

ISSN 2520-2227

ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ

Бахши Таҳқиқотҳои муҳандисӣ

2 (58) 2022



ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Серия: Инженерные исследования

POLYTECHNIC BULLETIN
Series: Engineering studies

ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ БАХШИ ТАҶҚИҚОТҶОИ МУҶАНДИСӢ

ISSN
2520-2227

2(58)
2022



МАҶАЛЛАИ ИЛМӢ – ТЕХНИКӢ

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

Published since January 2008

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

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

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

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

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

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

POLYTECHNIC BULLETIN
SERIES: ENGINEERING STUDIES

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ

САРДАБИР

Қ.Қ. ДАВЛАТЗОДА

доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор

М.А. АБДУЛЛО

н.и.т., дотсент, муовини сармуҳаррир

А.Ч. РАҲМОНЗОДА

н.и.т., дотсент, муовини сармуҳаррир

Ф.М. РАҲИМОВ

Саркотиб

АЪЗОЁН

А.И. СИДОРОВ

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

А.Г. ФИШОВ

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

Л.С. КАСОБОВ

н.и.т., дотсент

А.К.КИРГИЗОВ

н.и.т., и.в. дотсент

И.Н. ГАНИЕВ

академики АМИТ, д.и.х., профессор

Х.О. ОДИНАЗОДА

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

Т.Ҷ. ЧУРАЕВ

д.и.т., профессор

ММ. ХАҚДОД

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

А.Б. БАДАЛОВ

узви вобастаи АМИТ, д.и.х., профессор

Фохаков А.С.

д.и.т., дотсент

В.В.СИЛЯНОВ

д.и.т., профессор (Федерацияи Россия)

Р.А. ДАВЛАТШОЕВ

н.и.т., дотсент

М.Ю. ЮНУСОВ

н.и.т., и.в. дотсент

Р.САЛОМЗОДА

н.и.т., дотсент

Д.Н. НИЗОМОВ

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

И КАЛАНДАРБЕКОВ

д.и.т., и.в. професс

А. Г ГИЯСОВ

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

Н.Н. ХАСАНОВ

доктори меъморӣ, и.в. профессор

Р.С. МУКИМОВ

доктори меъморӣ, профессор

Ҷ.Ҳ. САИДЗОДА

доктори илмҳои техникаӣ, профессор

[А.Р. РУЗИЕВ]

н.и.т., дотсент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

К.К. ДАВЛАТЗОДА

д.э.н., профессор

М.А. АБДУЛЛО

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

А.Дж. РАҲМОНЗОДА

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

Ф. М. РАҲИМОВ

главный секретарь

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

А.И. СИДОРОВ

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

А.Г. ФИШОВ

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

Л.С. КАСОБОВ

к.т.н., доцент

А.К.КИРГИЗОВ

к.т.н., и.о. доцента

И.Н. ГАНИЕВ

академик АН РТ, д.х.н. профессор

Х.О. ОДИНАЗОДА

член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

Т.Дж. ДЖУРАЕВ

д.т.н., профессор

М.М. ХАҚДОД

член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

А.Б. БАДАЛОВ

член-корр. АН РТ, д.х.н., профессор

А.С.ФОХАКОВ

д.т.н., доцент

В.В.СИЛЯНОВ

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

Р.А. ДАВЛАТШОЕВ

к.т.н., доцент

М.Ю. ЮНУСОВ

к.т.н., и.о. доцента

Р.САЛОМЗОДА

к.т.н., доцент

Д.Н. НИЗОМОВ

член-корр. АН РТ, д.т.н., профессор

И.КАЛАНДАРБЕКОВ

д.т.н., и.о. профессора

А. Г. ГИЯСОВ

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

Н.Н. ХАСАНОВ

доктор архитектуры, и.о. профессора

Р.С. МУКИМОВ

доктор архитектуры, профессор

Дж.Х. САИДЗОДА

д.т.н., профессор

[А.Р. РУЗИЕВ]

к.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
<u>НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК</u>	
Хасанзода Насрулло	5
<u>ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ПОДЧИНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН</u>	
Диёров Р.Х.....	10
<u>ТАДҚИҚИ ТАЪСИРИ ҲОЛАТИ ЗАМИНВАСЛАИ ФУНКЦИОНАЛӢ БА ТАҶҲИЗОТИ ҶИМОЯИ РЕЛЕИИ МИКРОПРОТСЕССОРӢ</u>	
О.С. Сайфиддинзода	17
<u>ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ СТОРОН ТУРБИНЫ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ</u>	
Ф.М. Рахимов.....	21
<u>ДВУХОСЕВАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ</u>	
¹ И.Б. Махсумов, ¹ И.С. Носиров, ² Ш.С. Саъдуллозода, ¹ Д.Ю. Гулов.....	31
<u>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИХОДА СОЛНЕЧНОЙ ИНСОЛЯЦИИ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН</u>	
Шарифов Б.Н., Султонов Ш.М., Сафаров М.И., Диёрзода Р.Х., Каримзода Дж.Х.	37
МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАВОДШИНОСӢ - МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ - METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE.....	46
<u>КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АК7М2 С ОЛОВОМ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ</u>	
¹ Ганиев И.Н., ¹ Гулов С.С., ² Бердиев А.Э.	46
<u>ДИНАМИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ, ДАВЛЕНИЯ И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ДИОКСИДА ТИТАНА</u>	
Ф.Д. Исмонов	50
<u>СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АНОДНОГО ПОВЕДЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, ЛЕГИРОВАННОГО ОЛОВОМ И ВИСМУТОМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 0,03%-НОГО NaCl</u>	
Давлатов О.Ш.....	56
<u>INFLUENCE OF ZIRCONIUM ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF ZINC-ALUMINUM ALLOYS Zn5Al and Zn55Al</u>	
Ganiev I.N., Aliev J.N., Aminov F.M.	62
<u>КВАЗИБИНАРНЫЕ РАЗРЕЗЫ Mg17Al12-Mg17Eu2, Mg17Eu2-Mg2Al3, MgEu2 -EuAl4, Mg17Eu2-EuAl4 и Mg2Al3-EuAl4 СИСТЕМЫ Mg-Al-Eu</u>	
Ф.К. Рахимов	68
<u>АНАЛИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕРОДИСТЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ РЕСУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ</u>	
А.Л.Кадыров, Д.А.Касымов, Н.И.Джавхарова.....	78
<u>ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ АКТИВНОСТИ И СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ ГИББСА КОМПОНЕНТОВ В СПЛАВАХ ИНДИЯ С ХАЛЬКОГЕНАМИ (S, Se и Te)</u>	
Т.Д. Джураев ¹ , А.С. Джафаров ² , К.Б. Нуров ² , М.Т. Тошев ¹	87
<u>МУАЙЯН КАРДАНИ ХАРОҶОТИ САНГИ РАНГА ҲАНГОМИ ИСТЕҲСОЛИ МАҲСУЛОТ ДАР НАМУДИ ҶИСМҶОИ ДАВРЗАНАНДА</u>	
Хоҷаев Т.А.	92
<u>ПЕРСПЕКТИВА ГАЛТОВКИ САМОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ</u>	
Бобоев Д.М., Мирзоалиев А.И., Амонов С.Т., Холов Ф.	96

<u>ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА MG-1%ZN, ОБРАБОТАННОГО МЕТОДОМ РКУП</u>	
Г. Д. Худододова ^{1,2} , О. Б. Кулясова ^{1,2}	103
<u>ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ПОЛИРОВАНИИ</u>	
Бобоев Д.М., Мирзоалиев А.И., Ходжаев Т.А., Махмадуллоев Р.З.	109
<u>КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЕ МОДЕЛИ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ</u>	
А.А.Дододжанов, С.Ш.Миррахматов.....	114
ТЕХНОЛОГИИ КИМИЁВӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY	118
<u>ПРОЦЕСС ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ ОКОЛОПЛОДНИКА ГРЕЦКОГО ОРЕХА И ИХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</u>	
Ш.Х. Кудратова	118
НАҚЛИЁТ - ТРАНСПОРТ - TRANSPORT	124
<u>ОЯНДАИ РУШДИ АВТОМОБИЛКУНОНИ ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН</u>	
Умирзоқов А.М., Тошев Ҷ.Ш.	124
<u>ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТИ ЕГО ДВИЖЕНИЯ</u>	
А.Г. Уланов ¹ , А.М. Умирзоков ² , С.С. Сайдуллозода ^{1,2} , А.А.Гафоров ³	128
<u>КОРКАРД ВА ИСТИФОДАИ ДУБОРАИ ШИНАҶОИ ВОСИТАҶОИ НАҚЛИЁТ</u>	
А.А. Гафаров.....	132
СОҲТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE.....	135
<u>ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ЦВЕТА В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТАДЖИКИСТАНА</u>	
Эмомова Ф.Ё.....	135
<u>УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ ГРУНТА, ПРИБОРЫ И ОБРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСОЛИДАЦИИ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ</u>	
А.А. Рахманов	141
<u>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НА МОДЕЛИ СЕЙСМОИЗОЛИРОВАННОГО ЗДАНИЯ</u>	
Д.Н. Низомов ¹ , И.И. Каландарбеков ² , И.К. Каландарбеков ²	149
<u>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА В АРХИТЕКТУРЕ</u>	
Ф.З. Мирзоева, Н.О. Олимова	154
<u>КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ С КОМБИНИРОВАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ (ОПКА)</u>	
А.Х. Шарифов ^{1,2} , Ю.А. Ивашенко ¹ , А.Д. Рахмонзода ² , И.С. Дербенцов ¹ , С.И. Рахимов ^{2,3}	160
<u>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ЦЕЛЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОДОБИЙ</u>	
Д.Н. Низомов, И.К. Каландарбеков, У.М. Махмадиев	167
<u>КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ С УЧЕТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ И УСАДКИ БЕТОНА</u>	
Рахмонзода И.	175
<u>ТАШАККУЛӢБИ МЕЪМОРӢ-ТАРҶРЕЗИИ СОҲТМОНИ МАСҶИДҶО</u>	
Хаитова С.Р.	179
<u>САНЪАТИ ШАҶРСОЗӢ ДАР ШАҶРАК (ДИМНА)-И ШАҶРИСТОН. ҚАЛЪАИ ҚАҶҚАҶА 1.</u>	
Тиллоев С.С., Азизиён С.С.	185

ЭНЕРГЕТИКА - ENERGY**НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ МОЩНОСТИ
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК****Хасанзода Насрулло***Таджикский технический имени академик М.С.Осими*

Для прогнозирования скорости ветра и угла его направления предлагается использовать авторегрессию на основе концепции нечетких систем, которая признана достаточно удобным инструментом моделирования. Цель нечеткого регрессионного анализа состоит в том, чтобы найти регрессионную модель, которая удовлетворяет всем наблюдаемым нечетким данным в пределах указанного критерия оптимальности. Показано, что на этой основе может быть определена мощность и выработка электроэнергии ветроэлектростанции и возможность покрытия ею графика нагрузки с функцией аккумуляирования энергии.

Ключевые слова: авторегрессия, нечеткие системы, регрессионная модель, возобновляемые источники энергии, ветроэнергетическая станция, ветроэнергетическая установка.

**FUZZY MODELS FOR CONTROL AND THE ESTIMATION OF THE POWER WIND ENERGY
INSTALLATION****Hasanzoda Nasrullo**

To forecast the wind speed and the angle of its direction, it is suggested to use autoregression based on the concept of fuzzy system, which is recognized as a fairly convenient modeling tool. The main goal of fuzzy regression analysis is to find a regression model that satisfies all the observed fuzzy data within specified optimality criterion. It is shown that on this basis the power and generation of a wind power plant with possibility of covering its load schedule, and function of energy storage can be determined.

Keywords: autoregression, fuzzy systems, regression model, renewables, wind power station, wind power plant.

**МОДЕЛҲОИ НОМУАЙЯНИ ИДОРАКУНӢ ВА БАҲОДИҲИИ ТАВОНОИИ НЕРӮГОҲҶОИ БАРҚИИ
БОӢӢ****Ҳасанзода Насрулло**

Барои пешгӯии суръати шамол ва кунҷи самти он пешниҳод карда мешавад, ки авторегрессия дар асоси концепсияи системаҳои номуайян, ки ҳамчун воситаи хеле қулайи моделсозӣ эътироф шудааст, истифода шавад. Ҳадафи таҳлили регрессияи номуайян ин ёфтани модели регрессия мебошад, ки ҳамаи маълумоти номуайяни мушоҳидашударо дар доираи як меъёри оптималӣ муайяншуда қонеъ мекунад. Дар ин замина тавоноии ва истеҳсоли нерӯи барқи нерӯгоҳи бодӣ муайян шуда ва имкони пушонидани графикаи бор бо воситаи захиракунии энергияи электрикӣ нишон дода шудааст.

Калидвожаҳо: авторегрессия, системаҳои номуайян, модели регрессионӣ, манбаъҳои барқароршавандаи энергия, нерӯгоҳи барқии бодӣ, дастгоҳҳои барқии бодӣ.

Основные параметры ветрового потока и других альтернативных источников энергии могут быть представлены в виде лингвистических переменных, то есть слов или текстов вербальной модели. Скорость ветрового потока обычно представляется общепризнанной в мире шкалой Бофорта, которая позволяет дать интервальную оценку любой скорости ветра в виде лингвистических переменных [1-3]. В свою очередь эти лингвистические переменные разговорного языка могут быть формализованы с помощью теории нечетких множеств.

На этой основе в работе построена нечеткая регрессионная модель прогнозирования скорости и угла направления ветрового потока. Показано, что на основе этих прогнозных значений на каждые три часа вперед на суточном интервале позволяет предсказать мощность, генерируемую альтернативными источниками энергии. При этом управление ветроэнергетическими установками осуществляется на основе нечетких производственных правил [4-6].

Предложена новая вероятностная модель генерирующей способности ветроэнергетической установки с учетом флуктуации скорости ветрового потока, относительно математического ожидания на заданном интервале времени. Доказано новое аналитическое выражение генерируемой мощности, которое учитывает кубическую зависимость между скоростью ветра и вырабатываемой мощностью ВЭУ, через начальные и центральные моменты второго и третьего порядков случайной величины скорости ветра.

Оценка мощности ветроустановки на основе прогноза ветрового потока

Мощность на выходе ВЭУ напрямую зависит от скорости ветрового потока, который сильно изменяется во времени, от местной погоды и поверхности местности. Зависимость между скоростью ветра, проходящего через ометаемую площадь установки A (m^2) и мощности, выражается через формулу [7-8]:

$$P_{дет.} = C_p \cdot \rho \cdot A \cdot \frac{V^3}{2}, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздушного потока (кг/м³), зависящая от температуры и давления воздуха, A – площадь, ометаемая лопастями, V – скорость ветра, C_p – коэффициент эффективности ВЭУ.

Приведённая математическая модель (1) является детерминистической, так как она не учитывает вероятностные отклонения от некоторого среднего значения на некотором интервале времени, то есть флуктуацию (колебания), скорости ветрового потока, что имеет место в реальной действительности.

Известно, что при нелинейной зависимости между входным и выходным возмущениями (сигналами) возникает смещение математического ожидания выходного сигнала от дисперсии входного сигнала. Так, например, это наглядно видно, при квадратичной зависимости потерь активной мощности от тока в линиях электропередачи в детерминистическом варианте, при токе I и сопротивлении R , равны:

$$\Delta P_{дет.} = I^2 \cdot R, \quad (2)$$

В стохастической постановке задачи, то есть при учете флуктуации тока потери равны

$$\Delta P_{сто.} = (\overline{I^2} + D_I) \cdot R = \overline{I^2} \cdot R + D_I \cdot R, \quad (3)$$

Иначе говоря, детерминистическое решение является частным случаем от стохастического решения. Подобным образом можно установить вероятностную зависимость между скоростью ветра с учетом её флуктуации и выработкой мощности ветроустановкой.

Разработку новой вероятностной математической модели оценки мощности, вырабатываемой ВЭУ, выполним через начальные и центральные моменты случайной величины, в качестве которой выбрана скорость ветрового потока. Ниже приведено математическое доказательство существования вероятностной зависимости между скоростью ветра и мощностью ветроустановки.

Таким образом, мощность ветроустановки в стохастической модели равна

$$P_{сто.} = \frac{C_p \cdot \rho \cdot A}{2} \cdot (\overline{V^3} + \overline{V} \cdot \sigma_V^2) \quad (4)$$

При сравнении (1) и (4) видно, что учет флуктуации скорости ветра смещает математическое ожидание вырабатываемой мощности ВЭУ в сторону большего значения. Иначе говоря, флуктуация ветрового потока (скорости ветра) позволяет увеличить вырабатываемую мощность, что обусловлено нелинейной зависимостью мощности от скорости ветра.

Результаты прогнозирования

Для прогноза на сутки вперед необходимо получить отдельный прогноз для каждого из коэффициентов временных рядов: скорости и направления ветра. Прогноз скорости и направления ветра на сутки вперед осуществлен с помощью нечеткой регрессии.

Полученные результаты прогнозирования скорости ветра представлены в таблице 1, при этом определены вероятностные характеристики ветрового потока: математическое ожидание (m_x), среднеквадратическое отклонение (σ_x) и дисперсия (D_x). На этой основе с помощью формул (2.1) и (4.28) определены электрические мощности ВЭУ в детерминистической ($P_{дет.}$) и стохастической ($P_{сто.}$) постановке задачи.

Таблица 1 - Результаты прогнозирования скорости ветра

Время суток	Первый день										
	m_x			D_x		σ_x		$P_{дет.}, \text{МВт}$		$P_{сто.}, \text{МВт}$	
	Ф	П	$\sigma, \%$	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П
0	14	12,2	12,9	13,68	7,88	3,70	2,81	2,05	2,05	2,05	2,05
3	10	13,1	23,7	11,47	12,32	3,39	3,51	1,18	2,05	1,31	2,05
6	11	13,4	17,9	7,69	11,11	2,77	3,33	1,56	2,05	1,66	2,05
9	11	12,6	12,7	11,12	13,73	3,33	3,70	1,56	2,05	1,71	2,05
12	15	11,9	20,7	31,00	12,51	5,57	3,54	2,05	1,98	2,05	2,05
15	13	10,3	20,8	17,49	11,18	4,18	3,34	2,05	1,28	2,05	1,42
18	15	14,7	2,0	28,71	26,24	5,36	5,12	2,05	2,05	2,05	2,05
21	14	10,7	23,6	17,49	8,65	4,18	2,94	2,05	1,44	2,05	1,55
24	14	12,2	12,9	13,68	7,88	3,70	2,81	2,05	2,05	2,05	2,05

Из таблицы 1 следует, что погрешность в прогнозировании математического ожидания скорости ветра на три часа вперед составляет 17%.

На Рисунке 1 представлены графики выработки мощности ветроустановки при детерминистической модели ветра (1) и вероятностной модели с учетом среднеквадратического отклонения скорости ветра (4).

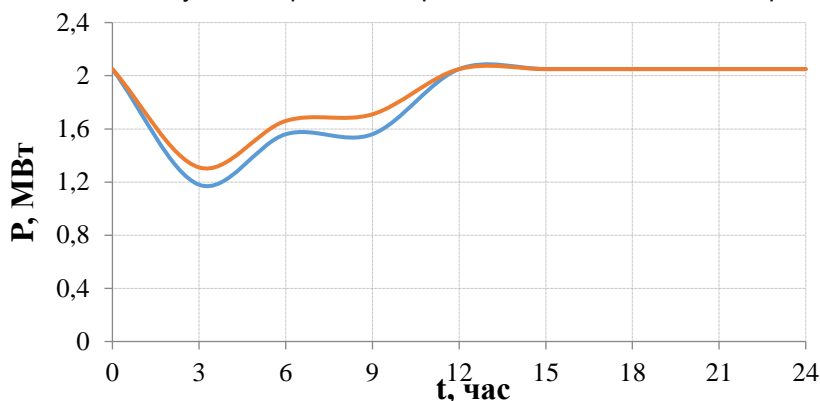


Рисунок 1 – Выработка активной мощности ВЭУ на суточном интервале с учетом обеих моделей ($P_{дет.}$ – синяя линия и $P_{сто.}$ – красная линия)

Из графика видно, что при значительных значениях среднеквадратического отклонения скорости ветра от 0 до 12 часов вероятностная модель позволяет учесть некоторую дополнительную мощность от флуктуации скорости ветра.

Таким образом, в качестве исходной информации для управления ВЭУ могут быть использованы: математическое ожидание (m_x) и среднеквадратическое отклонение (σ_x) скорости ветра, а также направление ветра, что определяет угол поворота гондолы. Это позволяет перейти к управлению ветроэнергетической установки по правилам с учетом функций принадлежности.

Наряду с этим авторами работы рассмотрено прогнозирование направления ветра и предложены функции принадлежности для отдельных направлений ветра. В качестве базовых направлений приняты основные стороны света: Восток (East)-нулевой отсчет от положительного направления оси абсцисс; Север (North)-положительное направления оси ординат, сдвинутое на 90 градусов против часовой стрелки; Запад (West)-отрицательное направления оси абсцисс, сдвинутое на 180 градусов против часовой стрелки; Юг (South)-отрицательное направления оси ординат, сдвинутое на 180 градусов против часовой стрелки (рисунок 2).

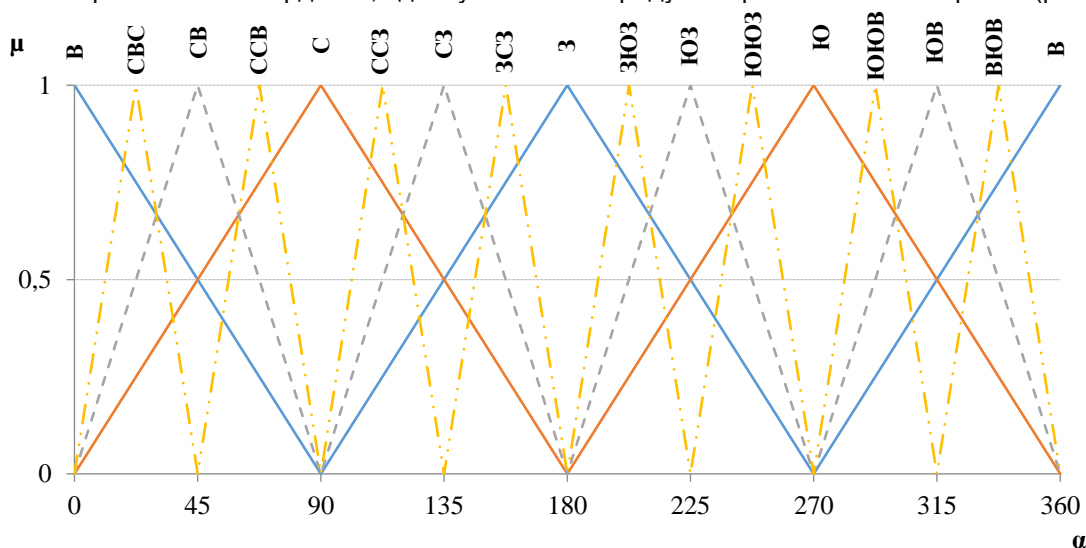


Рисунок 2 – Функции принадлежности направления ветра

Такой набор функций принадлежности является приближенным, поэтому введены промежуточные функции принадлежности: Северо-Восток, Северо-Запад, Юго-Запад и Юго-Восток. Однако для управления ВЭУ на основе нечеткой логики и этой градации функции принадлежности может быть недостаточно. В связи с этим авторами предлагаются новые градации направления ветров, а именно: Восточно-Северо-Восток (BCB), Северо-

Северо-Восток (ССВ), Северо-Северо-Запад (ССЗ), Западо-Северо-Запад (ЗСЗ), Западо-Юго-Запад (ЗЮЗ), Юго-Юго-Запад (ЮЮЗ), Юго-Юго-Восток (ЮЮВ) и Востоко-Юго-Восток (ВЮВ). Таким образом, скорость ветра должна быть охарактеризована, как векторная величина, модуль которой определяет скорость ветра, а угол - направление ветра (рисунок 3).

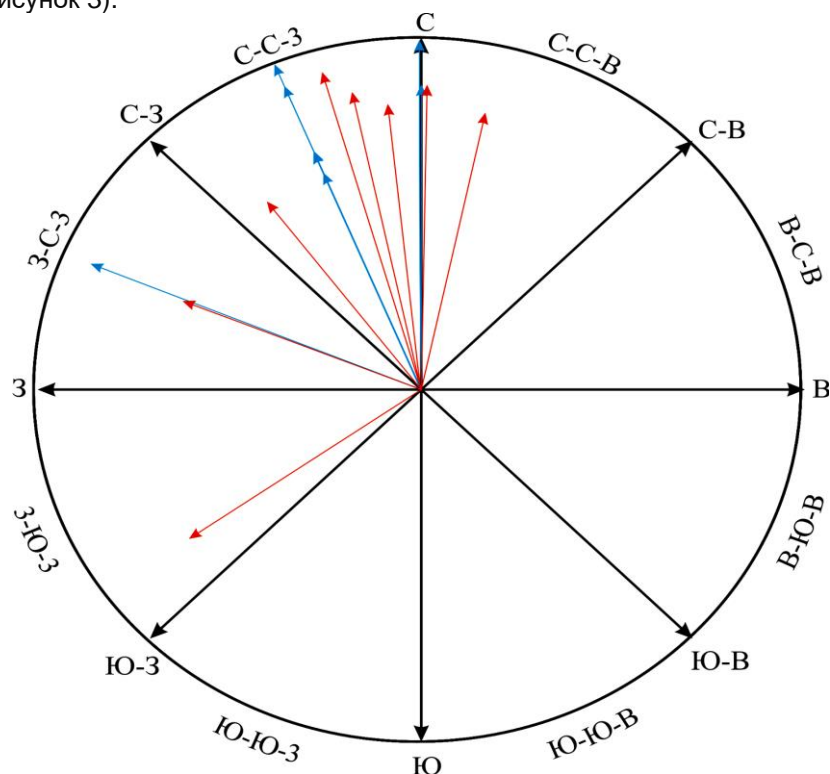


Рисунок 3 – Распределение скорости ветра по направлениям (Фактическое значение – синяя линия и Прогнозное значение – красная линия)

Выводы

1. Показано, что прогнозирование скорости ветра и его угла на основе нечеткой регрессии может быть выполнено с приемлемой точностью на три часа вперед. Это позволяет планировать выработку электроэнергии за счет ветрового потока на суточном интервале и минимизировать расходы генерирующего потребителя. Впервые прогноз скорости ветра дополнен прогнозированием угла его направления, что позволяет на втором этапе выработки мощности ВЭУ осуществлять управление гондолой, в то время как угол атаки лопастей может являться вторичным элементом управления ветроустановкой.

2. Предложена новая математическая модель для оценки максимальной выработки мощности ветроустановки с учетом вероятностных отклонений скорости ветрового потока от его математического ожидания. Показано, что непериодические колебания скорости ветра позволяют на 6–7% увеличить мощность ветроустановки на величину $(\bar{V} \cdot \sigma_V^2)$. Предложенная модель подана в качестве заявки на полезную модель.

3. Реализация новой математической модели с учетом вероятностного характера ветрового потока позволяет спроектировать дополнительные закрылки на лопастях ВЭУ (флепсы), с помощью которых возможен съём дополнительной мощности ветрового потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chang W.Y. Short Term Wind Power Forecasting Using EPSO Based Hybrid Method / W.Y. Chang // Energies. – 2013. – No. 6. – pp. 4879–4896.
2. Манусов В.З. Применение методов искусственного интеллекта в задачах управления режимами электрических сетей Smart Grid / В.З. Манусов, Н. Хасанзода, П.В. Матренин // Новосибирск: Издательство Новосибирский государственный технический университет, 2019 – 240 с.
3. Chang W.Y. Comparison of Three Short Term Wind Power Forecasting Systems / W.Y. Chang // Advanced Materials Research. – 2013. – No. 684. – pp. 671–675.

4. Манусов В.З. Оценка мощности ветроэнергетических установок на основе нечеткой модели ветрового потока и его вероятностных характеристик / В.З. Манусов, Н. Хасанзода // Докл. АН высшей школы РФ. – 2019. – №1 (42), С. 73–82.
5. Takagi T. Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics. – 1985. – Vol. 15. – No. 1. – pp. 116–132.
6. Попов А.А. Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем: монография / А.А. Попов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 296 с.
7. Манусов В.З. Исследование оптимальных режимов интеллектуальных сетей с двухсторонним потоком энергии / В.З. Манусов, Н. Хасанзода, Ш.А. Бобоев // Научный вестник НГТУ. – 2018. – №3. – С. 175–190.
8. Манусов В.З. Оптимизация энергоэффективности ветровых ресурсов Дальнего Востока на основе алгоритма роевого интеллекта / В.З. Манусов, Н. Хасанзода // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2018. – № 19-21. – С. 12–22.

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

TJ	RU	EN
Хасанзода Насрулло	Хасанзода Насрулло	Nasrullo Khasanzoda
н.и.т	к.т.н.	Candidate of technical sciences
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
nasrullo-5445@mail.ru		
https://orcid.org/0000-0002-2787-4299		

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ПОДЧИНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Диёров Р.Х.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Был произведен обзор и анализ ветроэнергетического потенциала районов республиканского подчинения. На основе полученных материалов предложена наиболее подходящая ветротурбина.

Ключевые слова: дехканско-фермерские хозяйства, ветроэнергетический потенциал, ветроустановка, возобновляемые источники энергии, скорость ветра, ветротурбина.

ПОТЕНЦИАЛИ ЭНЕРГЕТИКАИ БОДИИ НОҲИЯҶОИ ТОБЕИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Диёров Р.Ҷ.

Дар мақолаи мазкур барраси ва таҳлили иқтидори энергетикаи бодии ноҳияҳои тобеи Ҷумҳури сураат мегирад. Дар асоси маълумотҳои ба даст овардашуда турбинаи бодии мувофиқ ба минтақаи ноҳияҳои тобеи Ҷумҳурии Тоҷикистон пешниҳод карда шуд.

Калимаҳои асосӣ: хоҷагиҳои дехқони-фермерӣ, иқтидори энергетикаи бодӣ, дастгоҳҳои бодӣ, манбаъҳои барқароршавандаи энергия, суръати шамол, турбинаи бодӣ.

WIND POWER POTENTIAL OF THE REGIONS OF REPUBLICAN SUBJECTION OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Diyorov R.Kh.

A review and analysis of the wind energy potential of the regions of republican subordination was carried out. Based on the materials obtained, the most suitable wind turbine was proposed.

Key words: peasant farms, wind energy potential, wind turbine, renewable energy sources, wind speed, wind turbine.

Все мы являемся свидетелями развития современного мира. За последнее столетие мир сильно шагнул вперед в техническом развитии. Для того чтобы поддержать данное развитие в существующем темпе, миру нужны большие источники энергии.

За последнее десятилетие потребление энергоресурсов в современном мире увеличилось, что привело к дефициту энергоресурсов и большому скачку цен на невозобновляемые источники энергии.

Увеличение спроса на электроэнергию привело к энергокризису, руководство большинства стран пошло на крайние меры, ввело веерное отключение электропотребителей.

Данная проблема подталкивает государства и научно-техническое сообщество на изучение и разработку новых источников энергоресурсов.

Республика Таджикистан за последнее десятилетие, как и весь мир, столкнулась с изменением климата и дефицитом электроэнергии, что привело к энерголимитам отдельных районов и дехканско-фермерских хозяйств.

21 декабря 2021 года Основатель мира и национального единства — Лидер нации, Президент Республики Таджикистан, уважаемый Эмомали Рахмон обратился с традиционным ежегодным посланием к парламенту страны. Глава государства определил основные направления внутренней и внешней политики страны на предстоящие периоды и поставил конкретные задачи по продвижению внешней политики и обеспечению развития сфер экономики, промышленности, энергетики, дорог, транспорта, безопасности и обороны, защиты прав и правопорядка, здравоохранения, культуры, науки и образования, социальной защиты населения, молодежи, спорта и туризма.

С учетом громадной важности сферы промышленности в дальнейшем развитии страны Глава государства предложил объявить 2022-2026 годы «Годами развития промышленности».

Президент страны выразил уверенность, что с осуществлением крупных проектов по строительству и реконструкции энергетических объектов в течение 7 будущих лет энергетические мощности страны будут доведены до 10 тыс. мегаватт, и достигнута одна из стратегических целей государства - полная энергетическая независимость.

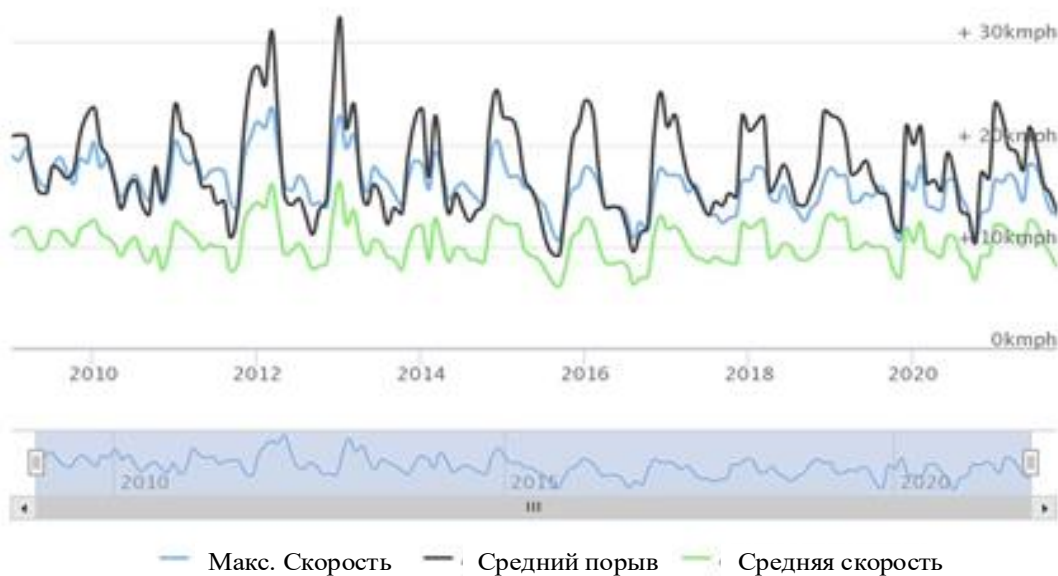
С учетом глобального изменения климата и необходимости развития «зеленой энергетики» Правительству страны необходимо до конца 2022 года принять Стратегию развития «зеленой экономики» в Республике Таджикистан и обеспечить ее реализацию. [7]

Для увеличения энергетических мощностей и обеспечения электроэнергией отдаленных населенных пунктов, дехканско-фермерских хозяйств, промышленных предприятий необходимо развивать выработку электроэнергии за счет возобновляемых источников энергии (ВИЭ)

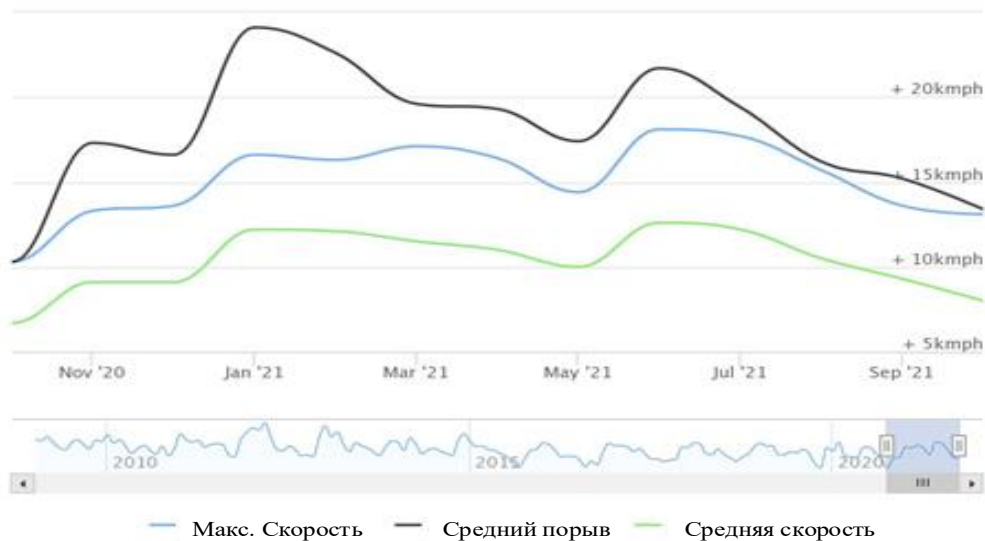
Данная статья посвящена одному из направлений «зеленая энергетика» - определение ветроэнергетического потенциала районов республиканского подчинения (РРП) РТ для увеличения энергетической мощности страны за счет применения ветроэнергетических установок.

В этой работе проанализированы данные 10 населенных пунктов РРП РТ за последние 12 лет. Для четырех населенных пунктов приведены графики изменения скорости ветра за один год и двенадцать лет (н.п. Файзабад, н.п. Гарм, г. Вахдат, н.п. Сомониён (рисунки 1-8)) [1].

н.п. Файзабад



— Макс. Скорость — Средний порыв — Средняя скорость
 Рисунок 1. График изменения скорости ветра за последние 12 лет в н.п. Файзабад.
 н.п. Файзабад



— Макс. Скорость — Средний порыв — Средняя скорость
 Рисунок 2. График изменения скорости ветра за последний год в н.п. Файзабад.

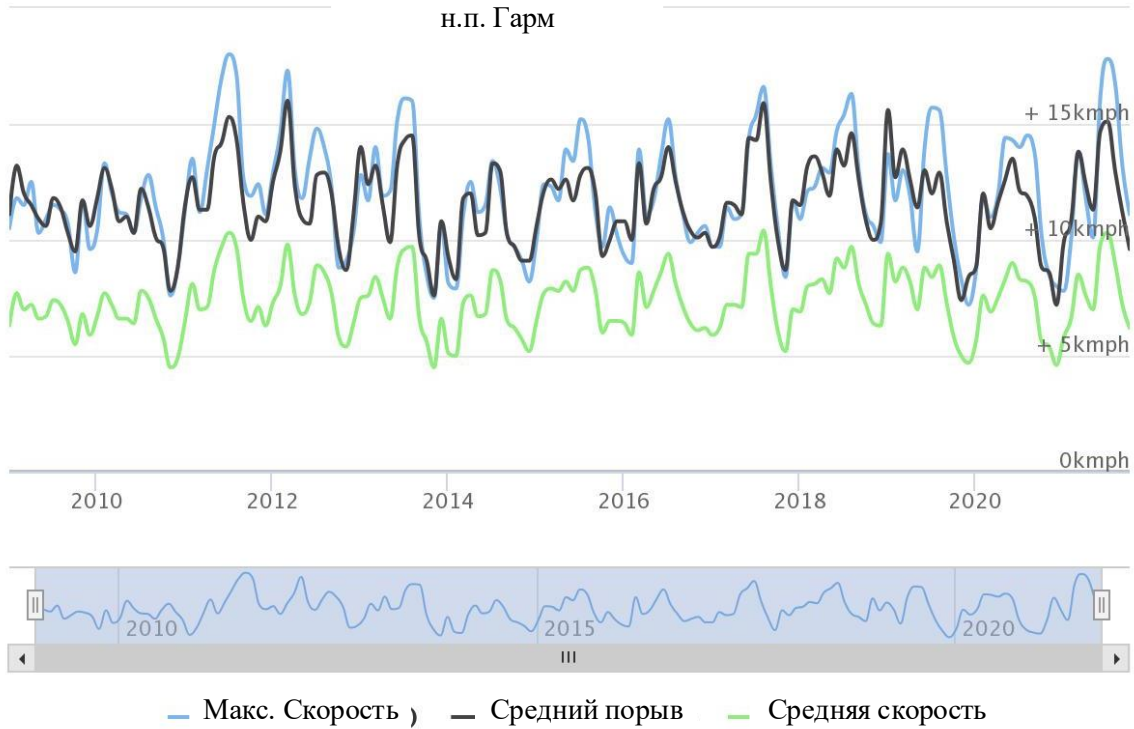


Рисунок 3. График изменения скорости ветра за последние 12 лет в н.п. Гарм.

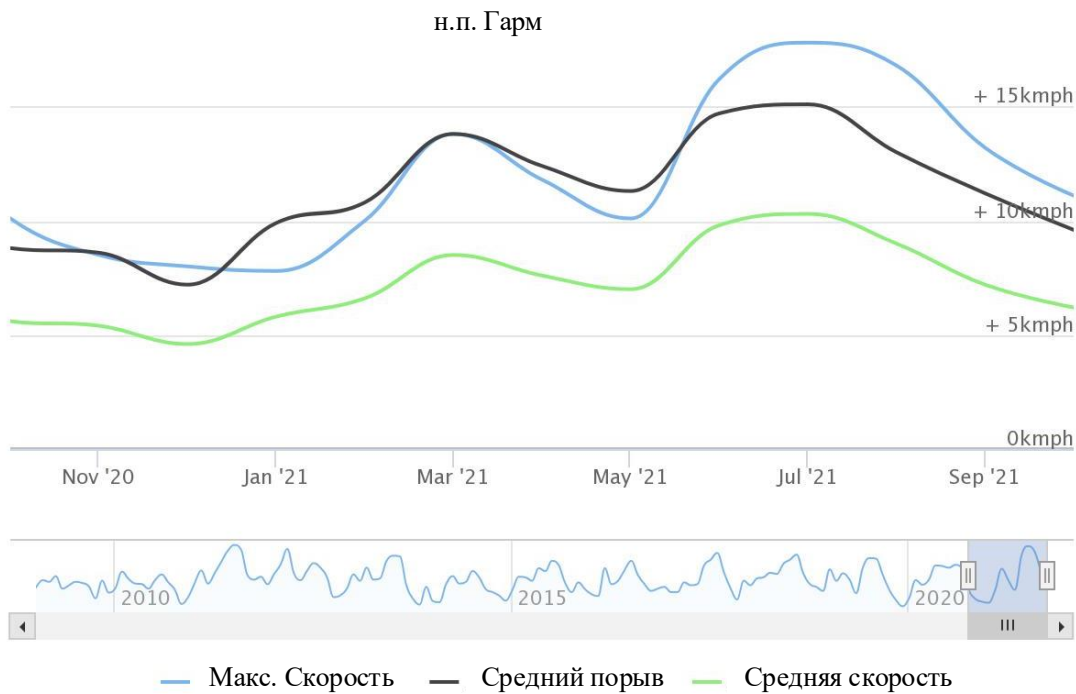


Рисунок 4. График изменения скорости ветра за последний год н.п. Гарм.

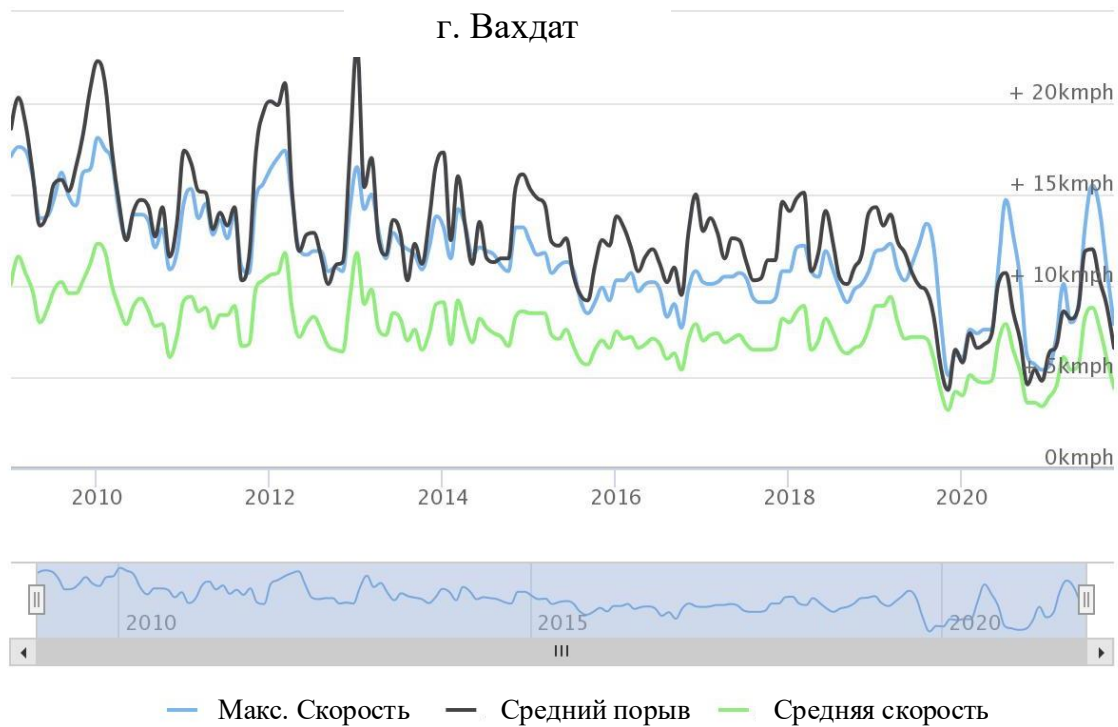


Рисунок 5. График изменения скорости ветра за последние 12 лет в г. Вахдат.

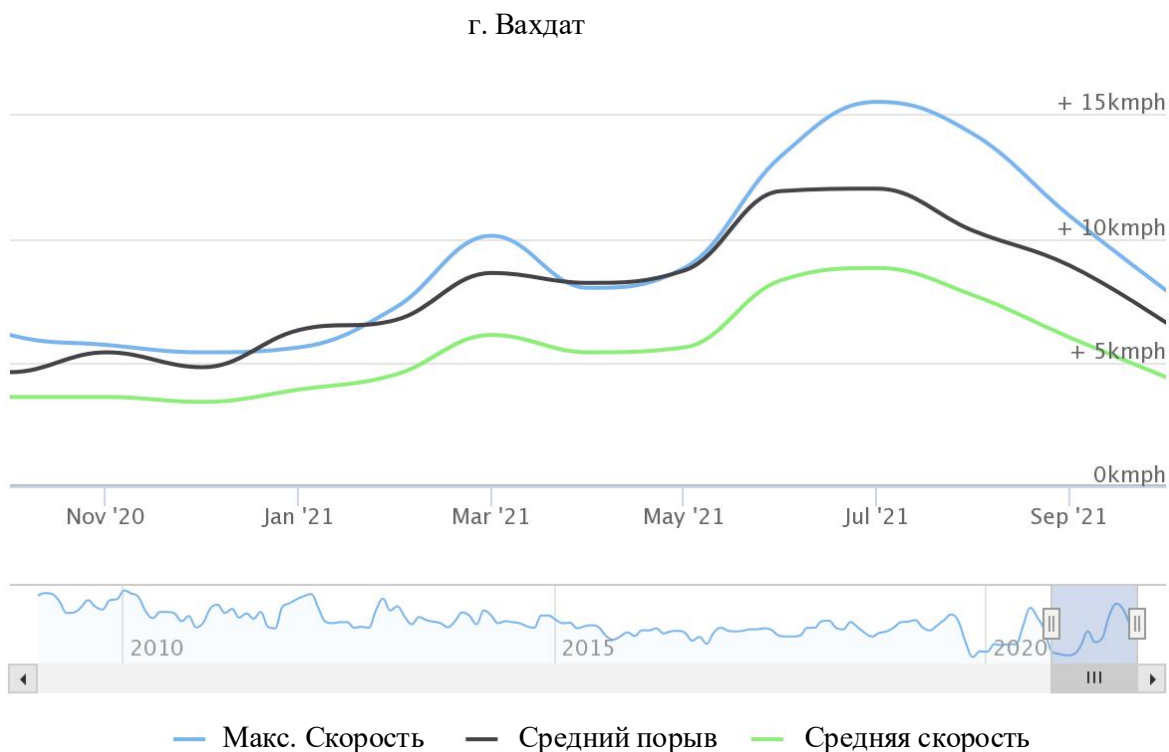


Рисунок 6. График изменения скорости ветра за последний год в г. Вахдат.

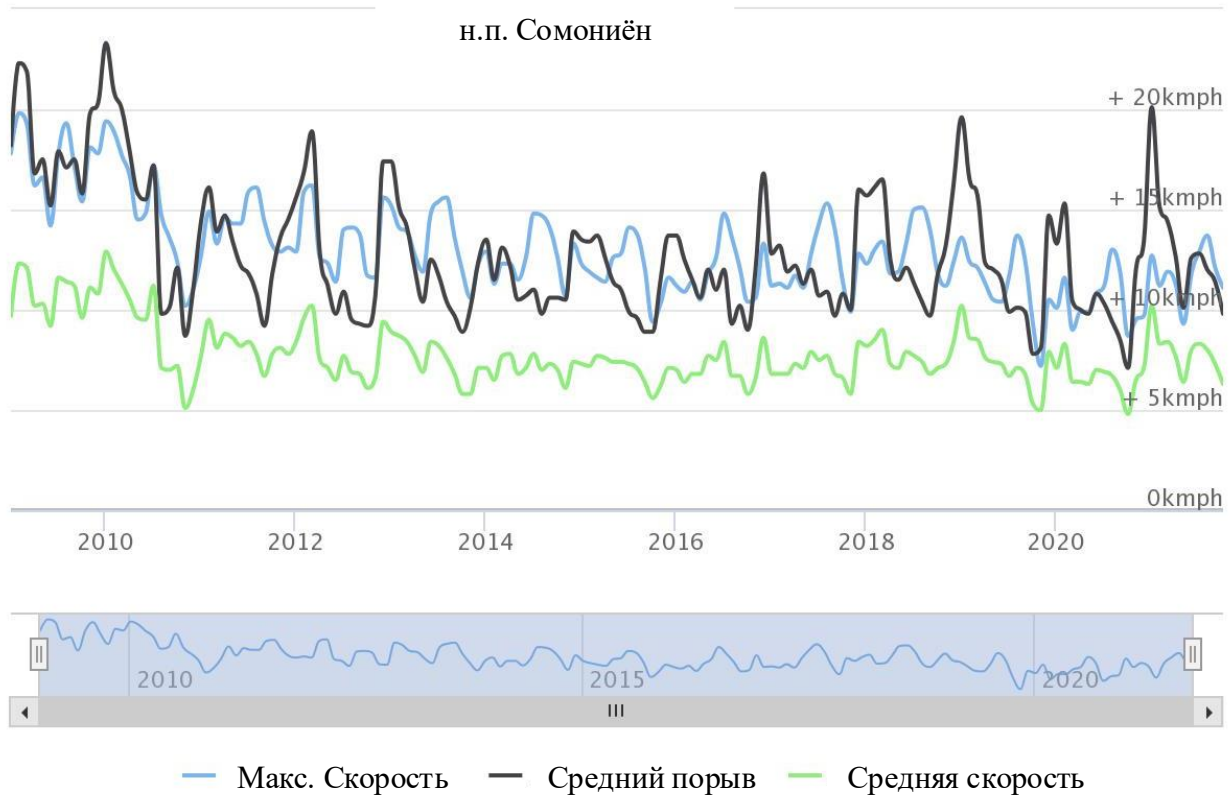


Рисунок 7. График изменения скорости ветра за последние 12 лет в н.п. Сомониён.
н.п. Сомониён

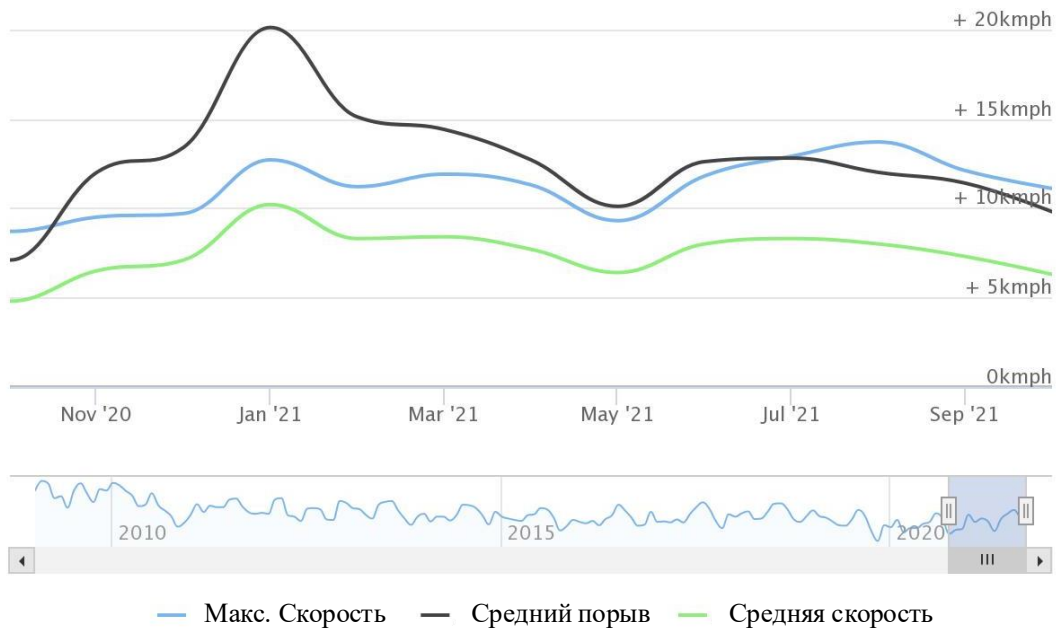


Рисунок 8. График изменения скорости ветра за последний год в н.п. Сомониён.

