего качества, невозможно оценивать её основные строительно-технические характеристики. Здесь уместно отметить, что при таких условиях сохраняется однородность смеси от момента ее перемешивания и до окончания формования. По этой причине качество смесей следует оценивать после каждого технологического предела в бетонных работах с тем, чтобы быть уверенным в сохранении смесью пластичности, жесткости и однородности.

Таким образом, выбор проектирования состава бетонных смесей при их применении в строительстве аэродромных покрытий зависит от многих факторов и требует комплексного подхода. В этом направлении важно учитывать все параметры бетона, чтобы обеспечить надежность и долговечность аэродромных сооружений. На этой основе при строительстве аэродромов можно проектировать состав специальных бетонных смесей, например, бетон для строительства покрытий - аэродромный бетон. Смесь таких бетонов должна быть пластичной и однородной. Бетоны из таких смесей должны отличаться повышенной прочностью и устойчивостью к воздействию агрессивных сред, таких как масла, топливо и др. Так как аэродромы эксплуатируются в различных климатических условиях, бетон для них также должен обладать высокой морозостойкостью и водонепроницаемостью. Таким образом, из вышеизложенного можно сделать вывод, что для этих целей надо проектировать такие составы смесей бетонов, чтобы они имели преимущества в сравнении с традиционными бетонами. Одним из главных преимуществ создания бетона высокого качества для бетонных покрытий аэродромов является повышение их надёжности и долговечности при эксплуатации. Такие покрытия в производственных условиях могут выдерживать большие нагрузки и не подвержены коррозии, кроме того, их легко обслуживать и не требуют частой замены [1, 2, 7]. Для этого при строительстве аэродромов в зависимости от требований условий эксплуатации сооружения используются различные типы смесей бетонов. Здесь можно отметить, что для создания взлетно-посадочных полос аэродромов используются бетонные смеси с высокой прочностью и устойчивостью к износу. Однако при устройстве бетонных покрытий на таксирующих дорожках и стоянках используются бетонные смеси с повышенной устойчивостью к механическим воздействиям.

В настоящее время единственным документом, регламентирующим требуемые свойства покрытия аэродрома, является СНиП 32-03-96 - официальный стандарт норм строительства и проектирования аэродромов, вертолётных площадок и других объектов для размещения воздушных судов. В данном документе приведены критерии соответствия аэродромов для размещения воздушных судов. В наших

условиях данные требования должны различаться по областям и районам, имея в виду особенности грунта, температурный режим, климатические условия и назначение аэродрома. Обычно условия работы покрытия аэродрома отличаются от покрытия автомобильных дорог, покрытия аэродрома постоянно испытывают значительные нагрузки. Кроме того, на покрытия аэродромов систематически действуют динамические нагрузки. Поэтому они должны сопротивляться постоянно динамично действующим нагрузкам от взлетающих и приземляющихся аппаратов. Кроме того, можно отметить, что аэродромное покрытие систематически испытывает термические и механические нагрузки от газо-воздушных струй авиадвигателей. Они должны выдерживать длительную статическую нагрузку в процессе стоянки многотонных воздушных судов [1, 3, 5, 20, 26].

В нынешних ситуациях проблема строительства, ремонта и восстановления аэродромов в Республике Таджикистан является актуальной в связи с развитием военно-воздушных сил и с обновлением авиационного парка воздушных судов. Кроме того, с появлением тяжелых и сверхтяжелых воздушных судов увеличились нагрузки на покрытия аэродромов. Как показывает практика эксплуатации аэродромных покрытий, современные аэродромные покрытия должны обладать высокими эксплуатационными характеристиками и в то же время быть довольно экономичными. Однако опыт эксплуатации показывает, что срок их службы меньше нормативного. Эти тенденции наблюдаются на некоторых действующих местных аэродромах нашей страны, они начинают разрушаться, не доходя до нормативных сроков службы.