На рисунках 1-8 приведены графики трех цветов - зеленого, голубого и черного.

Черным цветом показаны порывы ветра, голубым цветом - максимальная скорость ветра и зеленым цветом - средняя скорость ветра.

Таблица 1.

Средняя скорость ветра в населенных пунктах РРП.

№	Название населенного пункта	Средняя скорость ветра м/с	Средняя макс. скорость ветра м/с
1	н.п. Варзоб	2,73	4,32
2	г. Душанбе	2,23	3,9
3	н.п. Файзабад	2,9	4,59
4	н.п. Гарм	2,05	3,35
5	г. Вахдат	2,21	3,37
6	н.п. Сомониён	2,2	3,6
7	н.п. Обигарм	2,87	4,38
8	г. Рагун	2,79	4,33
9	н.п. Шахринав	2,08	3,17
10	г. Турсунзода	2,11	3,2
11	г. Гисар	2,21	3,34

Как видно из приведенных графиков и таблицы 1, для десяти РРП Республики Таджикистан средняя скорость по РРП составляет 2,4 м/с, а средняя максимальная скорость по РРП составляет 3,76 м/с. По РРП можно выделить населенные пункты с более благоприятными скоростями ветра: н.п. Варзоб средняя скорость ветра составила 2,73 м/с, а средняя максимальная скорость ветра составила 4,32 м/с; н.п. Файзабад средняя скорость ветра составила 2,9 м/с, а средняя максимальная скорость ветра составила 4,59 м/с; н.п. Обигарм средняя скорость ветра составила 2,87 м/с, а средняя максимальная скорость ветра составила 4,38 м/с; г. Рагун средняя скорость ветра составила 2,79 м/с, а средняя максимальная скорость ветра составила 4,33 м/с.

Основным параметром региона для получения потенциальной энергии является скорость ветра.

Проанализировав таблицу 1, РРП разобьем условно на части, по среднегодовой скорости ветра:

– менее 2 м/с, в РРП не были выявлены;

– от 2 до 5 м/с, относятся районы, из которых можно выделить н.п. Файзабад, средняя скорость ветра составляет 2,9 м/с, н.п. Варзоб средняя скорость ветра составляет 2,73 м/с, н.п. Обигарм средняя скорость ветра составляет 2,87 м/с, г. Рагун средняя скорость ветра составляет 2,79 м/с;

– более 5 м/с в РРП не были выявлены.

Из таблицы 1 видно, что даже средняя максимальная скорость ветра не превышает 5 м/с.

В зависимости от диапазона скоростей можно выбрать наиболее подходящие ветроэнергетические установки по рабочей скорости ветра [2,3,4,5].

При этом нужно уточнить, что скорость ветра распределена неравномерно по всей территории РРП Республики Таджикистан, из-за её горно-равнинных участков и времени года. Из проведенного анализа скоростей ветра для РРП чаще всего скорость ветра изменяется от 1 м/с до 3 м/с. Из полученных результатов анализа следует выбрать и рекомендовать ВЭУ, подходящую для данного региона.

Наиболее распространённые ВЭУ – лопастные агрегаты с горизонтальным расположением оси и в зависимости от скорости ветра делятся на двух-, трех- и многолопастные турбины (рисунок 9).

ВЭУ с тремя лопастями и горизонтальным расположением оси, которые наиболее распространены в мире (рисунок 9 б), при выработке номинальной мощности имеют рабочую скорость ветра в диапазоне от 8 до 15 м/с, при этом стартовая скорость ветра составляет 2,5-4 м/с. Отсюда появляется вывод, что данный тип ветротурбин не подходит для рассматриваемых регионов из-за большой рабочей скорости [2,3,4,5].

Наиболее благоприятными характеристиками обладают многолопастные ветротурбины (рисунок 9 в). Минимальная скорость ветра данных турбин составляет 0,5-1,5 м/с, номинальную мощность можно получить при скорости ветра 3-4 м/с [6].

Данные ветротурбины способны преобразовать в полезную работу очень слабые потоки воздуха. При усилении ветра они теряют преимущество, а на сильных ветрах проигрывают трехлопастным (рисунок 9 б). Потери на трение растут вместе со скоростью.

По многолопастным ветроэнергетическим установкам опыт эксплуатации маленький, но расчетные показатели и тот опыт говорят о более высокой эффективности.



Рисунок 9. Основные ветроэнергетические установки

Вывод

Проведя двенадцатилетний обзор и анализ РРП, были получены следующие результаты: средняя скорость по всем рассмотренным районам составила 2,4 м/с, а средняя максимальная скорость составляет 3,76 м/с. По РРП можно выделить населенные пункты с более благоприятными скоростями ветра н.п. Файзабад, н.п. Варзоб, н.п. Обигарм, г. Рогун.

В рассмотренных регионах применение трехлопастных ветротурбин невозможно, т.к. рабочая скорость ветра составляет от 8 до 15 м/с. Наиболее подходящие ветротурбины – это многолопастные. Минимальная скорость ветра данных турбин составляет 0,5-1,5 м/с, а номинальную мощность можно получить при скорости ветра 3-4 м/с. Многолопастные ветротурбины способны преобразовать очень слабые потоки ветра в полезную работу.

Литература

1. <https://www.worldweatheronline.com>.
2. <http://vetronet.com>.
3. Кувшинов В.В., Морозова Н.В., Софийский И.Ю. Энергетические установки на основе возобновляемых источников энергии. Учебное пособие. – Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности: «Спутник», 2018. — 276 с.
4. Андрианов В.Н., Быстрицкий Д.Н., Вашкевич К.П., Секторов В.Р. Ветроэлектрические станции. Москва-Ленинград, Государственное энергетическое издательство, 1960. – 320 с.
5. Mario Alejandro Rosato. Small Wind Turbines for Electricity and Irrigation Design and Construction. 2019 by Taylor & Francis Group, LLC.
6. Почанин Ю.С. «Монтаж и сервис оборудования по использованию возобновляемых источников энергии. Том 3. Монтаж и сервис ветроустановок» 2020. – 230 с.
7. www.mfa.tj

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

TJ	RU	EN
Диёров (Диёрзода) Рустам Ҳакималиевич	Диёров (Диёрзода) Рустам Хакималиевич	Diyorov (Diyorzoda) Rustam Hakimalievich
н.и.т	к.т.н.	Candidate of technical sciences,
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
diyorzoda@gmail.com		
https://orcid.org/0000-0001-8513-9404		

УДК621.316.925

ТАДҚИҚИ ТАЪСИРИ ҲОЛАТИ ЗАМИНВАСЛАИ ФУНКЦИОНАЛӢ БА ТАҶҲИЗОТИ ҲИМОЯИ РЕЛЕИИ МИКРОПРОТССЕССОРӢ

О.С. Сайфиддинзода

Дар мақола натиҷаҳои тадқиқотҳои эксперименталии таъсири заминваслаи функционалӣ ба кори таҷҳизоти ҳимояи релеи микропротсессорӣ оварда шудааст. Вобаста ба натиҷаи ба даст омада аҳамияти заминвасла дар занҷири дуум таъмини бехатарии элетрикӣ ва эътимодияти кори ҳимояи релеӣ баҳо дода мешавад.

Калимаҳои калидӣ: заминваслаи функционалӣ, ситораи пурра, заминвасла, ҳалал, бехатарии элетрикӣ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТОЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА УСТРОЙСТВО МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

О.С. Сайфиддинзода

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований влияния функционального заземления на поведение релейной защиты. Выясняется, что заземляющее устройство во вторичной цепи предусматривают с целью обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала и надежности функционирования устройства микропроцессорной релейной защиты.

Ключевые слова: функциональное заземление, полная звезда, заземление, помехи, электробезопасность.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE STATE OF FUNCTIONAL GROUNDING ON THE DEVICE OF MICROPROCESSOR RELAY PROTECTION

O.S. Sayfiddinzoda

The article presents the results of experimental studies of the influence of functional grounding on the behavior of relay protection. It turns out that a grounding device in the secondary circuit is provided in order to ensure the electrical safety of the operating personnel and the reliability of the operation of the microprocessor relay protection device.

Key words: functional grounding, full star, grounding, interference, electrical safety.

Заминваслаи функционалӣ элементи асосие мебошад, ки эътимодияти кори таҷҳизоти ҳимояи релеи микропротсессорро (ТХРМ) таъмин менамояд. Одатан чевони таҷҳизоти ҳимояи релеи микропротсессорро ба замин васл менамоянд. Заминваслаи ин чевонҳо таҷҳизоти мураккабе мебошад, ки дар вақти лоиҳакашӣ ба назар гирифта мешавад. Ҳамчунин заминваслаи функционалӣ барои таъмини мувофиқаи электромагнитӣ истифода мешавад.

Ҳолати заминвасла аз таъсири омилҳои муҳити атроф ва ҷараёни бо электродҳои он ҷоришаванда вобастагӣ дорад [5].

Системаи ҳимояи релеӣ ва автоматикаи шабакаҳои барқӣ асосан ба занҷири дуумӣ пайваст мешавад, ки шиддат ва ҷараёни ин занҷир қимати калон надорад. Вале аз нуқтаи назари бехатарии элетрикӣ шиддат ва ҷараёни занҷири дуум барои бадани одам хатарнок мебошанд. Бинобар ин, дар таҷҳизоти ҳимояи релеи механикӣ ва микропротсессорӣ истифодаи заминвасла ба таври васеъ ба роҳ монда мешавад. Дар мақола аҳамияти истифодаи заминваслаи функционалӣ дар таҷҳизоти ҳимояи релеи микропротсессорӣ вобаста ба натиҷаи моделсозии компютерӣ баҳогузорӣ карда шудааст.

Моҳияти истифодаи заминвасла дар он аст, ки пайвастигии галваникии таҷҳизоти ҳимояи релеи микропротсессорӣ ва элементҳои конструктиви чевон бо замин таъмин карда мешавад. Бо ин роҳ муқовимати роҳи ҷоришавии ҷараёнҳои баргарданда кам карда мешавад [1, 2]. Вобаста ба таъйиноти чевонҳо, намудҳои гуногуни пайвастигҳои элетрикиро заминвасла кардан мумкин аст.

Параметрҳои занҷири заминваслаи ҳимоявӣ дар чевонҳои ҳимояи релеӣ ва автоматика бояд ба талаботи ҳуҷҷатҳои меъёрий ҷавобгӯ бошанд. Заминваслаи ҳимоявӣ танҳо барои таъмини бехатарии элетрикии ҳайати хизматрасон истифода мешавад. Ин таҷҳизот барои паст кардани шиддати расиш байни чевони таҷҳизоти ҳимояи релеи микропротсессорӣ ва сатҳ (мавзеи кори ҳайати хизматрасон) пешбинӣ шудааст. Насби элементҳои заминваслаи микропротсессорӣ технологияи баланди кори талаб намекунад ва дар ҳамаи иншоотҳои энергетикӣ истифодаи он ба таври васеъ ба роҳ монда мешавад. Яъне, дастрасӣ ба заминваслаи ҳимоявӣ дар ҳама объектҳои энергетикӣ ҳама вақт мавҷуд мебошад.

Параметри асосии заминваслаи ҳимоявӣ муқовимати фаъоли он мебошад, ки аз шумора ва ғафсии (масоҳати буриши кундалангии) электродҳо вобастагӣ дорад. Пайвастигҳои тамосии элементҳои асосан ба воситаи печмуҳраҳо (болт) иҷро карда мешаванд. Дар вақти мавҷуд будани қабати ранг дар сатҳи чевон, пулакҳои дандонадори поккунандаи ранг (зубчатая шайба) истифода мешаванд.

Заминваслаи функционалӣ барои он истифода мешавад, ки таҷҳизоти электронӣ дар якҷоягӣ дуруст кор карда тавонад. Ин заминвасла нуқта ё сатҳи потенциали таъҷағиро ба вучуд меоварад, ки потенциали ин нуқта аз муқовимати фаъоли заминвасла вобастагии рост дорад.

Ҷевонҳои дорои терминалҳои микропротсессорӣ бо сигналҳои аналогӣ, дискретӣ ва рақамӣ кор мекунанд, ки интиқоли онҳо ба воситаи кабелҳои оиқпушида сурат мегирад. Одатан ба кори таҷҳизоти рақамӣ сигналҳои гуногун ҳалал расонида метавонанд. Ҳалалҳои импульсии таъсири баланддошта аз ҳисоби муқовимати идуктиви ноқилҳо пайдо шуда метавонад. Ин омилҳо метавонад боиси вайрон шудани кори муқаррари ТМҲР гарданд.

Заминваслаи функционалиро аз рӯи схемаи бисёрнуқтагии дорои сатҳи баробарпотенциал ва ноқилҳои заминваслаи муқовимати идуктивиашон кам иҷро мекунанд. Дар ҷевонҳо, ки пур аз терминалҳои бо сигналҳои рақамӣ коркунанда мебошанд, бояд лоиҳақашии системаи заминваслаи функционалӣ дақиқ иҷро карда шавад.

Асосан кори нодурусти заминваслаи функционалӣ дар шароити таъсири баланди ҳалалҳои импульсӣ аз ҳисоби муқовимати идуктиви ноқилҳои заминваславӣ ба вучуд омада метавонад. Талаботи стандартӣ аз рӯи мувофиқаи электромагнитӣ санҷиши устувории ҷевонҳои ҲРваА-ро бо таъсири ҳалалҳои импульсӣ пешбинӣ мекунад: микросония – қимати амплитудагӣ то ± 4 кВ. Басомади гармоникаҳои баланд аз рӯи баробарии зерин муайян карда мешавад:

$$f_{\max} = \frac{1}{4t_{\phi}},$$

дар ин ҷо t_{ϕ} – давомнокии фронти ҳалали импульсӣ.

Барои муайян кардани муқовимати идуктиви занҷирҳои заминвасла баробарии зерине, ки барои ноқилҳои рост истифода мешавад [3, 4].

барои ноқилҳои буриши кундалангии давра шакл:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} l \left(\ln \frac{2l}{r} - 1 \right);$$

- барои ноқилҳои росткунҷашакли аз варақҳои тунук омодашуда:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} l \left(\ln \frac{2l}{0,24w} - 1 \right),$$

дар ин ҷо: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, Гн/м – доимии магнитӣ;

μ_r – гузаронандагии нисбии магнитии маводи ноқил; l – дарозии ноқили заминваслкунанда, r – радиуси буриши кундалангии ноқил; w – ғафсии ноқили росткунҷашакл.

Аз баробарҳои овардашуда муайян кардан мумкин аст, ки идуктивияти ноқилҳои дароз амалан аз шакли онҳо (росткунҷа ё даврашакл) вобастагӣ надорад. Бартарии ноқилҳои росткунҷашаклро танҳо дар таносуби зерин дидан мумкин аст: $l/w \leq 3 \dots 5$.

Дар таҷрибаи муҳандисӣ бештари вақт қиматҳои наздики идуктивияти ноқили росткунҷашаклро истифода мебаранд: 1 мкГн/м, вале барои ҳисоби идуктивияти ноқили росткунҷашакл қимати коэффитсиенти ислоҳкунандаро истифода мебаранд: $0,4 \leq k \leq 1$.

Ҳамин тавр, ноқили буриши кундалангиаш 2,5 мм² ва дарозияш баробар ба 1 м дар басомади саноатӣ муқовимати фаъоли $R \approx 0,02$ Ом дошта метавонад, вале дар басомади баланд – танҳо муқовимати идуктивӣ $L = 1$ мкГн. Дар натиҷа, дар басомади 250 кГц (спектори ҳалали микросония) муқовимати пурраи ин ноқил наздик ба 1,5 Ом мешавад, ки тахминан ду баробар аз муқовимати фаъол бештар аст. Дар басомади 50 мГц муқовимати ин ноқил боз ҳам баландтар шуда, тахминан ба 300 Ом-ро ташкил медиҳад.

Самаранокии ҳар як нуқтаи заминвасларо ба воситаи импульсҳои кӯтоҳмуддат санҷидан мумкин аст.

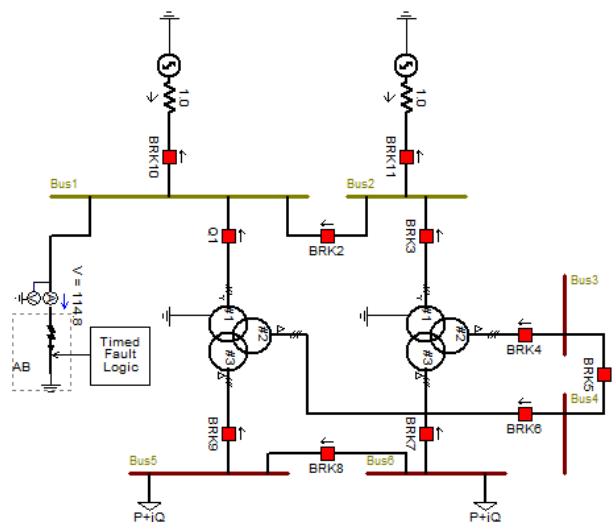
Тавре ки аз маълумотҳои овардашуда бармеояд заминваслаи функционалии ситемаи ҷимояи релеи микропротсессорӣ барои таъмини устувории кор аҳамияти калон дорад. Вале новобаста ба таъйиноти функционалӣ, ҳамчунин заминваслаи занҷирҳои дуҷум аҳамияти ҷимоявӣ низ доранд, ки асосан барои ҷимояи ҳайати хизматрасон аз таъсири ҷараёни электрикӣ пешбинӣ шудаанд.

Дар доираи корҳои тадқиқотӣ аҳамияти заминваслаи занҷири дуҷум ба воситаи комплекси ҳисоббарори PSCAD моделсозӣ карда шудааст.

Барои таҳлили эксперименталии таъсири заминваслак ба кори таҷҳизоти ҷимояи релеи схемаи ҷимояи ҷараёни максималии (ҲҶМ) шабақаҳои речаи нейтралашон оиқкардашуда интиҳоб карда шуд. Тавре ки маълум аст [1] дар чунин шабақаҳо схемаи пайвасти печаҳои трансформаторҳои ченкунанда бо печаҳои реле, схемаи ситораи пурра интиҳоб карда мешавад. Амалан ситораи пурра бо истифодаи се трансформаторҳои

ҷараён сохта мешавад ва нуқтаи сифрии занҷири дуҷуми трансформаторҳои ҷараён ва печаҳои реле бо ҳам пайваст карда шуда, ба замин алоқаманд карда мешаванд – яъне заминваслаи занҷири дуҷум иҷро карда мешавад.

Барои сохтани схемаи принципии ҷимояи ҷараёнии максималӣ бо схемаи ситораи пурра намунаи схемаи зеристгоҳи дорои ду трансформатори аз се печа иборатбуда истифода шудааст (рас. 1). Ҷимоя аз тарафи шиддати баланди трансформатори қуввагӣ гузошта шудааст ва ҳангоми ба кор даромадани ба васлаки Q1 амри хомӯшкуниро равона мекунад.

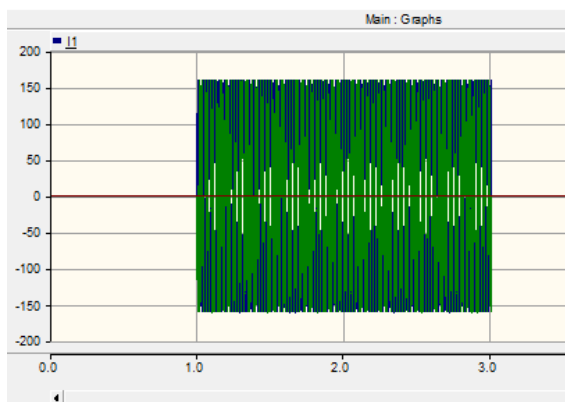


Рас. 1. Схемаи ҷисобӣ

Барои тадқиқи кори ҷимояи ҷараёнии максималӣ дар занҷири якуми схема расиши кӯтоҳ ба вучуд оварда шуда, ба воситаи асбобҳои ченкунанда (трансформаторҳои ҷараён) қимати ҷараён дар занҷири дуҷум ҷисоб карда мешавад.

Тавре ки дар боло оварда шудааст, схемаи пайвасти релеҳои ҷараёнӣ низ ситораи пурра мебошанд ва нуқтаи сифрии он бо замин алоқаманд карда шудааст.

Дар рас. 2 натиҷаи санҷиши ҷараёни занҷири дуҷум бо истифодаи таҷҳизоти заминваслаи занҷири дуҷум нишон дода шудааст.



Рас. 2. Ҷараёни занҷири дуҷум ҳангоми расиши занҷири якум бо истифодаи заминвасла

Барои ба баҳо додани аҳамияти заминвасла дар занҷири дуҷум ба таври сунъӣ заминваслаи ҷимояи ҷараёнии максималӣ пурра канда мешавад ва тадқиқоти эксперименталӣ тақроран гузаронида мешавад.

Натиҷаи тадқиқот нишон медиҳад, ки мавҷудияти заминвасла дар ҷимояи ҷараёнии максималӣ дар вақти расиши кӯтоҳ аҳамият надорад, зеро аз байн бурдани заминваслак графикаи (рас.2) ҷараёни занҷири дуҷумро

тағйир дода натавонист. Дар техникаи микропротсессорӣ аз байн бурдани заминваслаки занҷири дуюм боиси нодуруст қор кардани терминалҳои ҳимоявӣ гашта метавонад.

Хулоса

Тавре ки аз натиҷаи тадқиқоти эксперименталӣ бармеояд мавҷудияти заминвасла ба кори ҳимояи қараёнии максималӣ ягон таъсир надорад. Аз ин хулоса баровардан мумкин аст, ки ин заминвасла пурра барои таъмини бехатарии электрикии ҳайати хизматрасон пешбинӣ шудааст.

Вале, тавре ки аз маълумотҳои адабиётӣ айён аст ТҲРМ бе истифодаи заминвасла ба мушкилотҳои қиддӣ гирифтӣ шуданаш мумкин аст. Чунки ҳар як коммутатсияе, ки дар шабакаи электрикӣ ба вучуд меояд боиси пайдо шудани ҳалал (помех) ба таҷҳизоти электронӣ гарданд. Ҳамчунин қайд кардан ба маврид аст, ки таҷҳизоти электронии ҳозиразамон бисёрфункционалӣ мебошад, вале ба ҳалалҳои электромагнитӣ устувории баланд надоранд.

Барои баҳогузориҳои ҳолати заминваслаи функционалӣ ба кори ТҲРМ тадқиқотҳои эксперименталӣ ва назариявӣ дигар лозим мебошад.

Адабиёт:

1. Абдуллоев, Р.Т. Ҳимояи релееи таҷҳизоти электроэнергетикӣ. Воситаи таълим / Р.Т. Абдуллоев, Д.Д. Давлатшоев, Б.Т. Абдуллоев, Н.Х. Табаров. Душанбе: Промэкспо, 2018 – 333 с.
2. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учеб. для вузов по спец. «Электроснабжение». – 4-е изд., перераб. и доп. – М., Высшая школа, 2006 – 639 с.
3. Денисенко В.В. Заземление в системах промышленной автоматизации // Современные технологии и автоматизации. 2006. № 2. С. 94-99; № 3. С. 76-92.
4. Кечиев Л.Н., Акбашев Б.Б., Степанов П.В. Экранирование технических средств и экранирующие системы.- М.: ООО «Группа ИТД», 2010. 470 с.
5. Сидоров, А.И. Разработка плана отсеивающего эксперимента по исследованию влияния различных факторов на процесс коррозии заземляющих устройств / А.И. Сидоров, Р.Т. Абдуллоев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 52 – 58. DOI: 10.14529/power.160207
6. Копьев, В.Н. Релейная защита. Принципы выполнения и применения: учебное пособие. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. - 153 с.
7. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем: Учебник для вузов.- 2-е изд., М.: Энергоатомиздат, 1992 - 528с.

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

TJ	RU	EN
Сайфиддинзода Одилҷон Сайфиддин	Сайфиддинзода Одилҷон Сайфиддин	Saifiddinzoda Odiljon
PhD	PhD	PhD
ДТТ ба номи академик М.С. Осим	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
odil0210@gmail.com		
0000-0002-0894-4319		

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ СТОРОН ТУРБИНЫ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Ф.М. Рахимов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В настоящей работе рассмотрено влияние соотношения сторон турбины вертикально-осевой ветроэнергетической установки на его производительность. Несмотря на развитие технологии внедрения ветровых установок с вертикальной осью вращения, вопросы производительности и выбора оптимального параметра конструкции остаются открытыми и научно – техническая информация о них в открытых источниках ограничена. Предлагается методология выбора основных параметров вертикально – осевых ветровых турбин, а также их влияние на его производительность. В качестве примера для проверки адекватности предлагаемой методики рассматриваются две ветровые установки с коэффициентами сторон $AR=2$ и $AR=0,4$. Сравнительный анализ полученных результатов показывает, что коэффициент мощности ветротурбины увеличивается по мере того, как число Рейнольдса лопастей увеличивается. Используя расчетный алгоритм, основанный на модели трубки тока, было подчеркнuto, что на коэффициент мощности влияют как соотношение сторон ротора, так и число Рейнольдса.

Анализируя факторы, влияющие на число Рейнольдса, было установлено, что соотношение высоты лопасти и радиуса Ротора (соотношение сторон) влияет на число Рейнольдса и, как следствие, на коэффициент мощности.

Ключевые слова: вертикально-осевые, ветровые энергетические установки, соотношение сторон, коэффициент мощности, быстрходность, лопасть, направляющие лопасти, ротор ветротурбины.

INFLUENCE OF THE ASPECT RATIO OF A TURBINE OF A VERTICAL-AXIS WIND POWER PLANT ON ITS PERFORMANCE

F.M. Rahimov

In the present work, the influence of the aspect ratio of the turbine of a vertical-axis wind power plant on its performance is considered. Despite the development of technology for the introduction of wind turbines with a vertical axis of rotation, the issues of productivity and the choice of optimal design parameters remain open and scientific and technical information about them in open sources is limited. A methodology is proposed for selecting the main parameters of vertical-axial wind turbines, as well as their influence on its performance. As an example, to test the adequacy of the proposed methodology, two wind turbines with side coefficients $AR=2$ and $AR=0.4$ are considered. A comparative analysis of the obtained results shows that the power factor of the wind turbine increases as the Reynolds number of the blades increases. Using a calculation algorithm based on the current tube model, it was emphasized that both the rotor aspect ratio and the Reynolds number affect the power factor.

Analyzing the factors affecting the Reynolds number, it was found that the ratio of the blade height and the radius of the Rotor (aspect ratio) affects the Reynolds number and, as a result, the power factor.

Key words: Vertical-axis, wind power plants, aspect ratio, power factor, speed, blade, guide vanes, wind turbine rotor.

ТАЪСИРИ ТАНОСУБИ ТАРАФҲОИ ТУРБИНАҲОИ ДАСТГОҲҲОИ БАҶҚИ БОДӢ БО МЕҲВАРИ АМУДӢ БА САМАРАНОКИИ ОН

Ф.М. Рахимов

Дар маводи маққур таъсири таносуби тарафҳои турбинаҳои дастгоҳҳои баққи бодӣ бо меҳвари амудӣ ба самаранокии он баррасӣ карда шудааст. Сарфи назар аз инкишофи технологияи ҷорӣ намудани турбинаҳои бодӣ бо меҳвари амудӣ, масъалаҳои самаранокии ва интиҳоби параметрҳои оптималии конструкторӣ қушода мемонанд. Маълумоти илмию техникӣ дар бораи онҳо дар манбаъҳои қушод маҳдуд аст. Методологияи интиҳоби параметрҳои асосии турбинаҳои бодии амудимеҳвар, инчунин таъсири онҳо ба қори он пешниҳод карда мешавад. Барои мисол, ҷиҳати санҷидани мутобиқати методологияи пешниҳодшуда, ду турбинаи бодӣ бо таносуби тарафии $AR=2$ ва $AR=0,4$ баррасӣ карда мешаванд. Таҳлили муқоисавии натиҷаҳои ба даст овардашуда нишон медиҳад, ки зарби тавоноии турбинаи бодӣ баробари зиёд шудани адади Рейнолдс зиёд мешавад. Бо истифода аз алгоритми ҳисобкунӣ дар асоси модели пешниҳодшуда, муайян карда шуд, ки ҳам таносуби тарафҳои турбина ва ҳам адади Рейнолдс ба зарби тавоноӣ таъсир мерасонанд.

Ҳангоми таҳлили омилҳои, ки ба адади Рейнолдс таъсир мерасонанд, муайян карда шуд, ки таносуби баландии парра ва радиуси ротор (таносуби тарафҳо) ба адади Рейнолдс ва дар натиҷа ба зарби тавоноӣ таъсир мерасонад.

Калидвожаҳо: Меҳвари амудӣ, нерӯгоҳҳои баққи бодӣ, таносуби тарафҳо, омилҳои нерӯ, суръат, теса, парчаҳои роҳнамо, ротори турбинаи шамол.

Введение

В настоящее время ветровых энергетических установок в зависимости от расположения вала относительно поверхности земли разделяют на два типа: с горизонтальной осью и с вертикальной осью вращения [1]. Вторые, в частности, вертикально-осевые ветровые энергетические установки (ВО ВЭУ) карусельного типа, имеют упрощенную геометрию самой конструкции и лопастей, без скрученных или конических форм. Данные

установки имеют несколько преимуществ: совершенно независимы от направления ветра; момент старта начинается при слабых ветрах (1,5-2,5 м/с); являются относительно недорогими и бесшумными [2,3].

Результаты работы разных исследователей показали, что в отличие от горизонтально – осевых турбин ВО ВЭУ могут работать даже при неустойчивых ветрах, где наблюдается турбулентность потока, что повышает возможность их применения в условиях высокогорья, городской среде и крайнего севера [4-8].

Аэродинамические характеристики вертикально осевых ВЭУ в свою очередь зависят от многих взаимовлияющих и взаимозависимых факторов, одним из которых является соотношение сторон ветротурбины AR как отношение высоты лопасти h к радиусу ротора R . В зависимости от выбора соотношения сторон ветротурбины определяется значение её коэффициента мощности (КПД ветротурбины).

$$AR = h/R$$

В данной работе рассматривается влияние соотношения сторон турбины вертикально - осевой ветроэнергетической установки на его производительность, а также методика выбора оптимального соотношения сторон ВЭУ.

Оптимальные рабочие характеристики зависят от прочности ротора (ветроколеса) и быстроходности Z [2,5]. Для вертикально осевых ВЭУ прочность ротора зависит от количества лопастей Nb , хорды аэродинамического профиля (c) и радиуса R ротора. Отношение скорости кончика лопасти является функцией угловой скорости, скорости невозмущенного ветра и радиуса ротора [9].

В процессе разработки ветротурбины с вертикальной осью крайне важно оптимизировать аэродинамические характеристики лопастей [10,11,12].

Методика определяет аэродинамические характеристики ветротурбины в зависимости от формы и размеров лопастей, а также её удаленности от оси ветроколеса.

Описание методики

В зависимости от формы и размеров лопастей при обтекании потока ветра на них действует аэродинамическая сила, которую можно разделить на две составляющие: подъемную силу и силу сопротивления (также называемые аэродинамическими коэффициентами профиля). Зависимость аэродинамических коэффициентов от скорости натекающего на профиль потока и его свойств определяется числом Рейнольдса. Оптимизацию формы и размеров лопастей целесообразно проводить с помощью математического и компьютерного моделирования [13]. Так как проведение натуральных экспериментов затратное и занимает много времени.

Методика построения аэродинамических характеристик

Производительность ветротурбины зависит от его аэродинамических характеристик

$$C_p = f(Z),$$

где C_p - коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ);

Z – быстроходность, задаётся значение от нуля до синхронной Z_{max} .

После определения коэффициента использования энергии ветра C_p , соответствующего заданным числам модулей Z , значение выходной мощности ветротурбины P можно определить по формуле:

$$P = \frac{1}{2} \rho V_0^3 2RhC_p \eta \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³; R и h – радиус и высота ветроколеса соответственно, м; V_0 – скорость ветра, м/с; η – КПД ветротурбины.

Частота вращения ветроколеса n связана с быстроходностью Z и скоростью ветра V соотношением

$$n = \frac{30ZV}{\pi R}, \quad (2)$$

Анализ аэродинамических характеристик ветродвигателей с вертикальной осью вращения, полученных эмпирическим путем, позволяет сделать вывод о том, что все они имеют подобную форму (см. рис. 1) и могут быть с хорошей точностью аппроксимированы с помощью двух парабол: квадратичной и кубической [15].

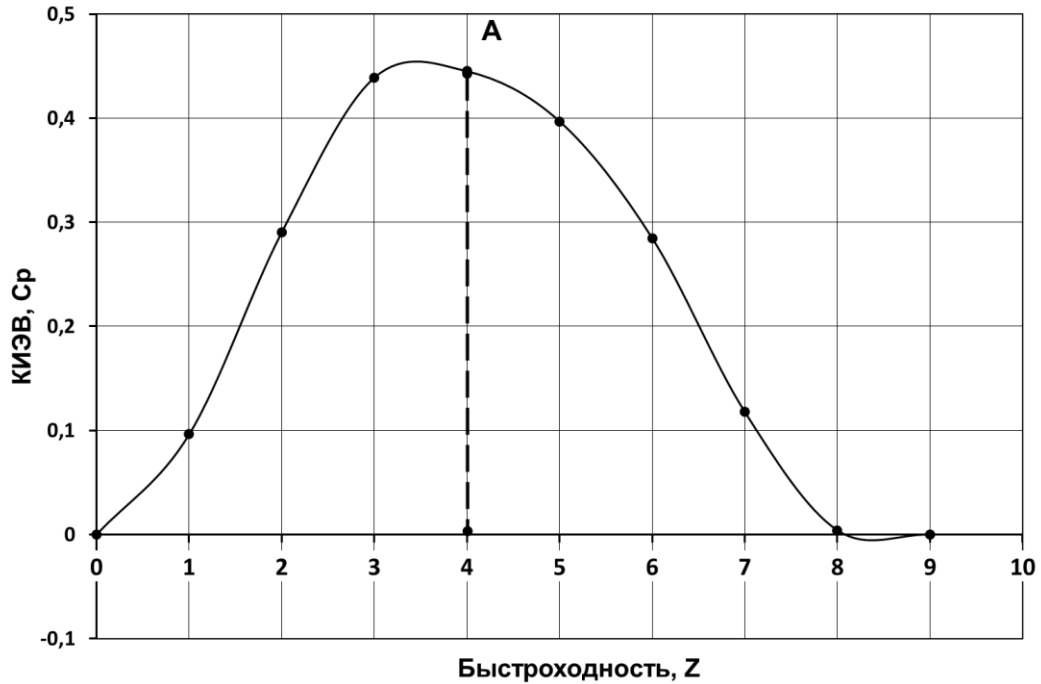


Рисунок 1. Аэродинамическая характеристика ветровой турбины

Правая ветвь характеристики $C_p = f(Z)$ аппроксимируется квадратичной параболой с вершиной в точке А (рис.1) и определяет численные значения C_p в пределах быстроходности от нормальной Z_n до синхронной Z_0 ($Z_n \leq Z \leq Z_0$):

$$C_p = C_{p \max} - \frac{C_{p \max}}{(Z_0 - Z_n)^2} (Z - Z_n)^2 \quad (3)$$

где $C_{p \max}$ – максимальный коэффициент использования энергии ветра.

Левая ветвь аэродинамической характеристики соответствует значениям быстроходности $Z \leq Z_n$ и может быть аппроксимирована кубической параболой:

$$C_p = C_{p \max} \left(\frac{Z}{Z_n}\right)^2 \left[3 - 2\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right] \quad (4)$$

Значение коэффициента использования энергии ветра C_p и быстроходности Z зависит от плотности ротора σ , которое определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{N_b c}{R} \quad (5)$$

где N_b – количество лопастей, шт.; c – хорда лопастей, м.

Здесь хорда c может быть выражена как функция плотности, радиуса ротора R и числа лопастей N_b по формуле 3:

$$c = \frac{\sigma_{ср\max}}{N_b} R \quad (6)$$

В зависимости от значения σ можно построить семейство кривых зависимостей $C_p = f(Z)$ коэффициента мощности при заданном числе Рейнольдса. Известно, что аэродинамические характеристики лопастей (известные как подъемная сила и сила сопротивления) зависят от числа Рейнольдса, поэтому при расчетах необходимо сравнивать полученные значения с первоначальным числом в зависимости, от которой были

построены эти кривые коэффициента мощности. Если рассчитанное число отличается от первоначально принятого значения, тогда необходимо построить новые кривые коэффициента мощности с новым числом Рейнольдса (обычно для этого достаточно две три итерации).

Используя математический алгоритм расчета, основанного на теории модели множества трубки тока (МТТ) [5], для вертикально – осевой ветротурбины с прямыми лопастями и аэродинамическим профилем NACA 0018 построим графики зависимости коэффициента мощности C_p от отношения быстроходности Z в зависимости от плотности ветроколеса σ при числе Рейнольдса ($Re=5 \cdot 10^6$) рис. 2.

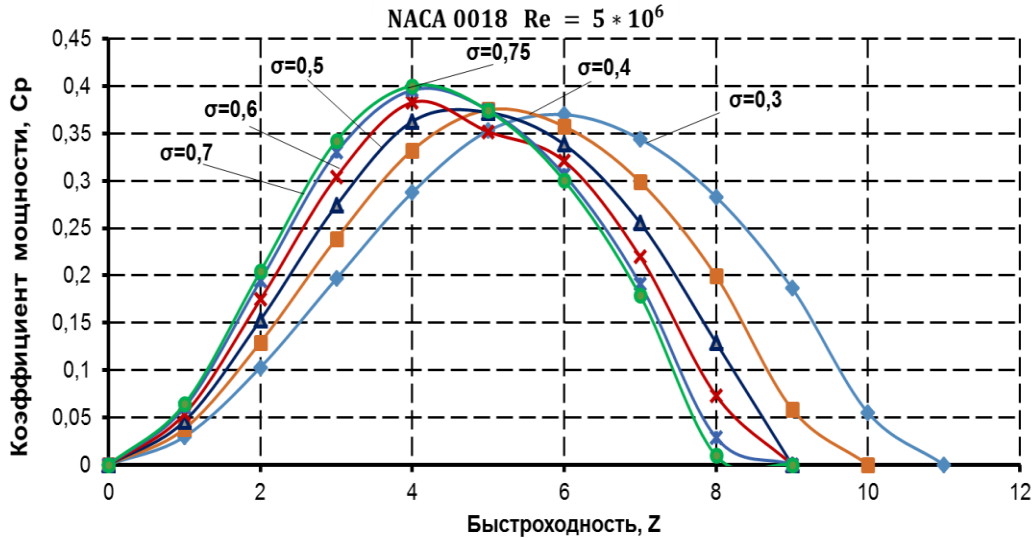


Рисунок 2. Зависимость коэффициента мощности C_p от быстроходности Z для прямой лопасти симметричной формы NACA 0018

Из графика на рисунке 2 можно определить, что плотность $\sigma = 0,7$, которая максимизирует коэффициент мощности, принимая значение $C_{pmax} = 0,41$, соответствует значению быстроходности $Z = 4,0$.

Определив соотношение сторон турбины (AR) как отношение высоты лопасти к радиусу ротора ($AR = h / R$), радиус ротора можно вывести из формулы 1:

$$R = \sqrt{\frac{P}{\rho V_0^3 AR C_p}} \quad (7)$$

где мощность P и скорость ветра V_0 являются расчетными данными, а ρ - плотность воздуха равной $1,225 \text{ кг/м}^3$.

Для проверки правильности решения можно вычислить число Рейнольдса для лопастей и при необходимости повторять процедуру с новыми значениями коэффициента мощности C_p [14].

Число Рейнольдса определяется по формуле:

$$R_e = \frac{cw}{\nu} \quad (8)$$

где c – хорда лопасти по формуле 3, ν - кинематическая вязкость потока, а w - скорость ветра относительно профиля, как показано на рис. 3.

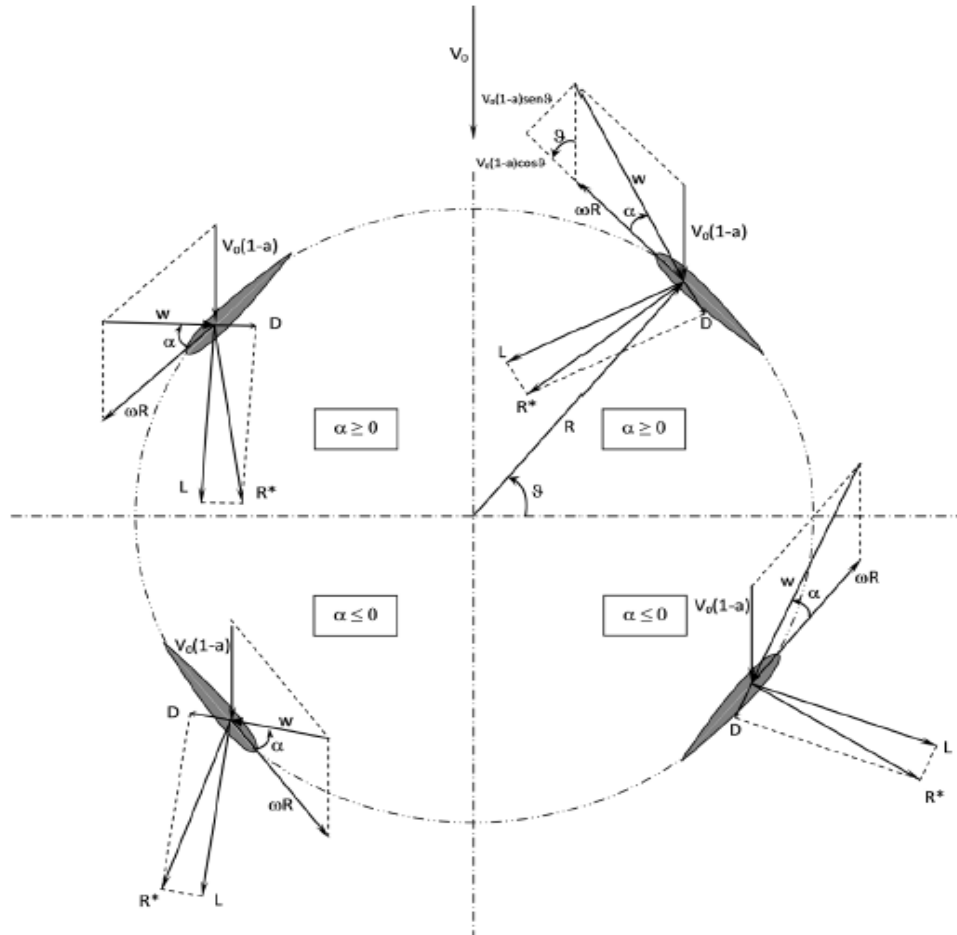


Рисунок 3. Плоскость вращения ветроколеса (ротора)

Чтобы завершить цикл, необходимо рассчитать ωR угловую скорость непосредственно из быстроходности Z относительно C_{pmax} , определяемого по рис.2.

$$\omega R = Z_{cpmax} V_0 \quad (9)$$

и объединив формулы 8 и 9, получим

$$R_e = \frac{cV_0 Z_{cpmax}}{v} \quad (10)$$

Полученное значение R_e рассчитанное по (10) должно совпадать или приблизиться к первоначальному значению, по которому построены кривые коэффициента мощности C_p (рис. 1). Если число R_e отличается от первоначально принятого, то необходимо построить семейство кривых коэффициента мощности C_p с другим числом Рейнольдса.

Особенности соотношения сторон

Из формулы (5) можно наблюдать увеличение радиуса R при уменьшении отношения AR . В формуле (2), если R увеличивается, то хорда увеличивается тоже, и в формуле (7) обратите внимание на то, что при увеличении хорды увеличивается число Рейнольдса. Наконец, на рис. 3 показано, как увеличивается коэффициент мощности при увеличении числа Рейнольдса.

Угловую скорость вращения ω можно вывести из формулы (9):

$$\omega = \frac{Z_{cpmax} V_0}{R} \quad (11)$$

Уравнение (11) показывает, как ω обратно пропорционально радиусу R .

Из графика рис. 4, видно, что при увеличении числа Рейнольдса увеличивается коэффициент мощности C_p , но уменьшается быстроходность.

Чтобы максимально увеличить коэффициент мощности, соотношение сторон роторов должно быть как можно меньше. По мере уменьшения соотношения сторон можно наблюдать рост числа Рейнольдса и одновременное уменьшение скорости вращения. Влияние соотношения сторон на число Рейнольдса и скорость вращения показано на рис.4 для двухлопастной турбины мощностью 1 кВт со скоростью ветра 10 м/с.

Рис. 4. Влияние соотношения сторон на характеристики вертикально – осевых ВЭУ.

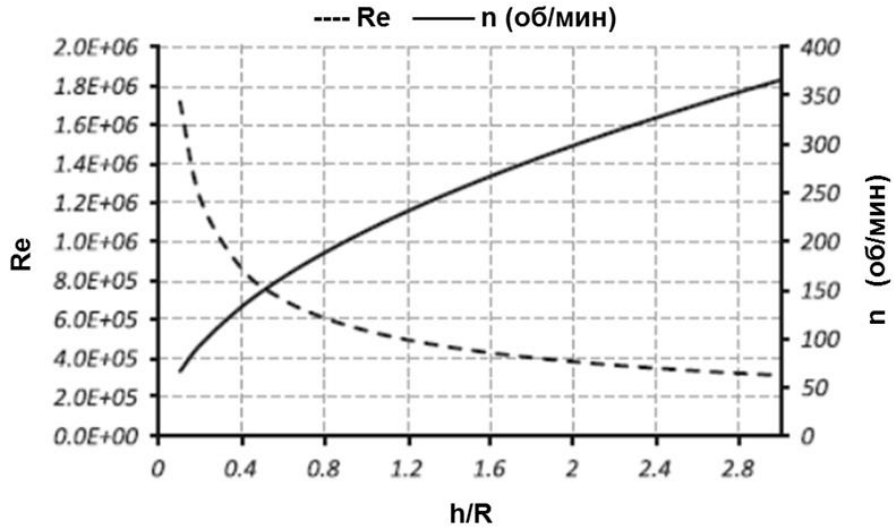


Рисунок 4. Влияние соотношение сторон на характеристики вертикально – осевых ВЭУ

Далее для сравнения посмотрим на примере двух турбин одинаковой расчетной мощности, но с различными соотношениями сторон при одинаковом числе лопастей ($AR1 = 2$; $AR2 = 0.4$) рис. 5. Как было отмечено выше, турбина с наименьшей AR будет иметь наибольший коэффициент мощности и наименьшую скорость вращения. Данная турбина будет иметь ещё два преимущества: во-первых, устойчивую конструкцию к порывам (за счет того, что лопасти будут толще), а во-вторых, стабильность во вращении (т.е. большой момент инерции ротора).

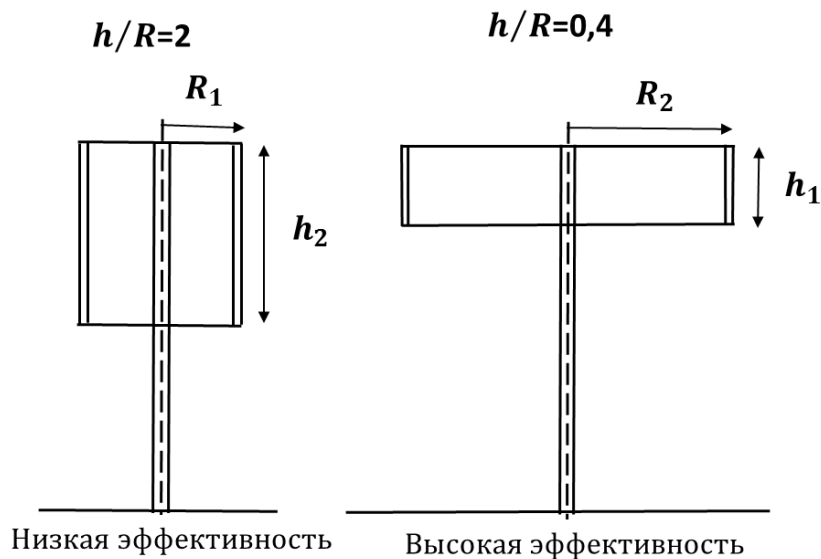


Рисунок 5. Ветровые турбины с разными коэффициентами соотношения сторон

На рис. 6 показаны графики зависимостей для различных мощностей ветровых турбин от коэффициента соотношения сторон. Обратите внимание, что турбины с наибольшей мощностью имеют большее число Рейнольдса и меньшую скорость вращения.

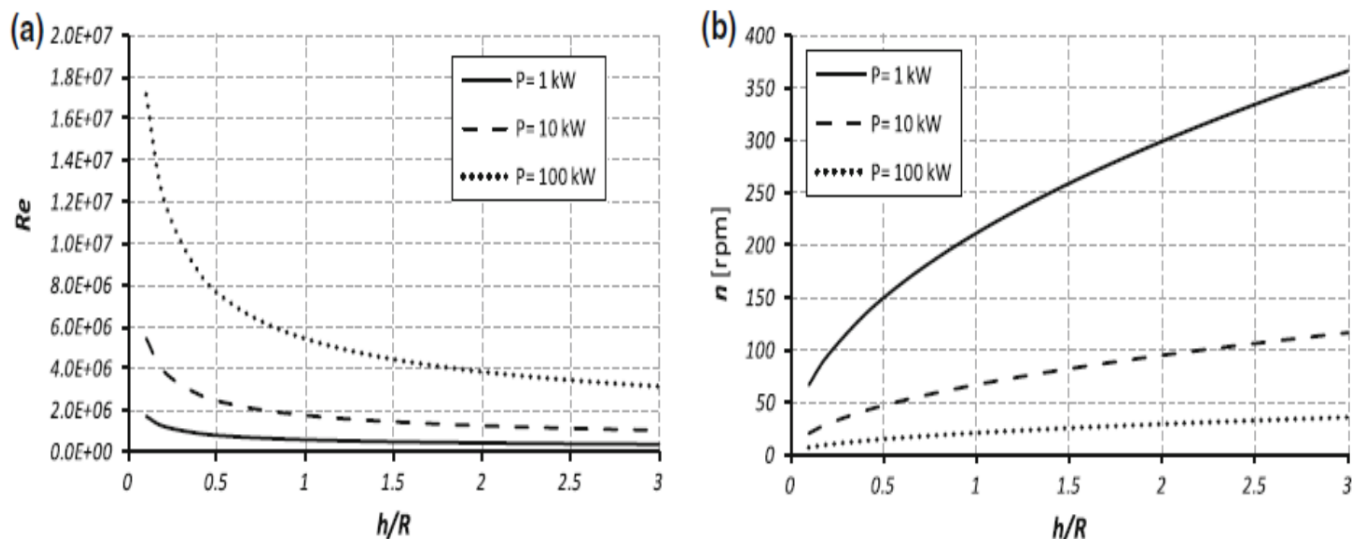


Рисунок 6. Влияние коэффициента соотношения сторон на производительность ветровых турбин

Отсюда можно сделать вывод, что показатели ВЭУ с вертикальной осью вращения зависят от числа Рейнольдса и расположения его лопастей. С увеличением числа Рейнольдса улучшается производительность ветроустановки, так как в данном случае повышается коэффициент подъемной силы лопасти [8], следовательно, уменьшается коэффициент сопротивления.

Порядок проведения исследования

Чтобы лучше объяснить процедуру разработки, исследуемую в данной работе турбины, представлена методика исследования. Из рис. 5 возможно заметить, что низкий AR дает высокое число Рейнольдса; это может улучшить показатели ветротурбины. В процессе проектирования конструкции рекомендуется выбор низкого значения коэффициента соотношения сторон AR. В данном примере будет представлено сравнение двух ветротурбин, сконструированных с двумя различными значениями AR ($AR = 2$ и $AR = 0.4$).

Предположим, что для простоты мы хотим спроектировать ВЭУ с номинальной мощностью 1 кВт, с шестью прямыми лопастями с симметричным аэродинамическим профилем (NACA 0018). Место предполагаемой установки характеризуется средней скоростью ветра 10 м/с. Алгоритм расчета приведен на рис. 7 [19]. На данном рисунке показана блок – схема определения оптимального числа Рейнольдса. При применении данной методики, прежде всего, предполагается, что число Рейнольдса известно или предварительно задано. Выбранное число Рейнольдса будем называть: "первая попытка числа Рейнольдса".

При числе Рейнольдса, равного 5×10^6 , из графика на рис. 2, имеющего максимальное значение коэффициента мощности ($C_{pmax} = 0.41$) при максимальных значениях коэффициента заполнения ротора и быстроходности соответственно: $\sigma_{срmax} = 0.7$ и $Z_{срmax} = 4.0$. Для соотношения сторон 2 ($h/R = 2$) по формуле (4) радиус ротора $R = 0,904$ м ($\rho = 1,2$ кг/м³). Из формулы (2) получаем хорду $c = 0,136$ м, а из формулы (8) получаем скорость вращения $n=320$ об/мин. Новое число Рейнольдса (вторая попытка) можно определить по формуле (7): $Re = 2.8 \times 10^5$.

Теперь процедуру проектирования следует повторить с новым значением числа Рейнольдса. Это число Рейнольдса будет называться: "вторая попытка числа Рейнольдса". С учетом рис. 2 мы получим новые геометрические значения для ветротурбины. Эти значения приведены в таблицах 1 и 2. Процедура проектирования закончится тогда, когда число Рейнольдса не изменится значимым образом. Порядок и последовательность проектирования переходят к численной сходимости только с двумя итерациями.

Из данных, приведенных в таблице 1, для $h/R = 2$ порядок расчета дает коэффициент мощности 0,464. Повторяя описанную выше процедуру для $h / R = 0,4$, получим более высокую эффективность: $C_{рmax} = 0,475$ (см. табл. 2).

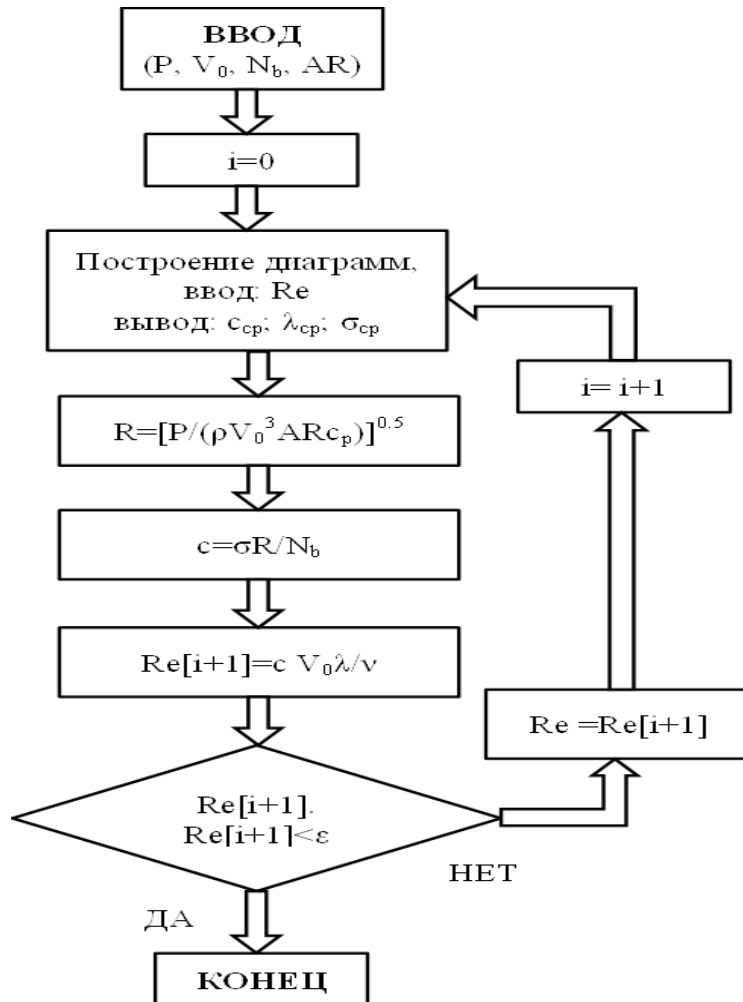


Рисунок 7. Алгоритм расчета параметров ВЭУ с вертикальной осью вращения [19]

Таблица 1

Методика проектирования ВЭУ с вертикальными прямыми лопастями с коэффициентом $(h/R = 2)$

	Первая попытка	Вторая попытка
Мощность (кВ)	1	1
Профиль (лопасти)	NACA 0018	NACA 0018
Скорость ветра, м/с	10	10
Атмосферное давление, кг/м³	1,2	1,2
Кинематическая вязкость воздуха, м²/с	$1,46 \times 10^{-5}$	$1,46 \times 10^{-5}$
Соотношения сторон h/R	2	2
Количество лопастей, шт	6	6
Первая попытка числа Рейнольдса	5×10^6	$2,8 \times 10^5$
Радиус ротора, м	0,904	0,947
Хорда лопасти, м	0,136	0,189
Скорость вращения, об/мин	320	301
Вторая попытка числа Рейнольдса	$2,8 \times 10^5$	$3,8 \times 10^5$
Следующий шаг	Вторая итерация	Конец

Таблица 2

Методика проектирования ВЭУ с вертикальными прямыми лопастями с коэффициентом ($h/R = 0,4$)

	Первая попытка	Вторая попытка
Мощность (кВ)	1	1
Профиль (лопасти)	NACA 0018	NACA 0018
Скорость ветра, м/с	10	10
Атмосферное давление, кг/м ³	1,2	1,2
Кинематическая вязкость воздуха, м ² /с	$1,46 \times 10^{-5}$	$1,46 \times 10^{-5}$
Соотношения сторон h/R	0,4	0,4
Количество лопастей, шт	6	6
Первая попытка числа Рейнольдса	5×10^6	$6,2 \times 10^5$
Радиус ротора, м	2,02	2,09
Хорда лопасти, м	0,303	0,314
Скорость вращения, об/мин	140	135
Вторая попытка числа Рейнольдса	$6,2 \times 10^5$	$6,5 \times 10^5$
Следующий шаг	Вторая итерация	Конец

Заключение

В данной работе рассматриваются влияние и выбор соотношения сторон ветротурбины с вертикальной осью для максимального увеличения коэффициента мощности. Было получено, что коэффициент мощности ветротурбины увеличивается по мере того, как число Рейнольдса лопастей увеличивается. Используя расчетный алгоритм, основанный на модели трубки тока, было подчеркнуто, что на коэффициент мощности влияет как соотношение сторон ротора, так и число Рейнольдса.

Анализируя факторы, влияющие на число Рейнольдса, было установлено, что соотношение высоты лопасти и радиуса Ротора (соотношение сторон) влияет на число Рейнольдса и, как следствие, на коэффициент мощности.

Основными преимуществами турбин с низким коэффициентом AR являются следующие: высокий коэффициент мощности, устойчивость конструкции за счет более толстых лопастей (низкой высоты и большой хорды), большая стабильность в работе, обеспечиваемая за счет большого момента инерции ротора турбины.

Список литературы

1. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учебное пособие/ А. да Роза; пер. с англ. ПОД редакцией ел. Мальшенко, О.С. Попеля. - Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ; 2010.- 704 с.: ил.
2. Твайделл, Дж., Возобновляемые источники энергии/Твайделл Дж., Уэйр А.// пер. с англ. –М.: Энергоатомиздат. 1990. -392с.
3. Фатеев Е. М. Ветро двигатели и ветроустановки. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 536с
4. Силин Н. В., Рахимов Ф. М. К вопросу использования ветроустановок в городской среде //НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: СОХРАНЯЯ ПРОШЛОЕ, СОЗДАЁМ БУДУЩЕЕ. – 2018. – С. 39-43.
5. Горелов Д.Н. Аэродинамика ветроколес с вертикальной осью вращения. – Омск: Полиграфический центр КАН, 2012. – 68 с.
6. Бабина Л. В. Анализ ветроустановок для электростанций малой мощности //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №. 78.
7. Воронин С.М., Бабина Л.В. Работа ветроустановки при изменении направления ветра // Альтернативная энергетика и экология, 2010 № 1. С. 98-100
8. Casini M. Small vertical axis wind turbines for energy efficiency of buildings //Journal of Clean Energy Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 1. – С. 56-65.
9. Pope K. et al. Effects of stator vanes on power coefficients of a zephyr vertical axis wind turbine //Renewable Energy. – 2010. – Т. 35. – №. 5. – С. 1043-1051.

10. Шишкин Н. Д., Ильин Р. А. Анализ направлений повышения конкурентоспособности конструкций энергоэффективных ветроэнергоустановок различных типов //Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2017. – №. 2 (64).
11. Eriksson, S., Bernhoff, H., Leijon, M.: Evaluation of different turbine concepts for wind power. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 12, 1419–1434 (2008)
12. Соломин Е. В. Методологические основы разработки и создания вертикально-осевых ветроэнергетических установок для агропромышленного комплекса России : дис. – Алтайский гос. техн. универ. 2013. Электронный ресурс: <http://www.altstu.ru/media/f/2013-02-15-AvtoreferatSolomin-EV.pdf>, 2013.
13. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink. М.: ДМК Пресс, СПб.: Питер, 2008. 288 с.
14. Armstrong, S., Fiedler, A., Tullis, S.: Flow separation on a high Reynolds number, high solidity vertical axis wind turbine with straight and canted blades and canted blades with fences. *Renew. Energy* 41, 13–22 (2012)
15. Обухов С.Г. Моделирование продольной составляющей скорости ветра/ С.Г.Обухов, Е.Ж. Саркисеев // Электроэнергия: от получения и распределения до эффективного использования: Материалы V Всероссийской научно-технической конференции. – Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – с. 74–75.
16. Paraschivoiu, I.: *Wind Turbine Design with Emphasis on Darrieus Concept*. Polytechnic International, Canada (2002)
17. Кирпичникова И. М., Соломин Е. В. Ветроэнергетические установки. Расчет параметров компонентов: учебное пособие //Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. – 2013.
18. Center for Sustainable Energy: Ealing Urban Wind Study, Ealing Borough Council Urban Wind Study. The CREATE Centre, Bristol (2003)
19. Brusca S., Lanzafame R., Messina M. Design of a vertical-axis wind turbine: how the aspect ratio affects the turbine's performance //International Journal of Energy and Environmental Engineering. – 2014. – Т. 5. – №. 4. – С. 333-340.

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

TJ	RU	EN
Рахимов Фирдавс Мирзоумарович	Рахимов Фирдавс Мирзоумарович	Rahimov Firdavs Mirzoumarovich
ассистент	ассистент	assistant
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
rm-firdavs@mail.ru		
ORCID Id 0000-0002-3962-7914		

УДК621.311.243

ДВУХОСЕВАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

¹И.Б. Махсумов, ¹И.С. Носиров, ²Ш.С. Саъдуллозода, ¹Д.Ю. Гулов

Институт энергетики Таджикистана

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье приведены результаты натурального эксперимента по определению прихода солнечной радиации в конкретной географической точке города Челябинска, но различным образом ориентированные площадки. В частности, подтверждено экспериментально известное теоретически увеличение на 10-15 % прихода солнечной радиации на площадку, установленную под углом, равным географической широте местности, по сравнению с горизонтально расположенной площадкой. Получено экспериментально, что слежение по одной оси за солнцем площадки, установленной под указанным выше углом, даёт увеличение прихода солнечной радиации на 32%. Приведена формула определения точного солнечного времени для данные углы в любую секунду времени и для любого местоположения на Земле.

Ключевые слова: фотоэлектрические панели, ФЭС, система слежения за солнцем, фасады зданий, интегрированные ФЭС, NREL SPA, двухосевое слежение за солнцем.

СИСТЕМАИ ПАЙГИРАНДАИ ОҒТОБИИ ДУ МЕҲВАРА БАРОИ ТАБДИЛДИҲАНДАҶОИ ФОТОЭЛЕКТРИКӢ

И.Б. Махсумов, И.С. Носиров, Ш.С. Саъдуллозода, Д.Ю. Гулов

Дар мақола натиҷаҳои таҷрибаҳои тадқиқотӣ оид ба муайян кардани радиатсияи офтоб ба нуқтаи мушаххаси географии шаҳри Челябинск, ба мавзӯҳои гуногун нигаронидашуда оварда шудаанд. Аз ҷумла, афзоиши назариявии таҷрибавии маълуми 10-15 фоизи расидани офтоб ба майдон, ки дар кунҷи баробар ба арзи географии ин минтақа гузошта шудааст, нисбат ба мавзеи уфуқӣ ҷойгиршуда тасдиқ карда шудааст. Ба таври таҷрибавӣ маълум карда шудааст, ки пайгирии офтоб дар қад-қадӣ як меҳвари китъа, ки дар кунҷи боло гузошта шудааст, омадани радиатсияи офтобиро 32 фоиз зиёд мекунад. Формула барои муайян кардани вақти дақиқи офтобӣ барои кунҷҳои додшуда дар ҳар сонияи вақт ва барои ҳар як макони рӯйи Замин оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: панелҳои фотоэлектрикӣ, системаи фотоэлектрикӣ, системаи пайгирии офтобӣ, фасадҳои бино, ҳамгиросудани СФЭ, NREL SPA, пайгирии ду меҳвари офтоб

TWO-AXIS SOLAR TRACKING SYSTEM FOR PHOTOELECTRIC CONVERTERS

I.B. Makhsumov, I.S. Nosirov, Sh.S. Sadullozoda, D.Yu. Gulov

The article presents the results of a full-scale experiment to determine the arrival of solar radiation in a specific geographical point of the city of Chelyabinsk, on differently oriented sites. In particular, the experimentally known theoretical increase of 10-15% of the solar arrival on the site, installed at an angle equal to the geographical latitude of the area, compared to a horizontally located site, was confirmed. It has been experimentally obtained that tracking the sun along one axis of the site, installed at the above angle, gives an increase in the arrival of solar radiation by 32%. The formula for determining the exact solar time for given angles at any second of time and for any location on Earth is given.

Key words: photovoltaic panels, PV, solar tracking system, building facades, integrated PV, NREL SPA, two-axis sun tracking

ВВЕДЕНИЕ

Использование солнечной энергии в разных сферах деятельности человека постоянно увеличивается. Бурное развитие данной отрасли началось с середины 2000-х годов и было вызвано, главным образом, политикой развитых стран по снижению их зависимости от углеродного топлива и стремлением достичь целей по сокращению выбросов парниковых газов [1]. Так, по данным [2], в 2021 году глобальная установленная мощность фотоэлектрической системы ФЭС составляла около 589 ГВт в мире, то есть по сравнению с 2005 годом установленная мощность от данной системы увеличилась в 117,8 раз, которая тогда составила 5 ГВт. Анализ научно-технической литературы [3-8] показывает, что производство электроэнергии с помощью ФЭС является актуальным перспективным направлением, несмотря на существующие проблемы, связанные с эксплуатациями фотоэлектрических систем в условиях жаркого климата. Для России и для других стран СНГ, в том числе и для Таджикистана также актуальна проблема электроснабжения удаленных районов, неподключенных к централизованной сети электроснабжения.

В России по разным оценкам в зонах без централизованного электроснабжения проживает более 20 млн. человек. В данных районах для обеспечения электроснабжения используются дизель-электростанции, для которых ежегодно закупается дизельное топливо, вследствие чего себестоимость производства электроэнергии достигает 100 руб./кВт·ч и более. Как показывают исследования, большая часть этих зон имеет хорошие показатели по инсоляции, что с экономической точки зрения оправдывает использование

энергии солнца в системах местного электроснабжения. [9]. Применение автономных ФЭС позволяет существенно сократить расходы за счет экономии дизельного топлива, а также исключить негативное воздействие на окружающую среду за счет снижения отходов, производимых при использовании различных видов невозобновляемых источников энергии [9].

Также в последнее время очень популярны ФЭС, интегрированные в фасады зданий, служащие для обеспечения нужд конкретных промышленных или коммерческих помещений, в том числе складов. У такого рода станций существует ряд преимуществ, среди которых экономия наземной площади, высокая степень освещенности, так как фасады зданий и крыши освещены в течение всего дня. Но существующие солнечные станции, интегрированные в фасады зданий (системы с полупрозрачными фотоэлектрическими панелями, системы со статично установленными панелями, системы с одноосевым слежением за солнцем) обладают и рядом недостатков, среди них ключевыми является высокая цена (полупрозрачные фотоэлектрические панели) либо недостаточная эффективность работы.

По данным [10], эффективность работы фотоэлектрической станции при использовании двухосевого слежения за солнцем может вырасти до 40%. Разрабатываемая нами система представляет собой фотоэлектрическую станцию, интегрированную в южный фасад здания и использующую систему двухосевого слежения за солнцем. В данной статье рассмотрены основные направления разработки ФЭС, в том числе представлены результаты предварительных полевых испытаний эффективности работы следящей системы на географической широте г. Челябинска.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Для проведения предварительных полевых испытаний эффективности работы фотоэлектрических панелей (ФЭП) на географической широте г. Челябинска были собраны системы типа “ФЭП-АКБ”. В качестве ФЭП были выбраны панели TPS-936A и TPS-936M, в качестве АКБ выбраны аккумуляторы типа СА-1270. Основные характеристики используемых ФЭП и АКБ представлены в табл. 1.

Модель ФЭП	Параметры	
	Рабочее напряжение, В	Номинальная мощность, Вт
TPS-936A	17,5	13
TPS-936M	17,5	28
Модель АКБ	<i>Рабочее напряжение, В</i>	<i>Емкость, А*ч</i>
СА-1270	12	7

ФЭП были установлены на открытом участке (в течение дня тень на поверхность ФЭП не падает) садового товарищества рядом с г. Челябинском (55° 14' с.ш., 61° 22' в.д.). На рис. 1 представлена одна из стационарно установленных панелей. Результаты экспериментальных исследований зависимости тока заряда и соответствующей освещенности от времени заряда в течение дня для системы “ФЭП-АКБ” с различными типами ФЭП представлены на рис. 2.

Также были проведены испытания ориентированных на юг панелей при различных углах наклона панелей к поверхности земли: а) горизонтальное положение (0°); б) вертикальное положение (90°); в) под углом 55° (угол наклона, равный географической широте местности, близкий к оптимальному углу [11]). Также при установке под углом 55° проводились испытания как для стационарной ориентации на юг, так и при одновременном вращении установки вокруг полярной оси со скоростью вращения, равной 15°/ч (примерно соответствует скорости вращения Земли вокруг полярной оси).



Рис. 1. Экспериментальный стенд для изучения количества вырабатываемой энергии ФЭП в зависимости от ориентации панели

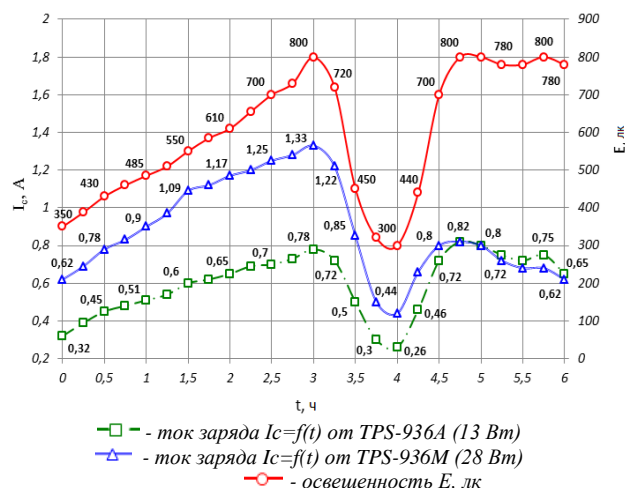


Рис. 2. Зависимости тока заряда и освещенности от времени заряда в течение дня для системы “ФЭП-АКБ”

Для повышения эффективности и обеспечения максимально возможной инсоляции рабочей поверхности даны рекомендации по ориентации наземных стационарных фотоэлектрических систем (ФС) в зависимости от широты местности и времени года. Эффективность использования ФС также может быть повышена за счет использования систем слежения за солнцем, позволяющих увеличить выходную мощность солнечных элементов и суточный интервал выработки электрической энергии. Существуют системы слежения за Солнцем с частичной (азимутальной) или полной (азимутальной и зенитной) юстировкой [12]. На рисунке 3 представлены схемы ориентации ФЭП при различных способах установки.

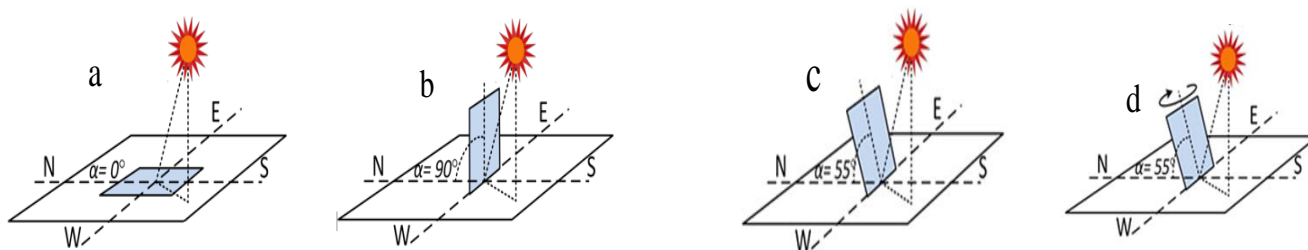


Рис. 3. Схемы ориентации ФЭП:

a) – горизонтальное положение ($\alpha = 0^\circ$); b) – вертикальное положение ($\alpha = 90^\circ$);
c) – при оптимальном угле наклона ($\alpha = 55^\circ$); d) – при угле наклона ($\alpha = 55^\circ$) и полярном вращении

В течение 5 месяцев, с мая по сентябрь, была измерена суммарная солнечная радиация при различных способах установки ФЭП. Результаты измерений для сравнения представлены на рис. 4.

По результатам проведенных испытаний было определено, что ФЭП, установленная под оптимальным углом и направленная на юг, позволяет получить максимальную солнечную радиацию по сравнению с другими стационарными положениями панели. Кроме того, при движении ФЭП только по одной оси вслед за движением солнца (поворот по полярной оси) можно получить прирост мощности до 32% по сравнению со стационарно установленной панелью под тем же углом.

АЛГОРИТМ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

Существует несколько подходов слежения за положением солнца. Среди них можно выделить два основных:

1) определение положения солнца по максимальной интенсивности солнечной радиации при помощи различных датчиков прямой солнечной радиации либо по разнице освещенности группы фотоэлектрических датчиков;

2) определение траектории положения солнца расчетным методом на основании географических координат и времени в текущем часовом поясе.

Для снижения себестоимости фотоэлектрической станции и повышения точности работы системы слежения за солнцем наиболее оптимальным оказывается второй подход, т.к. он обеспечивает высокую точность слежения при минимальных затратах.

Для вычисления координат и точного времени одним из наиболее простых способов представляется использование GPS-приемника, который вычисляет географические координаты местоположения и передает точное время по Гринвичу. По данным [13, 14], одним из наиболее точных алгоритмов определения положения солнца является алгоритм NREL SPA (the National Renewable Energy Laboratory of the Department of Energy in the United States Solar Position Algorithm).

Этот алгоритм вычисляет зенитный и азимутальный углы Солнца в период с 2000 по 6000 год с погрешностью +/- 0,0003 градуса в зависимости от даты, времени и местоположения на Земле [15].

В основе этого алгоритма лежат астрономические принципы движения планет, в том числе принимаются во внимание изменения положения солнца как в течение дня, так и в течение года.

Если точку, из которой производится слежение за положением солнца, обозначить Q и провести вектор от этой точки до солнца на небосклоне, то положение солнца будет определяться вектором $S = f(\alpha_s, \gamma_s)$ или $S = f(\theta_z, \gamma_s)$, направление которого определяется следующими углами:

α_s – угол возвышения солнца (град);

γ_s – азимутальный угол солнца (град);

$\theta_z = 90^\circ - \alpha_s$ – зенитный угол (град).

На рисунке 5 представлены углы, определяющие положение солнца.

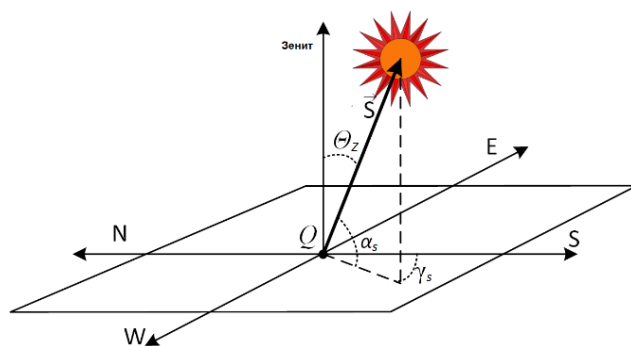


Рис. 5. Углы, определяющие положение солнца

Алгоритм NREL SPA позволяет определить данные углы в любую секунду времени и для любого местоположения на Земле при помощи следующих уравнений:

$$\text{Solar time} = \text{Standard time} + 4 \cdot (\zeta_{st} - \zeta_{loc}) + E \quad (1)$$

$$E = 229,2 \cdot (0,000075 + 0,001868 \cdot \cos B - 0,04089 \cdot \sin 2B); \quad (2)$$

$$B = 360 \cdot (n - 1) / 365 \quad (3)$$

$$\delta_s = 23,45 \cdot \sin(360 \cdot (284 + n) / 365) \quad (4)$$

$$\cos \theta_z = (\cos \varphi \cdot \cos \delta_s \cdot \cos \omega) + (\sin \varphi \cdot \sin \delta_s) \quad (5)$$

$$\gamma_s = \sin n(\omega) \cdot \cos^{-1}((\cos \theta_z \cdot \sin \varphi - \sin \delta_s) / \sin \theta_z \cdot \cos \varphi) \quad (6)$$

В уравнениях (1)–(6) используются следующие обозначения:

Standardtime – дата и время, для которых производится расчет (мин);
 Solartime – солнечное время (мин);
 ζ – географическая широта точки Q (мин);
 φ – географическая долгота точки Q (град);
 E – уравнение времени (мин);
 B – дробная часть года (град);
 δ_s – угол склонения солнца (град);
 n – порядковый номер дня в году, для которого производится расчет;
 ω – солнечный часовой угол, основанный на солнечном времени (град).

ВЫВОДЫ

В результате работы были получены обоснования эффективности применения системы слежения за положением солнца на географической широте г. Челябинска. При этом было установлено, что эффективность работы ФЭС повышается на 32% за счет использования одноосной системы слежения по азимутальной координате по сравнению со стационарно установленной панелью под тем же оптимальным углом наклона. В случае использования двухосной системы слежения ожидаемый прирост мощности составит 40%.

В статье приведен один из самых точных алгоритмов слежения за положением солнца – NREL SPA, который был выбран в качестве основного для определения углов положения солнца на небосклоне в разрабатываемой системе.

На основании уравнений алгоритма слежения была получена диаграмма положения солнца для географической широты г. Челябинска.

Также в статье была описана конструкция, разрабатываемая ФЭС, интегрированной в фасад здания. Была приведена схема шарнирных соединений и расположения исполнительных механизмов ФЭС. Предлагаемая конструкция позволяет снизить себестоимость системы слежения за счет уменьшения числа исполнительных механизмов при увеличении мощности ФЭС на 40%.

В дальнейшем предполагается выполнить детальный расчет конструктивных элементов системы, а также выбор конкретных исполнительных механизмов на основании расчета масса-габаритных характеристик конструкции.

Литература:

1. Возмилов А.Г. Повышение эффективности использования солнечной энергии в автономных системах энергоснабжения сельского хозяйства / А.Г. Возмилов, С.А. Малюгин, А.А. Малюгина // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 69. С. 10–2.
2. STATISTA. Solar photovoltaic capacity worldwide in 2021, by region. Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/271374/new-installed-solar-photovoltaic-capacity-worldwide-by-region/> (дата обращения: 21.05.2022).
3. Кирпичникова И.М. Повышение энергетической эффективности работы солнечных модулей за счет снижения температуры поверхности / И.М. Кирпичникова, И.Б. Махсумов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. С. 489-499.
4. Кирпичникова И.М. Методика оценки потенциала солнечной энергетики в Республике Таджикистан / И.М. Кирпичникова, И.Б. Махсумов, Ю. Нуроллахи // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2020. – № 3. С. 25-34.
5. Кирпичникова И.М. Построение энергетических характеристик солнечных модулей с учетом условий окружающей среды / И.М. Кирпичникова, И.Б. Махсумов // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 34. С. 56-74.
6. Кирпичникова И.М. Выбор электрооборудования автономной фотоэлектрической системы с использованием программного обеспечения PVsyst / И.М. Кирпичникова, И.Б. Махсумов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 77-88.
7. Кирпичникова И.М. Обоснование использования возобновляемых источников энергии для электроснабжения удаленных объектов Республики Таджикистан // И.М. Кирпичникова, И.Б. Махсумов // Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н. И. (1945–2015) «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» (11-15 декабря 2017 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2017. – С. 862-866.

8. Махсумов И.Б. Разработка энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии для электроснабжения труднодоступных районов Республики Таджикистан с использованием термозащиты солнечных модулей [Текст]: автореф...дис...канд. техн. наук: 05.09.03 / Махсумов Илхом Бурхонович. – Челябинск: ЮУрГУ, 2021. – 20 с.
9. Роль развития малой энергетики в России. Режим доступа: <http://ger.su/ab.php> (дата обращения: 23.06.2022).
10. Панченко, В. А. Преобразователи солнечной энергии в архитектуре / В. А. Панченко, А. С. Шамурова // Лучшая студенческая статья 2019: сборник статей XXII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 25 мая 2019 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2019. – С. 247-252.
11. Breyer Ch., Schmid J. GLOBAL DISTRIBUTION OF OPTIMAL TILT ANGLES FOR FIXED TILTED PV SYSTEMS / Ch. Breyer, Jürgen Schmid // 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (Valencia, Spain, 6–10 September 2010). Valencia, 2010. P. 4715-4721.
12. Пенджиев, А. М. Исследования мобильной солнечной фотоэлектрической станции в зависимости от ориентации / А. М. Пенджиев, Н. Г. Астанов // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. – 2016. – Т. 6. – № 6-2. – С. 125-132.
13. Reda, I.; Andreas, A., Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications, Solar Energy. Vol. 76(5), 2004; pp. 577-589.
- 14.
15. Reda, I.; Andreas, A. (2003). Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications. 55 pp.; NREL Report No. TP-560-34302, Revised January 2008.
16. NREL: Solar Position Algorithm (SPA). Режим доступа: <https://midcdmz.nrel.gov/spa/> (дата обращения: 23.06.2022).

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

TJ	RU	EN
Махсумов Илхом Бурхонович н.и.т. Донишкадаи энергетикии Тоҷикистон	Махсумов Илхом Бурхонович к.т.н. Институт энергетикии Тоҷикистана messi.ilhom@gmail.com 0000-0001-7985-1315	Maksumov Ilkhom Burkhonovich Candidat of engineering sciences Energy Institute of Tajikistan
TJ	RU	EN
Саъдуллозода Шахриёр Саъдулло н.и.т., дотсент ДТТ ба номи академик М.С. Осими	Саъдуллозода Шахриёр Саъдулло к.т.н., доцент ТТУ имени академика М.С. Осими	Sadullozoda Shahriyor Candidat of engineering sciences, associate professor TTU named after academician M.S. Osimi
	sadullozoda@ttu.tj 0000-0001-5801-9140	
TJ	RU	EN
Гулов Диловар Юсуфович н.и.т. Донишкадаи энергетикии Тоҷикистон	Гулов Диловар Юсуфович к.т.н. Институт энергетикии Тоҷикистана gdy_02@mail.ru	Gulov Dilovar Yusufovich Candidat of engineering sciences Energy Institute of Tajikistan
TJ	RU	EN
Носиров Исмоил Сафарович н.и.т. Донишкадаи энергетикии Тоҷикистон	Носиров Исмоил Сафарович к.т.н. Институт энергетикии Тоҷикистана nosirov6@mail.ru	Nosirov Ismoil Safarovich Candidat of engineering sciences Energy Institute of Tajikistan

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИХОДА СОЛНЕЧНОЙ ИНСОЛЯЦИИ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Шарифов Б.Н., Султонов Ш.М., Сафаров М.И., Диёрзода Р.Х., Каримзода Дж.Х.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В данной работе рассматривается приход уровня солнечной инсоляции в горизонтальную поверхность в условиях Республики Таджикистан. Создана модель солнечного излучения, попадающего на произвольно ориентированную поверхность. Особенность модели в том, что в ней используются числовые значения атмосферных индекс прозрачности и альbedo поверхности из базы данных NASA SSE в качестве исходных данных. Преимущества этой базы данных - открытый доступ, удобный сервис и актуальные модели распространения солнечной радиации в атмосфере, учитывающие особенности климатических зон, характер излучения, отраженного от поверхности Земли, количество облачности и загрязнение атмосферы. Модель разработана в среде MatLab / Simulink для прогнозирования основных характеристик солнечной радиации для любой географической точки Таджикистана, в том числе для территорий без регулярного актинометрического наблюдения. Проведен сравнительный анализ данных базы данных NASA с результатами измерений солнечной радиации в г. Душанбе. Средняя радиационная погрешность не превышает 15%.

Ключевые слова: солнечная энергетика, солнечная радиация, моделирование

МОДЕЛСОЗИИ АФКАНИШИ РАДИАТСИЯИ ОҒТОБӢ БАРОИ ШАРОИТИ ИҚЛИМИИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Шарифов Б.Н., Султонов Ш.М., Сафаров М.И., Диёрзода Р.Х., Каримзода Дж.Х.

Дар мақолаи мазкур моделсозии афканиши радиатсияи оғтобӣ дар шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон баррасӣ шудааст. Модели радиатсияи оғтобӣ дар сатҳи худсарона нигаронидашуда офарида шудааст. Хусусияти модел дар он аст, ки он арзишҳои адабии шаффофияти атмосфера ва албедои рӯизаминиро аз базаи NASA SSE ҳамчун маълумоти воридотӣ истифода мебарад. Бартарии ин маҳзани маълумот дастрасии кушод, хидматрасонии қулай ва моделҳои муосири паҳншавии радиатсияи оғтобӣ дар атмосфера бо назардошти хусусиятҳои минтақаҳои иқлимӣ, хусусияти радиатсияи инъикосшуда аз сатҳи Замин, микдори абрнокӣ ва ифлосшавии атмосфера мебошад. Модел дар муҳити MatLab/Simulink барои пешгӯии хусусиятҳои асосии радиатсияи оғтобӣ барои ҳар як нуктаи ҷуғрофии Тоҷикистон, аз ҷумла барои қаламравҳои бидуни мушоҳидаи мунтазами актинометрӣ таҳия шудааст. Таҳлили муқоисавии маълумотҳои базаи NASA SSE бо натиҷаҳои ҷенкунии радиатсияи оғтобӣ дар Душанбе гузаронида шуд. Хатогии миёнаи радиатсионӣ аз 15% зиёд нест.

Калидвожаҳо: энергетикаи оғтобӣ, радиатсияи оғтобӣ, моделсозӣ.

MODELLING AND VALIDATION OF THE SOLAR INSOLATION FORECASTING: A CASE STUDY OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Sharifov B.N., Sulonov Sh.M., Safarov M.I., Diyorzoda R.Kh., Karimzoda J.Kh.

This paper considers the arrival of the level of solar insolation to a horizontal surface in the conditions of the Republic of Tajikistan. A model of solar radiation incident on an arbitrarily oriented surface has been created. The peculiarity of the model is that it uses the numerical values of the atmospheric transparency index and surface albedo from the NASA SSE database as input data. The advantages of this database are open access, convenient service and up-to-date models of the propagation of solar radiation in the atmosphere, taking into account the characteristics of climatic zones, the nature of radiation reflected from the Earth's surface, the amount of cloudiness and atmospheric pollution. The model was developed in the MatLab / Simulink environment to predict the main characteristics of solar radiation for any geographical point in Tajikistan, including for territories without regular actinometric observation. A comparative analysis of data from the NASA database with the results of measurements of solar radiation in Dushanbe was carried out. The average radiation error does not exceed 15%.

Keywords: solar energy, solar radiation, modeling

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании, строительстве и эксплуатации солнечных энергетических комплексов основной задачей является учет уровня солнечной инсоляции. Количество солнечной инсоляции, получаемой Землей, намного превосходит потребность человечества в энергии. Только 0,00000022% солнечной энергии доходит до нашей планеты [5]. Земная атмосфера отражает 36% этой энергии, поглощает 17%, а 47% ($7,5 \cdot 10^{12}$ кВт*час/год) поступает на поверхность Земли. В целом солнечная энергия является практически неограниченным источником, мощность которой при достижении поверхности Земли составляет около 20 млрд кВт. Из всего количества солнечной энергии, излучаемой сферической поверхностью Солнца, только малая доля ($4,5 \times 10^{-10}$) фактически перехватывается нашей планетой. Количество солнечной энергии, падающей в единицу времени на единицу площади, которая находится в норме от солнечных лучей за пределами земной атмосферы, когда Земля находится на среднем расстоянии от Солнца, называется солнечной постоянной. Согласно последним измерениям солнечная постоянная имеет значение 1,36 кВт/м² или 1,95 ккал/см² в минуту.

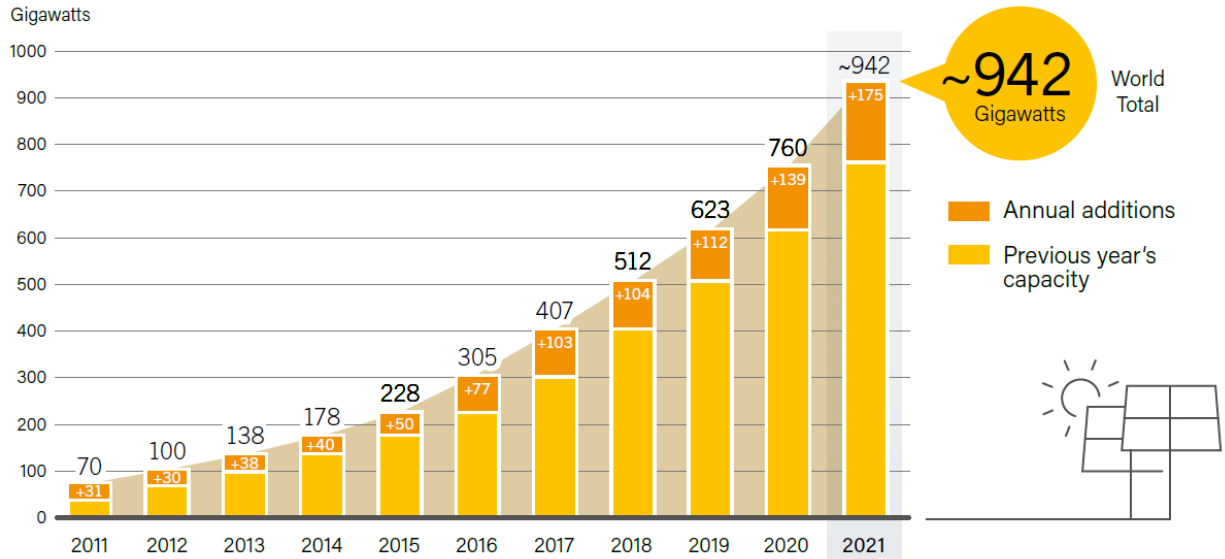


Рис.1. Динамика роста кумулятивного объема установленной мощности солнечных фотоэлектрических станций.

Масштабы поступления гелиоэнергии характеризуют следующие цифры; годовой приход солнечной энергии эквивалентен тепловому эффекту при сжигании $1,2 \cdot 10^{14}$ т у.т., а мировые запасы органического топлива составляют $6 \cdot 10^{12}$ т у.т.[1].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Работы, связанные с решением проблемы использования солнечной энергии, ведутся во многих странах. Главное внимание уделяется изучению режима работы фотоэлектрических и фотоэнергетических комплексов, созданию и испытанию солнечных энергетических станций, повышению коэффициента полезного действия фотоэлектрических преобразователей.

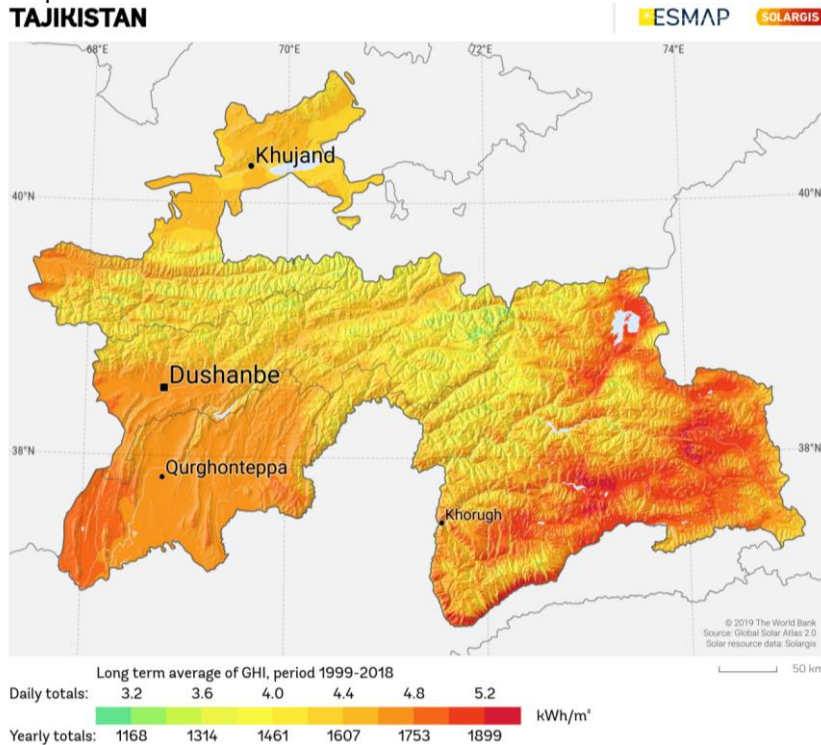


Рис.2. Суммарная прямая солнечная радиация на территории Таджикистана

Однако несмотря на все крупномасштабные успехи в солнечной энергетике ее доля не превышает 1% от общемировых выработок электроэнергии. Согласно данным международной ассоциации возобновляемой

энергетики суммарная мощность всех солнечных электростанций в мире в 2021 году достигает 942ГВт (рис.1.) [2]. Данный показатель на 24% выше, чем в 2020 году. В настоящее время Китай является самым крупным производителем фотоэлектрических преобразователей в мире. Если в 2007 году суммарная мощность фотоэлектрических преобразователей, производимых Китаем, составила 1080МВт, то сегодня эта цифра достигает 180 ГВт [2].

Республика Таджикистан (РТ) располагает колоссальным потенциалом практически по всем возобновляемым источникам энергии (ВИЭ), в том числе по солнечной энергии. Суммарная солнечная радиация при ясном небе на территории РТ достигает 700-1000 Вт/м² или 7,500-8,000 МДж/м² (рис.2.). Эти параметры намного выше в горных территориях, особенно на Восточном Памире, где население имеет ограниченную возможность использовать гидроэнергетические ресурсы [3,4].

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В облачной атмосфере происходят значительные потери прямых солнечных радиаций. Большая часть отражается обратно в пространство от вершин облаков, другая часть передается вниз на землю в виде рассеянного излучения, и небольшая часть поглощается облаками. Доля полной солнечной энергии излучения отражается обратно в космос через отражение от вершин облаков, рассеивая атмосферными газами и частицами пыли, и отражением от земной поверхности называется альbedo системы Земля-атмосфера и имеет значение около 0,30 для земли в целом. Среднемесячное значение интенсивности прямого солнечного излучения в полдень изменяется от 0,51 до 1,05 кВт / м² в зависимости от широты, высоты станции и времени года.

В виду наличия атмосферы и подстилающей поверхности Земли на произвольно-ориентированную приемную площадку СИ поступает уже в виде трех потоков солнечной энергии:

- прямая $S_{np}(t)$
- диффузная или рассеянная $S_d(t)$
- отраженная $S_{от}(t)$ от поверхности Земли (см. рис.3).

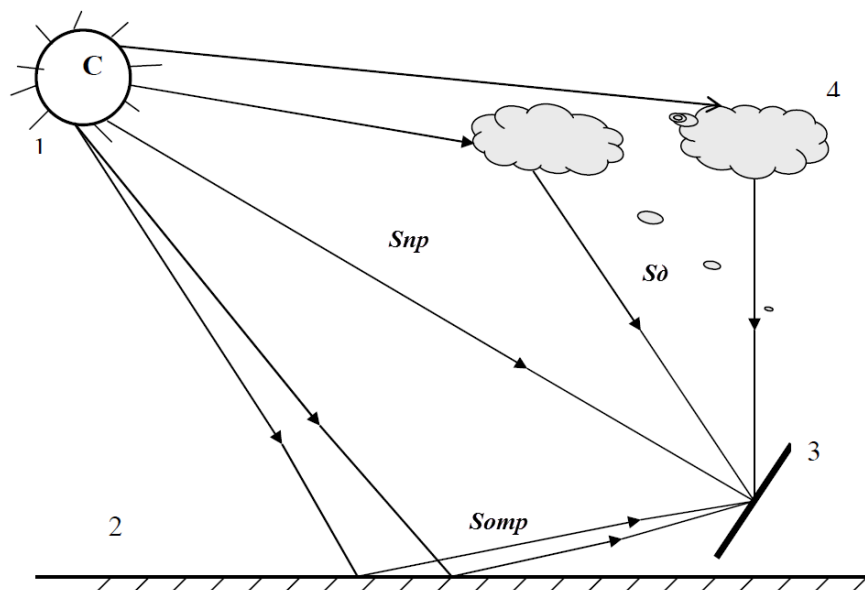


Рис 3. Основные составляющие СИ на поверхности Земли: 1-Солнце, 2-поверхность Земли, 3-приемная площадка, 4-облака, аэрозоль, пыль.

Суммарный поток СИ на приемную площадку $R_a(t)$ на поверхности Земли будет в каждый момент времени t складываться как

$$S(t) = S_{np}(t) + S_d(t) + S_{от}(t) \quad (1)$$

Рассмотрим методику расчета прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность. Величина $S_{np}(t)$ определяется следующим выражением:

$$S_{np}(t) = S_{опт}(t) \cdot \cos(\theta) \quad (2)$$

Где ,

$S_{opt}(t)$ – прямое солнечное излучение на ортогональную лучам плоскость, [Вт/м²]

θ – угол прямого падения солнечной радиации на наклонную поверхность, [рад].

Величина S_{opt} – определяется в соответствии со следующим выражением [5]

$$\begin{cases} S_{opt}(t) = \frac{S_a \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha + c} \\ S_a(t) = S_o \cdot \left(1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360}{365} \cdot n\right) \right) \end{cases} \quad (3)$$

где,

S_a – солнечная радиация на верхних слоях атмосферы, [Вт/м²]

α – высота Солнца над горизонтом, [рад].

c – постоянная зависящая от степени прозрачности атмосферы.