По мнению авторов [2, 3, 26], причинами разрушения и снижения долговечности покрытий аэродромов являются следующие: неправильный выбор материала; неверный учет природно-климатических факторов и грунтово-геологических условий строительства; нарушение технологии строительства аэродромных покрытий; неправильный уход при эксплуатации покрытия. Известно, что при эксплуатации, не доходя до нормативных сроков службы, на поверхности покрытий аэродромов появляются дефекты. К дефектам, возникающим при эксплуатации, можно отнести следующие: - шелушение поверхности; - выбоины; - трещины; - эрозия поверхности; - отслоение верхнего слоя покрытия и усадочные трещины [1, 2, 26]. При этом трещины появляются в покрытиях при следующих обстоятельствах: отслоение верхнего слоя покрытия, из-за циклов замораживания и оттаивания, из-за воздействия динамических и механических нагрузок, из-за бетонирования при повышенных температурах и неправильного ухода. В этом аспекте можно отметить, что трещины имеют свойства постепенно увеличиваться в глубину и длину эксплуатируемого сооружения.

Из вышеизложенного теоретического обзора по созданию бетона высокого качества для аэродромных покрытий следует, что при проектировании состава таких бетонов, кроме морозостойкости, надо учесть прочность на растяжение при изгибе и устойчивость на появление в ранние сроки службы дефектов. В практических условиях на основе таких характеристик рассматривают различные способы достижения таких целей.

В практических условиях для повышения эксплуатационных качеств бетона выполняют различные технологические и экспериментальные операции. В работе [23] приведена оптимизация состава бетона за счет применения минеральных наполнителей. Авторы показали возможности сокращения цемента как слабого материала стойкости против действия агрессивных сред в бетон путем применения в его состав суперпластификаторов и базальтовой фибры. В данной работе авторам удалось [23] оптимизация состава бетона путем сокращения расхода цемента в бетоне при неизменной стандартной прочности. Другие авторы [10-12,18] отмечают, что качество бетона зависит от используемых в его состав материалов, свойства которых должны обеспечивать заданный класс прочности, морозостойкости. Авторы [9] отмечают, что применение мелкого песка в бетон приводит к уменьшению подвижности и удобоукладываемости бетонной смеси, вследствие большой удельной поверхности мелкие зерна ухудшают структуру бетона и снижают его долговечность. В связи с этим для получения бетонной смеси заданной подвижности и бетона заданного класса требуется оптимизация состава бетона. Они отмечают, что в этом контексте для достижения заданной прочности бетона надо повышать расход цемента. Перерасход цемента или увеличение расхода цемента в практических условиях приводит к снижению стойкости бетона против агрессивных сред и к росту цен на бетонные изделия. Для решения авторы [10, 11, 12, 18] предлагают замену некоторого количества цемента дисперсными минеральными добавками, которые позволят повысить показатели прочности на растяжение при изгибе в 1,5 раза по сравнению с традиционным дорожным бетоном.

В ряде работ [10, 18, 24] показано, что дальнейшее развитие технологии цементных бетонов будет происходить в направлении применения тонкодисперсных добавок в составе цемента, которое позволит релаксировать напряжение при структурообразовании цемента. При этом добавки повышают однородность по прочности и деформативности и улучшают физико-механические свойства бетона. На этой основе можно отметить, что с теоретической точки зрения в современных условиях создание высокопрочного бетона для аэродромных покрытий не представляет принципиальных трудностей. При таком раскладе применение в бетон все более тонких компонентов, водоредуцирующих добавок и суперпластификаторов требует научного исследования и экспериментальной проверки его качества. В перспективе возможна разработка научно обоснованных способов получения качественных бетонов для

аэродромных покрытий с использованием тонкодисперсных минеральных наполнителей и химических добавок на основе местных отечественных материалов. В этой связи целью данной работы является разработка технологии создания и состава бетона с применением в цементе добавок различной тонкости помола.

Экспериментальная часть

На основе вышеизложенного теоретического обзора и анализа можно отметить, что для улучшения способности цементных бетонов при эксплуатации в транспортных сооружениях надо в их состав применять минеральные и химические добавки. Однако в практических условиях с точки зрения экономики добавки бывают эффективными, когда они имеют источники возобновления для данного производства.