S_o – солнечная постоянная, равная 1380 Вт/м²

n – порядковый номер дня года, $n_1=1$ для 01.01, $n_2=2$ для 02.02 и т.д. до 365

Высота солнца находится в соответствии с выражением:

$$\sin \alpha = \sin \varphi \cdot \sin \delta(t) + \cos \varphi \cdot \cos \omega(t) \quad (4)$$

где, $\delta(t)$ – угол склонения солнца, [рад].

$\omega(t)$ – часовой угол солнца, [рад].

φ – широта местности, [рад].

Угол склонения солнца можно найти с высокой точностью, используя формулу Купера [4]:

$$\delta(t) = \delta_o \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right) \varphi, \psi \quad (5)$$

где, δ_o – максимальное склонение, равное 23.45°.

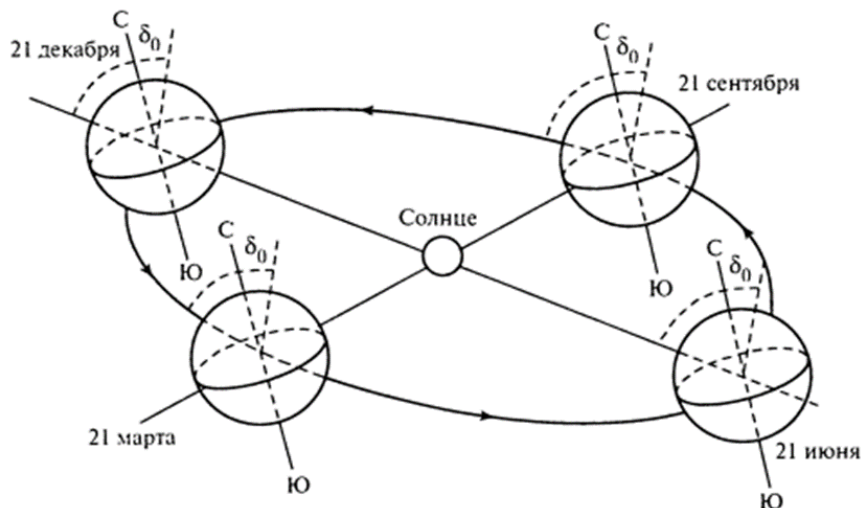


Рис.4. Схема вращения Земли вокруг Солнца

Часовой угол солнца - это величина, характеризующая угол, на который поворачивается Земля с момента солнечного полудня в рассматриваемой точке А (φ, ψ), определяется по формуле

$$\begin{cases} \omega(t) = 15 \cdot (t - t_{\text{полд.}}) + e(t) + (\psi - \psi_{\text{зоны}}) \\ e(t) = 7.53 \cdot \cos(C) + 1.5 \cdot \sin(C) - 9.87 \cdot \sin(2C) \\ C = 360 \cdot \frac{n - 84}{365} \end{cases} \quad (6)$$

Где, t – рассматриваемый момент времени в сутках

$t_{\text{полд}}$ – местное время солнечного полудня в часовой зоне

$e(t)$ – поправка с графика уравнения времени [5]

ψ – географическая долгота местности

$\psi_{\text{зоны}}$ – географическая долгота той меридианной плоскости, в которой местный полдень совпадает с истинным солнечным полднем.

Угол прямого падения солнечной радиации на наклонную поверхность определяется следующим выражением [5]

$$\begin{cases} \cos \theta = (A - B) \cdot \sin \delta(t) + [C \cdot \sin \omega(t) + (D + E) \cdot \cos \omega(t)] \cdot \cos \delta(t) \\ A = \sin \varphi \cdot \cos \beta \\ B = \cos \varphi \cdot \sin \beta \cos \gamma \\ C = \sin \beta \cdot \sin \gamma \\ D = \cos \varphi \cdot \cos \beta \\ E = \sin \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \end{cases} \quad (7)$$

Где, β – угол наклона приемной площадки относительно горизонтальной плоскости.

γ – азимут приемной площадки.

Используя уравнение (1) - (7), можно вычислить прямую солнечную инсоляцию, приходящую на наклонную плоскость в единицу времени.

Далее рассмотрим способ расчета диффузионной солнечной радиации на наклонной плоскости. Диффузное солнечное излучение $S_{\delta}(t)$ - это часть солнечного излучения, рассеянного облаками, аэрозолью, пылью и т.п. Для расчета $S_{\delta}(t)$ на практике применяются две общеизвестные модели: изотропная и анизотропная [5]. Использование изотропной модели в большинстве случаев приведет к значительному отклонению от реальных параметров. На практике чаще применяются анизотропные модели. Для расчета диффузионной составляющей солнечной радиации по анизотропным моделям используются в основном две модели: модель Дж.Хея и модель Кларера [5]. В данной работе используется анизотропная модель Кларера. Модель Кларера определяется следующим выражением:

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{\delta}(t) = D_{\text{zop}}(t) \cdot \cos^2 \frac{\beta}{2} \cdot (1 + R \cdot \sin^3 \frac{\beta}{2}) \cdot (1 + R \cdot \cos^2 \theta \cdot \sin^2 \theta_z) \\ D_{\text{zop}}(t) = \frac{1}{3} (S_a(t) - S_{\text{opm}}(t)) \\ R(t) = 1 - \left(\frac{D_{\text{zop}}(t)}{Q_{\text{zop}}(t)} \right) \\ Q_{\text{zop}}(t) = D_{\text{zop}}(t) + S_{\text{zop}}(t) \\ S_{\text{zop}}(t) = S_{\text{opm}}(t) \cdot \sin \alpha \\ \theta_z = \arccos[\sin \varphi \cdot \sin \delta(t) + \cos \varphi \cdot \cos \delta(t) \cdot \cos \omega(t)] \end{array} \right. \quad (8)$$

где,

$D_{\text{zop}}(t)$ – прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность, Вт/м²

θ_z – зенитный угол Солнца, [рад].

$D_{\text{zop}}(t)$ – поток суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, [Вт/м²]

S_o – солнечная постоянная, равная 1380 Вт/м²

n – порядковый номер дня года, $n_1=1$ для 01.01, $n_2=2$ для 02.02 и т.д. до 365

На основании вышеприведённых уравнений можно определить среднемесячный приход уровня СИ на горизонтальную поверхность:

$$R_o(n_i) = \int_0^T S(t) d(t) \quad (9)$$

Где n_i – порядковый номер суток в году

Интегрируя выражение (9) по T , найдем приход СИ на горизонтальную поверхность за сутки (кВт.час/м²).

$$R_o(n_i) = \frac{24}{\pi} \cdot S_o \cdot \left\{ \begin{array}{l} \left[1 + 0.33 \cos \left(\frac{360^0 \cdot n}{365} \right) \right] \times \\ \times \left[\cos \varphi \cos \delta(n_i) \sin \omega_{3/6} + \frac{2\pi}{360^0} \sin \omega_{3/6} \sin \varphi \sin \delta(n_i) \right] \end{array} \right\} \quad (10)$$

где $\omega_{3/6}$ – определяется по следующему выражению:

$$\omega_{3/6} = \arccos(-tg\varphi \cdot tg\delta) \quad (11)$$

За световой день $T_{\text{ч.ч.}}$, ч Солнце проходит два часовых угла (каждый из них равен 90°, т.е. $2\omega_{3/6}$). Учитывая, что за один час Солнце «перемещается» по своей орбите на 15°, получаем, что:

$$T_{\text{ч.ч.}} \cdot 15^{\circ}/4 = 2 \arccos(-tg\varphi \cdot tg\delta)$$

Или окончательно для n_i – суток года

$$T_{\text{ч.ч.}} = 2/15^{\circ} \arccos(-tg\varphi \cdot tg\delta) \quad (13)$$

В отечественной литературе встречаются другие подобные формулы расчета $R_o(n_i)$. Например, предложенная С.Ш. Сулейманом в 1985 году представлена ниже

$$R_o(n_i) = S_0 \cdot \left[\frac{24}{n_i} \cos \varphi \cos \delta(n_i) \sin \left(\frac{T_{c.c} n_i}{24} \right) + T_{c.c} \sin \varphi \sin \delta(n_i) \right] \quad (14)$$

Уравнение (1) - (14) является математической моделью прихода солнечной инсоляции на любой горизонтальной поверхности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Используя математическую модель и программный комплекс для исследования в области инженерных наук, Matlab/Simulink [6] смоделируем приход уровня СИ на горизонтальную поверхность в климатических условиях Республики Таджикистан. Кроме того, используя открытые источники по наземной солнечной энергетике такие, как база NASA по климатическим данным [7] и Silargis [8,9], произведём сравнение данных разработанной модели с данными, полученными из открытых источников. Для сравнения достоверности модели на кафедре «Электрические станции» Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими проводилось экспериментальное исследование прихода уровня СИ для координаты 38°32,145 северной широты и 68°46,743 восточной долготы (г. Душанбе). Измерение проводилось с помощью датчика облучения и теплового потока LI-19, технические характеристики которого приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Технические характеристики датчика LI-19.

1.	Тип датчика	LI-19
2.	Количество каналов	1
3.	Диапазон входных сигналов	1-0-200мВ
4.	Разрешение (мкВ)	1
5.	Точность измерения	0.1%
6.	Хранение данных. Внутренняя память	3518 образцов
7.	Источник питания	3 В постоянного тока
8.	Время работы аккумулятора	600 часов
9.	Диапазон рабочих температур	-10°C, +40°C
10.	Диапазон измерения инсоляции	0-1400 Вт/м ²

Результаты исследования приведены в таблице 2 и рис.5. Анализ данных показывает, что СИ полученные с модели - S_{model} , замеренные с помощью датчика LI-19 - S_{LI-19} и полученные с базы NASA - S_{NASA} коррелируются и отклонение между ними не превышает 10%. Для сравнения данных в качестве основного источника СИ приняты данные с датчика LI-19.

Таблица 2.

Результаты прихода уровня СИ (г.Душанбе).

t, час	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$S_{LI-19},$ Вт/м ²	75	197	406	610	788	925	1003	1026	992	897	751	565	355	151	15
$S_{NASA},$ Вт/м ²	65	200	390	590	791	945	985	995	945	890	770	540	325	143	17
$S_{model},$ Вт/м ²	72	217	430	637	818	956	1039	1060	1019	918	766	575	363	153	19

Приход уровня СИ на горизонтальную поверхность в климатических условиях г. Душанбе достигнет до 1100 Вт/м². Так как экспериментальное исследование проводилось в середине июля и выбран наиболее жаркий день, можно предположить о том, что максимальный приход уровня СИ на горизонтальную поверхность в условиях г. Душанбе колеблется в пределах 1000-1100 Вт/м².

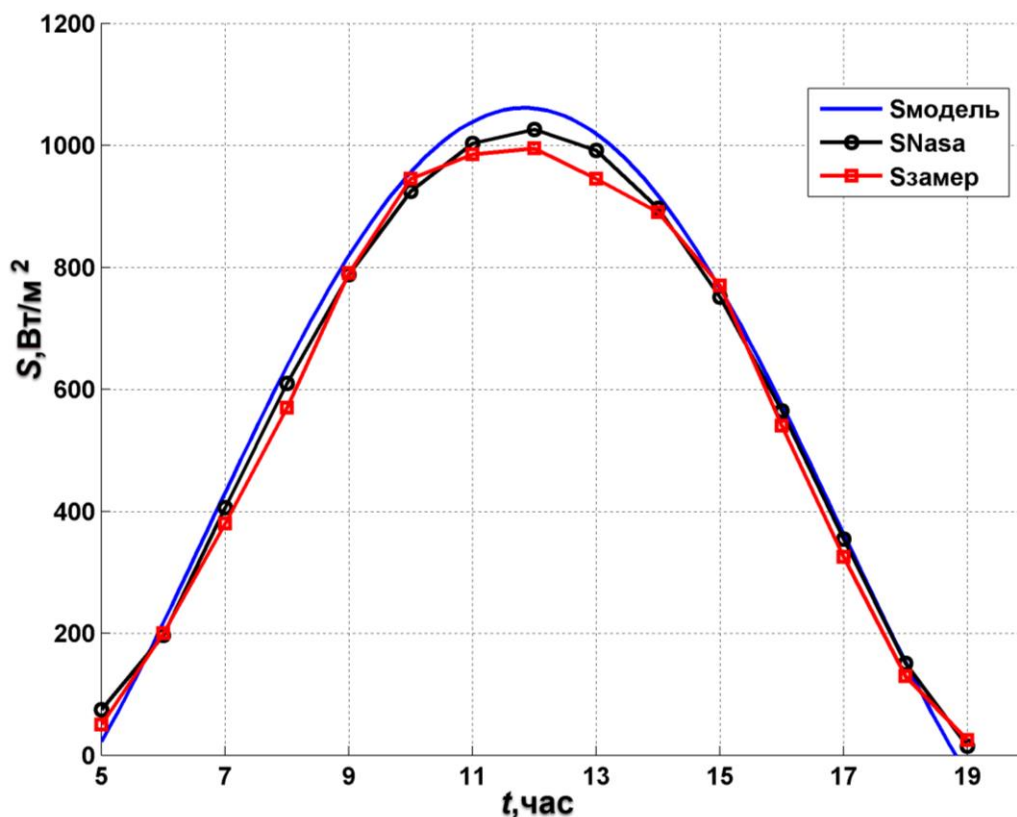


Рис.5. Приход уровня СИ на горизонтальную поверхность г. Душанбе.

ВЫВОДЫ

1. Получена математическая модель, описывающая возможность получения прихода СИ на горизонтальную поверхность в условиях РТ.
2. Анализ диаграммы прихода уровня СИ показывает, что максимальное значение СИ составляет 1000-1100 Вт/м². Такое значение можно зафиксировать в жаркий летний день.
3. Экспериментальная проверка расчетных соотношений прихода уровня СИ математической для климатических условий РТ подтвердила их справедливость. В результате сравнения полученных данных с модели с реальным прибором получено не более 10% отклонения, что показывает достаточно высокую степень работоспособности данной модели в реальных условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьев К.Я. Изменение окружающей среды в Европе // Вестник РАН. 2001. –Т.71 –№6. – С 495-502.
2. Renewables 2022, Global Status Report/ Paris: REN21 Secretariat.
3. Шохзода Б.Т., Джураев Ш.ДЖ. Исследование потенциала солнечной энергии в Таджикистане // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. №3 (43) – 2018 – С 20-25.
4. Sharifov B.N., Safaraliev M. Kh., end ect. Electromagnetic transients in the control system of output parameters of a solar power plant in Tajikistan Central Asia region // International Journal of Hydrogen Energy Volume 47, Issue 9, 29 January 2022, Pages 5757-5765
5. Виссарионов, В.И. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов /Под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 317 с.
6. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем: учебное пособие: СПб КОРОНА-принт ,2001 320с
7. POWER | Data Access Viewer [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>.

8. Solargis Analyst [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/tajikistan>
9. Solar Market Research and Analysis. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.solarbuzz.com/facts-and-figures/retail-price-environment/module-prices>.

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

TJ	RU	EN
Шарифов Бохирчон Насруллоевич ассистент	Шарифов Бохирджон Насруллоевич Ассистент	Sharifov Bohirjon Nasrulloevich graduate student
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
Energetik_tty@mail.ru		
ORCID Id: 0000-0003-1998-8306		
TJ	RU	EN
Султонов Шерхон Муртазокулович к.т.н.	Султонов Шерхон Муртазокулович к.т.н.	Sultonov Sherkhon Murtazokulovich Candidate of technical sciences,
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
sultonzoda.sh@mail.ru		
ORCID Id: 0000-0003-2322-5272		
TJ	RU	EN
Сафаров Манучехр Исуфович Муаллими калон	Сафаров Манучехр Исуфович Старший преподаватель	Safarov Manuchehr Isufovich Senior teacher
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
manu_1804@mail.ru		
TJ	RU	EN
Диёрзода Рустам Ҳакимали к.т.н.	Диёрзода Рустам Ҳакимали к.т.н.	Diyorzoda Rustam Khakimali Candidate of Technical Sciences
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
manu_1804@mail.ru		
TJ	RU	EN
Каримзода Чамшед Ҳалим к.т.н.	Каримзода Джамшед Халим к.т.н.	Karimzoda Jamshed Halim Candidate of Technical Sciences,
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
d.karimov@mail.ru		

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

УДК 669.715.541.127

КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АК7М2 С ОЛОВОМ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

¹ Ганиев И.Н., ¹ Гулов С.С., ² Бердиев А.Э.

¹Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими

²Российско-Таджикский (Славянский) университет

Термогравиметрическим методом исследована кинетика окисления алюминиевого сплава АК7М2, легированного оловом, в твердом состоянии, в атмосфере воздуха, при температурах 773 К, 823 К и 873 К. Показано, что окисление сплавов подчиняется параболическому закону. Добавки олова снижают скорость окисления, о чём свидетельствует рост величины кажущейся энергии активации процесса окисления сплавов от 13,6 до 18,10 кДж/моль. Величина истинной скорости окисления составляет $(2,87-4,33) \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·сек⁻¹ в зависимости от содержания легирующего компонента.

Ключевые слова: алюминиевый сплав АК7М2, - олово, - термогравиметрический метод, - кинетика окисления, - истинная скорость окисления, - энергия активации.

КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ХӮЛАИ АЛЮМИНИИ АК7М2, БО ҚАЛӢАГӢ ДАР ҲОЛАТИ САХТ

Ганиев И.Н., Гулов С.С., Бердиев А.Э.

Дар кори мазкур натиҷаҳои таҷқиқоти кинетикаи оксидшавии хӯлаи алюминии АК7М2, бо қалбағӣ дар ҳолати сахт, дар атмосфераи ҳаво, дар ҳарорати 773 К, 823 К, 873 К бо усули термогравиметрӣ омӯхта шуд, нишон дод, ки оксидшавии хӯлаҳо ба қонуни параболий итоат мекунад. Илова кардани қалбағӣ суръати оксидшавиро кам мекунад, ки аз 13,6 то 18,10 кҶ/мол зиёд шудани энергияи фаълшавии намоёни оксидшавии хӯлаҳо шаҳодат медиҳад. Қимати суръати воқеии оксидшавӣ $(2,87-4,33) \cdot 10^{-4}$ кг×м⁻²×сек⁻¹ вобаста аз миқдори элементҳои чавҳаронидашуда аст.

Калимаҳои калидӣ: Хӯлаи алюминии АК7М2, - қалбағӣ, - усули термогравиметрӣ, - кинетикаи оксидшавӣ, - суръати воқеии оксидшавӣ, - энергияи фаълсозӣ.

OXIDATION KINETICS OF AK7M2 ALUMINUM ALLOY, WITH TIN, IN THE SOLID STATE

Ganiev I.N., Gulov S.S., Berdiev A.E.

The kinetics of oxidation of AK7M2 aluminum alloy alloyed with tin in the solid state, in air atmosphere, at temperatures of 773 K, 823 K, and 873 K was studied by thermogravimetric method. It was shown that the oxidation of alloys obeys a parabolic law. The addition of tin reduces the rate of oxidation, as evidenced by the increase in the apparent activation energy of the oxidation of alloys from 13.6 to 18.10 kJ/mol. The value of the true oxidation rate is $(2.87-4.33) \cdot 10^{-4}$ kg×m⁻²×sec⁻¹ depending on the content of the alloying component.

Keywords: aluminum alloy AK7M2, - tin, - thermogravimetric method, - oxidation kinetics, - true rate

Введение

Сплавы системы алюминий-кремний (силумины) служат основой большинства литейных алюминиевых композиций, широко применяемых как конструкционные материалы для фасонного литья в автотракторной отрасли и авиастроении, строительстве, транспорте и других областях промышленности. В связи со структурными особенностями литых сплавов (грубыми хрупкими включениями кремния и интерметаллических фаз) прочностные характеристики силуминов невысокие, особенно низка пластичность. Для улучшения структуры и механических свойств литейных промышленных силуминов регулируют режимы плавки и литья, условия кристаллизации отливок (литья в песчаные и металлические формы, под давлением и т.д.) [1].

Структура бинарного сплава системы Al-Si при обычных условиях кристаллизации состоит из двух фаз, т.е. твердого раствора кремния в алюминии (α -Al) и эвтектики (α -Al+Si). Твердый раствор на основе алюминия представляет собой сравнительно мягкую и пластичную фазу, а кремний характеризуется высокой твердостью и хрупок. Поэтому функцию фазы упрочнителя в бинарных силуминах выполняет кремний[2].

В настоящей работе приведены результаты исследования влияния добавок олова на кинетику окисления вторичного алюминиевого сплава АК7М2 (ГОСТ 1583-93), применяемого в автомобильной промышленности.

Материалы и методика исследований

Для изучения кинетики окисления алюминиевого сплава АК7М2, легированного оловом, в изотермических условиях использовали термогравиметрический метод, основанный на непрерывном взвешивании твердых образцов сплава [3-5].

Для исследования влияния олова на кинетику окисления алюминиевого сплава АК7М2 была синтезирована серия сплавов с содержанием олова от 0.05 до 1.0 мас.%. Исследования проведены при температурах 773К, 798К и 823К. Результаты исследования кинетики процесса окисления сплавов приведены на рис.1-3 и таблице.

Окисление алюминиевого сплава АК7М2, содержащего 0,05 мас% олова, характеризуется более растянутым процессом формирования оксидной плёнки на начальном этапе окисления. Скорость окисления данного сплава от времени и температуры незначительно увеличивается (рис.1а). Истинная скорость окисления, вычисленная по касательным, проведённым от начала координат к кривым и рассчитанная по

формуле $K = \frac{g}{s \cdot \Delta t}$, составляет $3.75 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹, $4.04 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹; и $4.33 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹, соответственно, при температурах 773 К, 798 К и 823 К. Кажущаяся энергия активации окисления, вычисленная по тангенсу угла наклона прямой зависимости $-\lg K - 1/T$, составляет 13.80 кДж/моль (табл.).

Кинетику окисления алюминиевого сплава АК7М2, содержащего 0.3 мас.% олова, исследовали при температурах 773 К, 798 К и 823 К (рис.1б). Видно, что через 15-20 мин. от начала окисления начинается образование защитной пленки и процесс завершается к 40 минутам. Рассчитанные значения скорости окисления составляют $3.66 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹, $3.91 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹ и $4.16 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹, при вышеуказанных температурах. Кажущаяся энергия активации окисления составляет 13.94 кДж/моль.

Кинетические и энергетические
параметры процесса окисления алюминиевого сплава АК7М2 с оловом

Содержание олова в сплаве, мас. %	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления, К·10 ⁴ , кг·м ⁻² ·с ⁻¹	Кажущаяся энергия активации окисления, кДж/моль
0.00	773	5.00	13,72
	798	5.36	
	823	5.80	
0.05	773	3.75	13.80
	798	4.04	
	823	4.33	
0.3	773	3.66	13.94
	798	3.91	
	823	4.16	
0.6	773	3.33	15.24
	798	3.71	
	823	4.08	
1.0	773	2.87	18.10
	798	3.08	
	823	3.29	

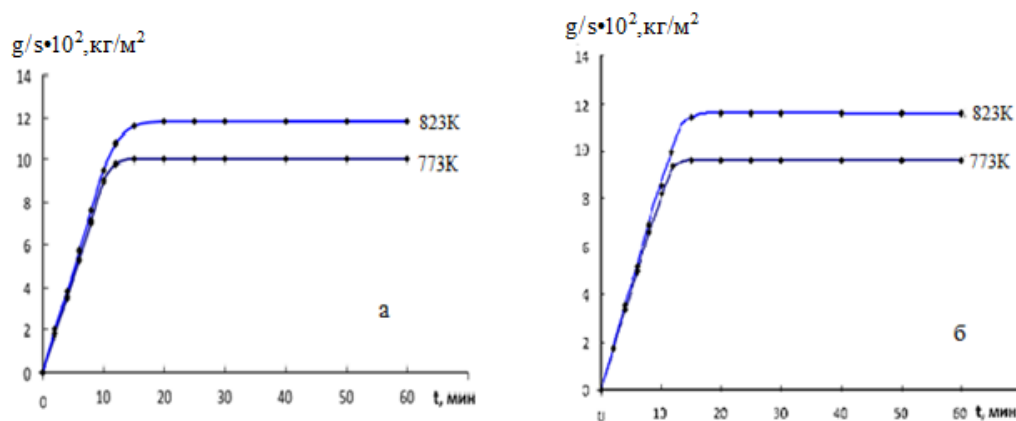


Рисунок 1. - Кинетические кривые окисления алюминиевого сплава АК7М2 с оловом, мас. %: 0.05 (а); 0.3 (б), в твердом состоянии

Кинетику окисления алюминиевого сплава АК7М2, содержащего 0.6 мас.% олова (рис. 2а), исследовали при температурах 773К, 798К и 723К. В течение 10-15 минут от начала процесса окисление развивается практически по линейному закону, а затем переходит на параболический. Таким образом, первоначально окисление происходило с образованием несплошной защитной плёнки, далее, по мере образования плотного оксида, процесс протекал с диффузионными затруднениями. Истинная скорость окисления для данного сплава составляет $3.33 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ при 773 К и $4.08 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ при 823 К. Кажущаяся энергия активации окисления исследуемого сплава составляет 15.24 кДж/моль.

Кинетические кривые окисления сплава АК7М2, содержащего 1,0 мас.% олова, изучали при температурах 773 К, 798 К и 823 К (рис.2б). Как и следовало ожидать, процесс окисления протекает с большими диффузионными затруднениями. Процесс окисления образцов от времени нарастает, наибольшее его значение, равное $8,3 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^2$, достигается при температуре 823 К, а наименьшее $7,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^2$ при 773 К. Окисление данного сплава подчиняется параболическому закону с энергией активации 18.10 кДж/моль (табл.).

На рис.3 изображена логарифмическая зависимость $-\lg K - 1/T$ для алюминиевого сплава АК7М2, содержащего 0.05; 0.3; 0.6; 1.0 мас.% олова, которая имеет прямолинейный характер. Последний указывает на соответствие процесса окисления исследованных сплавов параболическому закону.

Кинетические и энергетические параметры процесса окисления алюминиевого сплава АК7М2, легированного оловом, представлены в таблице. Как видно, добавки олова увеличивают кажущуюся энергию активации окисления сплавов. Константа скорости окисления при одинаковой температуре у сплава АК7М2 с оловом несколько меньше, чем у исходного сплава АК7М2. Видно, что кривые окисления, относящиеся к сплавам с оловом, располагаются ниже кривой для исходного сплава(рис.3).

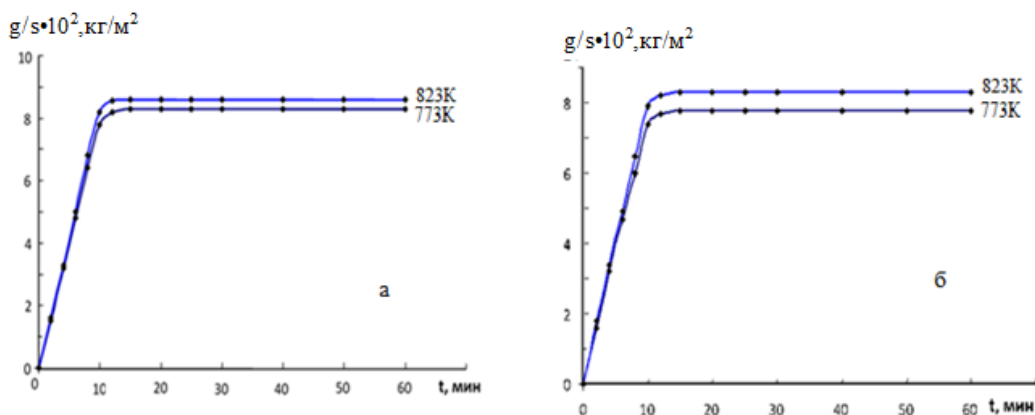


Рисунок 2.- Кинетические кривые окисления алюминиевого сплава АК7М2 с оловом, мас. %: 0.6 (а); 1.0 (б) в твердом состоянии

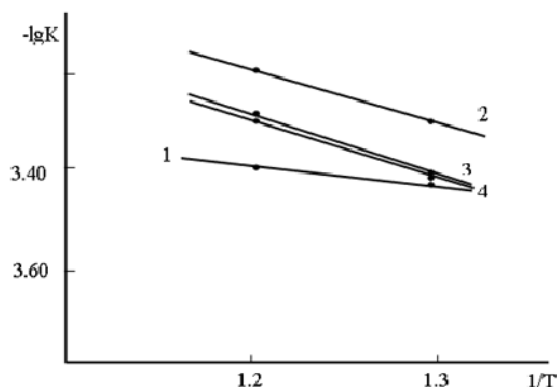


Рисунок. 3.- Зависимость $-\lg K$ от $1/T$ для алюминиевого сплава АК7М2 (1), легированного оловом, мас. %: 0.05 (1), 0.3 (2), 0.6 (3), 1.0 (4)

Выводы

Кинетические параметры процесса окисления сплавов зависят от структуры оксидной пленки. Если образующаяся оксидная пленка рыхлая, то облегчается перенос кислорода через нее и, соответственно, увеличивается скорость окисления. При образовании плотной пленки затрудняется транспорт кислорода через нее, что приводит к снижению скорости процесса.

Литература

1. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. -М.: Металлургия. 1979. 640 с.
2. Строганов Г.Б., Ротенберг В.А., Гершман Г.Б. Сплавы алюминия с кремнием. -М.: Металлургия. 1977. 271 с.
3. Бердиев А.Э., Ганиев И.Н., Гулов С.С. Особенности окисления сплава АК7М2, легированного германием, в твердом состоянии //Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. 2013. Т. 56. № 3. С.28-30.
4. Ибрагимов Н.Ф., Ганиев И.Н. и др. Влияние празеодима на кинетику окисления сплава АМг2, в твердом состоянии // Металлы. 2015. №4. С.15-19.
5. Ниёзов Х.Х., Бердиев А.Э., Ганиев И.Н. Влияние празеодима на кинетику окисления сплава АК1М2 в твердом состоянии //Доклады АН Республики Таджикистан. 2014. Т.57. №5. С.382-385.

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

TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович д.и.х., профессор	Ганиев Изатулло Наврузович д.х.н., профессор	Ganiev Izatullo Navruzovich Doctor of chemical science, professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осим	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
ganiev48@mail.ru		
ORCID Id 0000-0003-1427-4224		
TJ	RU	EN
Гулов Саломидин Садридинович н.и.т., дотсент	Гулов Саломидин Садридинович к.т.н., доцент	Gulov Salomidin Sadridinovich Candidat of engineering sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осим	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
gulov72@mail.ru		
ORCID Id 0000-0001-7983-315x		
TJ	RU	EN
Бердиев Асадкул Эгамович. д.и.т. дотсент	Бердиев Асадкул Эгамович д.т.н. доцент	Berdiev Asadkul Egamovich Doctor of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи Русияву Тоҷикистон (Славянӣ)	Российско-Таджикский (Славянский) университет	Russian-Tajik (Slavic) University
berdiev75@mail.ru		

ДИНАМИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ, ДАВЛЕНИЯ И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ДИОКСИДА ТИТАНА

Ф.Д. Исмонов

Таджикский государственный педагогический университет имени С.Айни

В статье приводятся результаты исследования динамической вязкости и плотности водных растворов в зависимости от температуры, давления и массовой концентрации диоксида титана.

Установлено, что с ростом температуры динамическая вязкость и плотность водных растворов диоксида титана уменьшаются, а с ростом давления и массовой концентрации диоксида титана TiO_2 увеличиваются.

Дана интерпретация уменьшения динамической вязкости и плотности водных растворов TiO_2 с повышением температуры и их увеличения с ростом давления и массовой концентрации диоксида титана.

При обобщении экспериментальных данных по динамической вязкости и плотности получены эмпирические уравнения для расчета динамической вязкости и плотности водных растворов в зависимости от температуры и массовой концентрации диоксида титана TiO_2 .

Ключевые слова: динамическая вязкость, диоксид титана, давление, температура, плотность, водные растворы, массовая концентрация, обобщение экспериментальных данных, расчетная формула.

ЧАСПАКИИ ДИНАМИКӢ ВА ЗИЧИИ МАӖЛУЛӖОИ ОБӢ ВОБАСТА БА ӖАРОРАТ, ФИШОР ВА КОНЦЕНТРАТСИЯИ МАССАВИИ ДИОКСИДИ ТИТАН

Ф.Д. Исмонов

Дар мақола натиҷаи тадқиқи часпакии динамикӣ ва зичии маҳлулҳои обӣ вобаста ба фишор, ҳарорат ва консентратсияи массавии нанозарраҳои диоксида титан TiO_2 оварда шудааст.

Муқаррар карда шудааст, ки бо афзоиши ҳарорат часпакии динамикӣ ва зичии маҳлулҳои обии диоксида титан TiO_2 кам гардида, бо афзоиши фишор ва консентратсияи массавии TiO_2 меафзояд.

Бо афзоиши ҳарорат камшавии часпакии динамикӣ ва зичӣ, бо афзоиши фишор ва консентратсияи массавӣ афзоиш ёфтани часпакии динамикӣ ва зичии маҳлулҳои обии TiO_2 маънидод карда шудаанд.

Дар натиҷаи ҷамъбасти қиматҳои таҷрибавии часпакии динамикӣ ва зичии маҳлулҳои обии диоксида титан TiO_2 муодилаҳои эмперикӣ ҳосил карда шудаанд ва бо ёрии онҳо часпакии динамикӣ ва зичии маҳлулҳои обии TiO_2 вобаста ба ҳарорат ва консентратсияи массавии TiO_2 ҳисоб карда мешавад.

Калидвожаҳо: часпакии динамикӣ, диоксида титан, фишор, ҳарорат, зичӣ, маҳлулҳои обӣ, консентратсияи массавӣ, ҷамъбасти қиматҳои таҷрибавӣ, муодилаи ҳисобӣ.

DYNAMIC VISCOSITY AND DENSITY OF AQUEOUS SOLUTIONS DEPENDING ON TEMPERATURE, PRESSURE AND MASS CONCENTRATION OF TITANIUM DIOXIDE

F.D. Ismonov

The article presents the results of a study of the dynamic viscosity and density of aqueous solutions depending on temperature, pressure and mass concentration of titanium dioxide.

It was found that with an increase in temperature, the dynamic viscosity and density of aqueous solutions of titanium dioxide decreases, and with an increase in pressure and mass concentration of titanium dioxide TiO_2 it increases.

The interpretation of the decrease in the dynamic viscosity and density of aqueous solutions and density of aqueous solutions with increasing temperature and their increase with increasing pressure and mass concentration of titanium dioxide TiO_2 concentration of titanium dioxide TiO_2 is given.

When generalizing experimental data on dynamic viscosity and density, an empirical equation was obtained for calculating the dynamic viscosity and density of aqueous solutions depending on the temperature and mass concentration of titanium dioxide TiO_2 .

Keywords: dynamic viscosity, titanium dioxide, temperature, density, aqueous solutions, mass concentration, summarizing experimental data, calculation formula.

Введение

Актуальность данного исследования заключается в том, что водные растворы наночастиц, в том числе диоксид титана является компонентами ракетных топлив. Исследование теплофизических и реологических свойств воды, в чистом виде, так и содержащих различное количество наночастиц дает возможность определить их рациональное использование в качестве рабочего тела и как ракетное топливо. Для составления уравнения состояния и подробных таблиц по свойствам исследуемых растворов системы (H_2O+TiO_2) с различной концентрацией диоксида титана необходимы данные по их плотности и вязкости.

Экспериментальная часть и методы исследования

Нами экспериментально исследована плотность и динамическая вязкость водных растворов системы (H_2O+TiO_2) при различных температурах (283-433К), давлениях (0,101-49,01МПа) и концентрации наночастиц TiO_2 (0,5%-3,0% TiO_2).

Для экспериментального определения плотности растворов системы вода и наночастицы TiO_2 использован метод гидростатистического взвешивания [1, 2].

Общая относительная погрешность измерения плотности исследуемых водных растворов диоксида титана TiO_2 при доверительной вероятности $\alpha = 0,95\%$ составляет 0,1%.

Результат исследования и их обсуждение

Характер изменения плотности исследуемых объектов в зависимости от температуры и давления показан на рис.1 и 2.

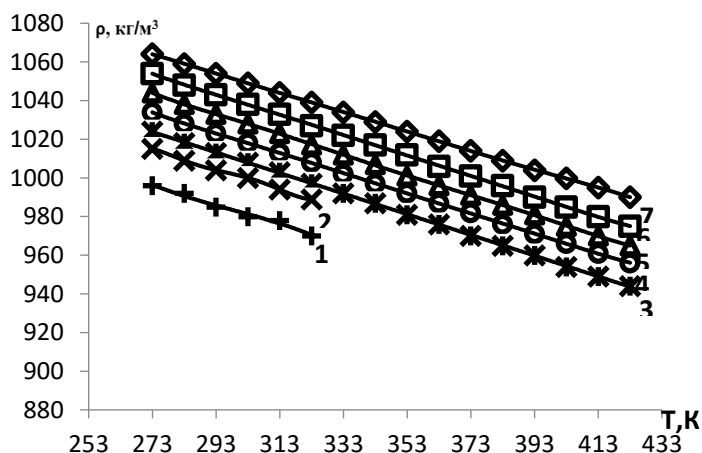


Рисунок 1- Плотность водных растворов диоксида титана ($H_2O + 0,5\% TiO_2$) при высоких параметрах состояния: 1- H_2O (0,101 МПа), 2-0,101МПа, 3-9,81МПа, 4-19,61МПа, 5-29,42МПа, 6-39,24МПа, 7-49,01МПа.

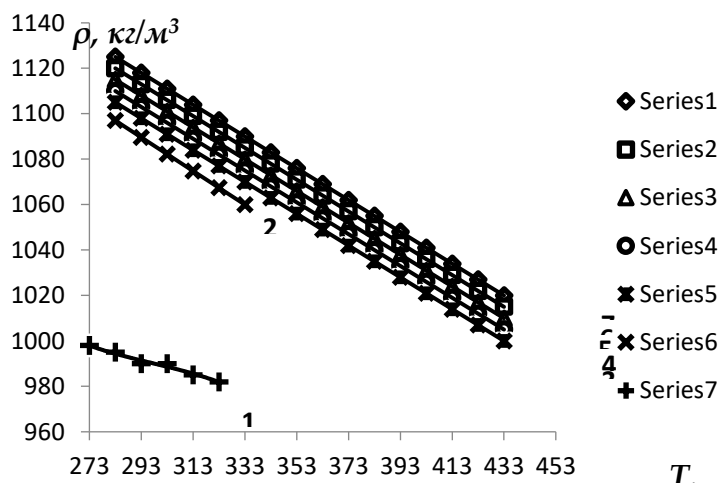


Рисунок 2- Плотность водных растворов оксида титана (вода+ 3,0% TiO_2) при высоких параметрах состояния: 1- H_2O (0,101 МПа), 2-0,101МПа, 3-9,81 МПа, 4-19,61 МПа, 5-29,42 МПа, 6-39,24 МПа, 7-49,01 МПа.

Установлено, что с ростом температуры плотность воды и коллоидных растворов уменьшается, а повышение давления увеличивает плотность воды и раствора.

С повышением температуры его влияние на рост плотности раствора уменьшается, т.е. масса раствора на единицы объема с ростом температуры уменьшается.

Установлено, что при температуре 283К в диапазоне давления от 9,81МПа до 49,01МПа плотность образца $H_2O+3,0\% TiO_2$ растет на 2,28%, для температуры 353К плотность растет на 2,68%, при температуре 433К это изменение доходит до 3,2%.

Увеличение массовой концентрации наполнителя (диоксида титана TiO_2) приводит к росту массы исследуемых растворов в единицу их объема, что приводит к росту плотности. Изменения роста плотности растворов с повышением температуры связано с ростом межмолекулярных расстояний.

Рост давления приводит к хорошему уплотнению молекул исследуемых растворов. Хорошее уплотнение молекул растворов уменьшает изменения их плотности с повышением температуры.

С ростом массовой концентрации TiO_2 в составе воды межмолекулярное взаимодействие ослабляется. В результате повышения температуры молекулы воды слегка удаляются друг от друга и расстояние между ними растет, что приводит к увеличению объема раствора, и это определяет причину увеличения влияния температуры на уменьшение плотности растворов.

С ростом температуры расстояние между молекулами увеличивается и чем больше будет температура, тем больше становится расстояние между молекулами в растворе. Под действием внешнего давления при повышенных температурах молекулы сильнее приближаются друг к другу, а это приводит к уменьшению объема раствора и увеличению их плотности. Поэтому с ростом температуры влияние давления на изменение плотности растворов увеличивается.

Для получения аппроксимационных зависимостей, позволяющих определить плотность исследуемых водных растворов наноматериала диоксида титана TiO_2 при различных температурах и атмосферном давлении, нами использован метод приведенных координат в виде следующих функциональных зависимостей [5]:

$$\frac{\rho}{\rho_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (1)$$

где ρ – плотность исследуемых растворов при различных температурах и атмосферном давлении, ρ_1 – значения плотности исследуемых растворов при температуре $T_1=333K$ и атмосферном давлении.

Выполнимость зависимости (1) показана на рис. 3.

Прямая, показанная на рис. 3, для растворов системы (H_2O+TiO_2) при давлении атмосферного воздуха описывается выражением:

$$\rho = \rho_1 \left(1,45 - 0,245 \frac{T}{T_1}\right), \frac{кг}{м^3} \quad (2)$$

С помощью выражения (2) можно вычислить плотность исследуемых водных растворов наноматериала диоксида титана TiO_2 в зависимости от температуры при атмосферном давлении, если будет известно значение ρ_1 для водных растворов.

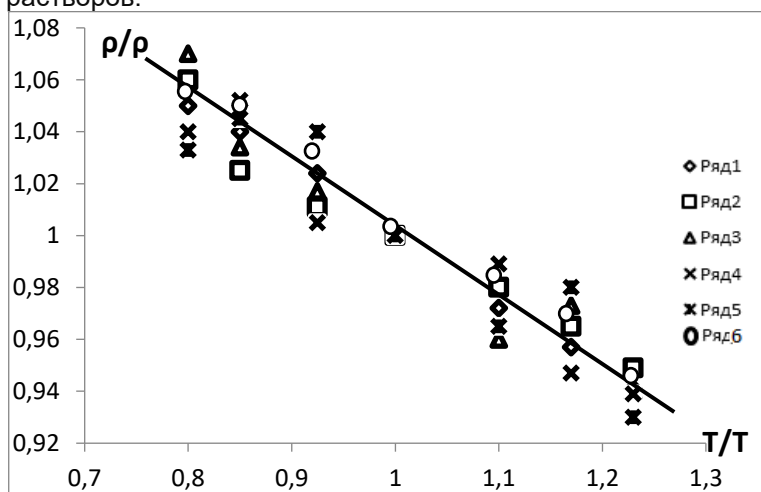


Рисунок 3- Зависимость относительной плотности от относительной температуры: обр№1 – ($H_2O + 0,5\% TiO_2$), обр№2 – ($H_2O + 1,0\% TiO_2$), обр.№3 – ($H_2O + 1,5\% TiO_2$), обр№4 – ($H_2O + 2,0\% TiO_2$), обр№5 – ($H_2O + 2,5\% TiO_2$), обр№6 – ($H_2O + 3,0\% TiO_2$)

Для исследуемых нами водных растворов наноматериала диоксида титана TiO_2 ρ_1 является функция массовой концентрации наноматериала диоксида титана TiO_2 .

Зависимость ρ_1 от массовой концентрации диоксида титана TiO_2 описывается уравнением:

$$\rho_1 = 21,6n + 989,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (3)$$

Уравнение (2) с учетом выражения (3) принимает вид:

$$\rho = (21,6n + 989,2) \left(1,45 - 0,245 \frac{T}{T_1} \right), \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (4)$$

Уравнение (4) устанавливает зависимость плотности водных растворов наноматериала диоксида титана TiO_2 от температуры T и массовой концентрации диоксида титана n . Уравнение (4) с погрешностью до 0,02% описывает экспериментальные данные по плотности растворов диоксида титана в зависимости от температуры и массовой концентрации диоксида титана TiO_2 .

Для измерения вязкости водных растворов системы H_2O+TiO_2 при различных температурах и давлениях нами использована экспериментальная установка, разработанная профессором Голубевым И.Ф. и модернизированная профессором Назиевым Я.М. и его учениками [3, 4].

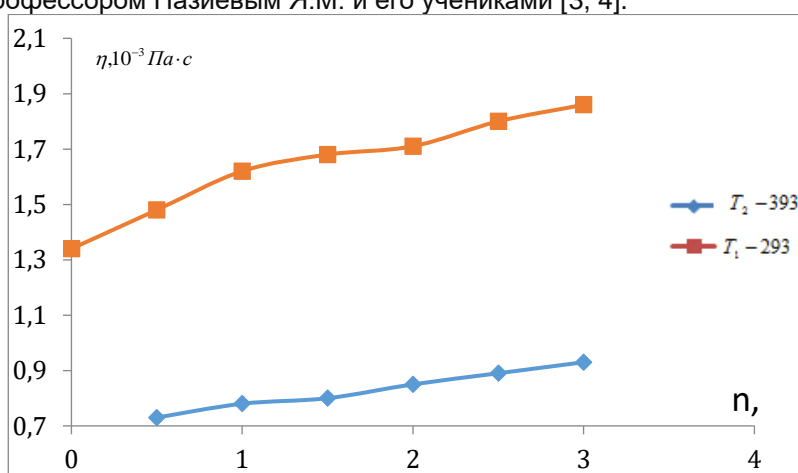


Рисунок 1- Зависимость коэффициента динамической вязкости водных растворов в зависимости от массовой концентрации наночастицы TiO_2 при давлении $P=29,34 \text{ МПа}$ и температуре $T_1=293 \text{ K}$ и $T_2=393 \text{ K}$

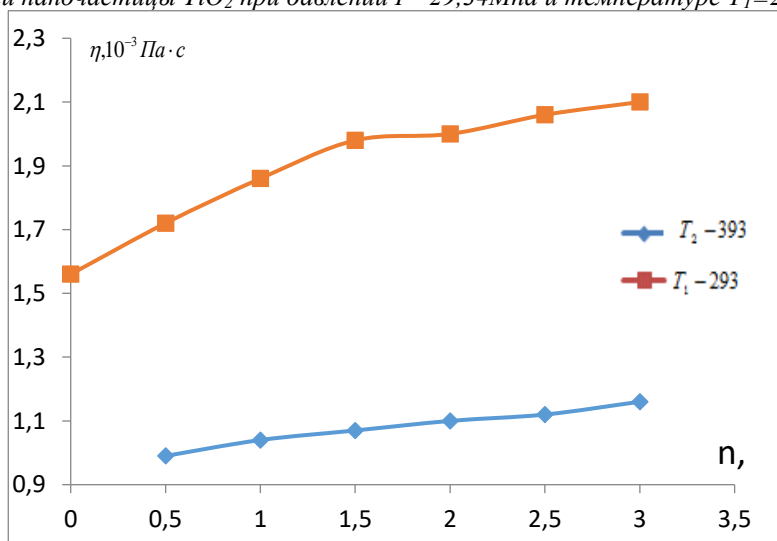


Рисунок 2- Зависимость коэффициента динамической вязкости водных растворов в зависимости от массовой концентрации наночастиц TiO_2 при давлении $P=49,01 \text{ МПа}$ и температуре $T_1=293 \text{ K}$ и $T_2=393 \text{ K}$

На рис. 1 и 2 показана зависимость коэффициента динамической вязкости от массовой концентрации наночастиц диоксида титана при различных температурах и давлении 29,34 МПа и 49,01 МПа.

Как видно из рис. 1 и 2, с ростом массовой концентрации наночастиц диоксида титана коэффициент динамической вязкости водных растворов увеличивается. При низких температурах ($T_1=293 \text{ K}$) с увеличением

массовой концентрации TiO_2 коэффициент динамической вязкости водных растворов растет нелинейно, а с повышением температуры ($T_2=393K$) увеличение коэффициента динамической вязкости происходит по линейному закону.

Таким образом, с увеличением массовой концентрации наночастиц диоксида титана в водных растворах на изобарах разность коэффициента динамической вязкости растет.

С ростом температуры расстояние между молекулами водных растворов, содержащих различные массовые концентрации TiO_2 , увеличивается.

Увеличение расстояния между молекулами водных растворов ухудшает передачу импульса молекулы от одной изотермической поверхности к другой изотермической поверхности, что приводит к уменьшению коэффициента динамической вязкости водных растворов, содержащих различное количество наночастиц диоксида титана с повышением температуры.

Рост давления приводит к хорошему уплотнению молекулы исследуемых объектов. Хорошо уплотненные молекулы растворов уменьшают изменение коэффициента динамической вязкости. Чем больше будет давление, тем больше происходит хорошее уплотнение молекул растворов, содержащих различные массовые концентрации наночастиц диоксида титана. При хорошем уплотнении молекул водных растворов, влияние температуры на изменение коэффициента динамической вязкости уменьшается, что подтверждается проведенным нами исследованием. Хорошее уплотнение молекул обеспечивает лучшую передачу импульса молекулы от одного изотермического слоя к другому, что уменьшает влияние температуры на изменение коэффициента динамической вязкости исследуемых водных растворов.

Установлено, что с ростом массовой концентрации наночастиц диоксида титана в состав водных растворов влияние давления на их коэффициент динамической вязкости при различных температурах уменьшается.

С ростом массовой концентрации наночастиц диоксида титана в состав водных растворов взаимодействие между их молекулами увеличивается и это затрудняет приближении молекулы друг к другу под действием внешнего давления и перенос импульса молекулы из одного изотермического слоя к другому уменьшается, что приведет к уменьшению влияния внешнего давления на коэффициент динамической вязкости объектов при различных температурах.

При обобщении экспериментальных данных по вязкости исследуемых объектов для расчета вязкости водных растворов диоксида титана получили следующее уравнение:

$$\eta = \left[\alpha_i \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + v_i \left(\frac{T}{T_1} \right) + c_i \right] (1,942 \cdot 10^{-5} n^2 + 4,137 \cdot 10^{-5} n + 4,815 \cdot 10^{-4}), \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (5)$$

В уравнении (5) значения коэффициентов α_i , v_i , c_i приведены в табл. 6.

Таблица 6. Значения коэффициентов аппроксимационной зависимости (5) для исследуемых водных растворов диоксида титана

Образец	H_2O в жидкой фазе		
	a_i	b_i	c_i
Кoeffициенты	92.017	-182.525	91.558
Образец	$H_2O+0,5\% TiO_2$		
Кoeffициенты	31.043	-69.24	39.215
Образец	$H_2O+1,0\% TiO_2$		
Кoeffициенты	30.031	-66.885	37.854
Образец	$H_2O+1,5\% TiO_2$		
Кoeffициенты	26.541	-59.384	33.843
Образец	$H_2O+2,0\% TiO_2$		
Кoeffициенты	22.899	-51.526	29.669
Образец	$H_2O+2,5\% TiO_2$		
Кoeffициенты	20.851	-46.845	72.003
Образец	$H_2O+3,0\% TiO_2$		
Кoeffициенты	18.853	-42.566	24.723

С помощью уравнения (5) можно вычислить вязкость исследуемых водных растворов диоксида титана TiO_2 в зависимости от температуры и массовой концентрации диоксида титана n с погрешностью до 1,5%.

Литература

1. Гусейнов К.Д. Исследование термодинамических свойств ряда кислородосодержащих органических веществ в широком интервале параметров состояния. //Дисс... д-ра т.н.-Баку, 1979,-392с.
2. Голубев И.Ф. Определение удельного веса жидкостей и газов при высоких давлениях методом гидростатического взвешивания. //Науч. труды ГИАП.-М., 1957.-Вып. УП.-с.47-61.
3. Гусейнов С.О., Назиев Я.М., Фарзалиев Б.И. /Исследование плотности и динамической вязкости Н-толуидина при различных температурах и давлениях. //Известия вузов. Нефть и газ. 1981, №6, с.65-68.
4. Гусейнов С.О., Галандаров З.С. /Исследование плотности и динамической вязкости нонена-1 при различных температурах и давлениях. //Известия вузов. Нефть и газ. 1984, №4, с.50-55.
5. Маджидов Х., Сафаров М.М., Гайдей Т.П. Исследование теплофизических свойств окиси алюминия, содержащих различные количества металла в газовых средах и вакууме. //Материалы VII Всесоюзной конференции по теплофизическим свойствам веществ. Ташкент. Фан, 1982, с.296-298.
6. Голубев И.Ф., Назиев Я.М. /Труды ЭНИ им. Есьмена АН АзССР,-Баку, 1962.-Т.15.-с.70-73.

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

TJ	RU	EN
Исмонов Фируз Довудович	Исмонов Фируз Довудович	Ismonov Firuz Dovudovich
ассистент	ассистент	Assistant
Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣи Тоҷикистон ба номи С. Айни	Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни	Tajik State Pedagogical University named after S. Aini
	firuz@mail.ru	

УДК 669.017: 620.193

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АНОДНОГО ПОВЕДЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, ЛЕГИРОВАННОГО ОЛОВОМ И ВИСМУТОМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА 0,03%-НОГО NaCl

Давлатов О.Ш.

Таджикский технический университет им. М.С. Осими

В работе представлены результаты сравнительного исследования коррозионно-электрохимического поведения алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом и висмутом, в среде электролита 0,03% - ного NaCl. Показано, что сплавы, легированные малыми добавками указанных элементов, отличаются более высокой коррозионной устойчивостью.

Ключевые слова: алюминиевый сплав АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, олово, висмут, потенциостатический метод, коррозия, скорость коррозии, ток коррозии, потенциал свободной коррозии, потенциал питтингообразования.

ТАДҚИҚИ МУҚОИСАВИИ РАҒТОРИ АНОДИИ ХҶЛАИ АЛҶУМИНИИ АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, БО ҚАЛҶАҒИ ВА ВИСМУТ ЧАВҲАРОНИДАШУДА, ДАР МУҲИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИИ 0,03%-и NaCl

Давлатов О.Ш.

Дар мақола натиҷаи муқоисавии тадқиқоти рағтори коррозсионӣ-электрохимиии хӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, бо қалъағи ва висмут чавҳаронидашуда, дар муҳити электролитии 0,03% - и NaCl пешниҳод шудааст. Инчунин, дар мақола хӯлаҳои чавҳаронидашуда бо иловаи миқдори ками элементҳои мазкур, ки бо тобоварии баланди зангзани фарқ мекунад, нишон дода шудааст.

Калидвожаҳо: хӯлаи алюминийи АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, қалъағи, висмут, усули потенциостатикӣ, зангзани, суръати зангзани, ҷараёнҳои зангзани, потенциали зангзани озод, потенциали питтингосилкунӣ.

COMPARATIVE INVESTIGATION OF THE ANODE BEHAVIOR OF АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ALUMINUM ALLOY ALLOYED WITH TIN AND BISMUTH IN 0.03% NaCl ELECTROLYTE ENVIRONMENT

Davlatov O.Sh.

The article presents the results of a comparative study of the corrosion-electrochemical behavior of the aluminum alloy АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 alloyed with tin and bismuth in an electrolyte medium of 0.03% NaCl. It is shown that alloys alloyed with small additions of these elements are characterized by higher corrosion resistance.

Keywords: aluminum alloy АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, tin, bismuth, potentiostatic method, corrosion, corrosion rate, corrosion current, free corrosion potential, pitting potential

Введение

Алюминиевые сплавы широко применяются в различных отраслях промышленности в качестве материала для деталей машин и механизмов самых разных назначений – от бытовой техники до летательных аппаратов. Однако многие машины и механизмы при этом подвержены значительным нагрузкам: удару, циклическому изменению температуры, вибрации и т.п. Учитывая вышеизложенное, при конструировании деталей и механизмов необходимо всестороннее изучение свойств сплавов, из которых они изготовлены [1, 2].

В последние годы интерес к созданию и внедрению принципиально новых конструкционных материалов, обладающих повышенными механическими и демпфирующими свойствами по сравнению с традиционными материалами, возрастает. Поэтому разработка и исследование новых алюминиевых сплавов с различными легирующими компонентами, устойчивых к агрессивным средам и способных к рассеиванию энергии колебаний, являются весьма актуальной. Сплавы системы Al - Fe вызывают большой интерес в качестве конструкционного материала. В связи с тем, что вторичный алюминий может содержать достаточно высокое содержание железа- до 5% он не находит широкого применения из-за низких конструкционных характеристик [1, 2].

Исследования некоторых свойств сплавов системы Al-Fe показали, что с увеличением концентрации железа вязкость и прочность увеличиваются вместе с электрическим сопротивлением, а электропроводимость и теплопроводимость уменьшаются.

Также известно использование сплавов алюминия, содержащих железо и редкоземельные элементы в качестве носителей электрического заряда, при производстве авиационных и автомобильных двигателей, кабелей, стержней, шин и других изделий в электропромышленности [3, 4].

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Сплавы для исследования были получены в тиглях из оксида алюминия в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ при температуре 8500 С. Из расплава в графитовой изложнице отливали образцы диаметром 8 мм и длиной 120мм. Нерабочая часть образцов изолировалась смолой из смеси канифоли и парафина в соотношении 50:50. Рабочую торцевую часть электродов зачищали наждачной бумагой, полировали, обезжировали, травили в 10%-ном растворе NaOH, тщательно промывали спиртом и затем погружали в насыщенный хлоридсеребряный электрод.

Исследования проводили с использованием потенциостата ПИ-50-1.1 и самописца ЛКД-4-002 в среде электролита NaCl марки чда для установления бестокового потенциала коррозии. Электродом сравнения служил хлоридсеребряный, а вспомогательным - платиновый. Скорость развертки потенциала составляла 2 мВ·с⁻¹.

Образцы сплавов потенциодинамически поляризовали в положительном направлении от стационарного потенциала, установившегося при погружении, до резкого возрастания тока, в результате чего происходило восстановление оксидной пленки. Наконец образцы поляризовали в положительном направлении до потенциала питтингообразования. Снимали также кривые прямого и обратного хода со скоростью развертки потенциала 2 мВ·с⁻¹ (рисунок 1.).

Расчет тока коррозии как основной электрохимической характеристики процесса коррозии проводили по катодной кривой с учетом тафеловской константы, равной $\ln k = 0,12\text{В}$. Скорость коррозии (К) определяли по току коррозии ($i_{\text{корр}}$) по формуле

$$K = i_{\text{корр}} \cdot k, \text{ где: } k = 0.335\text{г/А}\cdot\text{ч для электрохимического эквивалента алюминия.}$$

Исследования проводились по методике, описанной в работах [5-8].

Результаты коррозионно-электрохимического исследования алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом и висмутом, в среде электролита 0,03%-ного NaCl представлены в таблицах 1,3 и на рисунках 2,3.

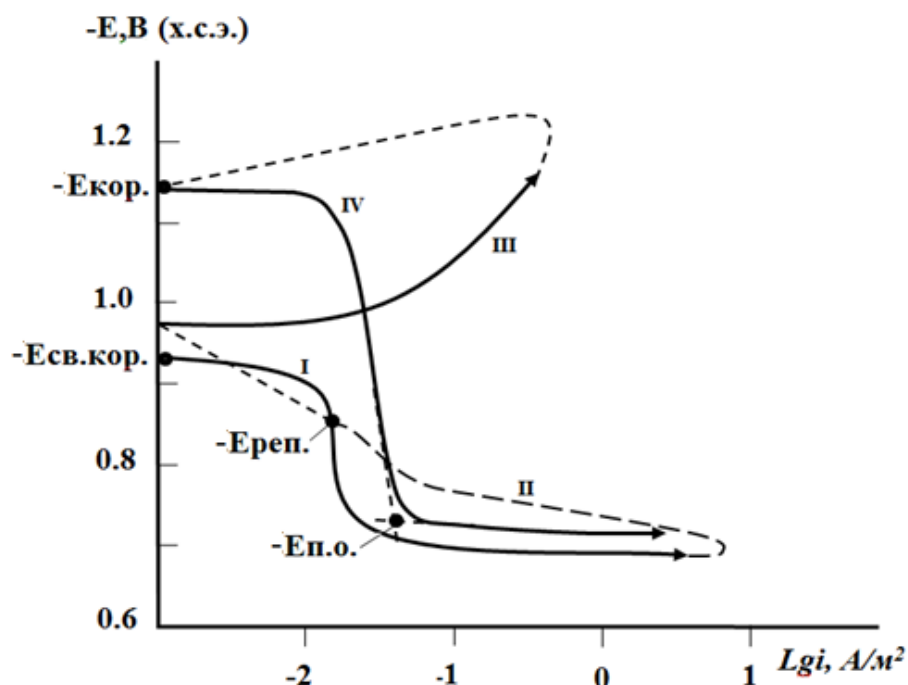


Рисунок 1— Полная поляризационная (2 мВ/с) кривая алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 с оловом в среде электролита 0,03%-ного NaCl

Временная зависимость потенциала свободной коррозии (- Е_{св.кор.}, В) алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 от содержания олова в среде электролита 0,03%-ного NaCl

Время выдержки, минут	Содержание олова в сплаве, мас.%				
	0.0	0.01	0.05	0.1	0.5
0	0,976	0,968	0,960	0,953	0,946
0,15	0,970	0,963	0,953	0,947	0,940
0,2	0,967	0,960	0,949	0,944	0,937
0,3	0,964	0,955	0,944	0,940	0,932
0,4	0,961	0,951	0,940	0,936	0,928
0,5	0,957	0,947	0,936	0,931	0,924
0,6	0,953	0,943	0,931	0,926	0,919
2	0,946	0,935	0,923	0,918	0,913
3	0,939	0,927	0,917	0,911	0,906
4	0,933	0,920	0,911	0,903	0,897
5	0,928	0,914	0,904	0,897	0,891
10	0,921	0,908	0,897	0,890	0,883
20	0,913	0,902	0,892	0,884	0,877
30	0,906	0,895	0,886	0,878	0,871
40	0,896	0,890	0,880	0,873	0,867
50	0,895	0,887	0,878	0,869	0,865
60	0,894	0,884	0,876	0,868	0,862

При изучении коррозионно-электрохимического поведения данных сплавов была исследована временная зависимость электродных потенциалов в течение часа выдержки в электролите, результаты которых показали, что легирование алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 оловом и висмутом смещает электродный потенциал в положительную область (табл.1 и рис.2).

При погружении образцов в среде электролита 0,03%-ного NaCl потенциал свободной коррозии смещается в положительную область. Дальнейшая выдержка в течение часа приводит к установлению стационарного потенциала, что связано с образованием защитных пленок на поверхности образцов.

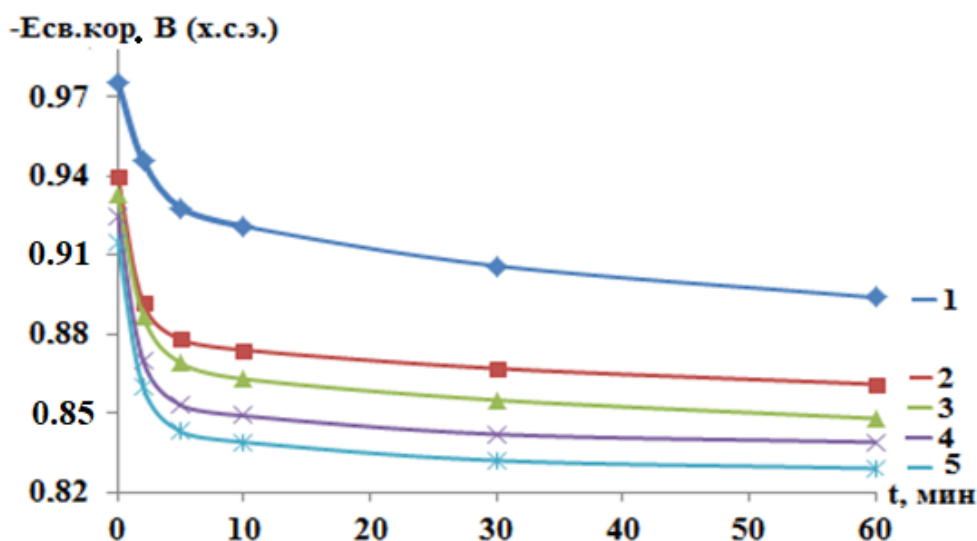


Рисунок 2. Временная зависимость потенциала свободной коррозии алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 (1) от содержания висмута, мас. %: 0,01(2), 0,05(3), 0,1(4), 0,5(5) в среде электролита 0,03%-ного NaCl.

Как видно из рисунка 2, закономерность изменения потенциала свободной коррозии алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного висмутом, в среде 0,03%-ного электролита NaCl аналогична сплавам,

содержащим олово. Отличие в том, что для сплавов с висмутом наблюдается ещё больше сдвиг в область положительных потенциалов.

Электрохимические характеристики алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом и висмутом, снятые при скорости развертки потенциала 2 мВ/с, приведены в табл.2. Видно, что добавки олова и висмута к сплаву АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 несколько сдвигают в положительную область потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации. Наибольшие добавки этих элементов вызывают интенсивное уменьшение плотности тока и соответственно скорости коррозии исходного сплава.

Таблица 2

Коррозионно-электрохимические характеристики алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом и висмутом, в среде электролита 0,03%-ного NaCl

Содержание олова и висмута в сплаве. мас. %	Электрохимические потенциалы (х.с.э.), В				Скорость коррозии	
	$-E_{св.кор.}$	$-E_{кор.}$	$-E_{п.о.}$	$-E_{реп.}$	$i_{кор.},$ А/м ²	$K \cdot 10^3,$ г/м ² ·ч
0.00	0,894	1,056	0,642	0,800	0,28	9,38
0.01 Sn	0,884	1,044	0,630	0,788	0,24	8,04
0.05 Sn	0,876	1,031	0,617	0,780	0,22	7,37
0.1 Sn	0,868	1,018	0,601	0,770	0,20	6,70
0.5 Sn	0,862	1,004	0,588	0,770	0,18	6,30
0.00	0,894	1,056	0,642	0,800	0,28	9,38
0.01 Bi	0,861	1,019	0,606	0,765	0,20	6,70
0.05 Bi	0,848	1,008	0,593	0,757	0,17	5,69
0.1 Bi	0,839	0,994	0,580	0,751	0,14	4,69
0.5 Bi	0,829	0,982	0,564	0,744	0,11	3,68

Рассчитанная из катодных ветвей потенциодинамических кривых скорость коррозии показывает, что добавки олова уменьшают скорость коррозии исходного сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 на 30%, добавки висмута в 2,5 раза.

На рисунках 3, 4 представлены потенциодинамические кривые, характеризующие анодное поведение алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, содержащего олово и висмут. У легированных сплавов по сравнению с исходным сплавом АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 на потенциодинамических кривых область активно-пассивного состояния смещена в сторону положительных значений потенциала, и с ростом концентрации легирующего элемента наблюдается уменьшение плотности тока коррозии. Это в свою очередь сопровождается сдвигом потенциала питтингообразования в положительную область.

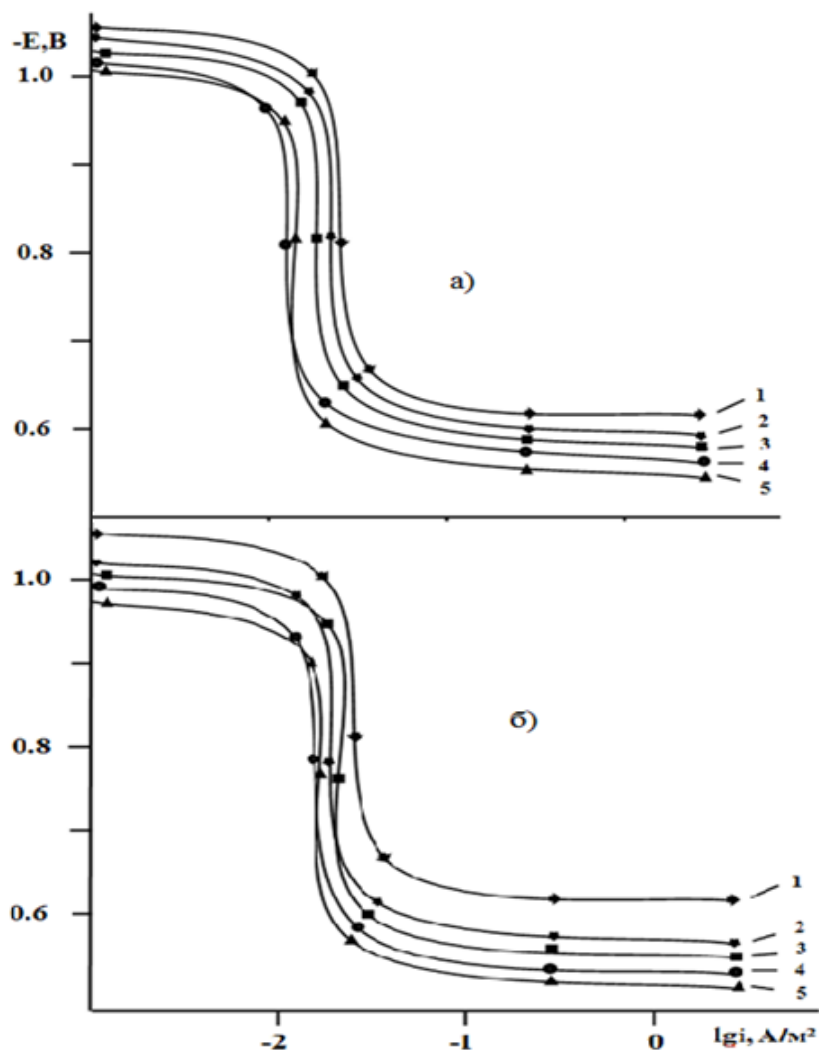


Рисунок 3 – Потенциодинамические анодные поляризационные (2мВ/с) кривые алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 (1), содержащего олово (а) и висмут (б), мас.‰: 0.01(2), 0.05(3), 0.1(4), 0.5(5), в среде электролита 0,03% - ного NaCl

Литература

1. Луц А.Р., Суслина А.А. Алюминий и его сплавы. Самара: Самарск. Гос. тех. универ. 2013-81с.
2. Горо Н. Коррозия алюминия и его сплавов. // Босеку гйдаюзу, 1978, с.194-202с.
3. Амонов И.Т., Ганиев И.Н., Обидов З.Р. Коррозия сплава Al+2.18 %Fe, легированного элементами подгруппы иттрия. Германия. Изд. дом LAP LAMBERT Academic Publishing 2011-93с.
4. И.Т.Амонов, З.Р.Обидов, И.Н.Ганиев Сплавы алюминия с железом, РЗМ и элементами подгруппы галлия. Германия. Изд.дом LAP LAMBERT Academic Publishing 2011-93с.
5. Раджабалиев С.С., Ганиев И.Н., Амонов И.Т. Влияние свинца на анодное поведение сплава Al+2,18%Fe // Вопросы материаловедения. Научно-технический журнал 2016, №2(86), С. 147-151.
6. Раджабалиев С.С., Ганиев И.Н., Амонов И.Т. Норова М.Т. Потенциодинамическое исследование сплава Al+2,18%Fe, легированного оловом и висмутом // Известия СПбГТИ (Технического университета), 2016г., №35(61), С. 22-25.
7. Раджабалиев С.С., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Норова М.Т. Анодное поведение сплава Al+2,18%Fe, легированного оловом // Вестник Таджикского технического университета, 2013, №2 (22). С. 60-63.

8. Давлатов О.Ш., Ганиев И.Н., Одиназода Х.О., Раджабалиев С.С. Потенциостатическое исследование алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом// Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. 2021, №1 (53). С. 33-37.

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

TJ	RU	EN
Давлатов Ориф Шералиевич	Давлатов Ориф Шералиевич	Davlatov Orif Sheralievich
Муаллими калон	Ст. преподаватель	Senior teacher
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
davlatov_orif@mail.ru		

UDC 669.018.22

INFLUENCE OF ZIRCONIUM ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF ZINC-ALUMINUM ALLOYS Zn5Al and Zn55Al

Ganiev I.N., Aliev J.N., Aminov F.M.

Tajik Technical University named after academician M.C. Osimi

The main share of various metallic materials used in technology is alloys. There is a fact that with the help of microanalysis it is possible to determine the number, type, size of individual phases, their mutual arrangement, consisting of inclusions, microdefects, and, in general, to consider the properties of metals and alloys. The properties of alloys are determined by their microstructure, i.e. the form and composition of structural elements, which, in a particular order, are set by the phase number.

This article is devoted to the results of studying the microstructure and studying the mechanical properties of zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al with zirconium.

Key words: zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al, zirconium, microstructure, hardness, strength.

ТАЪСИРИ СИРКОНИЙ БА СОХТИ ТАРКИБӢ ВА ХОСИЯТӢИ МЕХАНИКИИ ХӢЛАӢИ РӢӢӢ-АЛЮМИНИИ Zn5Al ва Zn55Al

Ганиев И.Н., Алиев Ҷ.Н., Аминов Ф.М.

Хиссаи асосии маводҳои гуногуни металлиеро, ки дар техника истифода бурда мешавад, хӯлаҳои ташкил медиҳанд. Омилҳои мавҷуданд, ки бо ёрии микротаҳлил имконияти муайян кардани шумора, навъ, андозаҳои фазаҳои алоҳида, ҷойгиршавии онҳо нисбат ба якдигар, ташкилдиҳандаҳои мавҷудбуда, микронуксонҳо ва умуман, муоина кардан оиди хосиятҳои металлҳо ва хӯлаҳои имконпазир мебошад. Хосиятҳои металлҳо бо сохти таркибиашон муқаррар карда мешаванд, яъне бо шакл ва элементҳои таркибӣ, ки бо тартиби муайян (ки дар навбати худ), бо рақами фазавӣ муайян карда мешавад.

Дар мақолаи мазкур натиҷаҳои тадқиқоти сохти таркибӣ ва омӯзиши хосиятҳои механикии хӯлаҳои рӯҳӣ-алюминии Zn5Al ва Zn55Al бо сирконий дида баромада шудааст.

Калимаҳои калидӣ: хӯлаҳои рӯҳӣ-алюминии Zn5Al ва Zn55Al, сирконий, сохти таркибӣ, сахтӣ, мустаҳкамӣ.

ВЛИЯНИЕ ЦИРКОНИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИНКОВО-АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ Zn5Al и Zn55Al

Ганиев И.Н., Алиев Дж.Н., Аминов Ф.М.

Главную долю различных металлических материалов, которые используются в технике, составляют сплавы. Существует факт, что при помощи микроанализа есть возможность определить число, тип, размеры отдельных фаз, их взаимное расположение, состояние включения, микродефекты, и, вообще, освидетельствовать о свойствах металлов и сплавов. Свойства сплавов устанавливаются их микроструктурой, т.е. формой и составом структурных элементов, которые, в свою очередь, устанавливаются фазовым числом.

В данной статье рассмотрены результаты исследования микроструктуры и изучения механических свойств цинково-алюминиевых сплавов Zn5Al и Zn55Al с цирконием.

Ключевые слова: цинково-алюминиевые сплавы Zn5Al и Zn55Al, цирконий, микроструктура, твердость, прочность.

Introduction

In various industries and in everyday life, metal materials are increasingly being used - iron-based alloys (steels and cast irons), non-ferrous metals (aluminum, copper, lead, antimony, zinc) and their alloys, the structure and properties of which depend on many factors: chemical composition, extraction methods, heat treatment, etc. Features of metals and alloys are formed by their internal composition - structure. To study the structure of metals and alloys, various research methods are used: macrostructural analysis, microstructural analysis, X-ray diffraction analysis, etc.

A particularly well known method is microstructural analysis, which consists in studying the structure of metals and alloys using microscopes of various magnifications. The microscope helps to see the structure of metallic materials - various phases, grains, metalloid inclusions, etc., in addition to carry out their numerical assessment [1-3].

Zinc and aluminum based alloys form the basis of many protective coatings and corrosion resistant alloys. In the future, the increase in the corrosion resistance of zinc-aluminum coatings is possible by alloying with a third element. In some situations, the course of corrosion development will lead to more severe results than the loss of a large amount of metal. The very serious results caused by corrosion include a decrease in physical and mechanical properties: plasticity, reflectivity, hardness, etc. Therefore, when assessing damage from corrosion, an integrated approach is important, containing the study of the available results given by her [4-9].

In the publicly available scientific literature, there is no information about the microstructure and mechanical properties of zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al with zirconium.

This paper presents the results of a study of the microstructure, hardness, and strength of zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al with zirconium in the cast state. The microstructures of zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al with zirconium were studied using a BIOMED-1 light monocular microscope (Ukraine).

Experimental results

For studies in a shaft furnace of electrical resistance of the SShOL type, alloys were obtained from zinc grade Ts1 (State standart 3640-94), aluminum grade A7 (State standart 11069-2001) and its master alloy with zirconium. A ligature of aluminum with zirconium (2% Zr) was preliminarily synthesized under the pressure of an inert gas in a vacuum furnace. The content of zirconium in zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al was in wt. %: 0.01; 0.05; 0.1; 0.5. The charge was weighed on an analytical balance ARV-200 with an accuracy of $0.1 \cdot 10^{-6}$ kg. Blending was carried out taking into account the waste of metals. To obtain alloys, the SShOL electric resistance furnace was heated to 800°C, aluminum and zinc were melted, and then an aluminum-zirconium master alloy was introduced.

To study the microstructure, cylindrical samples with a diameter of 10–16 mm and a height of 5–10 mm were cast from the resulting melt. Each sample was preliminarily polished, degreased with alcohol, and immersed in a 20% aqueous HF solution; the etching time was from 15 to 30 s. After etching, the micro sections were washed in running water and thoroughly dried by pressing against clean filter paper [10].

The microstructures of zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al with zirconium are solid solutions of aluminum with eutectic inclusions (α -Al+Zn), the amount and size of which depends on the content of the alloying element in the alloy.

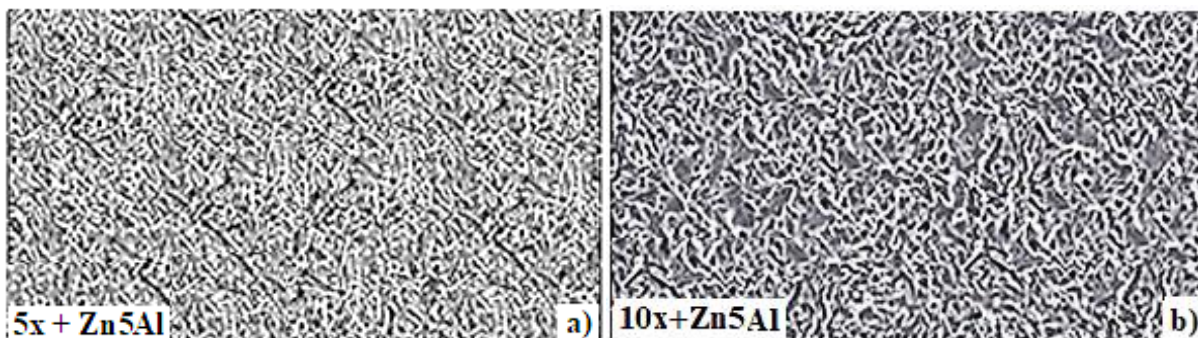
Figures 1 and 2 show the microstructures of zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al with zirconium, wt. %: 0.01; 0.05; 0.1; 0.5. The microstructures of zinc-aluminum alloys doped with zirconium (0.01...0.5 wt. %) are characterized by a fine-grained structure compared to the microstructures of the original Zn5Al and Zn55Al alloys. The corrosion behavior of alloys is determined by their phase and chemical composition. The phase composition, in turn, depends on structure formation, more precisely, the nature of the physicochemical interaction of the alloy components (eutectic, intermetallic compound, solid solution, etc.).

Additives of zirconium from 0.01 to 0.1 wt.%, playing the role of a structure modifier, largely globularize and refine the structure of the initial zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al (Figure 1, c, d, e, f, g, i; Figure 2, c, d, e, f, g, i), which leads to an increase in their mechanical properties.

Additives of 0.5 wt.% zirconium are unacceptable, since they coarsen the microstructure of the initial zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al, moreover, an intermetallic phase of unknown composition crystallizes from the melt, with significant needle-like precipitates (Figures 1 and 2, i, j).

Among the most important strength characteristics is the hardness of materials. Hardness measurement is a non-invasive testing method that allows, in most cases, to use the workpiece in a straight direction without special costs.

Between the hardness and ductility of metals and various mechanical characteristics (mainly tensile strength), which is determined by the indentation method, there is a numerical interdependence $\sigma_b = kH$, kN, MPa, where H - is hardness, k - is a coefficient that depends on the nature and structural state of the metal (the value of k for aluminum alloys is 0.25). Using similar empirical dependences, one can approximately calculate the metal strength from the results of hardness measurements [11, 13].



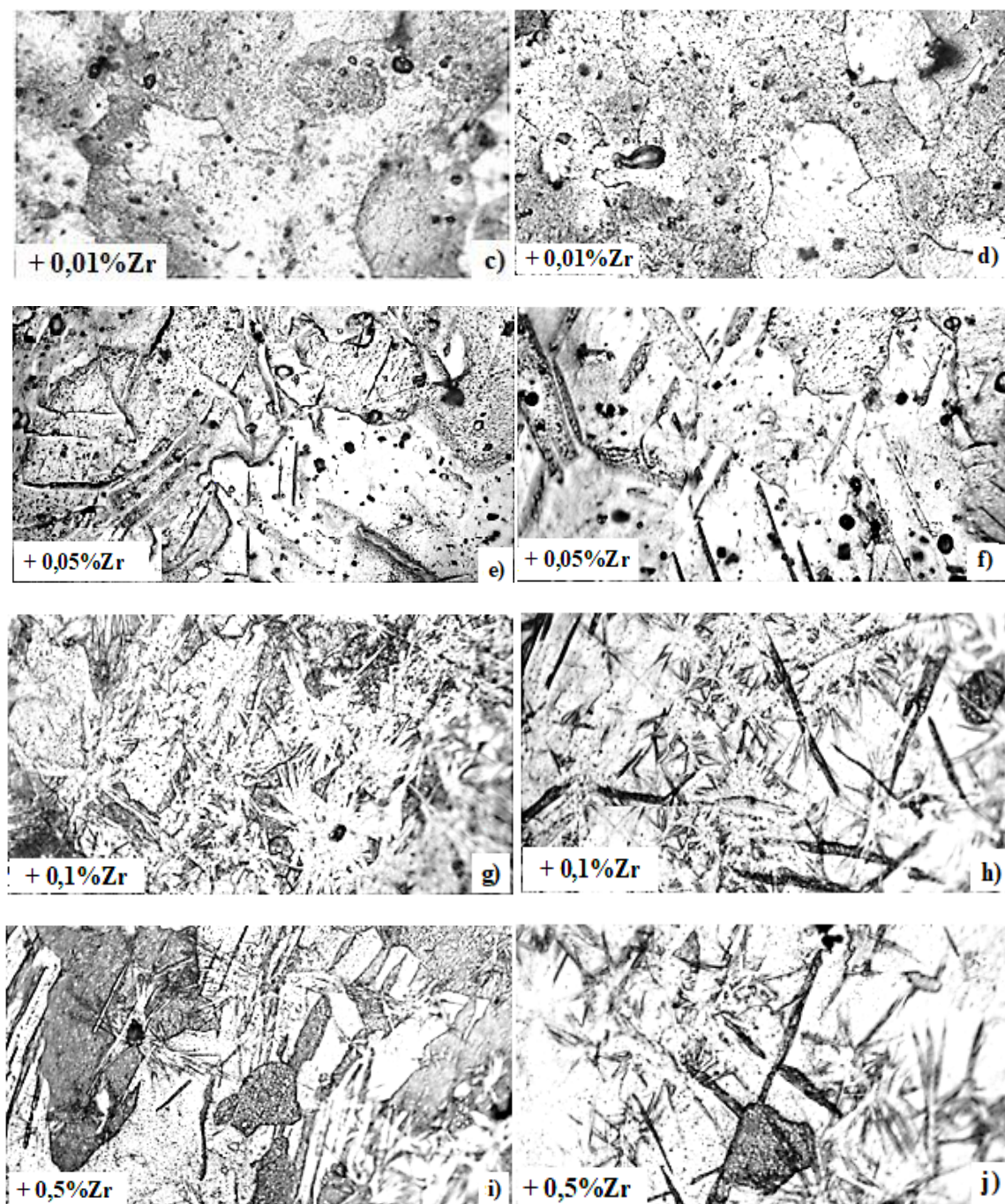


Figure 1. Microstructures of zinc-aluminum alloy Zn5Al with zirconium at a magnification of 50 times (a, c, e, g, i) and 100 times (b, d, f, h, j). The content of zirconium in the alloy (wt. %) is indicated in the figures ($x=10$).

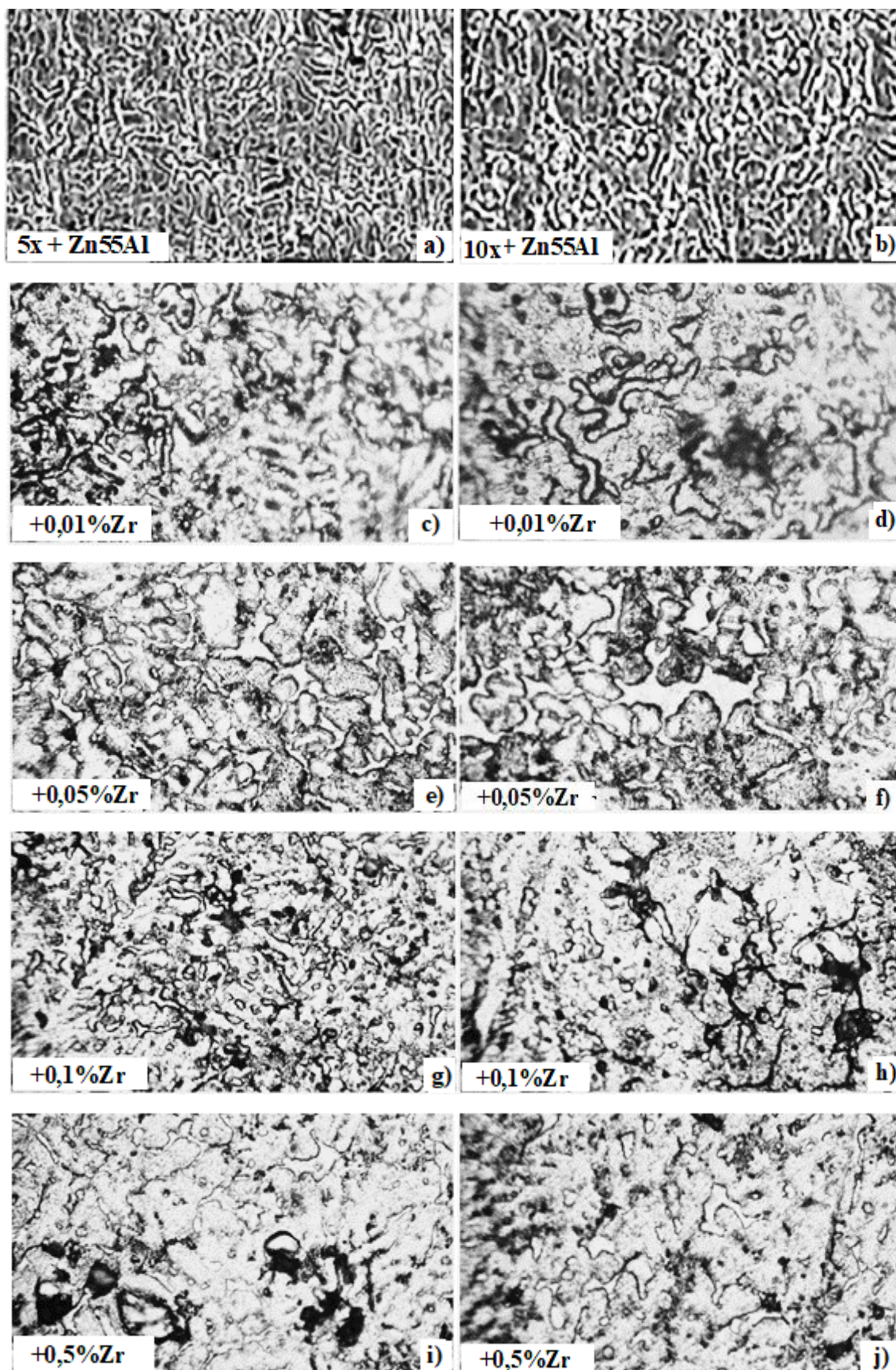


Figure 2. Microstructures of zinc-aluminum alloy Zn55Al with zirconium at a magnification of 50 times (a, c, e, g, i) and 100 times (b, d, f, h, j).

The content of zirconium in the alloy (wt. %) is indicated in the figures

The table shows the results of testing these alloys for hardness. The studies were carried out on a TSh-2 instrument [14].

Table

Hardness of Zn5Al and Zn55Al alloys alloyed with zirconium

№ s/n	Alloy composition, wt.%	Load P, kg	Ball diameter D, mm	Indentation diameter d, mm	Hardness HB, MPa	Estimated strength limit, σ_B , MPa
0	Zn5Al	250	10	2,8	454	136,2
1	Zn5Al + Zr 0,01%	250	10	2,3	582	174,6
2	Zn5Al + Zr 0,05%	250	10	2,3	637	191,0
3	Zn5Al + Zr 0,1%	250	10	2,1	700	210,0
4	Zn5Al + Zr 0,5%	250	10	2	772	231,6
0	Zn55Al	250	10	2,7	392	98,0
1	Zn55Al + Zr 0,01%	250	10	2,5	491	122,7
2	Zn55Al + Zr 0,05%	250	10	2,4	534	133,5
3	Zn55Al + Zr 0,1%	250	10	2,3	582	145,5
4	Zn55Al + Zr 0,5%	250	10	2,2	637	159,2

The greatest positive effect on the hardness of the original zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al has the addition of zirconium 0.5 wt.%.

Conclusions

1. As a result of the research, it was found that the structure of the studied alloys consists of a solid solution of aluminum and zinc. Also observed are particles of the Al-Zn-Zr phase formed during the crystallization of alloys. The number and size of particles of the second phase ultimately affect the mechanical properties of the initial alloys.

2. Increasing the concentration of the alloying component - zirconium more than 0.5 wt.% coarsens the microstructure, and it becomes coarse-grained. The hardness and strength of zinc-aluminum alloys Zn5Al and Zn55Al increase with an increase in the concentration of the alloying component.

Literature

1. Maltsev M.V. Metallography of industrial non-ferrous metals and alloys. 2nd ed. M: Metallurgy. 1970. - 240 p.
2. Anisovich A.G. Microstructures of ferrous and non-ferrous metals / A. G. Anisovich, A. A. Andrushevich. - Minsk: Belarusian Science, 2015. -131 p.
3. Gouldstein J., Newbery D., Echlin P., Joy D., Fiori C., Lifshin F. Raster electron microscopy and x-ray microanalysis: in two books. Per. from English - M.: Mir, 1984. - 303 p.

4. Ultra-fine grained Mg-Zn-Ca-Mn alloy with simultaneously improved strength and ductility processed by equal channel angular pressing / L. B. Tong [et al.] // Journal of Alloys and Compounds. - 2019. - Vol. 785. - P. 410-421.
5. Zhan, M. Improving mechanical properties of Mg-Al-Zn alloy sheets through accumulative roll-bonding / M. Zhan, Y. Li, W. Chen // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. - 2008. - Vol. 18 (2). - P. 309-314.
6. Roostaei A. A. An investigation into the mechanical behavior and microstructural evolution of the accumulative roll bonded AZ31 Mg alloy upon annealing / A. A. Roostaei [et al.] // Materials & Design. - 2011. - Vol. 32 (5). - P. 2963-2968.
7. Strong and ductile AZ31 Mg alloy with a layered bimodal structure / X. Luo [et al.] // Scientific Reports. 2019. - Vol. 9 (1), №5428.
8. Effect of high-pressure torsion on microstructure, mechanical properties and corrosion resistance of cast pure Mg / D. Ahmadvaniha [et al.] // Journal of Materials Science. - 2018. - Vol. 53, is. 24. - P. 16585-16597.
9. Hirsch, J. Superior light metals by texture engineering: Optimized aluminum and magnesium alloys for automotive applications / J. Hirsch, T. Al-Samman // Acta Materialia. - 2013. - Vol. 61 (3). - P. 818-843.
10. Microstructural evolution and superplastic behavior of a fine-grained Mg-Gd alloy processed by constrained groove pressing / M. M. Hoseini-Athar [et al.] // Materials Science and Engineering: A. - 2019. - Vol. 754. - P. 390-399.
11. Grain refining and mechanical properties of AZ31 alloy processed by accumulated extrusion bonding / T. Han [et al.] // Journal of Alloys and Compounds. -2018. - Vol. 745. - P. 599-608.
12. E. N. Moskvichev [et al.] Influence of microstructural changes during cyclic corrugation by pressing on the mechanical behavior of magnesium alloy Mg-Mn-Ce // Tomsk State University Journal. state university Mathematics and mechanics. - 2019. - No. 58. - S. 109-118.
13. Microstructural magnesium alloy obtained by methods of severe plastic deformation / E. N. Moskvichev [et al.] // Perspective materials for constructional and medical purposes: coll. tr. intl. sci.-tech. conf. - Tomsk: TPU, 2018. - P. 194-195.
14. Aminov F.M., Aliev J.N. Influence of titanium and zirconium additives on the hardness of Zn5Al and Zn55Al alloys // Proceedings of the Rep. Scientific Practical Conf. "Prospects for the development of natural sciences" dedicated to the implementation of the "Program for the development of natural, mathematical and technical sciences for 2010-2020". Russian-Tajik (Slavonic) University. - 2018. - P. 85-89.

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

TJ	RU	EN
Ганиев Изатулло Наврузович д.и.х., профессор	Ганиев Изатулло Наврузович д.х.н., профессор	Ganiev Izatullo Navruzovich Doctor of chemical sciences, professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
ganiev48@mail.ru		
ORCID Id https://orcid.org/0000-0002-2791-6508		
Алиев Чамшед Насридинович н.и.т., дотсент	Алиев Джамшед Насридинович к.т.н., доцент	Aliev Jamshed Nasridinovich Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
jamshedaliyev0672@gmail.com		
ORCID Id https://orcid.org/0000-0001-7307-0059		
Аминов Фируз Миррахимович -	Аминов Фируз Миррахимович -	Aminov Firuz Mirrahimovich -
ДТТ ба номи академик М.С. Осим	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
navruz68@mail.ru		
ORCID Id https://orcid.org/0000-0001-9043-8396		

КВАЗИБИНАРНЫЕ РАЗРЕЗЫ $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2 - EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ и $Mg_2Al_3-EuAl_4$ СИСТЕМЫ $Mg-A1-Eu$

Ф.К. Рахимов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В данной работе методами микроструктурного и дифференциально-термического анализов построены квазибинарные разрезы $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2-EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ и $Mg_2Al_3-EuAl_4$ системы $Mg-A1-Eu$. Установлено, что квазибинарные разрезы $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2-EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ и $Mg_2Al_3-EuAl_4$ системы $Mg-A1-Eu$ являются по характеру взаимодействия компонентов эвтектического типа с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и ограниченной в твердом состояниях. Эти разрезы позволяют делить тройную диаграмму состояния системы $Mg-A1-Eu$ со стороны богатых по содержанию магния, алюминия и европия на более простую квазитройную систему $Mg-Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg-Mg_2Al_3-Mg_{17}Eu_2$, $Al-EuAl_4-Mg_2Al_3$ и $Eu-MgEu_2-EuAl_4$.

Ключевые слова: алюминий, магний, европий, квазибинарные разрезы $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2-EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ и $Mg_2Al_3-EuAl_4$, система $Mg-A1-Eu$, растворимость, эвтектика.

ТАҶҚИҚОТИ БУРИШҶОИ КВАЗИБИНАРИИ $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2 -EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ ва $Mg_2Al_3-EuAl_4$ СИСТЕМАИ $Mg-A1-Eu$

Ф.К. Раҳимов

Дар кори мазкур бо усулҳои микроструктурӣ, дифференциально-ҳароратӣ ва рентгенофазаӣ буришҳои квазибинарии $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2-EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ ва $Mg_2Al_3-EuAl_4$ системаи $Mg-A1-Eu$ сохта шудааст. Муайян карда шудааст, ки буришҳои $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2-EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ ва $Mg_2Al_3-EuAl_4$ системаи $Mg-A1-Eu$ аз рӯйи таъсири ҳамҷояшавии компонентҳо намуди эвтектикӣ буда, дар ҳолати моеъӣ бемаҳдуд ва дар ҳолати сахтӣ маҳдуднок ҳал мешаванд. Буришҳои мазкур имконият медиҳанд, ки диаграммаи ҳолати сечузъаи системаи $Mg-A1-Eu$ аз тарафҳои миқдоран зиёди магний, алюминий ва европийро ба диаграммаҳои нисбатан оддӣ квазисечузъаи системаҳои $Mg-Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg-Mg_2Al_3-Mg_{17}Eu_2$, $Al-EuAl_4-Mg_2Al_3$ ва $Eu-MgEu_2-EuAl_4$ тақсим шаванд.

Калимаҳои калидӣ: алюминий, магний, европий, буришҳои квазибинарии $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2-EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ ва $Mg_2Al_3-EuAl_4$, системаи $Mg-A1-Eu$, ҳалшавӣ, эвтектика.

QUASI-BINARY SECTIONS $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2 -EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ and $Mg_2Al_3-EuAl_4$ SYSTEMS $Mg-A1-Eu$

F.K. Rakhimov

In this work, the quasi-binary sections $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2-EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ and $Mg_2Al_3-EuAl_4$ of the $Mg-A1-Eu$ system were constructed using the methods of microstructural and differential thermal analysis. It was found that the quasi-binary sections $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2-EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ and $Mg_2Al_3-EuAl_4$ of the $Mg-A1-Eu$ system are, by the nature of the interaction of the components of the eutectic type with unlimited solubility in the solid in the solid state. These sections make it possible to divide the triple phase diagram of the $Mg-A1-Eu$ system from the side rich in magnesium, aluminum and europium content into the simpler quasi-ternary system $Mg-Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg-Mg_2Al_3-Mg_{17}Eu_2$, $Al-EuAl_4-Mg_2Al_3$ and $Eu-MgEu_2-EuAl_4$.

Key words: aluminum, magnesium, europium, quasi-binary sections $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2-EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ and $Mg_2Al_3-EuAl_4$ $Mg-A1-Eu$ system, solubility, eutectic.

Введение

В последнее время для легирования алюминиевых и магниевых сплавов стали широко использоваться редкоземельные металлы. В связи с этим изучение диаграммы состояния сплавов на основе алюминия и магния с участием редкоземельного металла – европия является важным.

Целью настоящей работы являются изучение и построение диаграммы состояния сплавов разрезов $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$, $MgEu_2-EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2-EuAl_4$ и $Mg_2Al_3-EuAl_4$, системы магний-алюминий-европий с помощью основных физико-химических методов исследования. Данные диаграммы являются теоретической основой для установления оптимального количества легирующей добавки европия в магниевом-алюминиевом и магниевом-алюминиево-магниевом сплаве.

Диаграммы состояния двойных систем магний-алюминий, алюминий-европий и магний-европий имеют сложную конфигурацию, поскольку взаимодействие между этими элементами сопровождается образованием большого числа конгруэнтных и инконгруэнтных соединений.

Анализ литературных данных [1] по двойным диаграммам состояния магния с алюминием и европием показал, что таковые построены. В системе магний-алюминий экспериментально обнаружено четыре соединения Mg_2Al_3 , $Mg_{17}Al_{12}$, $Mg_{23}Al_{30}$ и $Mg_{48}Al_{52}$. Соединения Mg_2Al_3 и $Mg_{17}Al_{12}$ плавятся конгруэнтно при температурах 453°C и 460°C , соответственно. В равновесии с твердым раствором на основе алюминия находится соединение Mg_2Al_3 , которое образует эвтектику с алюминием при температуре 438°C и содержании

60 ат.% Al. В системе алюминий-европий экспериментально обнаружено образование трех интерметаллических соединений, из которых лишь одно EuAl_4 плавится конгруэнтно при температуре 1135°C, а два других EuAl_2 и EuAl образуются по перитектическим реакциям при температурах 908° и 753°C. В системе имеются две эвтектики, одна вырожденная на основе алюминия, другая плавится при температуре 520°C и содержит 73.5% (ат.) Eu. В системе магний-европий установлено существование четырех интерметаллических соединений $\text{Mg}_{17}\text{Eu}_2$, Mg_5Eu , MgEu_2 и MgEu . Соединения $\text{Mg}_{17}\text{Eu}_2$ и MgEu_2 плавятся конгруэнтно при температурах 591° и 719°C, соответственно, а соединения Mg_5Eu и MgEu плавятся инконгруэнтно при температурах 573 и 463°C. В сплавах системы кристаллизуются три эвтектики при температурах 449, 562 и 569°C и содержаниях 68; 50 и 7% (ат.) Eu соответственно [1]. Результаты вышеуказанных исследований представлены в таблице.

Таблица 1.

Структурный тип, периоды решеток и температуры плавления двойных интерметаллических соединений системы Mg-Al-Eu [1].