С этой целью нами для исследования был выбран портландцемент ЦЕМ1 42,5 марки М-500 ДО ЗАО «Точиксемент» со следующей характеристикой: тонкость помола 98,5%;-величина удельной поверхности 3500 см²/г;- прочность на сжатие через 28 дней 51,6 МПа -ГОСТ-22266-2013.

В качестве заполнителей были выбраны следующие материалы:

-щебень с максимальной крупностью зерен до 20 мм;- , плотность 2701кг/м³ ;-марка щебня 1200-ГОСТ-8267;

-песок из отсевов дроблений производства щебня с модулем крупности; Мк= 2,34- ГОСТ 8736.

-минеральную добавку из отхода производства флотационного обогащения флюоритовых руд Такобского горно-обогатительного комбината (ОПФ). В таблице 1.1 приведен химический состав отхода флюоритового производства, а в таблице 1.2 приведен его гранулометрический состав.

Таблица 1 –Химический состав ОПФ

№ п/п	Наименование						
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O + Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
2	6	74,75	7,33	6,1	0,73	3,55	0,1

Таблица 2 – Гранулометрический состав ОПФ

№ п/п	Наименование	Размер отверстий сит, мм				
		1.25	0.315	0.16	0.071	<
1	2	3	4	5	6	7
2	Частные остатки, %	0	1.50	12.69	13.71	71.88

Анализ данных табл.1.1 показывает, что в составе отхода флюоритового производства преобладают кремнезём и оксид кальция. Его запасы являются многотонными и накопились на протяжении многих лет.

В ряде работ отечественных авторов [10, 27] отходы от производства флотационного обогащения флюоритовых руд Такобского горно-обогатительного комбината использованы в качестве добавки с целью повышения коррозионностойкости обычных бетонов, и авторами получены положительные результаты. Однако ими недостаточно изучено влияние ОПФ в зависимости от его степени дисперсности на физико-механические свойства бетона. Для этого первоначально ОПФ подвергали помолу в мельнице, после была рассеяна на фракции: <0,05мм ; 0,05-0,08мм; 0,08-0,14 . Для уточнения были использованы способы применения добавок в зависимости от их гранул в состав бетона по методике авторов [25].

Минеральные добавки, имеющие в составе частицы меньше размера частиц цемента, называются уплотнителями(<0,05мм) [25]. При применении их в цементе для производства бетона способствуют образованию дополнительных центров кристаллизации в цементном камне при твердении, способствующих повышению прочности бетона в ранние сроки твердения [17, 19, 25].

Добавки, имеющие в составе частицы, близкие к цементу, называют разбавителями, добавки по размеру частицы находятся в пределах между размером частиц цемента и минимальным размером частиц песка, их можно отнести к добавкам – наполнителям цемента [25].

В практических условиях оптимизация соотношения между вяжущим и добавками в зависимости от их природы производится экспериментальным путем [10, 25]. Для этого в пневматическом смесителе перемешивали цемент с добавкой из ОПФ. Для исследования влияния минеральной добавки на физико-механические свойства прочности подобран состав бетона, и были изготовлены смеси бетона. Смеси готовились по обычной лабораторной технологии, и были изготовлены образцы размером 10x10x10 см и балочки размером 4x4x16 см. После образцы хранились при нормально-влажных условиях.

При исследовании для определения показателей качества смесей и физико-механических характеристик бетонов использованы ГОСТ 10181, ГОСТ 7473 - для определения свойств смесей и ГОСТ 10180 - для определения физико-механических характеристик бетона.

Были подобраны составы бетона с добавками. Составы бетона с добавками представлены в табл.1.3.

Таблица 3 – Составы бетонных смесей с добавками

№	Портландцемент		Добавка		Заполнители	
	вид	кол-во, кг/м ³	ОПФ	кол-во, %	Щебень, кг/м ³	Песок, кг/м ³
1	Душанбинский ПЦ500ДО	420	-	-	1228	496
2		357	-	-		559
3		420	уплотнитель	15		433
4		357	уплотнитель	15		496
5		420	разбавитель	15		433
6		405	разбавитель	15		496
7		420	наполнитель	15		433
8		405	наполнитель	15		496

Результаты исследования показали следующее.