Соединение	Тип плавления	$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	Структурный тип	Сингония	Параметр решетки, нм		
					a	b	c
EuAl_4	Конгруэнтно	1135	BaAl_4	Неизвестно	0.4398	-	1.1170
EuAl_2	Инконгруэнтно	908	Cu_2Mg	Неизвестно	0.8121	-	-
EuAl	Инконгруэнтно	753	-	Неизвестно	0.5806	-	1.0088
Mg_2Al_3 (β -фаза)	Конгруэнтно	453	Cd_2Na	Сложная кубическая	2.8239	-	-
$\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ (γ -фаза)	Конгруэнтно	460	$\alpha\text{-Mn}$	Кубическая	1.0480	-	-
$\text{Mg}_{17}\text{Eu}_2$	Конгруэнтно	591	$\text{Th}_2\text{Mn}_{17}$	Гексагональная	1.0490	-	1.0330
Mg_5Eu	Инконгруэнтно	573	-	Кубическая	-	-	-
MgEu_2	Конгруэнтно	719	MgZn_2	Гексагональная	0.6279	-	1.0308
MgEu	Инконгруэнтно	463	CsCl	Гексагональная	0.4102	-	-

Методика и обработка результатов

Исследования выполнялись с применением дифференциально-термического (ДТА) и микроструктурного методов анализа в сочетании с измерением микротвердости структурных составляющих фаз сплавов. Для приготовления сплавов нами были использованы: европий металлический марки ЕвМ-1 (ТУ48-2-217-72) с суммарным содержанием примесей 0,01-0,08% (по массе), магний марки Mg90 (ГОСТ 804-72) с содержанием основного компонента 99,90% (по массе) и алюминий чистотой 99,995% (ГОСТ11069-2019).

Сплавление шихты производилось в электрической печи сопротивления под слоем флюса (карналлита). Серией опытов было установлено, что потери от испарения составили 1,5-3% от исходной шихты. В последующем состав шихты корректировался добавками европия для компенсации потерь от испарения. Химический состав полученных сплавов контролировался на современном спектральном квантометре SpectroLab M, а также взвешиванием шихты до и после сплавления.

Для определения температур плавления сплавов и фазовых превращений проводили ДТА сплавов на установке по методике [2].

Микроскопический анализ при изучении диаграмм плавкости металлических сплавов дал возможность проконтролировать микроструктуру в зависимости от химического состава. Исследования сплавов систем Mg-Al-Eu проводились на микроскопе Биомед «ММР-2» при 100-1250 кратком увеличении. Для проведения анализа предварительно готовились микрошлифы.

Микротвердость структурных составляющих сплавов измерялась на микротвердомере ТКМ-459 при нагрузке 20 и 50 г и времени воздействия 10-15 сек. Значения вычисляли как среднее арифметическое из трёх измерений. Точность измерений составила ± 20 МПа (± 2 кг/мм²).

Полученные сплавы подвергались гомогенизирующему отжигу в течение 96ч при температуре 400°C в вакуированных кварцевых ампулах с последующей закалкой в холодной воде. Исследование проводилось по методике, описанной в работах [3-6]. Результаты исследования представлены на рисунках 1-7 и в таблицах 2-11.

Система $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$ (рис. 1а). Система является квазибинарной, эвтектического типа с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге. По излому на кривых зависимостей “микротвердость-состав” экстраполяцией было определено, что в $Mg_{17}Eu_2$ при температуре плавления эвтектики растворяется 42.1% мол. $Mg_{17}Al_{12}$, а растворимость $Mg_{17}Eu_2$ в соединении $Mg_{17}Al_{12}$ составляет 3.3% мол. **Растворимость $Mg_{17}Eu_2$ в $Mg_{17}Al_{12}$ составляет 3% мол. при температуре 400°C, а растворимость $Mg_{17}Al_{12}$ в $Mg_{17}Eu_2$ при этой же температуре – 28% мол.**

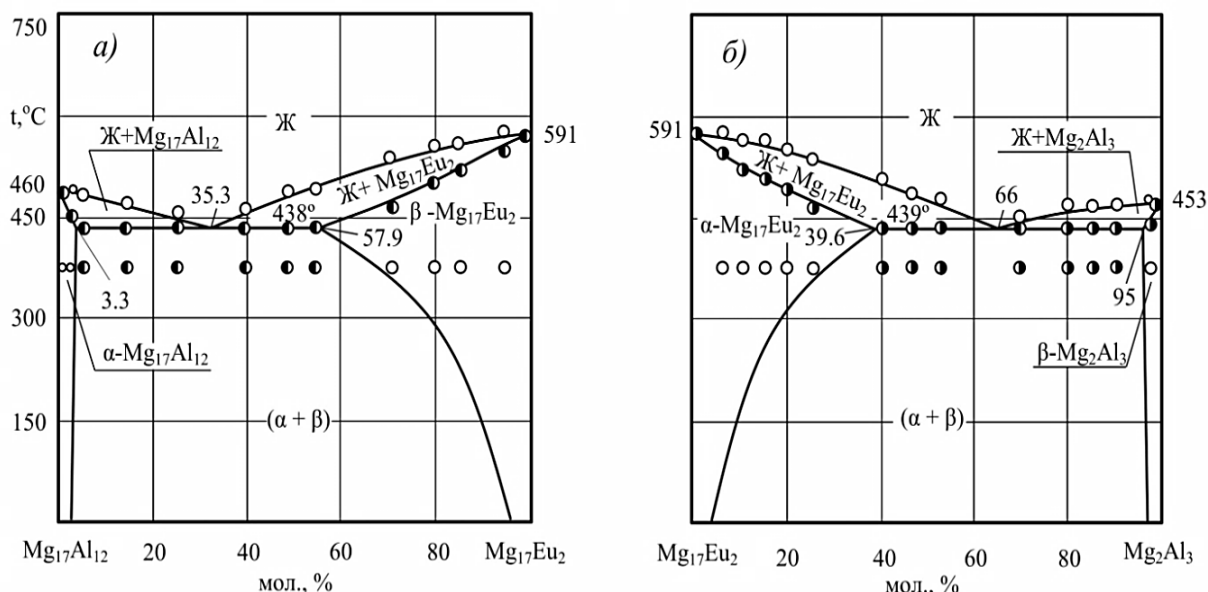


Рис.1. Диаграмма состояния политермических разрезов $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$ (а) и $Mg_{17}Eu_2-Mg_2Al_3$ (б).

Эвтектика содержит 35.3% мол. $Mg_{17}Eu_2$ и 64.7% мол. $Mg_{17}Al_{12}$ и представляет собой смесь α - $Mg_{17}Al_{12}$ и β - $Mg_{17}Eu_2$. Величина микротвердости фазы $Mg_{17}Al_{12}$ в зависимости от содержания $Mg_{17}Eu_2$ на границе раздела фаз составляет 2500 МПа и в β - $Mg_{17}Eu_2$ в зависимости от содержания $Mg_{17}Al_{12}$ 2700 МПа (табл. 2,3 и рис.2).

Таблица 2.

Химический состав, температуры ликвидуса, солидуса и микротвердость сплавов квазибинарного разреза $Mg_{17}Al_{12}-Mg_{17}Eu_2$ со стороны $Mg_{17}Al_{12}$.

Состав сплава					Температура, °С при % мол.		Микротвёрдость, МПа
% мол.		% ат.			Ликвидус	Солидус	
$Mg_{17}Al_{12}$	$Mg_{17}Eu_2$	Al	Mg	Eu			
100	0	41.3	58.7	-	460	-	2450
99	1	40.9	59.05	0.05	458	457	2475
98	2	40.6	59.2	0.20	457	455	2500
95	5*	39.3	60.2	0.50	456	438	2505
85	15*	35.1	63.3	1.60	454	438	2503
75	25*	31.0	66.4	2.60	451	438	2502
60	40*	24.8	71.0	4.20	452	438	2504

* - найдено экстраполяцией

Таблица 3.

Химический состав, температуры ликвидуса, солидуса и микротвердость сплавов квазибинарного разреза $Mg_{17}Al_{12}$ - $Mg_{17}Eu_2$ со стороны $Mg_{17}Eu_2$.

Состав сплава					Температура, °С при % мол.		Микротвёрдость, МПа
% мол.		% ат.			Ликвидус	Солидус	
$Mg_{17}Eu_2$	$Mg_{17}Al_{12}$	Al	Mg	Eu			
100	0	-	89.5	10.5	591	-	2600
95	5	2.0	88.0	10.0	587	585	2625
85	15	9.50	81.6	8.90	560	515	2650
80	20	8.30	83.3	8.40	550	490	2675
70	30	12.4	80.2	7.40	530	475	2700
55	45*	18.6	75.6	5.80	500	438	2704
50	50*	20.7	74.1	5.20	480	438	2703

* - найдено экстраполяцией

С помощью кривых зависимости "микротвёрдость - состав" были определены границы областей твёрдых растворов со стороны $Mg_{17}Eu_2$ и $Mg_{17}Al_{12}$ (рис.2. а и б).

Система $Mg_{17}Eu_2$ - Mg_2Al_3 (рис. 1б). По перегибу на кривых изменения "микротвердость-состав" экстраполяцией было определено, что в $Mg_{17}Eu_2$ при температуре 439 °С растворяется 39.6% мол. Mg_2Al_3 а в соединении Mg_2Al_3 – 5% мол. $Mg_{17}Eu_2$. Растворимость Mg_2Al_3 в $Mg_{17}Eu_2$ составляет 26% мол. при температуре 400°С, а растворимость $Mg_{17}Eu_2$ в Mg_2Al_3 при этой же температуре – 4% мол.

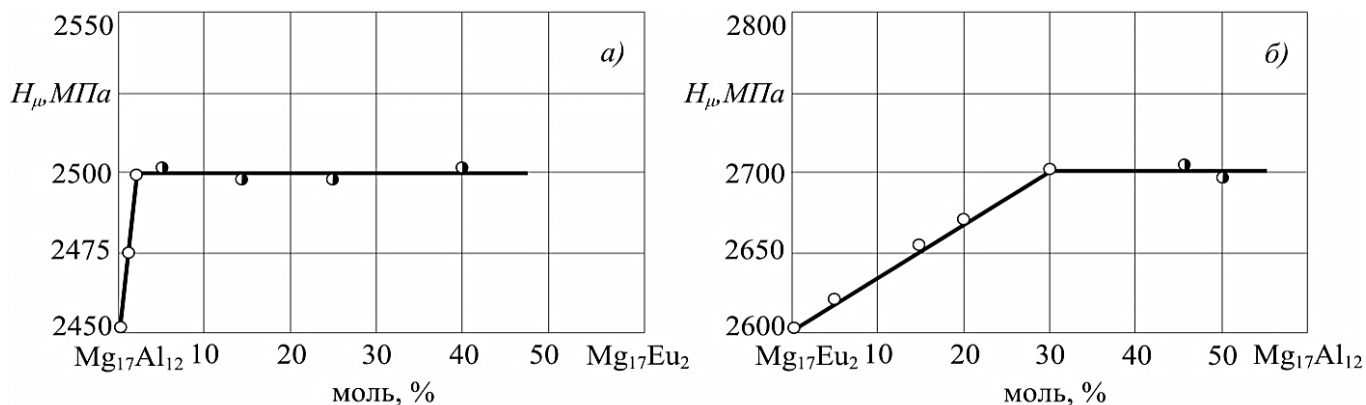


Рис. 2. Изменение микротвердости (H_{μ} , МПа) в зависимости от содержания (% мол.): $Mg_{17}Eu_2$ (а) и $Mg_{17}Al_{12}$ (б) в системе $Mg_{17}Al_{12}$ - $Mg_{17}Eu_2$.

При этом микротвердость фазы $Mg_{17}Eu_2$ в зависимости от содержания Mg_2Al_3 составляет 2350 МПа и в β – Mg_2Al_3 в зависимости от содержания $Mg_{17}Eu_2$ 2550 МПа (табл. 4,5 и рис.3). На кривых охлаждения сплавов состава, которые лежат на изученном разрезе, наблюдается горизонтальная площадка, соответствующая температуре кристаллизации эвтектики. Эвтектика содержит 66.0% мол. Mg_2Al_3 и 44.0% мол. $Mg_{17}Eu_2$ и плавится при 439 °С.

Таблица 4.

Химический состав, температуры ликвидуса, солидуса и микротвердость сплавов квазибинарного разреза $Mg_{17}Eu_2$ - Mg_2Al_3 со стороны $Mg_{17}Eu_2$.

Состав сплава					Температура, °С при % мол.		Микротвёрдость, МПа
% мол.		% ат.			Ликвидус	Соли-дус	
$Mg_{17}Eu_2$	Mg_2Al_3	Al	Mg	Eu			
100	0	-	89.5	10.5	591	-	2100
95	5	3.0	87.0	10.0	575	550	2150
90	10	6.0	84.5	9.50	560	525	2200
85	15	9.0	82.1	8.90	556	530	2250
80	20	12.0	79.6	8.40	550	495	2300
75	25	15.0	77.1	7.90	530	462	2350
60	40*	24.0	69.7	6.30	500	439	2353
55	45*	27.0	67.2	5.80	485	439	2351
50	50*	30.0	64.8	5.20	480	439	2354

* - найдено экстраполяцией

Таблица 5.

Химический состав, температуры ликвидуса, солидуса и микротвердость сплавов квазибинарного разреза $Mg_{17}Eu_2$ - Mg_2Al_3 со стороны Mg_2Al_3 .

Состав сплава					Температура, °С при % мол.		Микротвёрдость, МПа
% мол.		% ат.			Ликвидус	Солидус	
Mg_2Al_3	$Mg_{17}Eu_2$	Al	Mg	Eu			
100	0	60.0	40.0	-	453.0	-	2500
98	2	58.8	41.0	0.20	452.0	445	2550
90	10*	54.0	45.0	1.00	451.0	439	2554
85	15*	51.0	47.4	1.60	450.8	439	2551
80	20*	48.0	49.9	2.10	450.5	439	2553
70	30*	42.0	54.9	3.10	448.0	439	2552

* - найдено экстраполяцией

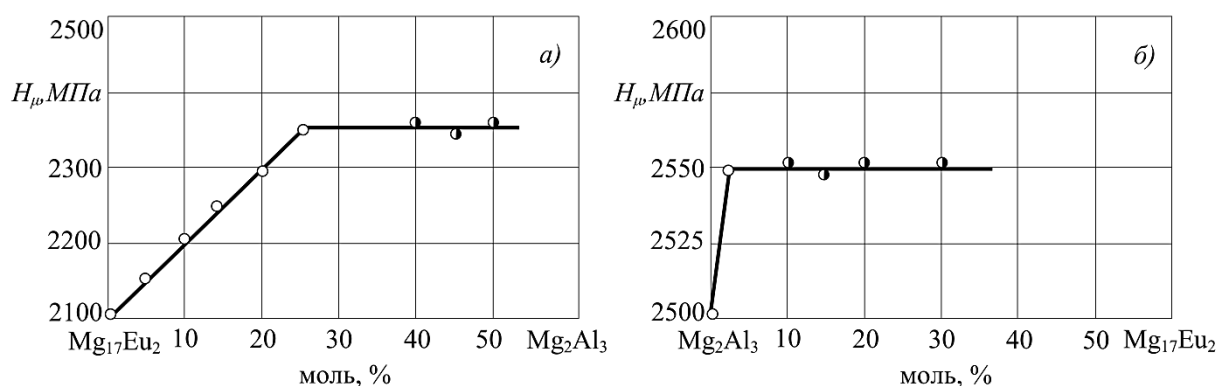


Рис. 3. Изменение микротвердости (H_v , МПа) в зависимости от содержания (% мол.): Mg_2Al_3 (а) и $Mg_{17}Eu_2$ (б) в системе $Mg_{17}Eu_2$ - Mg_2Al_3 .

С помощью кривых зависимости "микротвёрдость - состав" были определены границы областей твёрдых растворов со стороны Mg₁₇Eu₂ и Mg₂Al₃ (рис.3. а и б).

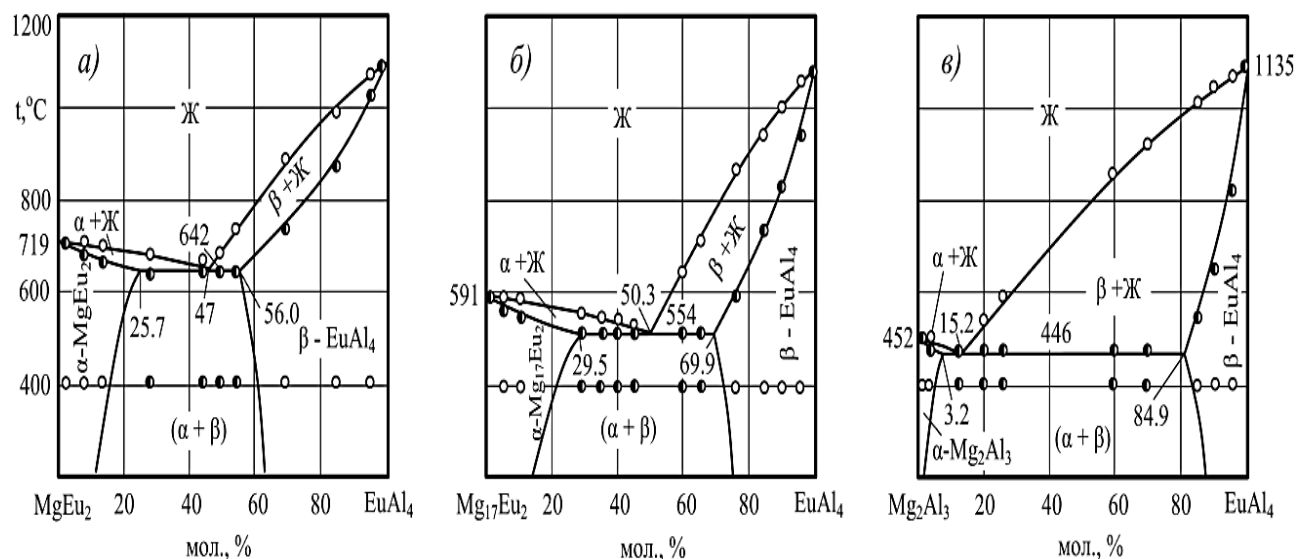


Рис. 4. Диаграмма состояния политермических разрезов MgEu₂-EuAl₄ (а), Mg₁₇Eu₂-EuAl₄ (б) и Mg₂Al₃-EuAl₄ (в).

Система MgEu₂-EuAl₄ (рис. 4а). По перегибу на кривых изменения “микротвердость-состав” было найдено, что в MgEu₂ при 642оС растворяется 25.7% мол. EuAl₄, а в соединении EuAl₄ – 44.0% мол. MgEu₂.

MgEu₂ 2900 МПа (табл. 6,7). При содержании 47% мол. EuAl₄ и 53% мол. MgEu₂ образуется эвтектика, которая плавится при температуре 642 оС.

Растворимость EuAl₄ в MgEu₂ составляет 16.5% мол. при температуре 400°С, а растворимость MgEu₂ в EuAl₄ при этой же температуре – 39% мол. Микротвердость фазы MgEu₂ в зависимости от содержания EuAl₄ на границе раздела фаз составляет 2450 МПа и в β - EuAl₄ в зависимости от содержания

Таблица 6.

Химический состав, температуры ликвидуса, солидуса и микротвердость сплавов квазибинарного разреза MgEu₂-EuAl₄ со стороны MgEu₂.

Состав сплава					Температура, °С при % мол.		Микротвёрдость, МПа
% мол.		% ат.			Ликвидус	Солидус	
MgEu ₂	EuAl ₄	Al	Mg	Eu			
100	0	-	33.3	66.7	719	-	2375
95	5	4.0	31.7	64.3	717	713	2400
90	10	8.0	30.0	62.0	715	710	2425
85	15	12.0	31.3	56.7	713	680	2450
70	30*	24.0	23.3	52.7	700	642	2454
50	50*	40.0	16.7	43.3	695	642	2451

* - найдено экстраполяцией

Таблица 7.

Химический состав, температуры ликвидуса, солидуса и микротвердость сплавов квазибинарного разреза MgEu₂-EuAl₄ со стороны EuAl₄.

* -	Состав сплава					Температура, °С при % мол.		Микротвёрдость, МПа
	% мол.		% ат.			Ликвидус	Солидус	
	EuAl ₄	MgEu ₂	Al	Mg	Eu			
	100	0	80.0	-	20	1135	-	2750
	95	5	76.0	1.7	22.3	1110	1040	2775
	85	15	68.0	5.0	27.0	985	890	2800
	70	30	56.0	10.0	34.0	900	760	2900
	55	45*	44.0	15.0	41.0	710	642	2905
	45	55*	36.0	18.3	45.7	650	642	2903

найдено экстраполяцией

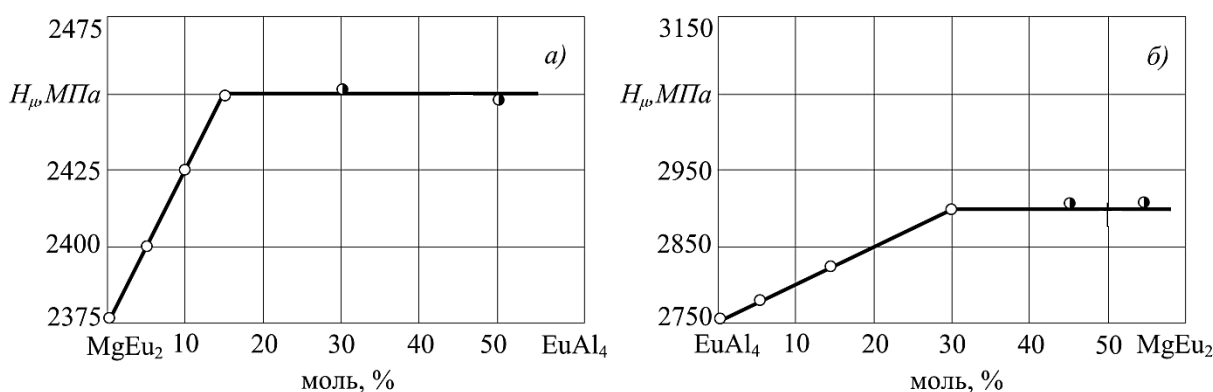


Рис. 5. Изменение микротвердости (H_μ, МПа) в зависимости от содержания (% мол.): EuAl₄ (а) и MgEu₂ (б) в системе MgEu₂-EuAl₄.

С помощью кривых зависимости "микротвёрдость - состав" были определены границы областей твёрдых растворов со стороны MgEu₂ и EuAl₄ (рис.5. а и б).

Система Mg₁₇Eu₂-EuAl₄ (рис. 26). Система также является квазибинарной эвтектического типа с широкой областью твердых растворов. Максимальная растворимость соединения Mg₁₇Eu₂ в EuAl₄ при температуре 554оС составляет 30.1% мол. Соединение EuAl₄ растворяет при этой же температуре 29.5% мол. в Mg₁₇Eu₂. Эвтектика содержит 50.3% мол. EuAl₄ и 49.7% мол. Mg₁₇Eu₂. Растворимость EuAl₄ в Mg₁₇Eu₂ составляет 22% мол. при температуре 400°С, а растворимость Mg₁₇Eu₂ в EuAl₄ при этой же температуре – 28% мол. Величина микротвердости фазы Mg₁₇Eu₂ в зависимости от содержания EuAl₄ на границе раздела фаз составляет 2475 МПа и в β - EuAl₄ в зависимости от содержания Mg₁₇Eu₂ 2850 МПа (табл. 8,9).

Таблица 8.

Химический состав, температуры ликвидуса, солидуса и микротвердость сплавов квазибинарного разреза Mg₁₇Eu₂-EuAl₄ со стороны Mg₁₇Eu₂.

Состав сплава					Температура, °С при % мол.		Микротвёрдость, МПа
% мол.		% ат.			Ликвидус	Солидус	
Mg ₁₇ Eu ₂	EuAl ₄	Al	Mg	Eu			
100	0	-	89.5	10.5	591	-	2400
95	5	4.0	85.0	11.0	590	585	2425
90	10	8.0	80.5	11.5	588	583	2450

85	15	12.0	76.1	11.9	580	570	2475
70	30*	24.0	62.7	13.3	565	554	2472
65	35*	28.0	58.2	13.8	563	554	2473
60	40*	32.0	53.7	14.3	560	554	2471
55	45*	36.0	49.2	14.8	556	554	2473

* - найдено экстраполяцией

Таблица 9.

Химический состав, температуры ликвидуса, солидуса и микротвёрдость сплавов квазибинарного разреза $Mg_{17}Eu_2$ - $EuAl_4$ со стороны $EuAl_4$.

Состав сплава					Температура, °C при % мол.		Микротвёрдость, МПа
% мол.		% ат.			Ликвидус	Солидус	
$EuAl_4$	$Mg_{17}Eu_2$	Al	Mg	Eu			
100	0	80.0	-	20.0	1135	-	2750
95	5	76.0	4.5	19.5	1120	935	2775
90	10	72.0	9.0	19.0	1000	815	2790
85	15	68.0	13.4	18.6	935	735	2815
75	25	60.0	22.4	17.6	865	595	2850
65	35*	52.0	31.3	16.7	720	554	2852
60	40*	48.0	35.8	16.2	630	554	2853

* - найдено экстраполяцией

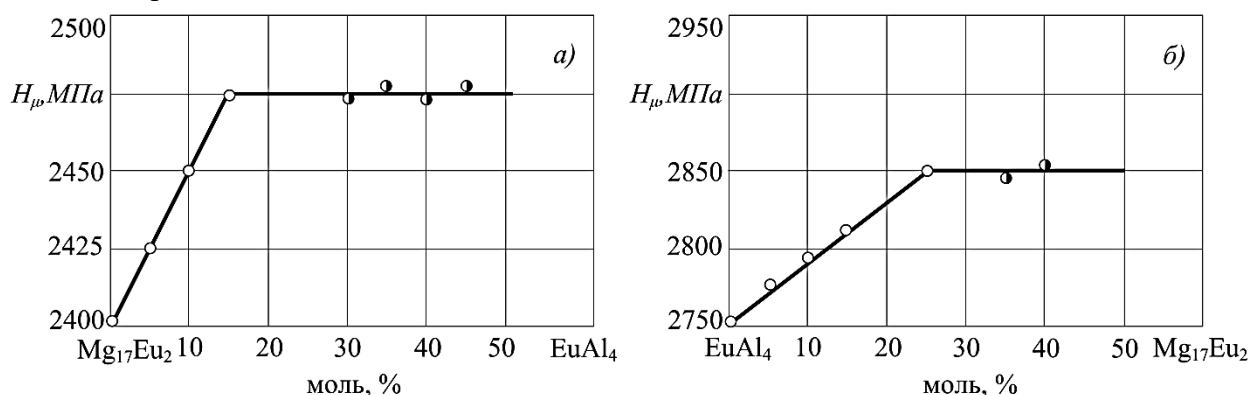


Рис. 6. Изменение микротвёрдости (H_{μ} , Мпа) в зависимости от содержания (% мол.): $EuAl_4$ (а) и $Mg_{17}Eu_2$ (б) в системе $Mg_{17}Eu_2$ - $EuAl_4$.

С помощью кривых зависимости “микротвёрдость – состав” были определены границы областей твёрдых растворов со стороны $Mg_{17}Eu_2$ и $EuAl_4$ (рис.6. а и б).

Система Mg_2Al_3 - $EuAl_4$ (рис. 2в). Исследования структуры 9 сплавов показали, что диаграмма состояния этой системы является эвтектической с ограниченной взаимной растворимостью. Максимальная растворимость соединения Mg_2Al_3 в $EuAl_4$ при 446 оС составляет 15.1% мол., в соединении Mg_2Al_3 при температуре эвтектики растворяется 3.2% мол. $EuAl_4$. Эвтектика образуется при содержании 15.2% мол. Mg_2Al_3 . Растворимость $EuAl_4$ в Mg_2Al_3 составляет 2,5% мол. При температуре 400°С, а растворимость Mg_2Al_3 в $EuAl_4$ при этой же температуре – 16% мол. Величина микротвёрдости фазы Mg_2Al_3 в зависимости от содержания $EuAl_4$ на границе раздела фаз составляет 2550 МПа и в β – $EuAl_4$ в зависимости от содержания Mg_2Al_3 2900 МПа (табл.10,11).

Таблица 10.

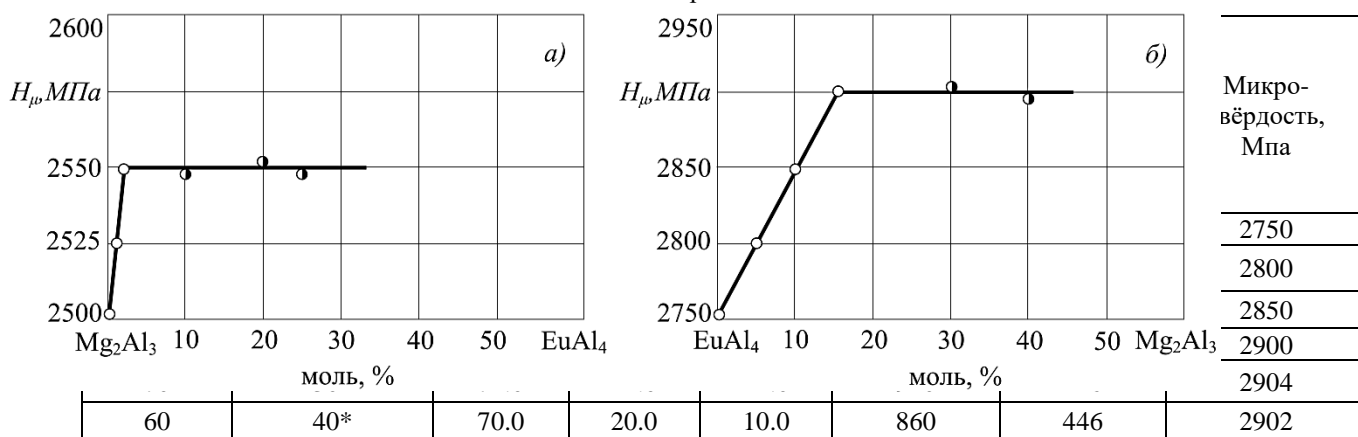
Химический состав, температуры ликвидуса, солидуса и микротвёрдость сплавов квазибинарного разреза Mg_2Al_3 - $EuAl_4$ со стороны Mg_2Al_3 .

Состав сплава					Температура, °C при % мол.		Микротвёрдость, Мпа
% мол.		% ат.			Ликвидус	Солидус	
Mg_2Al_3	$EuAl_4$	Al	Mg	Eu			
100	-	60.0	40.0	-	452	-	2500
99	1	60.2	39.6	0.2	451	449	2525
98	2	60.4	39.2	0.4	448	446	2550
90	10*	62.0	36.0	2.0	447	446	2552
80	20*	64.0	32.0	4.0	510	446	2554
75	25*	65.0	30.0	5.0	590	446	2551

* - найдено экстраполяцией

Таблица 11.

Химический состав, температуры ликвидуса, солидуса и микротвёрдость сплавов квазибинарного разреза Mg_2Al_3 - $EuAl_4$ со стороны $EuAl_4$.



* - найдено экстраполяцией

Рис. 7. Изменение микротвёрдости (H_{μ} , МПа) в зависимости от содержания (% мол.): $EuAl_4$ (а) и Mg_2Al_3 (б) в системе Mg_2Al_3 - $EuAl_4$.

С помощью кривых зависимости "микротвёрдость - состав" были определены границы областей твёрдых растворов со стороны Mg_2Al_3 и $EuAl_4$ (рис.7. а и б).

Выводы

Таким образом, исследованиями установлено, что все политермические разрезы $Mg_{17}Al_{12}$ - $Mg_{17}Eu_2$, $Mg_{17}Eu_2$ - Mg_2Al_3 , $MgEu_2$ - $EuAl_4$, $Mg_{17}Eu_2$ - $EuAl_4$, Mg_2Al_3 - $EuAl_4$ системы Mg-Al-Eu являются по характеру взаимодействия компонентов квазибинарными эвтектического типа с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и ограниченной в твердом состояниях. Эти разрезы позволяют делить тройную диаграмму состояния системы Mg-Al-Eu со стороны богатых по содержанию магния, алюминия и европия на более простую квазитройную систему Mg- $Mg_{17}Al_{12}$ - $Mg_{17}Eu_2$, Mg- Mg_2Al_3 - $Mg_{17}Eu_2$, Al- $EuAl_4$ - Mg_2Al_3 и Eu- $MgEu_2$ - $EuAl_4$.

Литература

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. акад. РАН Н.П. Лякишева. М.: Машиностроение, 1996, 1997, 2001, Т. 1-3, 992, 1024, 1320 с.
2. Т.Д. Джураев Разработка универсальной установки для определения теплотехнических свойств веществ / Т.Д. Джураев, М.Б. Акрамов, Ф. Мирзоев, Ф.К. Рахимов // Материалы VI-ой международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования», посвящённой 20-летию XVI сессии верховного совета Республики Таджикистан. Душанбе: ТТУ им.М.С. Осими, 2012.

3. И.Ш.Муслимов, И.Р.Исмоилов, Ф.К.Рахимов, Э.Р.Газизова, Т.Д.Джураев. Квазибинарные разрезы системы Mg-Al-Ba // Вестник Таджикского технического университета. Серия: Инженерные исследования. Душанбе, 2019, №3 (47), С. 60-63.
4. Т.Д.Джураев, Ф.К.Рахимов, И.Р.Исмоилов, И.Ш.Муслимов. Поверхность ликвидуса квазитройных разрезов системы Mg-Al-Ba // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. Душанбе, 2020, №1 (49), С.79-82.
5. Ф.К.Рахимов, И.Р.Исмоилов. Исследование квазибинарных разрезов Mg₂Ba-BaAl₄ и Mg₂Al₃-BaAl₄ // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. Душанбе, 2020, №2 (50), С. 62-66
6. Ф.К.Рахимов, Т.Д.Джураев, Халимова М.И. Квазидвойные разрезы
7. Mg₁₇Eu₂-EuAl₄ и Mg₂Al₃-EuAl₄ системы Mg-Al-Eu // Материалы Республиканской научной конференции на тему «Современное состояние и перспективы физико-химического анализа», посвященной принятию инициативы Основателя мира и национального единства – Лидера нации, Президента Республики Таджикистан Эмомали Рахмона «Двадцатилетие изучения и развития естественных, точных и математических наук в образовании» и памяти доктора химических наук, профессора, деятеля науки и техники Таджикистана Солиева Лутфулло. – Душанбе: ТГПУ имени Садриддина Айни, 2021, С. 109-114.

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

TJ	Ru	EN
Рахимов Фаррух Қаюмович	Рахимов Фаррух Қаюмович	Rakhimov Farrukh Qayumovich
н.и.х., дотсент	к.х.н., доцент	PhD, assistant professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M. S. Osimi
rahimov_83F@mail.ru		
0000-0002-0705-6600		

УДК 621.382:669.782

ББК 22.37

АНАЛИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕРОДИСТЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ РЕСУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

А.Л.Кадыров, Д.А.Касымов, Н.И.Джавхарова

ГОУ «ХГУ имени академика Бабаджана Гафурова»

В работе приводятся результаты анализа потенциала сырьевых ресурсов для получения кремния технической чистоты электродуговым способом в Республике Таджикистан. В производстве кремния в качестве восстановителя особенно успешно могут быть использованы древесный уголь, древесная щепа, нефтяной кокс, каменный уголь, антрацит и полукокс. Анализируется элементная база фотоэлектрической энергии в виде солнечных элементов на основе полупроводникового поликристаллического или монокристаллического кремния. Установлено, что бурный рост микроэлектроники и солнечной энергетики привели к резкому росту спроса на кристаллический кремний, который получается путем углеродного восстановления кремне содержащихся минералов. Показано, что Северный Таджикистан чрезвычайно богат залежами жильного кварца различных генетических типов. Высказано мнение о том, что гидротермальные средне и низкотемпературные кварцевые жилы относятся к наиболее перспективным генетическим типам для производства элитного кремния. Создание кремниевого производства и его металлургический передел в виде гибких безотходных технологических комплексов целенаправленно подвергаются возврату в основное производство или утилизации. Основными требованиями к углеродистым восстановителям являются пригодность к условиям высокотемпературного процесса, высокая реактивная способность, минимальное содержание примесей и оптимальный гранулометрический состав.

Ключевые слова: технический кремний, углеродистый восстановитель, кремнезем, фотопреобразователь, солнечная энергетика.

ТАҲЛИЛИ КОНҲОИ БАРҚАРОРКУНАНДАҲОИ КАРБОНИИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН ҲАМЧУН АШӢИ ХОМ БАРОИ БА ДАСТ ОВАРДАНИ КРЕМНИИ ТЕХНИКӢ

А.Л.Кадыров, Д.А.Касымов, Н.И.Джавхарова

Дар мақола натиҷаҳои таҳлили захираҳои ашӢи хом барои ҳосил намудани силитсии техникӣ камғаш бо усули камони электрикӣ нишон дода шудаанд. Нишон дода мешавад, ки ангишт, ангишти ҷӯб, кокси нафтӣ, антрацит ва нимкоксро дар истеҳсоли силитсий ҳамчун барқароркунанда бомуваффақият истифода бурдан мумкин аст.

Базаи элементии энергияи фотоэлектрикӣ дар шакли элементҳои офтобӣ дар асоси нимқоқилҳои силитсии поликристаллӣ ё монокристаллӣ таҳлил карда мешавад. Муқаррар карда шуд, ки афзоиши босуръати микроэлектроника ва энергияи офтоб боиси хеле зиёд шудани талабот ба силитсии кристаллӣ гардид, ки он тавассути барқароркунии карбонӣ аз минералҳои силитсийдошта ҳосил карда мешавад. Нишон дода шудааст, ки шимолӣ Тоҷикистони аз қонҳои квартси рағдори навъҳои гуногуни генетикӣ ниҳоят бой аст. Изҳор карда шудааст, ки квартси рағдори миёна ва пастҳарорати гидротермалӣ навъҳои генетикӣ барои истеҳсоли силитсии аълосифат мувофиқат мекунад. Ба вучуд овардани истеҳсоли силитсии аз нав тақсимкунии металлургии он дар шакли комплексҳои технологияи чандири бепартов, мақсаднок ба истеҳсолоти асосӣ ё партовгоҳ баргардонда мешавад. Талаботҳои асосӣ барои барқароркунандаҳои карбонӣ мутобикат ба шароити раванди баландҳароратӣ, қобиляти баланди реактивӣ, ҳадди акали микдори ғашҳо ва таркиби оптималӣ гранулометрӣ мебошанд.

Вожаҳои калидӣ: силитсии техникӣ, барқароркунандаи карбонӣ, гилхок, табдилдиҳандаҳои фотоэлектрикӣ, энергетикаи офтобӣ.

ANALYSIS OF CARBON REDUCER DEPOSITS IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN AS A RAW MATERIAL FOR OBTAINING COMMERCIAL SILICON

A.L. Kadyrov, D.A. Kasymov, N.I. Javkharova

The work provides the results of the analysis of the potential of raw materials for obtaining silicon of technical purity by an electric arc way in the Republic of Tajikistan. In the production of silicon, charcoal, wood chips, oil cox, stone coal, anthracite and semicircles can be especially successfully used as a reducer. The elemental base of photoelectric energy in the form of solar elements based on semiconductor polycrystalline or monocrystal silicon is analyzed. It was established that the rapid growth of microelectronics and solar energy led to a sharp increase in demand for crystalline silicon, which is obtained by carbon recovery of silicon containing minerals. It is shown that the North Tajikistan is extremely rich in the deposits of a vein quartz of various genetic types. It has been expressed that hydrothermal medium and low -temperature quartz veins are the most promising genetic types for the production of elite silicon. The creation of silicon production and its metallurgical redistribution in the form of flexible non – waste technological complexes are purposefully returned to the main production or disposal. The main requirements for carbon recovers are suitability for the conditions of the high –temperature process, high reactive ability, minimal content of impurities and the optimal granulometric composition.

Key words: carbon reducing agent, silica, technical silicon, photoconvertor, solar energy.

Введение. В национальной стратегии развития Республики Таджикистан (РТ) до 2030 года и в соответствии с долгосрочными целями и приоритетами развития страны, определенными Основателем мира

и национального согласия - Лидером нации, Президентом РТ, уважаемым Эмомали Рахмоном, отрасль энергетики определена, как приоритетная, а сектору ВИЭ отведена большая роль в благосостоянии и развитии. Однако в зимний период в некоторых регионах наблюдается хроническая нехватка электроэнергии, что отрицательно сказывается на уровне социальной жизни населения и на работе промышленных предприятий. По данным Таджидро объем производимой в республике электроэнергии составляет 17 Млрд. кВт·ч, ежегодная потребность составляет 22÷24 Млрд. кВт·ч., частично этот дефицит можно покрыть за счет использования солнечного излучения, потенциал которого на период одного года составляет свыше 25 Млрд. кВт·ч. по республике. [1].

Фундаментальные компоненты элементной базы фотоэлектричества можно разделить на два больших релевантных способа для изготовления солнечного элемента (СЭ) на основе монокристаллического кремния (МК) и крупноблочного поликристаллического кремния (ПК), а его базовым материалом, несомненно прошедшим многочисленные испытания в различных условиях, а также по его доступности в природе порядка 27%÷28%, является кремний. В настоящее время более 90% всех типов фотопреобразователей для СЭ изготавливаются на основе кремния. Исходя из гигантских темпов роста кремниевой отрасли, данная тенденция позволяет прогнозировать перспективное будущее, оставляя позади своих конкурентов химических элементов, которые способны выполнять схожие функции, но из-за доступности и (или) высокой стоимости производства уступают кремнию. По роду своей доступности кремний является самым оптимальным и способным удовлетворить всевозрастающие потребности в развитии создания СЭ.

В свою очередь, развитые страны стремятся детально изучить свойства кремния и запустить цикл в производство для получения удовлетворяющей элементной базы СЭ. РТ тоже не является исключением в сложившейся ситуации, которая представляет перспективный рынок сбыта фотоэлектрической продукции в силу своего месторасположения и погодно-климатических условий, но и страной, имеющей мощные сырьевые ресурсы для выплавки технического кремния (ТК) и собственные заделы в этой области техники [2,3].

Материалы и методы. В данной работе с целью выявления потенциала и перспективы развития солнечной энергетики в РТ анализируется потенциал сырьевых ресурсов на предмет их годности для получения ТК технической чистоты электродуговым способом с целью создания в дальнейшем высокоэффективных преобразователей солнечной и тепловой энергии на основе высших сортов ТК и полупроводникового поликристаллического кремния (ППК) на его основе. Такие исследования проводятся как оценка параметров сырьевой базы производства ТК в РТ, с точки зрения приемлемости для этой цели цели кремнеземного сырья и сырья для изготовления углеродистого восстановителя (УВ) из конкретных месторождений, имеющих свое индивидуальное происхождение. Так как исследование жильного кварца (ЖК) и антрацита, как исходное сырье для микроэлектроники и фотоэнергетики ранее в регионе никогда не проводились.

В РТ имеется богатый опыт работы предприятий в отраслях горнорудной, горнохимической, горнометаллургической, металлургической, химической, машиностроительной, а также в таких высокотехнологических отраслях как электронной, радиотехнической и приборостроительной промышленности. Несмотря на трудные условия перехода к рыночной экономике, часть из этих предприятий продолжает свою деятельность по основному профилю. С учетом наличия подходящих сырьевых ресурсов, кадрового и научно-технического потенциала, в рамках концепции перехода РТ на путь устойчивого развития промышленности нами в конце раздела ставится вопрос об оценке возможности создания собственного законченного цикла получения ТК высших марок и, после некоторой доводки до «солнечного» качества, изготовления на его основе высокоэффективных преобразователей солнечной и тепловой энергии.

Бурное развитие микроэлектроники и солнечной энергетики привели к резкому росту спроса на кристаллический кремний, который, в свою очередь, обусловил дефицит сырья для карботермического восстановления кремния и сделал первоочередной задачей использование более чистого исходного сырья. Несмотря на широкое распространение кремнезема во всех генетических группах для получения полупроводникового кремния может служить лишь чистая его разновидность-кварц. Однако сведения по кварцу отсутствуют или имеются в недостаточном объеме в периодической печати, справочниках и учебниках. В этом плане в обзорах, [4] в частности, дается правильное объяснение: «Отсутствие серьезных научных публикаций по кварцу обусловлено тем, что использование пьезоэлектрических свойств кварца в оборонной и космической промышленности сопровождалось засекречиванием объектов добычи, результатов геологоразведочных и научно-исследовательских работ». От себя добавим, что действительно пьезоэлектрический кварц из месторождений на Памире использовался, например, заводом «Алмос» для выпуска пьезокварцевых резонаторов и фильтров в основном на нужды оборонной промышленности, а рассматриваемые в данном разделе месторождения ЖК в 50-х годах прошлого столетия изучались исключительно в качестве возможного

сырья для получения взрывчатого вещества - металлургического динаса, отвечающего требованиям ОСТ 10208-39.

К сожалению, в упомянутых источниках [4,5] и в работах других авторов [6] Центрально-Азиатскому региону, в целом, и Таджикистану, в частности, не уделено достаточное внимание. Опираясь на данные наших геологов, в рамках выполнения «Целевой комплексной программы по широкому использованию возобновляемых источников энергии, таких как энергия малых рек, солнца, ветра, биомассы, энергия подземных источников на 2007-2015 годы» под эгидой НАНТ нами проводились собственные исследования по оценке примесной чистоты кремнеземного и углеродистого сырья, что частично восполняет этот пробел.

Северная часть Таджикистана весьма плодородна ресурсами кварцевого сырья. В Согдийской области в течение нескольких десятилетий проводились геологические исследования и были обнаружены свыше десятков проявлений и источников кварцевого сырья многочисленных генетических видов: зона прожилкования и окварцевания (Шокадам – Булак, Консой, Канджол, Такели, и др.), связанная с магматическими эманациями, и вулканогенно-гидротермальными вторичными кварцитами (Тутлы, Кудук, Токмак и др.), связанными с гипогенным окварцеванием верхнепалеозойских вулканитов и осадочных кварцевых песков (Курганчи и др.), связанных с палеогеновыми морскими отложениями гидротермальных кварцевых жил. Более подробно были исследованы гидротермальные виды источников. Учитывая анализ автора [4] о том, что одним из перспективных генетических видов для изготовления высококачественного, доля процента примесей в кремнии которого сведена к минимуму, являются гидротермальные средне- и низкотемпературные кварцевые жилы. В данном разделе также описываются характеристики некоторых источников гидротермальных кварцевых жил и зон окварцевания и прожилкования Северного Таджикистана.

Максимально возможное повышение качества ТК как за счет применения кремнезема высокой чистоты, типа, подвергнутых дополнительной очистке Джеройских кварцевых песков (КП) или ЖК, например, из Акбуйринского месторождения Республики Узбекистан, так и за счет применения новейших технологий его выплавки и рафинирования [7÷11], безусловно, приближает решение главной, на наш взгляд, задачи, заключающейся в получении приемами металлургии, то есть, при минимальном привлечении химических технологий, так называемого мультикремния, - продукта по своей примесной чистоте в той или иной степени пригодного для переплава в материал, идущий напрямую для изготовления пластин СЭ. Отметим, что организация выпуска мультикремния должна будет базироваться на потреблении и других компонентах плавки, которые, как и кремнезем, а именно, так называемый альфа - кварц, (табл. 1), должны обладать повышенной по сравнению с требованиями валового производства ТК, (табл. 2) примесной чистотой. Таким образом, возникает вопрос о значимости примесной чистоты УВ, всесторонне анализируемый в работе [7], и является вторым после кремнезема загрязнителем примесей ТК (табл. 1)

Еще раз вернемся к рассмотрению областей применения ТК всех освоенных промышленностью и выпускаемых в мире марок. Более 80% ТК или как часто употребляют в западной научной литературе металлургический кремний широко используется в мире для множества целей и задач. Например, лигатур при производстве особых видов сталей, как жаростойких и электротехнических. В химической промышленности используются для производства силиконовых кремнийорганических материалов, где в дальнейшем используют для создания лакокрасочной продукции и различных типов пластмасс и т. п.

Результаты и обсуждения. В 2015 году объем производства ТК в мире составлял свыше 2 000 тыс. тонн в год по вышеперечисленным отраслям и демонстрируемый прогнозами на рис. 21., анализируемый в работах [7]. Также важно отметить для развития и потребности солнечной энергетики и электронной промышленности объем производства ТК в качестве исходного материала для химико – металлургического передела в ППК и затем в МК или ПК с заданными электрофизическими свойствами составлял более 12÷15%.

Вступая в члены мировых производителей ТК, специалисты из стран Центральной Азии должны исходить из жесткой конкуренции в этом секторе мирового рынка, более половины которого занимает Китай (55 %), США (20 %), страны Западной Европы (17 %), и занять свою нишу, учитывая прежде всего:

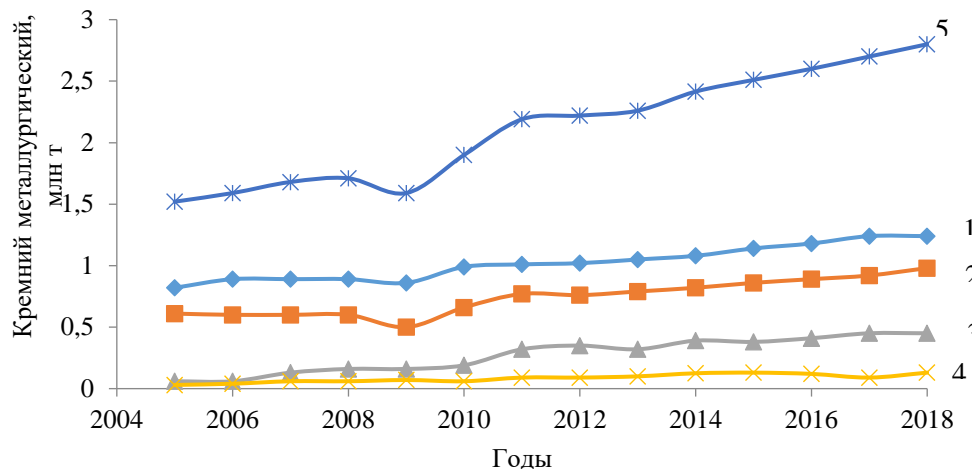


Рис. 1. Динамика фактического и ожидаемого в ближайшие годы мирового производства ТК и его потребления по отраслям промышленности согласно оценок [7]. 1-Цветная металлургия, 2-Химическая промышленность, 3-Поликремний, 4-Прочее, 5-Общее.

1. Развитие исследования и тщательный анализ в существующих источниках в стране кремнезёма в виде ЖК, в том числе УВ различного происхождения, соответствующего минимальным требованиям [7,8,10], для переработки в ТК с низкой долей примесей и нескольких других физико-химических характеристик (таблица 2,3).

2.Повышение и развитие потребности в промышленных отраслях использующие ТК в производстве и дальнейшее его переработка в компоненты микроэлектроники и солнечной энергетики.

Исходя из этого анализа, можно выбрать оптимальные условия для необходимого производства ТК по примесной чистоте и с максимально возможной утилизацией всех видов отходов этого экологически не безопасного и сравнительно энергоёмкого производства, потребляющего от 10 до 14 МВт·ч электроэнергии на 1 тонну продукта, которые полностью обеспечивают импортозамещение и способствуют использованию местного сырья.

Естественно, принятие подобных стратегических решений будет зависеть не только от объема потребления ТК в сфере электроники и солнечной энергетики, но и в других отраслях промышленности, которые уже имеются или будут организовываться в странах региона. Например, мировое потребление ТК, приходящееся на электронику и солнечную энергетику, согласно [7] всего несколько лет назад не превышало 350 тыс. тонн в год, тогда как химическая промышленность стабильно потребляла около 40 % выплавляемого ТК, а основным потребителем этого продукта были и остаются производства различных алюминиевых сплавов и, вообще, металлургия, доля которых составляет 47 % или 1162 тыс. тонн в год.

Т а б л и ц а 1

Допустимые нормы содержания примесей в шихте для различных марок ТК, принятые на крупнейших заводах его производства в России

Марка ТК	Содержание примесей в кремнеземе, мас. %			Содержание золы в древесном угле, %	Содержание золы в нефтексоксе, %
	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO		
Кр 0	0.15	0.20	0.20	2.2	0.5
Кр 1	0.25	0.45	0.25	2.2	0.5
Кр 2	0.40	0.85	0.40	2.2	0.5

Влияние компонентов шихты на содержание (в процентах) примесей в выплавляемом ТК по оценкам анализа работы группы различных электропечей [7]

Компонент шихты	Fe	Al	Ca
Кварцит	50÷80	41÷85	10÷16
Каменный уголь	23÷30	32÷40	3÷5
Древесный уголь	4÷8	6÷9	76÷86
Электроды	10÷16	6÷8	1÷2
Нефтяной кокс	3,5÷6,5	0,9÷1,4	1÷1,4

Значительный экономический интерес, на наш взгляд, представляет создание новых производств, связанных с изготовлением ТК и его металлургическими переделами в виде гибких, практически безотходных технологических комплексов, в рамках которых все виды отходов, начиная с отсева мелочи кремнезема, кокса, и кончая некондиционной и бракованной продукцией и даже пылевыми, крайне опасными для здоровья человека отходами производства ТК, целенаправленно подвергаются возврату в основное производство или утилизации как в смежных отраслях промышленности, например, в производстве ферросплавов [12], так и в производстве цементов и других материалов, включая строительные смеси, наполнители, сырье для керамических изделий и т.д. Представляет интерес и использование отходов ТК и вообще отходов кремния для создания не просто кремнийсодержащих, а в основном, кремниевых конструкционных материалов. В настоящем разделе рассмотрим основные, применяемые в валовом производстве ТК, УВ, их примесный состав, а также остановимся на рассмотрении возможности и перспектив применения новых, вернее, нетрадиционных восстановителей.

УВ является неотъемлемым компонентом карботермического электродугового процесса получения ТК. Основные требования к УВ определяются непосредственно технологией процесса, основаны на результатах изучения высокотемпературных физико-химических реакций, протекающих в шихте, и направлены на обеспечение оптимального хода выплавки ТК.

Основные условия к УВ исследованы в работах [8,10,13÷15], одним из наиболее удобных для практики является [13], согласно которому УВ выбирается по следующим критериям:

-Термостойкость к высоким температурам свыше 2500°С с последующим сохранением технологических свойств.

- Высокая реакционная способность (РС), способствующая быстрому и полному восстановлению кремнезема до кремния.

- Примесная чистота, регламентируемая ГОСТом 2169-69 на качество ТК;

- Распространённость и оптимальная цена УВ в условиях конкретного производства.

В работе [13] отмечается, что более приемлемым к этим условиям относится древесный уголь. Он считается одним из лучших УВ для производства ТК. Из-за увеличения спроса на кремний также увеличился спрос и на древесный уголь, что способствовало резкому повышению цен и его дефицитности. Таким образом, массовый спрос на данный вид УВ и его последствия отрицательно сказались на производстве кремния, и это привело к вынужденным мерам частичной или полной замены на другой вид УВ. Замена древесного угля в ее различных вариантах, реализуемых на практике, привела к разным трудностям, в том числе к ухудшению качества выплавляемого ТК или увеличению расхода энергии. Так в [1] отмечено, что замена древесного угля другими, более доступными УВ сопровождается уменьшением извлечения кремния и увеличением объема отходов. Работа по поиску УВ равнозначных древесному углю усиленно продолжается, поскольку нет надежды на какое-либо заметное увеличение его, валового производства, как в силу необходимости сохранения лесов, то есть решения экологических задач, так и вследствие экономических причин, а также все возрастающей потребности в древесном угле в других отраслях промышленности.

По своей сути столь высокие требования к УВ необходимы для протекания электрического тока в шихте и тепловыделения, от которых собственно и зависит ход химического процесса и полнота восстановления кремнезема.

Итак, согласно [13] УВ должен обладать следующими физическими свойствами:

- высокая термостойкость

- требуемая механическая прочность восстановителя
- высокая газопроницаемость, пористость и удельная поверхность УВ
- оптимальный гранулометрический состав УВ
- высокое удельное электрическое сопротивление
- высокое РС
- оптимальное содержание летучих и минимальное содержание смолистых веществ
- низкая зольность УВ
- малая склонность восстановителя к графитации.

Все вышеперечисленные свойства восстановителя как физические, так и физико-химические должны обеспечиваться при условии доступности и низкой цены УВ, так как при сравнении себестоимости получения кремния цена УВ равняется $24,4 \div 34,4\%$.

Поэтому при частичной или полной замене доли древесного угля в шихте получения кремния должно сопровождаться тщательным анализом влияния каждого нового сырья, заменяющего древесный уголь с учетом взаимоисключающих и взаимодополняющих свойств и выбора оптимальной дозировки каждого вновь вносимого в шихту компонента. В этой связи особо ценным представляется опыт использования в качестве УВ водорода [13, 16÷19] или природного газа как напрямую, так и в сочетании с твердым УВ типа кокса, в том числе в условиях частичной ионизации потока газообразного УВ на тракте его подачи в область горения электрической дуги [17].

Работа УВ. В горне печи процесс восстановления кремнезема идет двумя путями. Во-первых, это собственно твердофазное восстановление кремнезема данным, подаваемым в печь УВ, эффективность которого определяется поверхностью контакта компонентов шихты и высокой температурой процесса, от которой зависит степень восстановления SiO_2 до элементарного кремния. Восстановление кремнезема углеродом идет в слое твердой шихты в верхней части горна, а гетерогенное восстановление газообразного SiO_2 твердыми восстановителями происходит в нижней части горна за счет противотока твердых восстановителей и газообразного SiO_2 , поднимающегося кверху с реакционным газом. Твердые остатки углерода и возникший вследствие химической реакции кремния с углеродом карбид кремния смываются при этом жидкими продуктами вниз горна.

В первом случае в слое шихты эффективность взаимодействия определяется степенью перемешивания ЖК и УВ и, как уже отмечалось, качеством прямых контактов между окисью кремния и углеродом, РС УВ и температурой в рассматриваемом верхнем слое шихты. Условия уплотненного контакта компонентов создаются поджатию сверху за счет веса массы загруженной шихты, чему способствует степень измельчения и перемешивания смеси. Оптимальный размер частиц шихтовых компонентов, то есть степень их измельчения определяется необходимой газопроницаемостью слоя для беспрепятственного удаления реакционных газов. Исходя из обобщения многолетнего опыта эксплуатации электродуговых печей на Иркутском алюминиевом заводе (ИрАЗ) и Братском алюминиевом заводе (БрАЗ) в [13] рекомендуется следующая крупность шихтовых материалов, в мм: древесный уголь - более 6; нефтекокс - $8 \div 25$; каменный уголь - $13 \div 25$; древесная щепа - $8 \div 70$ и, наконец, кремнезем, например, в виде ЖК или кварцита - $20 \div 80$.

Во втором случае, в газовом пространстве под слоем твердой шихты восстановление SiO_2 определяется скоростью движения реакционных газов, величиной удельных поверхностей восстановителей, в том числе вторичного восстановителя, в качестве которого выступает карбид кремния SiC , генерированный ранее непосредственно в слое шихты. В нижней части тигля остатки углерода и карбида кремния расходуются полностью на довосстановление оставшихся оксидов. Остатки SiO_2 в виде шлакового расплава довосстанавливаются жидким кремнием при $T > 1860$ °С. Взаимодействие интенсифицируется перемешиванием под воздействием бурно выделяющихся газов, кипения, испарения и пульсации магнитного поля, обусловленного горением вольтовой дуги.

Количество кремния, участвующего в довосстановлении SiO_2 , определяется, по-видимому, избытком или недостатком УВ, задаваемого в шихту с учетом выгорания части углерода на колошнике. При недостатке SiC в горне на довосстановление кремнезема будет расходоваться некоторое количество жидкого кремния. При избытке SiC в горне кремнезем будет восстанавливаться карбидом кремния, а его излишек будет накапливаться и образовывать карбидистые настывы под электродами, что на практике нетрудно заметить по нарушению электрического режима и, так называемому «неровному ходу печи», то есть спонтанным броскам тока.

Продукт металлотермической реакции-газообразный SiO_2 довосстанавливается в восходящем потоке реакционных газов за счет контактов с O_2 и SiC , причем часть SiO_2 при этом диспропорционирует при охлаждении газов при прохождении слоя шихты, а часть SiO , SiO_2 и Si адсорбируется развитой поверхностью твердого УВ, находящегося в слое шихты в верхней части горна.

По этой причине высокие адсорбционные и фильтрационные качества УВ являются важнейшим условием, определяющим технологические показатели плавки, в первую очередь, выход продукта.

На этом рабочий цикл восстановителя не заканчивается, а точнее начинается еще один немаловажный физико-химический процесс. То есть, работа УВ происходит и на колошнике печи и, начиная сразу же с момента загрузки шихты, здесь на колошнике в слое шихты идет фильтрация и адсорбция паров, газов и пыли, уносимых реакционными газами из глубины горна электропечи.

В промышленном производстве кремния также практикуются в качестве восстановителя следующие углеродистые материалы: древесный уголь, антрацит, полукокс, бурый уголь, пековый кокс, каменный уголь, нефтяной кокс, лигниновый и целлюлозолигниновый коксы, торфяные брикеты и торфяной кокс, древесная щепка, кусковая сырая древесина и другие чистые углеродистые материалы, включая и такой экзотический УВ, как кукурузные кочерыжки и описанные в [20], предварительно обугленные без доступа воздуха скорлупки косточковых плодов.

Древесный уголь-наиболее высококачественный восстановитель, удовлетворяющий в наибольшей степени требованиям технологии плавки. Он может еще длительное время оставаться главным восстановителем процесса выплавки кремния. Дефицитность и непрерывный рост цены заставляет ограничивать расход его в шихту и искать пути замены этого отличного восстановителя, чему немало способствует быстрый рост производства кремния.

Древесный уголь. Древесный уголь, продукт пиролиза древесины, то есть разложение древесины при нагревании до $450\text{ }^\circ\text{C}$ без доступа воздуха с образованием газообразных, жидких и твердых продуктов. Является термостойким и прочным при механических нагрузках. Незначительные потери древесного угля при плавке происходят от переизмельчения и пересыпания на транспортерных лентах, дозировки с кварцитом в процессе перемешивания, а также во время засыпки и выгрузки шихты из бункеров в трубчатых загрузочных устройств печи. Транспортно-технологическая схема подачи шихты у существующих в РФ цехов кремния представляет собой скорее дробильно-измельченную систему, в первую очередь, по отношению к восстановителям и особенно к древесному углю, обладающему наименьшей механической прочностью. Это серьезный недостаток существующих производств. При организации новых, в том числе в Центральной Азии он должен быть устранен кардинальным усовершенствованием транспортно-технологической схемы или переходом на использование брикетированной шихты с обеспечением более высокой, чем древесный уголь механической прочности брикетов. В [12,13] справедливо отмечено, что при переходе на брикетированную шихту содержание древесного угля в ней может быть снижено за счет частичной замены другим восстановителем. Это обстоятельство экспериментально подтверждается и в [17,19] с применением как традиционных УВ, так и их смесей с газообразным, например, метаном. Заметим также, что применение брикетов кардинально, если не полностью, решает вопрос с утилизацией мелочи и пыли УВ, практически никак не решаемый при подаче шихты в кусковой фракции [8,13, 21].

Древесный уголь поставляется с лесопромышленных предприятий в соответствии с ГОСТ 7657-84. В соответствии с технологической инструкцией, например, ИрАЗ, физико-химические свойства древесного угля (табл.3) должны удовлетворять следующим требованиям:

Т а б л и ц а 3
Требования к физико-химическим параметрам древесного угля

Требования	Норма для марок			
	А		В	
	Высший сорт	1 сорт	1 сорт	2 сорт
1.Содержание золы в % не более	2.5	3.0	2.5	3.0
2.Содержание нелетучего углерода в % не менее	90	78	88	77
3.Содержание воды, % не более	6.0	6.0	6.0	6.0
4.Содержание головней, % не более	не допускается	2.0	не допускается	2.0

Несколько другие, что обусловлено отличиями технологического регламента и используемого оборудования, но также достаточно жесткие требования содержатся в технологической инструкции БрАЗ. Согласно им физико-химические свойства угля ретортного, полученного из твердолиственных пород марки А, В должны удовлетворять следующим требованиям: влага рабочая не более 10 %; содержание летучих не более 23 %; зольность не более 2 %; содержание углерода на рабочую массу не менее 67,5 %; сухая масса не менее 75 %; количество частиц размером менее 6 мм, не должно превышать 5 %.

Из-за повышенной стоимости и дефицитности древесного угля перечисленные выше физико-химические свойства способствуют частичной или полной замене другими УВ. В работах [8,13,14] приводятся основные свойства сырья для изготовления древесного угля и самого этого продукта в сравнении с восстановителями, использующимися в настоящее время, как заменители древесного угля. Основным сырьем для производства древесного угля для кремния является березовая древесина. В табл. 4 приведен химический состав разных пород древесины. Компоненты даны в процентах от абсолютно сухой древесины.

Состав древесного угля, используемого в кремниевом производстве, конечно, несколько отличается от идеального и, например, на Днепровском алюминиевом комбинате Украины по многолетним усредненным данным, обобщенным в [14] содержит: пары воды в пределах 4,9÷13,6 %; летучие вещества 15,4÷23,6 %; углерод 70÷78 % и обладает зольностью в пределах 1,8÷3,3 %.

Т а б л и ц а 4

Состав древесного угля в производстве Днепровского алюминиевого комбината

	Береза	Лиственница	Сосна
Зольные вещества	0.4	0.5	0.3
Лигнин	22.7	32.1	33.0
Целлюлоза	35.6	38	38.4
Гексозаны	4.9	15.9	12.6
Пентозаны	26.5	7.8	7.1
Уроновые кислоты	4.9	3.1	3.7
Азотосодержащие вещества	2.3	0.7	1.3
Прочие	2.7	1.9	3.6

В [14] также показано изменение состава древесного угля в зависимости от температуры прокаливания непосредственно в заводских условиях, в результате которого содержание углерода растет от 77,7 % при температуре прокалки 700 К до 96,6 при температуре 1300 К. Там же показана взаимосвязь состава древесного угля от способа его получения.

Выводы: Северный Таджикистан чрезвычайно богат ресурсами кварцевого сырья различных генетических типов. Вступая в ряды производителей ТК страны Центральной Азии должны иметь месторождение ЖК, особо чистых кварцитов, УВ и реальные потребности своих отраслей промышленности на ТК. Физические и физико-химические свойства УВ должны обеспечиваться при условии его дешевизны и доступности. Высокие адсорбционные и фильтрационные качества УВ являются важнейшим условием для определения технологических показателей плавки. Наиболее высококачественным восстановителем является продукт пиролиза древесины – древесный уголь. Однако дефицитность и рост цены заставляет искать пути замены этого ценного восстановителя.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абдурахманов Б.М., Ашуоров М.Х., Ашуоров Х.Б., Кадыров А.Л., Курбанов М.Ш., Оксенгендлер Б.Л. Проблемы и перспективы кремниевого производства в Центральной Азии. -Худжанд. «Нури маърифат», 2016, 420 с.
2. Абдурахманов Б.М., Ачилов Т.Х., Кадыров А.Л. и др. Технология литого поликристаллического кремния и солнечных элементов на его основе. // Гелиотехника. 1992. № 4. С. 8-14.
3. Кадыров А.Л. Исследование электрофизических свойств вторичного литого поликристаллического кремния солнечных элементов на его основе. Автореферат на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук. Худжанд, 2002. -147с.
4. Ясаманов Н.А. Сырьевая база кремния для новейших технологий. // Отечественная геология. – 1999.№1.С.19 – 24
5. Iasamanov N.A., Petrov G.N. Variety of the Pure Natural Quartz as Resources for Obtaininof Superior Silicon // Silicon-96. Proceeding of the Fifth Scientific and Business Conference. Roznov. Czech Repiublica 1996. Vol. 2. P.48-62.
6. Минералургия жильного кварца / Под ред. В.Г Кузьмина, Б.М Кравца -М.: «Недра»,1990.

7. Мясникович М.В., Черноусов С.В. Прогноз развития мировой энергетики в свете современной энергосырьевой ситуации. // Изв. Вузов, Энергетика, 2002, №5, с. 54-61.
8. Венгин С.И., Чистяков А.С. Технический кремний. Металлургия, 1972, 206 с.
9. Патент № 2352524 (RU) Способ получения технического кремния. С 01 В33/025 Немчинова Н.В., Черняховский Л.В., Клец В.Э. 2007.
10. Немчинова Н.В. Развитие теории и практики получения кремния высокой чистоты карботермическим способом. Автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук. Иркутск. 2010. 40 с.
11. Патент РФ № 2431602. Шихта для выплавки кремния рудно-термическим восстановлением. Кл. С 01 В 33/025, 2010. Авторы: Черняховский Л.В., Тиунов Ю.А., Паткин П.Г.
12. Зубов В.Л., Гасик М.И. Электрометаллургия ферросилиция, Днепропетровск, Системные технологии, 2002, 704 с.
13. Катков О.М. Выплавка технического кремния. Иркутск: изд-во ИПУ, 1997, 243 с.
14. Рагулина Р.И., Емлин Б.И. Электротермия кремния и силумина. - М.: Металлургия, 1972. – 240 с.
15. Жучков В.И., Розенберг В.Л., Ёлкин К.С., Зельберг Б.И. Энергетические параметры и конструкции рудовосстановительных печей. – Челябинск.: Металл, 1994 – 191 с.
16. Ашуров Х.Б., Салихов Ш.И., Курбанов М.Ш., Абдурахманов Б.М. Способ получения технического кремния. Заявка на получение патента РУз № IAP 2014 0068, приоритет 25.02.2014.
17. Ашуров М.Х., Ашуров Х.Б., Курбанов М.Ш., Абдурахманов Б.М. Оптимизация карботермического процесса выплавки технического кремния. ДАН РУз, № 3, 2013, с. 26-29.
18. Абдурахманов Б.М., Ашуров Х.Б., Курбанов М.Ш., Салихов Ш.И. Способ выплавки ферросилиция, Заявка на получение Патента РУз № IAP 20150106, приоритет 23.03.2015
19. Абдурахманов Б.М., Ашуров Х.Б., Курбанов М.Ш. Способ получения технического кремния и устройство для его осуществления. Заявка на получение Патента РУз № IAP 20150137, приоритет от 22.04.2015
20. Абдурахманов Б.М., Абдурахманов К.П., Гугушвили Б.В., Кадыров А.Л. и др. Опытное производство технического кремния и возможности расширения разработок солнечных элементов в Узбекистане. // Гелиотехника. 2003, №2,. С.21-28.
21. Леонова М.С. Возврат в процесс пыли кремниевого производства. // Экология, 2015, № 7(87), С. 1068-1070.

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

TJ	RU	EN
Қодиров Абдулахат Лақимович	Кадыров Абдулахат Лақимович	Kadirov Abdulakhat Lakimovich
д.и.ф-м., профессори кафедраи электроника	д.ф-м.н, профессор кафедры электроники	d.ph-m.s., professor of the Department of Electronics
МДТ-и «ДДХ ба номи академик Бобочон Гафуров»	ГОУ «ХГУ имени академика Бабаджана Гафурова»,	PEI «KSU named after academic Bobojon Gafurov»
abdulakhatkadirov@gmail.com		
TJ	RU	EN
Қосимов Далер Абдуқодирович	Касымов Далер Абдукадырович	Qosimov Daler Abdukadirovich
унвончӯи кафедраи электроникаи	соискатель кафедры электроники	degree applicant of the Department of Electronics
МДТ-и «ДДХ ба номи академик Бобочон Гафуров»,	ГОУ «ХГУ имени академика Бабаджана Гафурова»	PEI «KSU named after academic Bobojon Gafurov»
kosimov.ygt@gmail.com		
TJ	RU	EN
Чавхарова Нилуфар Илҳомҷоновна	Джавхарова Нилуфар Илҳомджановна	Javharova Nilufar Ithomjanovna
аспиранти кафедраи электроникаи	аспирант кафедры электроники	graduate student of the Department of Electronics
МДТ-и «ДДХ ба номи академик Бобочон Гафуров»	ГОУ «ХГУ имени академика Бабаджана Гафурова	PEI «KSU named after academic Bobojon Gafurov»
nilufar.kuchkorova.94@mail.ru		

УДК 669.017.12.872

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ АКТИВНОСТИ И СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ ГИББСА КОМПОНЕНТОВ В СПЛАВАХ ИНДИЯ С ХАЛЬКОГЕНАМИ (S, Se и Te)

Т.Д. Джураев¹, А.С. Джафаров², К.Б. Нуров², М.Т. Тошев¹¹ТТУ имени акад. М.С. Осими;²ТГПУ им. С. Айни г. Душанбе, Таджикистан

В приближении теории субрегулярных растворов с учетом неаддитивности энергии бинарного раствора рассчитаны термодинамические свойства компонентов в сплавах систем индий-халькогены (S, Se, Te). Установлено, что их термодинамическая активность характеризуется знакопеременным отклонением от закона идеальных растворов и у них наблюдается значительная асимметрия свойств. В системах индия с серой, селеном и теллуром наблюдаются как положительные, так и отрицательные отклонения значений активностей компонентов от закона Рауля.

Значения избыточной свободной энергии Гиббса в зависимости от концентрации показали, что растворение серы, селена и теллура в жидком индии в области составов, богатых индием, протекает экзотермически, т.е. с выделением тепла, а растворение индия в области богатой серой происходит с поглощением тепла.

Ключевые слова: индий, сера, селен, теллур, диаграмма состояния, термодинамическая активность, расслаивающиеся системы, активность и свободная энергия Гиббса.

ФАЪОЛНОКИИ ТЕРМОДИНАМИКӢ ВА ЭНЕРГИЯИ ОЗОДИ ГИББСИ КОМПОНЕНТАХОИ ХӢЛАҶО ДАР СИСТЕМАИ ИНДИЙ – ХАЛЬКОГЕНҶО (S, Se ва Te)

Т.Д. Чураев, А.С. Чафаров, К.Б. Нуров, М.Т. Тошев

Дар мақолаи зерин ҳосиятҳои термодинамикии компонентаҳо аз диаграммаи ҳолати сохташудаи системаи индий-сулфур, индий-селен ва индий-теллур бо истифодаи назарияи маҳдудҳои субрегулярӣ бо назардошти ғайриаддитивии энергияи маҳдудҳо ҳисоб карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки фаъолнокии термодинамикии индий ва халкогенҳо – сулфур, селен ва теллур бо майлқунии аломати ивазшаванда аз қонуни маҳдудҳои идеалӣ ҳос аст, яъне асимметрияи назарраси ҳосиятҳо вучуд дорад. Дар ҳамаи системаҳои индий бо сулфур, селен ва теллур барои фаъолнокии индий вобаста ба консентратсияи он ҳам майлқунии мусбӣ ва ҳам манфӣ аз қонуни Рауль мушоҳида мешавад. Барои фаъолнокии сулфур, селен ва теллур, бо зиёд шудани микдори онҳо дар хулаҳо, майлқунии манфии қалони фаъолнокии онҳо мушоҳида мешавад.

Калимаҳои калидӣ: индий, сульфур, селен, теллур, диаграммаи ҳолат, ҳосиятҳои термодинамикии, ба қабатҳо ҷудошавӣ, фаъолнокии ва энергияи озоди Гиббс.

THERMODYNAMIC ACTIVITIES AND THE FREE GIBBS ENERGY OF COMPONENTS IN ALLOYS OF INDIUM WITH CHALCOGENES (S, Se, and Te)

T.D. Juraev, A.S. Jafarov, K.B. Nurov, M.T. Toshev

In the approximation of the theory of subregular solutions, taking into account the non-additivity of the energy of a binary solution, the thermodynamic properties of the components in alloys of the indium-chalcogen (S, Se, Te) systems are calculated. It has been established that the thermodynamic activity of indium and chalcogens - sulfur, selenium and tellurium, are characterized by sign-alternating deviations from the laws of ideal solutions, i.e. there is a significant asymmetry of properties. In all systems of indium with sulfur, selenium and tellurium, for the activity of indium, depending on the concentration, both positive and negative deviations from Raoult's law are observed. For the activity of sulfur, selenium and tellurium, with an increase in their content in alloys, large negative deviations of their activities are observed.

Keywords: indium, sulfur, selenium, tellurium, state diagram, thermodynamic activity, layering systems, activity and Gibbs free energy.

Введение

Сплавы индия являются легкоплавкими, имеют температуру плавления от 15 до 315 °С и применяются в различных отраслях, например, в ювелирной промышленности для лужения и пайки, в зубопротезной технике для повышения качества протезов, а также в качестве материалов в полупроводниковой и электронной технике благодаря успешному сочетанию ряда химических, физико-механических и технологических свойств. Известно, что издавна синтез сплавов проводится легированием. Для этого процесса используются данные по результатам растворимости в жидком и твердом состояниях из построенных диаграмм плавкости и известных термодинамических свойств [1]. Сведения о термодинамических свойствах, которые позволяют судить о характере взаимодействия индия с халькогенами в жидком состоянии, отсутствуют. Они являются основой для изучения многих других физико-химических свойств.

Методика и обработка результатов

В данной работе сделана попытка по применению расчётных методик для определения указанных величин из построенных диаграмм состояния.

Для расчета энергии Гиббса (ΔG) необходимо знать энтальпию (ΔH) и энтропию (ΔS) образования раствора

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S. \quad (1)$$

Большой вклад в энергию Гиббса вносится энтальпией образования, которая почти всегда отличается от суммы энтальпий составляющих (ΔH_i^0) на величину теплоты смешения (ΔH^{cm}) [1]:

$$\Delta H = \Delta H_1^0 x_1 + \Delta H_2^0 x_2 + \Delta H^{cm}. \quad (2)$$

Концентрационная зависимость теплоты смешения часто описывается симметричной параболой

$$\Delta H^{cm} = x_1 x_2 Q_{12}, \quad (3)$$

где x – атомные доли и Q_{12} – энергия взаимного обмена [2], которая представляет собой среднее увеличение энергии одной молекулы того или иного сорта при замене всех ее соседей молекулами другого сорта.

Это приближение регулярных растворов позволяет количественно определить пределы взаимной растворимости. Однако существует большое количество систем, в которых теплота смешения асимметрична относительно состава $x_1 = x_2 = 0.5$. Причиной асимметрии может быть искажение кристаллической решетки из-за разных размеров металла-растворителя и растворимого компонента, которая вносит вклад в энергию раствора введением «энергии искажения». Теория регулярных растворов оказывается неприменимой для описания рассматриваемых систем сплавов индия с халькогенами [2], так как в этих системах наблюдается сильное взаимодействие компонентов, которое приводит к образованию механической смеси, химических соединений и смещению области существующего расслаивания на диаграммах состояния в сторону индия [3]. В подобных системах наблюдается существенная асимметрия термодинамических свойств. В таких случаях, учитывая неаддитивность энергии бинарного раствора [1], получаем:

$$\Delta G = \Delta G_1^0 x_1 + \Delta G_2^0 x_2 + x_1 x_2 Q_1 + x_1 x_2^2 Q_2 + RT (x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2), \quad (4)$$

где Q_1 и Q_2 - константы межчастичного взаимодействия, которые могут зависеть от температуры. Из этого уравнения выводятся значения парциальных и интегральных величин. Для химических потенциалов компонентов (μ_1 и μ_2), имеем:

$$\mu_1 = \mu_1^0 + RT \ln x_1 + x_2^2(Q_1 - Q_2) + 2x_2^3 Q_2, \quad (5)$$

$$\mu_2 = \mu_2^0 + RT \ln x_2 + x_1^2(Q_1 + 2Q_2) - 2x_1^3 Q_2. \quad (6)$$

С помощью уравнений (4) и (6) можно удовлетворительно описать термодинамические свойства сплавов систем индий - халькогены.

В состоянии равновесия химические потенциалы компонентов равны [4]:

$$\mu_1' = \mu_1'' \text{ и } \mu_2' = \mu_2'', \quad (7)$$

где штрихи относятся к номеру фазы, а подстрочные индексы к номеру компонента. Первым компонентом будем считать индий. С учетом уравнений (5) и (6) имеем

$$RT \ln x_1''/x_1' + [(x_2'')^2 - (x_2')^2] (Q_1 - Q_2) + 2Q_2 [(x_2'')^3 - (x_2')^3] = 0 \quad (8)$$

$$RT \ln x_2''/x_2' + [(x_1'')^2 - (x_1')^2] (Q_1 + 2Q_2) - 2Q_2 [(x_1'')^3 - (x_1')^3] = 0, \quad (9)$$

где R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура; $x_1' + x_2' = 1$ и $x_1'' + x_2'' = 1$, а x – значения атомных долей.

Расчёты констант Q_1 и Q_2 межчастичных взаимодействий производили по диаграммам фазовых равновесий систем индий-халькогены. После совместного решения (8) и (9) получили уравнения для расчета термодинамических коэффициентов активностей компонентов в системах индий-халькогены. Исходные данные [3] и полученные уравнения приведены в таблице.

Таблица – К расчету констант межчастичного взаимодействия и полученные уравнения для коэффициентов активностей компонентов в системах индий -халькогены

Система	Т _м , К	Состав фаз, ат. доли		Q ₁	Q ₂	Уравнения
		x ₂ '	x ₂ ''			
In-S	911	0,056	0,376	13317	-40107	$\ln f_{In} = 7.05 (1 - x_{In})^2 - 10.59 (1 - x_{In})^2$ $\ln f_S = -8.83 (1 - x_S)^2 + 10.59 (1 - x_S)^2$
In-Se	793	0,048	0,280	-863	-58841	$\ln f_{In} = 8.79 (1 - x_{In})^2 - 17.85 (1 - x_{In})^2$ $\ln f_{Se} = -17.98 (1 - x_{Se})^2 + 17.85 (1 - x_{Se})^2$
In-Te	696	0,020	0,280	-15659	-88104	$\ln f_{In} = 12.52 (1 - x_{In})^2 - 30.45 (1 - x_{In})^2$ $\ln f_{Te} = -33.16 (1 - x_{Te})^2 + 30.45 (1 - x_{Te})^2$

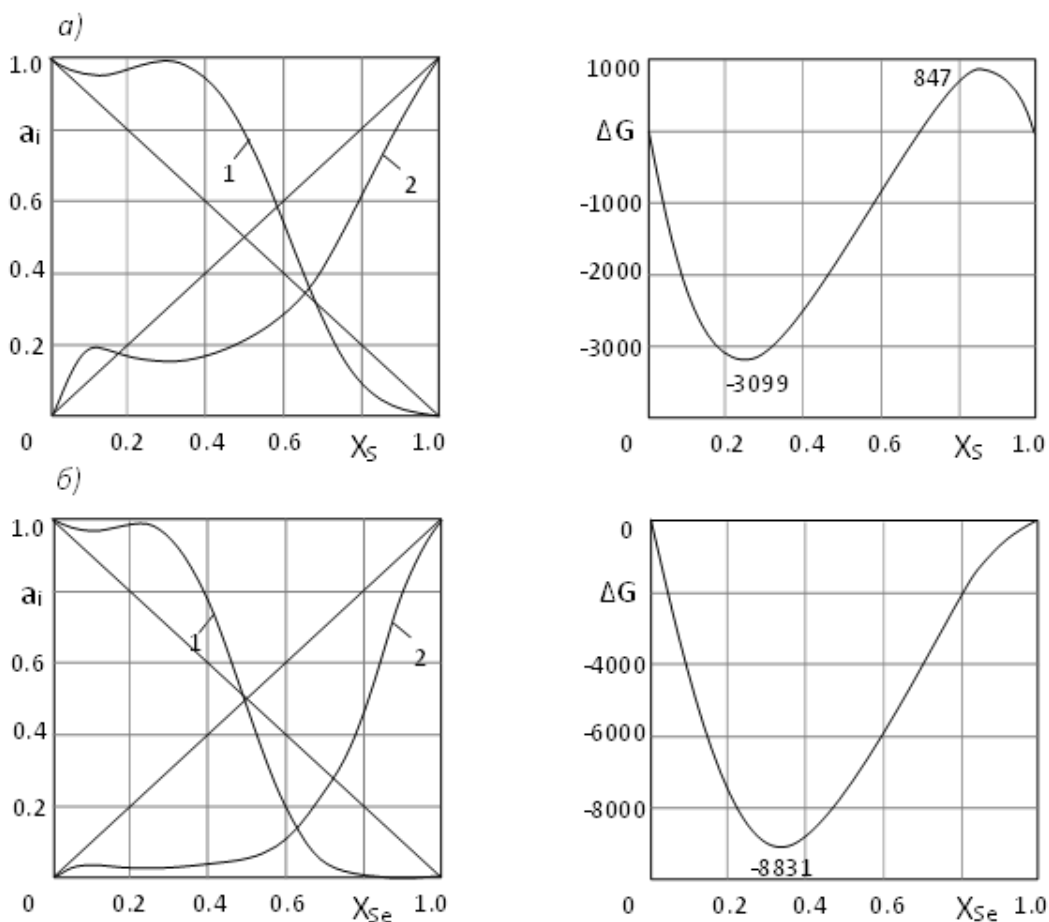
Расчитанные кривые термодинамических активностей компонентов в указанных системах с учётом $a = f \cdot x$ при температуре монотектического равновесия показаны на рисунке. Можно видеть, что активности индия и халькогенов - серы, селена и теллура характеризуются знакопеременным отклонением от законов идеальных растворов, т.е. в них наблюдается значительная асимметрия свойств. В системах индия с серой, селеном и теллуrom в зависимости от концентрации наблюдаются как положительные, так и отрицательные отклонения от закона Рауля. Для активности серы, селена и теллура с увеличением их содержания в сплавах наблюдаются

большие отрицательные отклонения их активностей. Это соответствует увеличению межчастичного взаимодействия между компонентами, которые приводят к образованию структурных групп в виде эвтектических механических смесей и химических соединений. На появление ограниченной растворимости серы, селена и теллура в индии как в жидком, так и в твердом состояниях указывает участок изменения активности индия при низких концентрациях серы, селена и теллура.

Избыточную свободную энергию Гиббса сплавов системы индий-сера, индий-селен и индий-теллур можно вычислить из уравнения (приравнивая значение для теплоты смешения $\Delta G = \Delta H \neq 0$):

$$\Delta G = x_1 x_2 Q_1 + x_1 x_2^2 Q_2. \quad (10)$$

На рисунке приведены результаты расчётов по уравнению (10). Можно видеть, что растворение серы, селена и теллура в жидком индии в области составов, богатых индием, протекает экзотермически, т.е. с выделением тепла и максимумами при $x_2 = 0.25$; 0.35 и 0.38 , равными -3099 ; -8831 и -16445 Дж/г-ат, соответственно. Растворение индия в области богатой серой происходит с поглощением тепла, равного $+847$ Дж/г-ат.



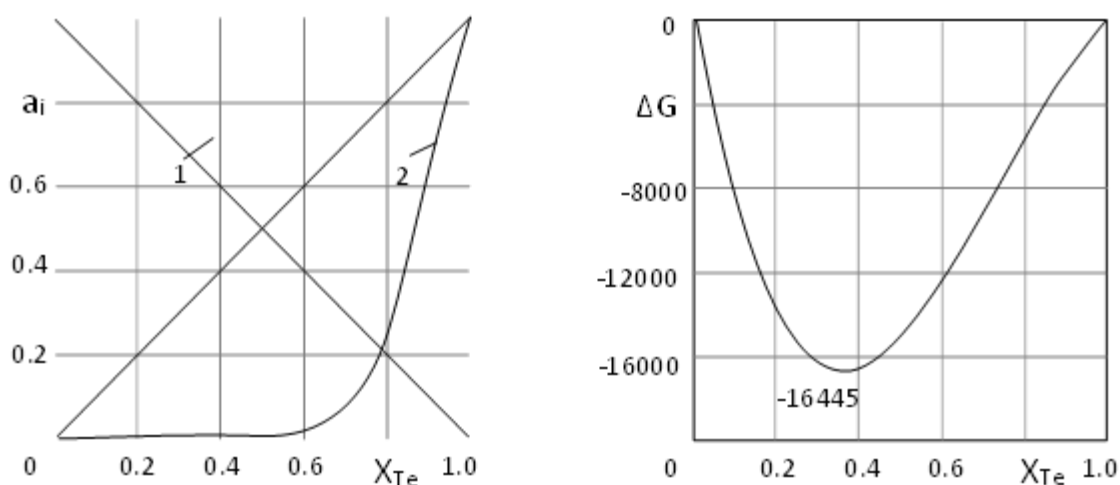


Рисунок. Зависимость термодинамической активности (a_i) и свободной энергии Гиббса (ΔG , Дж/г-ат.) в системах индий (1) - халькогены (2) от концентрации 2-го компонента: индий-сера (а); индий-селен (б); индий-теллур (в).

Выводы

В работе применены формулы теории субрегулярных растворов с учетом неаддитивности энергии бинарного раствора к сплавам систем индий-халькогены (сера, селен и теллур). При этом определены константы межчастичного взаимодействия индия с халькогенами из их диаграмм состояния. Получены уравнения для расчета концентрационной зависимости коэффициентов активности и свободной энергии Гиббса для сплавов систем индий-сера, индий-селен и индий-теллур. Рассчитанные термодинамические свойства компонентов указывают на знакопеременные асимметричные отклонения свойств компонентов от закона Рауля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурылёв, Б.П. Термодинамика металлических растворов внедрения / Б.П. Бурылёв. – Ростов-на-Дону: Ростовский университет, 1984. – 160 с.
2. Мельвин-Хьюз, Э.А. Физическая химия / Э.А. Мельвин-Хьюз. – М.: ИЛ, 1962. – Т.2. – 1148с.
3. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник / под. общ. ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 2001. – Т.3. Кн. 1. – 872 с.
4. Джураев, Т.Д. Разработка композиций и сплавов кальция, стронция и бария: дис. док. хим. наук: 02.00.01 / Джураев Тухтасун Джураевич. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1991. – 327с.

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

TJ	RU	EN
Джураев Тухтасун Джураевич	Джураев Тухтасун Джураевич	Juraev Tukhtasun Juraevich
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
mcm45@mail.ru		
(+992) 919-94-89-24		
0000-0002-2692-4231		
TJ	RU	EN
Чафаров Амиршо Сайобидович	Джафаров Амиршо Сайобидович	Jafarov Amirsho Sayobidovich
Аспиранти кафедраи технология ва мошиншиносии	Аспирант кафедры технологии и машиноведения	–

Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айнӣ	Аспирант кафедри технологии и машиноведения	Tajik State Pedagogical University named after S. Ayni
jafarov_as@mail.ru (+992) 918-53-51-73		
TJ	RU	EN
Нуров Курбоналӣ Бозорович номзади илмҳои химия, дотсент	Нуров Курбонали Бозорович кандидат химических наук, доцент	Nurov Kurbonali Bozorovich candidate of chemical sciences, assistant professor
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айнӣ	Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айна	Tajik State Pedagogical University named after S. Ayni
nurov-58@mail.ru (+992) 93-823-65-65		
TJ	RU	EN
Тошев Мансур Толибҷонович номзади илмҳои техникӣ	Тошев Мансур Толибҷонович кандидат технических наук	Toshev Mansur Tolibjonovich candidate of technical sciences
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
toshev1102@mail.ru (+992) 93-472-77-78 0000-0001-9252-8467		

УДК: 621.923.74

МУАЙЯН КАРДАНИ ХАРОҶОТИ САНГИ РАНГА ҲАНГОМИ ИСТЕҲСОЛИ МАҲСУЛОТ ДАР НАМУДИ ЧИСМҲОИ ДАВРЗАНАНДА

Хоҷаев Т.А.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Шарҳи мухтасар: Дар мақола методикаи ҳисоб кардани масрафи ашёи хоми минералӣ ҳангоми истеҳсоли маҳсулот дар шакли чисмҳои даврзананда инъикос ёфтааст. Барои муайян кардани параметрҳои маҳсулот бо шакли мураккаб, сплайн-функсияҳо истифода мешаванд.

Калидвожаҳо: маводи масрафшуда, санги ранга, омилҳои бехатарӣ, воҳиди технологӣ, чисми даврзананда, маҳсулот бо шакли мураккаб.

DETERMINATION OF THE CONSUMPTION OF GEM STONE IN THE MANUFACTURE OF PRODUCTS IN THE FORM OF ROTATION BODIES

Khodzhaev T.A.

A method for calculating the consumption of mineral raw materials in the manufacture of products in the form of bodies of revolution is described. To determine the parameters of products of complex configuration, spline functions are used.

Key words: material consumption, semi-precious stone, safety factor, technological unit, body of revolution, product of complex configuration.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА САМОЦВЕТНОГО КАМНЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗДЕЛИЙ В ВИДЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Ходжаев Т.А.

Описана методика расчета расхода минерального сырья при изготовлении изделий в виде тел вращения. Для определения параметров изделий сложной конфигурации применяются сплайн-функции.

Ключевые слова: расход материала, самоцветный камень, коэффициент запаса, технологический блок, тело вращения, изделие сложной конфигурации.

Дар марҳилаи пешакии лоиҳакашии маҳсулот аз ашёи хоми минералӣ масъалаи муайян кардани миқдори масолеҳи ибтидоӣ, баҳодиҳии қисми масрафшудаи он, параметрҳои вазн ва андозавии маҳсулот, инчунин нишондиҳандаҳои арзишӣ ба миён меоянд.

Таҷрибаи корӣ нишон медиҳад, ки муайян кардани хароҷоти ашёи хоми минералӣ, ҳам барои баҳо додани ҳаҷми масолеҳи зарурӣ, муайян кардани меҳнатталабии маҳсулот ва ҳам барои асоснок кардани арзиши ниҳонии маҳсулот масъалаҳои муҳимтарин ба ҳисоб мераванд.

Ба параметрҳои асосӣ инҳо дохил мешаванд:

- вазн, ҳаҷм ва андозаҳои масолеҳи ибтидоӣ;
- вазн, ҳаҷм ва андозаҳои блоки технологӣ (намуна);
- вазн, ҳаҷм ва андозаҳои маҳсулоти ниҳой.

Муносибати байни параметрҳои зикргардидаро ба воситаи коэффисиентҳои захиравӣ - k_3 ва хароҷоти технологӣ - k_T , ки бо формулаҳои зерин муайян карда мешаванд, баҳо додан мумкин аст:

$$k_3 = \frac{m_M}{m_{T6}}, \quad k_T = \frac{m_M}{m_{T6}} = \frac{V_{T6}}{V_{Изд}}, \quad (1)$$

ки дар инҷо m_M – вазни масолеҳ дар ибтидо, (кг);

m_M, V_{T6} – вазн ва ҳаҷми блоки технологӣ, (кг, см³);

$m_{маҳ}, V_{маҳ}$ – вазн ва ҳаҷми маҳсулоти ниҳой, (кг, см³).

Вазни масолеҳ дар ибтидо (кг) бо ин формула муайян мешавад:

$$m_M = k_3 \cdot k_T \cdot \rho_M \cdot V_{Изд} \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

дар инҷо ρ_m - зичии хоси мавод мебошад, бо г/см^3 .

Муайян кардани коэффисиентҳои захиравӣ - k_3 , одатан чун қоида, табиати хеле субъективӣ дорад ва дар ҳисобҳои амалӣ дар ҳудуди $k_3 = 3 \div 3,5$ барои намунаҳо дар шакли блок ва $k_3 = 2 \div 2,5$ барои намунаҳо дар шакли лавҳаҳо гирифта мешавад. Аз ин лиҳоз, ҳангоми интихоби маводи ибтидоӣ ва бештар оқилона истифода бурдани усулҳои баҳодиҳии таҷрибавӣ ба назар мерасад (5).

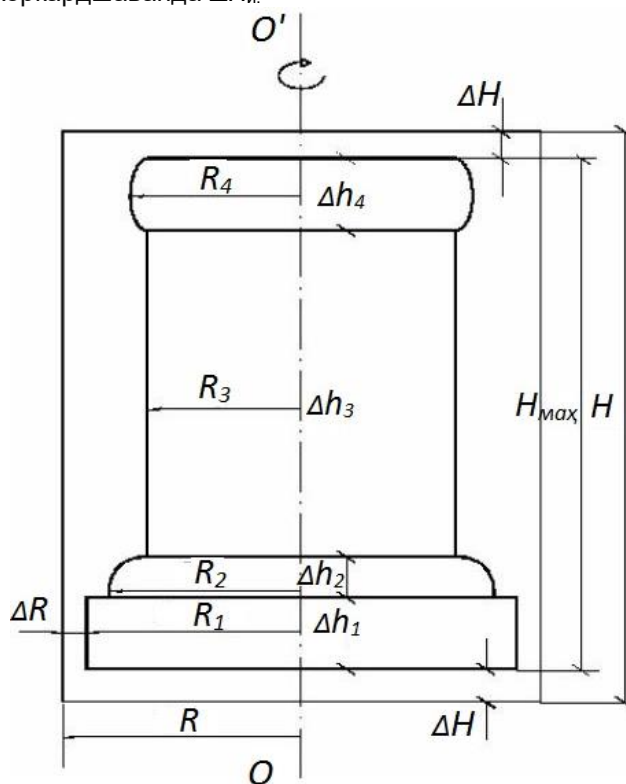
Мувофиқи технологияи истеҳсоли ҷисмҳои даврзананда намунаи асосии технологӣ дар намуди блоки росткунҷа мебошад, ки дар дастгоҳи коркардкунанда қад-қади тири даврзании $00'$ маҳкам карда шудааст (расми 1).

Вазни блоки технологиро бо формулаи зерин муайян кардан мумкин аст:

$$m_{\text{ТБ}} = \rho_m \cdot d_{\text{max}}^2 \cdot H, \quad (3)$$

ки дар инҷо $d_{\text{max}} = d_{\text{max max}} + \Delta d_i$ - диаметри бузургтарини намуна бо назардошти диаметри бузургтарини маҳсулот $d_{\text{max m}}$ ва қабати изофагии технологӣ барои андозаи диаметри Δd_i ;

$H = H_m + 2\Delta H_i$ - баландии блоки технологӣ бо назардошти баландии маҳсулот h_m ва қабати изофагии технологӣ дар нуғи намунаи коркардшаванда ΔH_i .



Расми 1. Намунаи технологӣ дар намуди блоки росткунҷа.

Барои ҷисмҳои, ки дар дохили блоки технологӣ андозаҳои ба таври дискретӣ тағйирёбанда доранд ва ковоқиҳои дохилӣ надоранд (расми 1), вазни маҳсулот бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$m_m = \pi \cdot \rho_m \cdot \sum_{i=1}^N V_p = \pi \cdot \rho_m \cdot \sum_{i=1}^N (R_i^2 + \Delta h_i) \quad (4)$$

ки дар инҷо R_i - радиуси маҳсулот дар фосилаи дискретии i -юми Δh_i мебошад.

Барои ҷисмҳои, ки дар блоки технологӣ шакли мураккаби берунӣ доранд ва ковоқиҳои дохилӣ надоранд, вазни маҳсулот бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$m_M = \pi \cdot \rho_M \cdot \Delta h \cdot \sum_{i=1}^N R_i^2 \quad (5)$$

ки дар инчо Δh - қадами фосилаи дискретӣ мебошад, ($H=N\Delta h$); N - шумораи фосилаҳо.

Нишондоди хурдтарини қадами дискретиро метавонем аз рӯи буриши технологии асбоби буранда ва бо бари лавҳа дар ҷойи буридашуда муайян намоем:

$$\Delta h = h_b \cdot b_n, \quad (6)$$

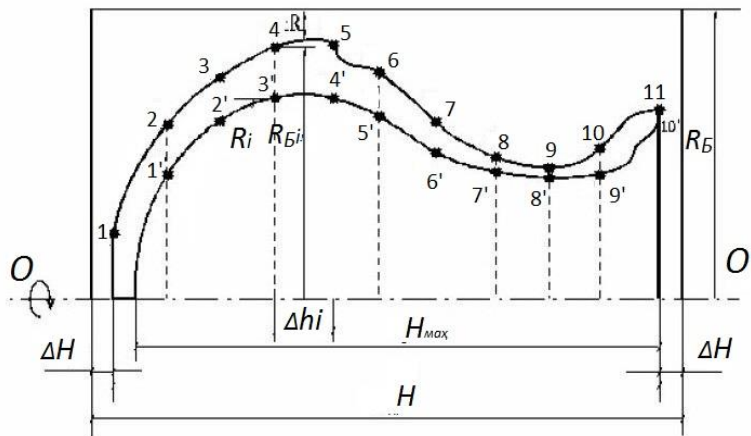
Дар ин чо h_b – бари қисми бурандаи асбоб; b_n – бари лавҳа аз масолеҳи буридашаванда.

Агар намуна ковокӣ дошта бошад (рас. 2) вазни маҳсулотро бо ин формула муайян кардан мумкин аст:

$$m_M = \pi \cdot \rho_M \cdot (\Delta h \cdot \sum_{i=1}^N R_{6i}^2 - \Delta h_b \cdot \sum_{j=1}^M R_{dj}^2) \quad (7)$$

дар инчо R_{6j} , радиуси берунии маҳсулот дар фосилаи дискретии i -юми Δh_b ; R_{dj} - радиуси дохилии маҳсулот дар фосилаи дискретии j -юми Δh_d .

Барои дақиқтар ҳисоб кардани вазни маҳсулот m_{max} , метавонем сплайн-функсияро* истифода барем, истифодаи он имкон медиҳад, ки бузургиҳои миёнаи R байни бузургиҳои қисми додашудаи R_i ва R_{i+1} дар фосилаи Δh , дар доираи андозаи блок муайян карда шавад.