Таблица 4 – Физико-механические свойства бетона с добавкой ОПФ

№ состава	Прочность, МПа				изгиб	$K_{тр} = R_{изг}/R_{сж}$	$B_{п}$	$B_{н}$	M_3
	сжатие								
	2	14	28						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	22,5	41,2	51,6	7,43	0,143	6,45	B4	F100	
2	17,3	31,3	45,1	6,12	0,136	7,28	B2	F50	
3	21,6	39,5	56,63	8,80	0,155	5,21	B8	F200	
4	18,4	31,6	53,51	8,16	0,152	5,92	B4	F100	
5	20,5	33,6	54,42	8,08	0,148	5,81	B6	F150	
6	17,9	30,58	50,31	7,02	0,139	6,55	B4	F75	
7	19,56	29,41	52,22	7,62	0,145	5,96	B6	F150	
8	16,62	28,41	49,69	6,86	0,138	6,61	B2	F75	

Примечание к табл. $K_{тр}$ – коэффициент трещиностойкости; $B_{п}$ коэффициент водопоглощения; $B_{н}$ – коэффициент водонепроницаемости; M_3 – коэффициент морозостойкости.

Из табл.1.4 видно, что при снижении расхода цемента на 15% прочность бетона без добавки ОПФ уменьшается на 18%, при этом добавка–уплотнитель повышает прочность бетона при 100%-ном расходе цемента на 10%. При замене 15% цемента добавкой уплотнителя прочность бетона при сжатии составляет 53.51 МПа, а при изгибе на 8,16 МПа. Уместно отметить, что добавка уплотнителя повышает прочность бетона при замене 15% цемента. При этом повышается коэффициент трещиностойкости, водонепроницаемости и морозостойкости. Из табл.1.4 видно, что при всём раскладе добавки их ОПФ, как уплотнитель, разбавитель, наполнитель, к цементу в бетоне повышают физико-механические характеристики бетона.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что ОПФ как добавки уплотнителя, заменяя 15% расхода цемента, способствуют формированию мелкопористой структуры бетона. При этом его водонепроницаемость возрастает до значений B4-B8, а морозостойкость в 1,5и более (табл.1.4). При другом раскладе добавка ОПФ, как разбавитель и наполнитель, в состав бетона используется как структурирующая и стабилизирующая добавка (табл.1.4).

Выводы

На основе теоретического обоснования и обзоров можно отметить, что аэродром – это комплекс сооружений, обеспечивающий бесперебойную работу сооружений в пространстве и времени. Аэродромные покрытия являются одним из основных искусственных сооружений аэродрома, которые должны обладать необходимой прочностью, устойчивостью, надежностью и долговечностью при воздействии самолетных нагрузок и природных факторов в период его эксплуатации. Для создания высококачественных аэродромных покрытий за последние годы существенно обновилась нормативная база проектирования и строительства аэродромов, возросли требования к контролю качества строительной продукции с использованием передовых методов и техники испытаний аэродромных покрытий. Значительно усовершенствованы технологии строительства аэродромных покрытий с применением новейших строительных материалов, в том числе высококачественных бетонов. В данной работе использовали в бетонных смесях добавку из отхода производства флотационного обогащения флюоритовых руд Такобского горно-обогатительного комбината (ОПФ) как упрочняющую добавку, заменяя 15% расхода цемента, которая способствует формированию мелкопористой структуры бетона. ОПФ повышает физико-механические свойства бетона без увеличения расхода цемента при применении разнородных песков по модулю крупности.

Рецензент: Каландарбеқов И.Қ. — д.т.н., профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ПТУ им. ақад. М.С.Осими.

Литература

1. Морозов Н.М., Хозин В.Г., и др. Высокопрочные цементные бетоны для дорожного строительства. // Строительные материалы, 2009, № 11.-С. 15-17.
2. Шейнин А.М. Цементобетон для дорожных и аэродромных покрытий. - М.: Транспорт, 1991. - 151 с.
3. Шестоперов С.В. Долговечность бетона транспортных сооружений. - М.: Изд-во Транспорт, 1966. - 500 с.
4. Баженов Ю.М., Магдеев У.Х., Алимов Л.А., Воронин В.В. Мелкозернистые бетоны: Учебное пособие. // Моск. гос. строит. ун-т. - М., 1998. -148 с.
5. Якобсон М. Я. и др. Актуальность и перспективы применения цементобетона в дорожном строительстве // Системные технологии. 2016. Т. 18. № 1. С. 132—140.
6. Каменецкий Л. Б. Эффективность цементобетонов // Автомобильные дороги. 2014. № 3. С. 57—62.
7. Демьянова В.С. Калашников В.И. Быстротвердеющие высокопрочные бетоны с органоминеральными модификаторами. - Пенза: ПТУАС, 2003. - 195 с.
8. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Развитие теории формирования структуры и свойства бетонов с техногенными отходами [Текст] //Изв. Вузов. Строительство.1996. №4-С.55-58.
- 9.Хамидулина Д.Д., Гаркави М.С. Применение дробленых песков для производства мелкозернистых бетонов [Текст]. Сб. докладов «Проблемы и достижения строительного материаловедения». Белгород. 2005. С.238-240.
- 10.Р.Х.Сайрахмонов., А.С. Рахматзода и др. Тонкодисперсные минеральные материалы в комплексе с химическими добавками для дорожного бетона Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 1 (65), -Душанбе, - 2024. С.234. ISSN: 2520-2227
- 11.Несветаев Г.В., Та Ван Фан. Влияние белой сажи и метакаолина на прочность и деформационные свойства цементного камня [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4 . с.51-56
12. Красный, И.М. О механизме повышения прочности бетона при введении микронаполнителя [Текст] // Бетон и железобетон. 1987. №5. С. 10-11.
- 13.Pistill,M.F.Variability of Condensed Silica Fume from a Canadian Source and Influence on the Properties of Portland Cement// Cem. Concr. and Aggr.-1984.-V.6:- №1. – P. 33-37.
- 14.Setter, N., Roy, D.M. Mechanical Flatures of Chemical Shrinkage of Cement Paste. // Cem. and Concr. Res. – 1978. – V.8. - №5. – P. 623-634.
- 15.Vivian, H.E. Effect of Particle Size on the Properties of Cement Paste. // Symp. Structure of Portland Cement. – 1966. – P. 18-25.
- 16.Плешко, М.С., Крошнев, Д.В. Влияние свойств твердеющего бетона на взаимодействие системы «крепь – массив» в призабойной зоне ствола [Текст] //Горный информационно-аналитический бюллетень.–2008.–№9.–С. 320-325.
- 17.Строкова, В.В. Кристаллохимический подход к проблеме выбора сырья [Текст]. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 2003. №5. С. 376-378.

18. Ляхевич Г.Д., Звоник С.А. Теоретические аспекты, экспериментальные исследования и эффективность использования высокопрочных бетонов для мостовых конструкций. Наука и техника, №5, 2014. С48-54.

19.Форопонов К.С., Ткаченко Г.А. Структурообразование и свойства модифицированных жесткопрессованных цементно-меловых композиций [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2010, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2010/230>. Загл. с экрана. – Яз.

20. Баженов, Ю.М., Алимов, Л.А., Воронин, В.В. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов с техногенными отходами [Текст] // Изв. вузов. Строительство. – 1996. - №4 – С.55-58

21. Эккель С. В. Некоторые вопросы строительства и ремонт цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов // Цемент и его применение. 2017. № 6. С. 78—86.

22.ГОСТ 26633—2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2017. 12 с.

23. Красникова Н.М. Морозова Н.М. и др. Оптимизация состава цементного бетона для аэродромных покрытий.// Известия КГЛСУ, 2014, №2(28). С166-171.

24. Ушаков В.В. О расширении строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями//Наука и техника в дорожной отрасли 2003№3.-С7-25. Курочка. П.Н., Гаврилов А.В. Бетоны на комплексном вяжущем и мелком песке. Инженерный вестник Дона, 2013, С-42-48

26 Носов В.П., Фотиади А.А. Причины образования уступов на цементобетонных покрытиях автомобильных дорог. Наука и техника в дорожной отрасли, 2008 №. 3, с.20–22.

27. Шарифов А., Саидов Д.Х. Коррозионностойкость бетона на обычном цементе с минерально-химическими добавками из отходов некоторых производства//Докл. АНРТ, 1998, том 41, №1-2. С.71-75.

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

TJ	RU	EN
Сайрахмонов Раҳимҷон Хусейнович н.и.т, дотсент	Сайрахмонов Рахимджон Хусейнович к.т.н, доцент	Sayrahmonov Rahimjon Huseynovich Candidate of Technical Sciences, associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осими	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: srivakn@mail.ru		
TJ	RU	EN
Ҳасан Муҳаммадёр	Хасан Мухаммадёр	Hasan Muhammadyor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осими	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Ғафурзода Ҷалолиддин Садриддин н.и.т, дотсент	Ғафурзода Ҷалолиддин Садриддин к.т.н, доцент	Gafurzoda Jaloliddin Sadriddin Candidate of Technical Sciences, associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осими	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi

**ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ
статей в журнал "Политехнический вестник"**

1. В журнале публикуются статьи научно-практического и проблемного характера, представляющие собой результаты завершённых исследований, обладающие научной новизной и представляющие интерес для широкого круга читателей журнала.

2. Основные требования к статьям, представляемым для публикации в журнале:

- статья (за исключением обзоров) должна содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике и научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями к оформлению статей (см. пункт 5).

3. Статья представляется в редакцию по электронной почте и в одном экземпляре на бумаге, к которому необходимо приложить электронный носитель текста, идентичного напечатанному, а также две рецензии на статью и справку о результате проверки на оригинальность.

4. Структура статьи

Текст статьи должен быть представлен в формате IMRAD¹⁸ 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 (AUTHORS' BACKGROUND)	оформляется в конце статьи в следующем виде:

¹⁸ Данный термин составлен из первых букв английских слов: Introduction (Введение), Materials and Methods (Материалы и методы), Results (Результаты) Acknowledgements and Discussion (Обсуждение). Это самый распространенный стиль оформления научных статей, в том числе для журналов Scopus и Web of Science.

TJ

RU

EN

Ному насаб, ФИО, Name

Дараҷа ва унвони илмӣ, Степень и должность,

Title¹⁹

Ташкилот, Организация, Organization

e-mail

ORCID²⁰ Id

Телефон

<p>КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ (CONFLICT OF INTEREST)</p>	<p>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</p>
<p>ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ (AUTHOR CONTRIBUTIONS).</p>	<p>Публикуется для определения вклада каждого автора в исследование. Описание, как именно каждый автор участвовал в работе (предпочтительно), или сообщение о вкладах авторов в процентах или долях (менее желательно). Пример данного раздела: 1. Авторы A1, A2 и A3 придумали и разработали эксперимент, авторы A4 и A5 провели теоретические исследование. Авторы A1 и A6 участвовали в обработке данных. Авторы A1, A2 и A5 участвовали в написании текста статьи. Все авторы участвовали в обсуждении результатов. 2. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации</p>
<p>ДОПОЛНИТЕЛЬНО (по желанию автора)</p>	
<p>БЛАГОДАРНОСТИ (опционально) - ACKNOWLEDGEMENT (optional)</p>	<p>Если авторы в конце статьи выражают благодарность или указывают источник финансовой поддержки при выполнении научной работы, то необходимо эту информацию продублировать на английском языке.</p>
<p>ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ (FUNDING)</p>	<p>Информация о грантах и любой другой финансовой поддержке исследований. Просим не использовать в этом разделе сокращенные названия институтов и спонсирующих организаций.</p>
<p>ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ (ADDITIONAL INFORMATION)</p>	<p>В этом разделе могут быть помещены: Нестандартные ссылки. Например, материалы, которые по каким-то причинам не могут быть опубликованы, но могут быть предоставлены авторами по запросу. Дополнительные ссылки на профили авторов (например, ORCID). Названия торговых марок на иностранных языках, которые необходимы для понимания статьи или ссылки на них. Особые сообщения об источнике оригинала статьи (если статья публикуется в переводе). Информация о связанных со статьей, но не опубликованных ранее докладах на конференциях и семинарах.</p>

5. Требования к оформлению статей

¹⁹ Title can be chosen from: master student, Phd candidate, assistant professor, senior lecture, associate professor, full professor

²⁰ ORCID или Open Researcher and Contributor ID (Открытый идентификатор исследователя и участника) — незапатентованный буквенно-цифровой код, который однозначно идентифицирует научных авторов.
www.orcid.org.

Рекомендуемый объем оригинальной статьи – до 10 страниц, обзора – до 15 страниц, включая рисунки, таблицы, библиографический список. В рубрику «Краткие сообщения» принимаются статьи объемом не более 3 страниц, включая 1 таблицу и 2 рисунка.

Рекомендации по набору и оформлению текста

Наименование	Требования	Примечания
Формат страницы	A4	
Параметры страницы и абзаца	отступы сверху и снизу - 2.5 см; слева и справа - 2 см; табуляция - 2 см;	ориентация - книжная
Редактор текста	Microsoft Office Word	
Шрифт	Times New Roman, 12 пунктов	
межстрочный интервал	Одинарный, выравнивание по ширине	Не использовать более одного пробела между словами, пробелы для выравнивания, автоматический запрет переносов, подчеркивания.
Единица измерения	Международная система единиц СИ	
Сокращения терминов и названий	В соответствии с ГОСТ 7.12-93.	должны быть сведены к минимуму
Формулы	Математические формулы следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские курсивом. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и центрируются.	Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо
Таблицы	При создании таблиц рекомендуется использовать возможности MS Word (Таблица – Добавить таблицу) или MS Excel. Таблицы должны иметь порядковые номера, название и ссылку в тексте. Таблицу следует располагать в тексте после первого упоминания о ней. Интервал между строчками в таблице можно уменьшать до одинарного, размер шрифта – до 9 пунктов.	Внутри таблицы заголовки пишутся с заглавной буквы, подзаголовки – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком. Заголовки центрируются. Боковые – по центру или слева. Диагональное деление ячеек не рекомендуется. В пустой ячейке обязателен прочерк (тире –). Количество знаков после запятой (точность измерения) должно быть одинаковым.
Рисунки (иллюстрации, графики, диаграммы, схемы)	Должны иметь сквозную нумерацию, название и ссылку в тексте, которую следует располагать в тексте после первого упоминания о рисунке. Рисунки должны иметь расширение, совместимое с MS Word (*JPEG, *BIF, *TIFF (толщина линий не менее 3 пкс) Фотографии должны быть предельно четкими, с разрешением 300 dpi. Максимальный размер рисунка: ширина 150 мм, высота 245 мм. Каждый рисунок должен иметь подрисовочную подпись, в которой дается объяснение всех его элементов. Кривые на рисунках нумеруются арабскими цифрами и комментируются в подписях к рисункам.	Заголовки таблиц и подрисовочные 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 подрисовочном 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 ²¹	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 ²² , организации ²³ , заголовки и реферат ²⁴ и ключевые слова ²⁵ 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).

²¹ 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/>

²² 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.

²³ Название организации в английском переводе должно соответствовать официальному, указанному на сайте организации. Непереводимые на английский язык наименования организаций даются в транслитерированном варианте.

²⁴ 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.

²⁵ В английском переводе ключевых слов не должно быть никаких транслитераций с русского языка, кроме непереводимых названий собственных имен, приборов и др. объектов, имеющих собственные названия; также не должен использоваться непереводимый сленг, известный только ограниченному кругу специалистов.

Мухаррири матни русӣ:	М.М. Якубова
Мухаррири матни тоҷикӣ:	Муаллифон
Мухаррири матни англисӣ:	Муаллифон
Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:	М.А. Иззатуллоев

Редактор русского текста:	М.М. Якубова
Редактор таджикского текста:	Авторская редакция
Редактор английского текста:	Авторская редакция
Компьютерный дизайн и верстка:	М.А. Иззатуллоев

Нишонӣ: ш. Душанбе, хиёбони акад. Раҷабовҳо, 10^А
Адрес: г. Душанбе, проспект акад. Раҷабовых, 10^А

Ба чоп 25.09.2025 имзо шуд. Ба матбаа 30.09.2025 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