Расми 2. Таҳлили математикии намунаи сӯрохидошта.

Дар таҳлили математикии сплайнҳо ҳамчун воситаи самаранок барои ҳалли масъалаҳои амалии наздиккунии функсияҳо, барқарор кардани функсияҳо аз рӯи маълумоти нопурра, дақиқ кардани маълумотҳои таҷрибавӣ ва ғайра истифода мешаванд [1, 2].

Сплайни математикӣ бисёраъзогии махсусест, ки дар гиреҳҳо қиматҳои $R(h) = R_i = R(h_i)$ -ро гирифта, муттасилии ҳосилаҳои онҳоро таъмин мекунад. Одатан барои таъмини муттасилии ҳосилаҳои яқум ва дуҷум қифоя аст, ки барои онҳо полиномҳои сплайни тартиби сеюмро (сплайнҳои кубӣ) истифода барем (3, 4).

Барои ҳар як порча $[h_i, h_{i+1}]$ тағирёбии h , сплайни кубӣ чунин навишта мешавад:

$$R_i(h) = \frac{1}{6 \cdot h_i} [m_i(h_{i+1} + h)^3 + m_{i+1}(h-h_i)^3] + \frac{1}{\Delta h_i} (R_i - \frac{m_i+1 \Delta h_i^2}{6}) \cdot (h_{i+1} - h) + (R_{i+1} - \frac{m_{i+1} \Delta h_i^2}{6}) \cdot (h-h_i) \quad (8)$$

дар инчо $\Delta h_i = h_{i+1} - h_i$, $m_i = R'(h_i)$ $i=1, 2, \dots, n$ (n – шумораи нуқтаҳо).

Формулаи (8) барои бузургиҳои маълуми h_i , R_i , m_i , наздикшавии сплайнро муайян мекунад.

Агар иҷрои шарт $R_i = (h)R_i$ талаб карда шавад, пас ифодаи дар боло зикршуда барои полиномҳои сплайни кубӣ ба системаи муодилаҳои хаттӣ оварда мерасонад, ки аз он ҳосилаҳои n пайдо мешаванд. Пас, барои шартҳои иловагии монанд дар шакли $m_1=0$ ва $m_2=0$, сплайн-функсияҳои муқаррариро ҳосил мекунем [3].

Барои бо ин усул ҳисоб кардани параметрҳои асосии технологӣ программаи Techno-Stone (версияи 1) тартиб дода шудааст. Барои қиматҳои R_i , Δh_i маҳсулот (расми 2), дар шакли чадвал нишон дода шуда (чадвали 1) бо зичии маҳсулот $\rho_m=3\text{г/см}^3$ ва омили беҳатарӣ $k_3=3,5$, маълумоти зеринро ҳосил мекунем, ки дар чадвали 2 оварда шудааст.

Ҳангоми қадами дискретӣ $\Delta h_i = \Delta h_b = \Delta h_i = 1\text{см}$ будан, вазни ҳисобшудаи маҳсулот $m_{max} = 0,51\text{ кг}$ мешавад. Бо як қадами дискретии $\Delta h_i/2=0,5\text{см}$, массаи ҳисобшудаи маҳсулот $m_{max} = 0,54\text{ кг}$ -ро ташкил медиҳад.

Аён аст, ки дараҷаи баланди дискретизатсия имкон медиҳад, ки натиҷаи дақиқтар ба даст орем. Дар ин ҳолат, ҳатогии нисбӣ метавонад то 15% бошад, ки ин хеле муҳим аст, зеро нархи санги рангаи коркардшуда хеле баланд аст.

Истифодаи сплайн-функсия (сплайни кубӣ) имкон медиҳад, ки параметрҳои сарҳадии нуқтаҳоро комилан ихтиёрӣ интихоб намоем, зеро бартариҳои он қобилияти экстраполятсияи нишондодҳои дилҳоҳи R_j аз ҳудуди берунии минтақаи наздикшавӣ мебошад, яъне барои $h_i < h$ ва $h_i > h$.

Ҷадвали 1

Параметрҳои ҳисоби маҳсулот

Қисм	1	2	3	4	5	6	7	К	9	10	1
РБ	2,0	4,5	5,5	5,8	5,8	5,2	4,3	3,2	3,5	4,0	2,0
Қисм	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-
РД	-	3,5	4,8	5,0	5,0	4,3	3,8	2,8	3,0	4,0	-

Ҷадвали 2

Натиҷаҳои ҳисоби масрафи мавод

Нишондиҳандаҳо	Қиматҳои ҳисобшуда дар қадами ҳамгирии Δh (см)	
	$\Delta h - 1$	$\Delta h - 0,5$
Вазни маҳсулот (кг)	0,51	0,54
Вазни блок (кг)	5,1	5,1
Вазни санг (кг)	17,75	17,75
Масрафи умумии мавод (кг)	17,24	17,21
Баромади технологӣ аз мавод (%)	10,0	10,6
Баромади умумӣ аз мавод (<%)	2,87	3,08
Коэффисиент	10,0	9,4

Истифодаи усули пешниҳодшуда имкон медиҳад, ки бо дараҷаи кофӣ ва дақиқ ҳисобҳои зарурии параметрҳои ибтидоии мавод, блоки технологӣ (намуна) ва маҳсулоти ниҳой барои сангҳои ранга асоснок ва анҷом дода шаванд.

*Сплайн — функсияест дар математика, ки доираи муайянкунии он ба шумораи ниҳоии порчаҳо тақсим карда мешавад, ки дар ҳар кадоми онҳо бо баъзе бисёрраъзои алгебравӣ мувофиқат мекунанд. Дараҷаи максималии полиномҳои истифодашаванда дараҷаи сплайн номида мешавад.

Адабиёт:

1. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. – М.: Наука, 1980. -352с.
2. Рвачев В.А. Фinitные решения функционально-дифференциальных уравнений и их применения // Успехи математических наук. Т.45. – Вып.1., - М.: 1990.с. 77-103.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М., Наука, 1984.
4. Янке Э., Эмде ф., Леш Ф. Специальные функции. Формулы, графики, таблицы. – М.: Наука, 1977.
5. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математическо-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. 253с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ (AUTHOR'S INFORMATION)

TJ	RU	EN
Хочаев Точиддин Авғонович	Ходжаев Таджиддин Авғонович	Khodzhaev Tajiddin Avgonovich
Номзади илмҳои техникӣ	К.т.н.	candidate of technical sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
tojiddin67@mail.ru		
(+992) 934477381		

ПЕРСПЕКТИВА ГАЛТОВКИ САМОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Бобоев Д.М., Мирзоалиев А.И., Амонов С.Т., Холов Ф.

В работе исследован процесс галтовки самоцветных камней для развития формообразования и обеспечения качества продукции. Определена производительность процессов барабанной и планетарно-центробежной галтовки. Установлена целесообразности применения планетарно-центробежной галтовки при обработке самоцветных камней.

Ключевые слова: самоцветные камни, барабан, ускорение, трение, галтовка, абразив, вращательное движение, центробежная сила, ударяются, заусенец, формообразование.

THE PROSPECT OF TUMBLING SEMI-PRECIOUS STONES, FOR THE DEVELOPMENT OF SHAPING AND PRODUCT QUALITY ASSURANCE

Boboev D.M., Mirzoaliev A.I., Amonov S.T., Kholov F.

The process of planetary-centrifugal processing of semi-precious stones was studied in the work. The productivity of drum and planetary-centrifugal tumbling processes has been determined. The expediency of using planetary-centrifugal tumbling in the processing of semi-precious stones has been established.

Keywords: semi-precious stones, drum, acceleration, friction, tumbling, abrasive, rotary motion, centrifugal force, impact, burr, shaping.

ТАРАҚИЯТИ ГАЛТОВКАКУНОНИИ САНҶОИ ҚИМАТБАҶО БАРОИ ТАШАККУЛИ ШАКЛСОЗӢ ВА ТАЪМИНОТИ СИФАТНОКИИ МАҲСУЛОТ

Бобоев Д.М., Мирзоалиев А.И., Амонов С.Т., Холов Ф.

Дар ин кор раванди коркарди галтовкакунонии санҷои ранга таҳқиқ карда мешавад. Маҳсулнокии раванди галтовкакуний ва сайқалдиҳӣ дар дастгоҳҳои барабанӣ ва планетарӣ –марказгурез муайян карда шудаанд. Ҳангоми коркарди санҷои рангаи табиӣ ба мақсад мувофиқ будани истифодаи дастгоҳи галтовкакунонии планетарӣ –марказгурез нишон дода шудааст.

Калид вожаҳо: галтовка, абразив, маҳсулноки, қувваи марказгурез барабан, таҷҳизот,

Существуют различные способы обработки самоцветных камней: галтовка в барабанах с вертикальной осью вращения, в данном случае обработки; заготовка - самоцветные камни загружаются в галтовочный барабан, добавляется абразив и при вращении барабана в горизонтальной плоскости (применяются различные скорости барабана, также даются различные ускорения вращательному движению обрабатываемых камней) в данном случае за счет центробежной силы вращения барабана, заготовки трутся и ударяются о поверхность друг друга, также камни трутся о внутреннюю стенку барабана, также происходит процесс удара камней о стенки барабана, что приводит к процессу галтовки поверхности камней. [1,2,3] Данный технологический процесс обработки обеспечивает снятие заусенцев, удаляет острые кромки, уменьшает шероховатость камня, недостатком технологического процесса является: малый съем слоя камня, что фактически не влияет на изменение формы заготовки – камень сохраняет форму поверхности, полученной при его разбивке или разделке, и в результате каждый камень имеет различную форму (куб, цилиндр и различные геометрические формы, полученные при его разбивке), кроме этого, сам процесс обработки недостаточно производителен, не сохраняется стабильность параметров качества поверхности камня и точность формообразования камня. Большой недостаток обработки еще заключается в том, что при сухой обработке процесс галтовки протекает нормально, но при процессе галтовки с применением жидкости камни прилипают обрабатываемыми поверхностями друг к другу, образуя комок, что отрицательно влияет на формообразование и чистоту поверхности камня.

Другой способ галтовки самоцветных камней - это технологический процесс обработки в галтовочных барабанах с горизонтальной осью вращения, в данном случае барабан расположен на горизонтальной поверхности, технологической обработки, как и в предыдущем примере за счет центробежной силы и различной скорости барабана происходит процесс галтовки камней, преимущество данного технологического способа обработки заключается в том, что обрабатываемые камни за счет центробежной силы, прижатые к стенкам барабана трутся о поверхность друг друга и стенки барабана, вращаясь, поднимаются вверх и, достигнув высшей точки барабана, свободно падают вниз, ударяются друг о друга и стенки барабана, что полезно влияет на формообразование камней, но недостаток заключается в том, что камень хрупкий природный материал и при падении из-за хрупкости материала трескается и ломается, что в конечном счете отрицательно сказывается на качестве обработанного и галтованного камня, производительности и качестве обработки самоцветных камней, что является актуальной задачей. Также этот процесс обработки недостаточно производителен, не сохраняется стабильность параметров качества поверхности камня и точность формообразования камня. В данном случае с применением жидкости камни не прилипают обрабатываемыми

поверхностями друг к другу, не образуют комок, что положительно влияет на формообразование и чистоту поверхности камня.

Существует третий способ технологического процесса галтовки самоцветных камней. Этот способ более перспективен и, несомненно, технологически обеспечивает повышение производительности обработки и стабильности характеристик качества поверхности обрабатываемого камня. Процесс планетарно-центробежной обработки самоцветных камней

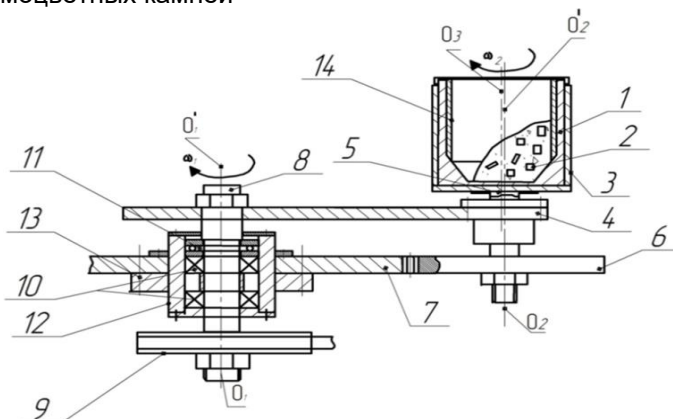


Рисунок 1., планетарно-центробежная обработка самоцветных камней

Принцип работы планетарно-центробежного оборудования для галтовки самоцветных камней: Во вращающийся барабан 1 загружают заготовки самоцветных камней и абразивную массу 2. Съемный вращающийся барабан насаживается в стакан 3, который закреплен на вращающуюся вокруг оси $O_1O_1^1$ планшайбу 4,. Также на ось 5 закреплена шестерня 6, которая входит в зацепление с зубчатым колесом 7. Планшайбе 4 обеспечивает вращение вал 8, который приводит во вращение электродвигатель ременной передачей 9. Внутри барабана также можно дополнительно вставить дополнительную втулку с абразивным покрытием 14, которая обеспечивает дополнительный съем материала с поверхности заготовки.

При изучении и исследовании технологического процесса галтовки Мирзоалиевым А. опытным путем установлены силы, действующие на заготовку при галтовке на планетарно-центробежном оборудовании.

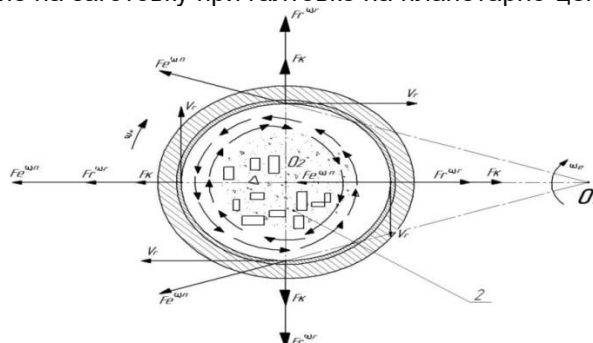


Рисунок 2. Схема действующих сил и перемещение самоцветных камней в горизонтальной плоскости; F_r^{or} – относительная центробежная сила от вращения контейнера вокруг своей оси, F_e^{om} – переносная центробежная сила вращения контейнера вокруг центробежной оси, F_k – Кориолиса сила инерции, v_r – относительная скорость перемещения заготовки в контейнере.

Данная исследовательская научная работа по применению планетарно-центробежной галтовки самоцветных камней показала свою состоятельность при галтовке самоцветных камней. При центробежно-планетарной обработке обрабатываемые камни получают сложное пространственное движение. На заготовку действует центробежная переносная сила инерции, центробежная относительная сила инерции, сила трения, со стенками барабана и Кориолисова сила инерции. [2]

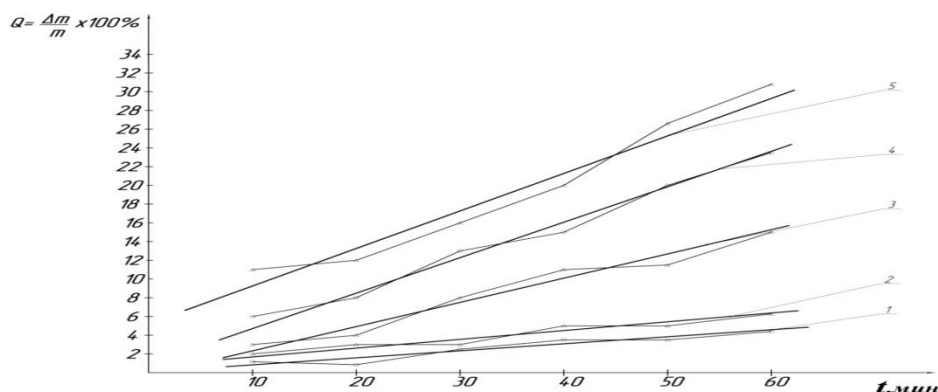


Рисунок 3. Производительность и величина съема при планетарно-центробежной галтовке, при различных режимах и применении различной среды обработки.

1. Сухая галтовка без абразива; 2. Сухая галтовка с добавлением абразива 5г/кг; 3. Галтовка в водной среде без абразива; 4. Галтовка в водной среде с добавлением 5г/кг абразива; 5. Галтовка в водной среде с добавлением 20г/кг абразива

Исследованием установлено, что при галтовке самоцветных камней на планетарно-центробежной установке качество поверхности самоцветных камней и производительность обработки повышается в 3,05 раз или на 305% при одинаковом условии обработки, что доказывает эффективность применения способа планетарно-центробежной обработки.

Исходя из вышеизложенного, процесс обработки готовых деталей после изготовления требует дополнительной технологической обработки, данная процедура обработки обеспечивает этим деталям необходимое формообразование и надлежащую конфигурацию. Также необходим дополнительный технологический процесс очистки поверхности металлических деталей от примесей и механической загрязнённости, применения процесса полировки их поверхности до определённого блеска и технологической чистоты, заданного порядка, часто используется такой технологический процесс как галтовка и полирование, что обеспечивает необходимое формообразование технологическим процессом галтовки. Процесс галтовки в технологии машиностроения достаточно популярен и широко применяется в производстве обработки заготовок. Галтовка и полирование, как технологический процесс обработки деталей и придания им определенной формы и чистоты поверхности, применяется на производстве для окончательной, финишной механической обработки различных деталей, изготовленных из различных материалов: как пластик, металлы и сплавы металлов, дерево, пластмасса, драгоценные, полудрагоценные и самоцветные камни и т.п.

Процесс полирования обусловлен загрузкой в барабан галтовочных заготовок и деталей, абразива порошка или галтовочной массы (пасты). Галтовочному барабану с загруженной массой придаётся сложное пространственное движение, планетарно – центробежное движение, в процессе вращения галтовочного барабана обрабатываемые детали соприкасаются и трутся друг о друга поверхностями, соударяются своими поверхностями, ударяются о стенки барабана. В результате технологического процесса галтовки происходит полирование поверхности детали галтовочными телами, абразивом и обрабатывающей средой. В качестве полирующего материала используются: фарфор, керамика, стекло, пластик, а также органические наполнители, различные абразивные наполнители. Наполнитель или галтовочные тела могут быть и разной формы, которые способствуют достижению определенных результатов (шероховатости или блеска). Чаще всего используют галтовочные тела, которые имеют форму эллипса, цилиндра и других геометрических форм.

Во время полировки заготовок из самоцветных камней при помощи галтовочных тел снимаются верхние и наиболее тонкие слои детали, на которых находятся различные микронеровности. При этом на самой детали остаются риски, которые по размерам еще меньше, чем неровности. Определить это самостоятельно на глаз невозможно, данная процедура допустима с применением различного метрологического оборудования и измерительных инструментов. Метрологическое обеспечение производства галтовки и полирования камней связано с применением механических измерительных инструментов: линеек, штангенциркулей, скоб различного достоинства и класса точности, оптических измерительных приборов: луп, микроскопов,

профилометров, эталонов шероховатости различного достоинства и класса. Кроме выше перечисленного, технологический процесс обработки камней – процесс галтовки и полировки необходимо обосновать технологическим процессом обработки и разработкой стандартов на конкретную продукцию процесса галтовки и полирования деталей. Тем самым на уровне республики поднять статус области стандартизации и обеспечения необходимыми стандартами эту отрасль промышленности и разработать в этой сфере необходимые и обязательные и жесткие нормативные данные.

Это обосновано использованием продукции технологического процесса галтовки и полирования в отрасли самолетостроения, кораблестроения, в сфере оборонной промышленности и аэрокосмической отрасли. Также продукция процесса галтовки и полирования деталей широко применима в медицинской отрасли и неразрывно связана с обеспечением здоровья населения страны – это различные хирургические имплантаты. Технологические процессы галтовки и полирования нашли широкое применение в сфере обработки драгоценных, полудрагоценных и поделочных камней. Драгоценные камни - это редкое труднодоступное и дорогое природное сырье, и их обработка связана со специальным точным производственным оборудованием: это алмазные резцы и фрезы, различное ультразвуковое и лазерное оборудование.

Универсальные возможности и практически безграничная область применения процесса галтовки и полирования позволяют осуществить обработку всех полудрагоценных и поделочных камней самоцветного материала промышленности. Разнообразию обрабатываемых образцов позволяет понять, насколько широк существующий спектр применения процесса галтовки и полирования.

Однако более детальное рассмотрение данного процесса обработки показывает, что лишь небольшое число возможных технологических процессов было реализовано до сих пор.

Для более эффективной и своевременной обработки самоцветных камней в республике, так как это отрасль промышленности является более новым и молодым течением, должен быть задействован практически весь потенциал, огромный промышленный потенциал оборудования, технологических и специально - технологических оборудования для обработки самоцветного камня.

Примечательно то, что финишная обработка самоцветных и поделочных камней на галтовочных станках улучшает формообразование режущей кромки инструмента. Микронное округление кромки режущего инструмента продлевает срок службы режущего инструмента в два-три раза, в результате обработки значительно снижаются сколы на режущих кромках и улучшается отвод стружки. Трение, воздействующее на инструмент, при галтовке возможно уменьшить финишной обработкой. [1,2,4] Это сокращает износ инструмента, например для формообразующих инструментов возможно снижение значения Ra до 0,15 мкм и увеличить производительность резания.

Ортопедические детали, имплантаты и медицинские инструменты, полируемые на галтовочных станках.

Таблица – 1

Ортопедические детали, имплантаты и медицинские инструменты

 <p>Протезы суставов и изделия для артопластики</p>	 <p>Хирургические детали, крепления, винты для соединения костей и т.д.</p>	 <p>Имплантаты, стоматологические боры, зубные протезы, ортодонтический инструмент и провололочные приспособления</p>	 <p>Инструмент для прессования таблеток</p>
--	--	---	--

Галтовка и полирование деталей вне зависимости от типа материала позволяют производить финишную обработку каждой отдельной поверхности в соответствии с областью применения деталей и требованиями, предъявляемыми к ним, подбора абразивных материалов, галтовочных технологий: выглаживание,

полирование, притупление кромок или удаление заусенцев проводится в соответствии с требованиями ГОСТ - а.



Рисунок 4. Имплантаты – зубы, изготовленные на галтовочном станке

Центробежно галтовочные машины мод. CF-SP с помощью планетарно-центробежной машины последовательно, без замены барабана и замены галтовочной среды (наполнителя в рабочем барабане), обработать заготовки. Таким образом, машины мод. CF-SP могут обеспечить значительную экономию затрат времени при галтовке или полировании заготовок, при этом обеспечивая высокое качество обработки заготовки. Данные машины одновременно обеспечивают удаление заусенцев, шлифовку и полирование поверхности самоцветного сырья за один рабочий цикл данного оборудования. Преимущество машины мод. CF-SP - выполнение мокрой шлифовки и полировки за один рабочий цикл технологического процесса без замены барабана (рабочего контейнера), галтовочного наполнителя и без его фильтрации.

Основное требование, предъявляемое к рабочим органам планетарно - центробежно галтовочных машин марки CF-SP и CF-T, удаление заусенцев и создание гладких поверхностей, является, несомненно, актуальной задачей для имплантатов медицинской отрасли и стоматологической практики. Планетарно - центробежно галтовочные машины CF-SP и CF-T являются подходящими во всех случаях галтовки, поверхностей имплантатов и зубов, изготовленных из нержавеющей стали, титана и керамики, машины CF-SP и CF-T поверхности имплантатов и зубов должны быть отлично сглажены и отполированы. Точность показателя Ra = 0,03 мкм всего за один рабочий цикл машины при обработке имплантатов и зубов.



Рисунок 5. Мелкие керамические зубные имплантаты.

Для мелких керамических, также пластиковых медицинских изделий и зубных имплантатов важно, чтобы удаление заусенцев, сглаживание и полировка выполнялись без заметного закругления кромок, так как кромки зубов выполняют роль режущего инструмента при откусывании еды.



Рисунок 6. Винтовые имплантаты

На винтовых имплантатах, также удаление заусенцев, их шлифование и полировка до блеска выполняются за один цикл обработки.

Для автомобильной промышленности технологический процесс галтовки поверхностей отдельных деталей и комплектующих имеет немаловажное значение. Детали, которые подвергаются совместной



Рисунок 7. Пластиковые медицинские изделия

обработке, окончательную обработку проходят в роторных галтовочных станках, а сложные детали, требующие более точной окончательной обработки, обрабатываются в потоковых галтовочных станках, или в буксирных галтовочных станках. Идеальная финишная обработка поверхности, обеспечиваемая галтовочными технологическими процессами, сокращает износ деталей и увеличивает их срок службы. На рисунке 2 приведены детали, которые полируются на галтовочных станках марки CF-SP и CF-T.

Таблица – 2

Детали, полированные на галтовочных станках марки CF-SP и CF-T.

 <p>Распределительные валы, шнеки и червячные валы</p>	 <p>Детали коробок переключения передач и двигателей</p>	 <p>Зубчатые колеса</p>	 <p>Лопатка турбины</p>
---	---	---	--

К отрасли промышленности, обрабатывающей высококачественные ювелирные изделия и дорогие часы, предъявляются строгие требования к качеству обрабатываемой поверхности. Благодаря правильному выбору абразивных материалов и современных высокоточных галтовочных оборудований можно достичь качества, приемлемого и эквивалентного ручному полированию. Образцы показаны в таблице 3.

Таблица -3

Образцы изделий, обрабатывающих на высокоточных галтовочных оборудованиях.

 <p>Браслеты и корпуса часов</p>	 <p>Драгоценные камни, коралл и янтарь</p>	 <p>Ювелирные изделия весом менее 10 г</p>	 <p>Ювелирные изделия весом более 10 г</p>
---	---	--	---

Отрасль промышленности задействована в самолетостроении, кораблестроении и строительстве аэрокосмической техники. Детали, комплектующие и элементы авиационного двигателя, рабочая лопатка турбины, лопатка компрессора, моноколесо и детали корпуса подвергаются тщательной полировке, до достижения малых значений Ra. Такие ответственные детали и комплектующие обрабатываются в верхней части галтовочных машин вибрационного типа. Вибрационно – галтовочные машины и оборудования оснащены специальным загрузочно – выгрузочным устройством для загрузки и выгрузки деталей для окончательного технологического процесса обработки. При интенсивных или напряженных режимах обработки используются дисковые центробежные машины Turbotron с возможностями реализации экологически чистых процессов полировки поверхностей с достижением значений $Ra \leq 0,2$ мкм. Вибрационное галтовочное оборудование позволяет выполнять эффективную и экономичную обработку деталей с большой поверхностью. это детали крыльев, фюзеляжа или шасси длиной до шести метров и максимальной шириной 1,3 метра. Для обработки крупно – габаритных и громоздких деталей используется система “мультивиб” (multi vib), которая

гарантирует интенсивное движение большой массы наполнителя, распределенное по всей длине обрабатываемой детали. Обеспечивает равномерную обработку всей его поверхности, также решает экономически оправданные технологические решения по обработке массовой продукции, как болты и заклепки.

Литература

1. **Патент № ТЈ 648** Таджикистан. МПК(2014), В24В1/00. Способ абразивной центробежно-планетарной обработки заготовок из различных материалов [Текст] / А.И. Мирзоалиев; И.М. Мирзоалиев; Т.А. Ходжаев [и др.]. - №1300824 ; заявл. 09.12.2016. опубл. 10.11.2014, бюл.-№99-с.14
2. **Патент. № ТЈ 647** Таджикистан. МПК(2014), В24В31/00. Планетарно-центробежная установка для абразивной обработки заготовок из различных материалов [Текст] / А.И. Мирзоалиев; И.М. Мирзоалиев; Т.А. Ходжаев [и др.]. - №1300823 ; заявл. 09.12.2013 опубл. 10.11.2014, бюл. №99-с.13
3. **Мирзоалиев А.И.** Повышение эффективности процесса центробежной абразивной галтовки за счет совершенствования конструкторско-технологических решений. [Текст]: Дис...канд. технич. наук: 05.02.07/ А.И. Мирзоалиев;
4. Зверовщиков В.З. Технологическое обеспечение качественных показателей поверхностей деталей на основе центробежной обработки дискретным шлифовальным материалом. [Текст]: дис... докт. техн. наук: 05.02.08 и 05.03.01/ В.З. Зверовщиков - Пенза- 2005.-С.15-25.

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

TJ	RU	EN
Бобоев Даврон Манонович	Бобоев Даврон Манонович	Boboev Davron Manonovich
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
	boboev58@bk.ru	
	(+992) 907717558	
TJ	RU	EN
Мирзоалиев Азим Исроилович	Мирзоалиев Азим Исроилович	Mirzoaliev Azim Isroilovich
Номзади илмҳои техники	К.т.н.	candidate of technical sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
	azimjon86_86@mail.ru	
	(+992) 935391113	
TJ	RU	EN
Амонов Салим	Амонов Салим	Amonov Salim
аспирант	аспирант	graduate student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
	male_lion94@mail.ru	
TJ	RU	EN
Холов Фаридун	Холов Фаридун	Kholov Faridun
аспирант	аспирант	graduate student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
	male_lion94@mail.ru	

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА Mg-1%Zn, ОБРАБОТАННОГО МЕТОДОМ РКУП

Г. Д. Худододова^{1,2}, О. Б. Кулясова^{1,2}

¹Институт физико перспективных материалов, Уфимский государственный авиационный технический университет

²Башкирский государственный университет

Методами оптической и сканирующей электронной микроскопии исследована структура магниевого сплава Mg-1%Zn после равноканального углового прессования (РКУП). Установлено, что увеличение эквивалентной деформации за счет увеличения числа проходов через РКУП-матрицу приводит к более интенсивному измельчению зерна в сплаве. При достижении эквивалентной деформации 7,2 наблюдается средний размер зерна 12 мкм. Показано, что образцы РКУП демонстрируют высокую микротвердость 44,2 HV и повышенный предел прочности при растяжении 210 МПа, что почти в 2 раза выше по сравнению с гомогенизированным состоянием, при высокой пластичности до 31,8%.

Ключевые слова: магниевые сплавы; равноканальное угловое прессования (РКУП), прочность, микротвердость.

ТАЪСИРИ ТАҒЙИРОТИ СОҲТОРӢ БА ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ ХӮЛАИ Mg-1%Zn, КИ АЗ ҶОНИБИ ЕСАР КОРКАРД ШУДААСТ

Г. Д. Худододова, О. Б. Кулясова

Реферат. Сохтори хӯлаи магнийи Mg-1%Zn пас аз пахшкунии кунҷӣ (ЕСАР) тавассути микроскопиии электроники оптикӣ ва сканерӣ омӯхта шуд. Муайян карда шуд, ки зиёд кардани шиддати эквивалентӣ тавассути зиёд кардани шумораи гузариишҳо тавассути штампи ЕСАР боиси равшантар шудани гандум дар хӯла мегардад. Вақте ки шиддати эквивалентӣ ба 7,2 расид, андозаи миёнаи дона 12 мкм мушоҳида шуд. Муайян карда шуд, ки намунаҳои ЕСАР имкон медиҳанд, ки микросаҳтии баланди 44,2 Вт ва зиёд шудани қувваи кашиш 210 МПа нишон дода шаванд, ки ин нисбат ба ҳолати гомогенизатсияшуда тақрибан 2 маротиба зиёд буда, пластикии баланд то 31,8% аст.

Калидвожаҳо: хӯлаҳои магний; пахшкунии кунҷии баробар-канал (ЕСАР), қувват, microhardness.

THE EFFECT OF STRUCTURAL CHANGES ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE Mg-1%Zn ALLOY PROCESSED BY ECAP

G. D. Khudododova, O. B. Kulyasova

The structure of the magnesium alloy Mg-1%Zn after equal-channel angular pressing (ECAP) has been studied by optical and scanning electron microscopy. It was established that increasing the equivalent strain by increase a number of passes through a ECAP die leads to more pronounced grain refinement in the alloy. When equivalent strain achieved 7.2, an average grain size of 12 μm was observed. It was shown that ECAP samples allow to demonstrate high microhardness of 44.2 HV and increased tensile strength of 210 MPa, which is almost 2 times higher compared to the homogenized state, with high plasticity up to 31.8%.

Key words: magnesium alloys; equal-channel angular pressing (ECAP), strength, microhardness.

Введение

Создание новых биоразлагаемых материалов является одним из приоритетных направлений развития материаловедения для нужд медицины. В результате был разработан имплантат, растворяющийся с контролируемой скоростью и не оказывающий вредного воздействия на организм человека [1-3] и выполняющий свои функции в течение времени, необходимого для восстановления поврежденной кости (12-14 недель). Магний, который может быть использован в биорастворимых имплантатах, вызывает особое внимание специалистов, поскольку он полностью биосовместим [1].

Сложность заключается в том, что чистый магний непрочен и очень быстро растворяется в физиологической среде с высоким содержанием хлоридов, вследствие чего теряет свои функции до полного восстановления кости. Повышение прочностных характеристик магния может быть достигнуто за счет большого количества растворенных веществ. Однако из-за растворимости сплава в организме человека значительно сужается выбор легирующих элементов, они должны быть биологически инертными [4,5].

Кроме того, установлено, что в результате высокого содержания легирующих элементов в сплавах образуются вторичные фазы, которые являются барьерами для движения дислокаций при пластической деформации и, соответственно, в сплаве резко снижается пластичность. В данной работе был выбран слаболегируемый сплав Mg-1%Zn, в котором минимизирована объемная доля вторичных фаз. Выбранный легирующий химический элемент не токсичен для организма и не вызывает негативных последствий [6-9]. Кроме того, известно, что за счет измельчения зерна методами ИПД можно повысить прочность в различных металлах и сплавах, в том числе магневых сплавов [10-13]. В то же время для применения в медицине важно получать объемные ультрамелкозернистые материалы, например, методом равноканального углового

прессования (РКУП). Однако имеются лишь ограниченные публикации о микроструктуре и свойствах сплавов Mg-Zn, подвергнутых деформации методом РКУП [14]. Поэтому целью настоящей работы было выявить эволюцию структуры в процессе РКУП и ее влияние на механические свойства Mg-1%Zn.

Материал и методики исследования

В качестве исходного материала для исследований был выбран литой сплав Mg-1%Zn. Исходные отлитые образцы подвергали гомогенизирующему отжигу при температуре 450°C в течение 24 часов с охлаждением в воде. Термообработку образцов проводили в муфельной печи Nabertherm. Измельчение структуры осуществляли методом равноканального углового прессования (РКУП). РКУП проводили в штампе с углом пересечения каналов 120° со скоростью 6 мм/мин на образцах диаметром 20 мм после предварительного нагрева заготовки при температуре прессования 20 мин.

Для выявления эволюции структуры было проведено несколько режимов РКУП (рис.1). Деформацию по режиму 1 проводили за два прохода (N=2) прессования при температуре 400°C. В случае режима 2 к существующим двум проходам при температуре 400°C добавили два прохода при температуре 350°C (общее количество проходов N=4). При режиме 3 к имеющимся двум проходам при температуре 400°C, двум проходам при температуре 350°C добавили еще два прохода при температуре 300°C (общее количество проходов N=6). В случае режима 4 к 6 проходам по режиму 3 добавили два прохода при температуре 250°C (общее количество проходов N=8). Эквивалентная деформация при режимах 1, 2, 3 и 4 составила 1.8, 3.6, 5.4 и 7.2 соответственно.

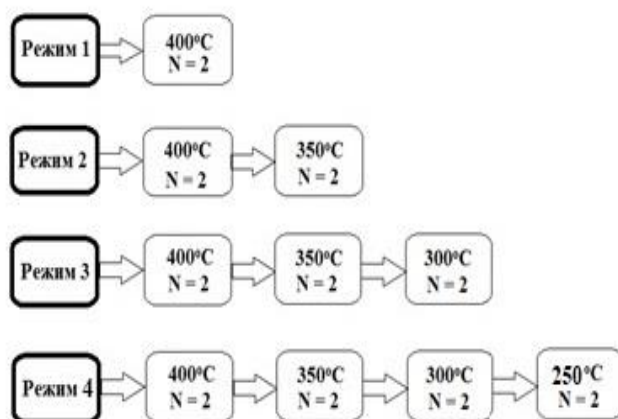


Рис.1 – Схема деформации магниевого сплава Mg-1%Zn при РКУП

Макроструктуру исследовали на оптическом микроскопе Olympus GX51. Анализ микроструктуры проводили на растровом электронном микроскопе (РЭМ) JEM-6390 при ускоряющем напряжении 10 кВ. Микротвердость (HV) измеряли методом Виккерса на измерительном приборе Micromet 5101 с нагрузкой 50 г и выдержкой 10 с. Испытания на растяжение проводили на испытательной машине Instron 5982 при комнатной температуре и скорости деформации 10^{-3}с^{-1} с использованием образцов с размером рабочей части $0,6 \times 1 \times 4,5 \text{ мм}^3$. Для каждого состояния испытывалось не менее 5 образцов.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование структуры сплава

Структура образцов сплава Mg-1%Zn после гомогенизационного отжига состоит из равноосных зерен α -Mg со средним размером 555 мкм (рис. 2). В структуре также наблюдаются двойники отжига.

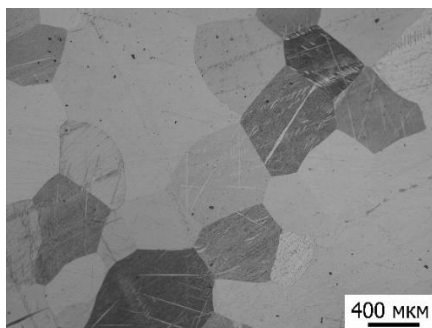
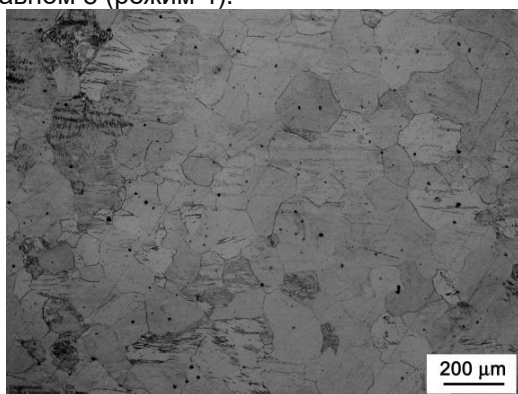
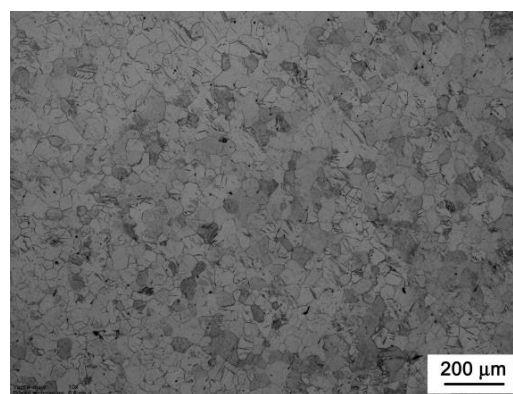


Рис. 2. Структура магниевого сплава Mg-1%Zn в исходном состоянии

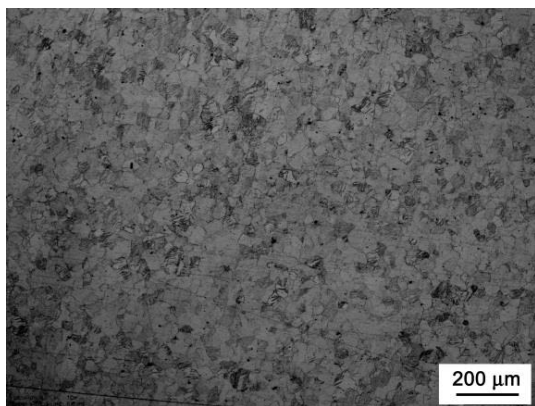
Деформация РКУП по режиму 1 привела к сильному измельчению зеренной структуры в сплаве Mg-1%Zn (рис. 3а). Средний размер зерен уменьшился с 555 мкм (исходное состояние) до 68 мкм (2 прохода РКУП). При увеличении количества проходов РКУП до 4 была сформирована еще более мелкая структура со средним размером зерен примерно 43 мкм (рис. 3б). Однородная по объему структура наблюдалась при числе проходов РКУП, равным 6 (режим 3). Средний размер зерен составил 21 мкм (рис. 3в). Наименьший средний размер зерна 12 мкм (рис. 3г) в сплаве Mg-1%Zn методом РКУП был сформирован при суммарном количестве проходов, равном 8 (режим 4).



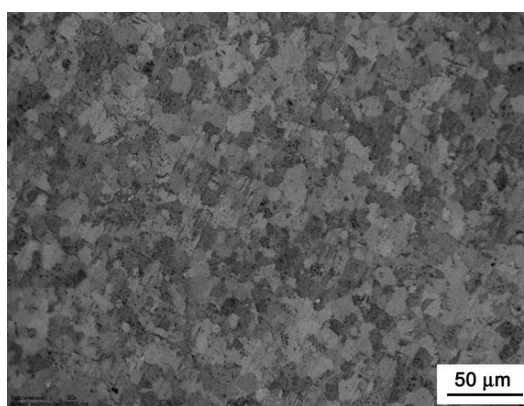
а



б



в



г

Рис. 3. Структура образцов Mg-1%Zn сплавов после РКУП:
а – 2 прохода; б – 4 прохода; в – 6 проходов; г – 8 проходов.

Механические испытания сплава Mg-1%Zn

Микротвердость гомогенизированного крупнозернистого состояния сплава Mg-1%Zn составила $35,5 \pm 4,2$ Нв. В результате пластической деформации методом РКУП прошедшие структурные изменения обеспечили

повышение значений микротвердости. После двух проходов РКУП значения микротвердости были повышены до $36,8 \pm 3,6$ Нv, а после 4, 6 и 8 проходов до $40,7 \pm 4,8$, $43,1 \pm 4,3$ и $44,2 \pm 4,7$ Нv, соответственно (рис. 4).

На рисунке 5 приведена диаграмма растяжения исследуемого сплава для различных состояний. Сплав Mg-1Zn, в гомогенизированном состоянии обладает большей прочностью (138 МПа), чем чистый магний (35 МПа [14]). В деформированном состоянии его прочность повысилась с увеличением степени деформации (таблица 1). Так, после 2 проходов предел прочности составил 183 МПа, после 4 и 6 проходов достиг значений 201 и 200 МПа, а после 8 проходов РКУП вырос до значения 210 МПа, что почти в 2 раза больше по сравнению с гомогенизированным состоянием (рис. 5). Также существенно был повышен предел текучести со значений 29 МПа в гомогенизированном состоянии до 65 МПа после деформации методом РКУП с общим числом проходов, равным 8. По полученным результатам можно сделать вывод о влиянии среднего размера зерен на параметры прочности сплава – чем меньше средний размер зерна, тем выше прочностные характеристики. Из диаграммы растяжения также можно заметить, что после 6 и 8 проходов РКУП наблюдалось небольшое относительное удлинение до разрушения при растяжении. Данный эффект вероятно связан с формированием в структуре пакетов вытянутых зерен, которые охрупчивают материал. С увеличением количества проходов пластичность увеличивается за счет формирования однородной структуры по всему объему образцов.

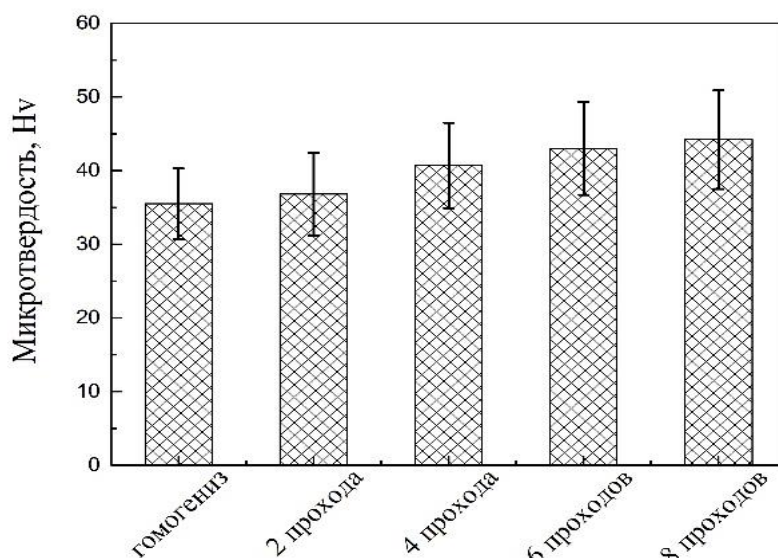


Рис. 4. Микротвердость сплава Mg-1%Zn в гомогенизированном состоянии и образцов, подвергнутых РКУП с различным количеством проходов

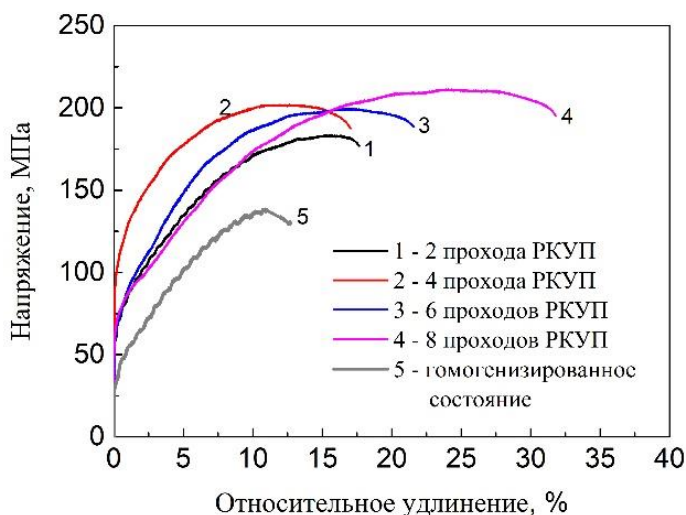


Рис.5. Кривые механических испытаний на растяжение сплава Mg-1%Zn до и после РКУП

Таблица 1. Механические свойства на растяжение малых образцов сплава Mg-1%Zn

№	Состояние	Mg-1%Zn		
		$\delta_{0,2}$, МПа	δ_B , МПа	δ %
1	Гомогенизированное	29	138	12,7
2	2 прохода РКУП	58	183	17,6
3	4 прохода РКУП	86	201	17,0
4	6 проходов РКУП	60	200	21,6
5	8 проходов РКУП	65	210	31,8

Заклучение

Исследованы микроструктура и механические свойства сплава Mg-1%Zn, перспективного для использования в качестве материала для изготовления биodeградируемых имплантатов после деформации методом равноканального углового прессования. Было показано, что увеличение эквивалентной деформации привело к формированию более однородной структуры с меньшим средним размером зерна. Наименьший средний размер зерна (12 мкм) был достигнут при наибольшей эквивалентной деформации (7,2). Полученные при этой деформации структурные параметры обеспечили наибольший прирост предела прочности при растяжении до 210 МПа, а пластичность увеличивалась почти в 3 раза до 31,8% чем у гомогенизированного образца (12,7%), что представляет большой интерес и делает этот сплав перспективным для использования в качестве материала для изготовления биорезорбируемых имплантатов.

Список литературы

1. T. Peng and L. Xuanyong. Surface modification of biodegradable magnesium and its alloys for biomedical applications. *Regenerative Biomaterials*. -2015. -V. 2. -Pp. 135–151.
2. M. P. Staiger, A. M. Pietak, J. Huadmai and G. Dias. Magnesium and its alloys as orthopedic biomaterials: A review. *Biomaterials*. – 2006. – V. 27. Pp. 1728-1734.
3. P. R. Cha, H. S. Han, G. F. Yang, Y. C. Kim, K. H. Hong, S. C. Lee and J. Y. Byun. Biodegradability engineering of biodegradable Mg alloys: Tailoring the electrochemical properties and microstructure of constituent phases. *Scientific reports*. – 2013. – V. 3. – 2367 p.
4. H. R. Bakhsheshi-Rad, M. H. Idris, M. R. Kadir, S. Farahany, A. Fereidouni and M. Yahya. Characterization and Corrosion Behavior of Biodegradable Mg-Ca and Mg-Ca-Zn Implant Alloys. *Applied Mechanics and Materials*. – 2012. – V. 121-126. – 526 p.
5. R. Nowosiolski, Ryszard et al. Achievements in Materials and Manufacturing Engineering Methodology and tools of ecodesign. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. – 2013. –V. 61. – 367 p.
6. Y. N. Zhang, X. D. Liu, Z. Altounian and M. Medraj. Coherent nanoscale ternary precipitates in crystallized Ca₄Mg₇₂Zn₂₄ metallic glass. *Scripta Materialia*. – 2013. – V. 68. - Pp. 647-650.
7. M. Salahshoor and Y. B. Guo. Biodegradable Orthopedic Magnesium-Calcium (MgCa) Alloys, Processing, and Corrosion Performance. *Materials* – 2012. – 135p.
8. H. R. Bakhsheshi-Rad, M. H. Idris, M. R. Abdul-Kadir, A. Ourdjini, M. Medraj, M. Daroonparvar and E. Hamzah. Mechanical and bio-corrosion properties of quaternary Mg–Ca–Mn–Zn alloys compared with binary Mg–Ca alloys. *Materials & Design*. – 2014. - V. 53. - Pp 283-292.
9. K. Kubok, L. Litynska-Dobrzynska, J. Wojewoda-Budka, A. Góral and A. Debski. Investigation of structures in As-cast alloys from the Mg-Zn-Ca system. *Archives of Metallurgy and Materials*. – 2013. – V. 58. – Pp. 329-333.
10. R. Z. Valiev, R. K. Islamgaliev and I. Alexandrov. Bulk Nanostructured Materials from Severe Plastic Deformation. *Progress in Materials Science*. – 2000. – Pp. 103-189.
11. O. B. Kulyasova, R. K. Islamgaliev, Y Zhao and R. Z. Valiev. Enhancement of the Mechanical Properties of an Mg–Zn–Ca Alloy Using High-Pressure Torsion. *Advanced Engineering Materials*. – 2015. – V. 17. – Pp. 1738-1741.
12. J. Cizek, I. Prochazka, B. Smola, I. Stulikova, V. Očenášek, R. K. Islamgaliev and O.B. Kulyasova. Microstructure Development and Ductility of Ultra-Fine Grained Mg-Gd Alloy Prepared by High Pressure Torsion. *Materials Science Forum*. – 2010. – V. 633-634. - Pp 353-363.
13. O. B. Kulyasova, R. K. Islamgaliev, A. R. Kil'mametov and R. Z. Valiev. Superplastic behavior of magnesium-based Mg10 wt % Gd alloy after severe plastic deformation by torsion. *The Physics of Metals and Metallography*. – 2006. – Pp. 585-590.

14. A. Yu. Vinogradov, E. V. Vasil'ev, M. L. Linderov, D. L. Merson and O. E. Rjevskaja. The influence of equal channel angular pressing on the structure and mechanical properties of magnesium Mg-Zn-Ca alloys. *Frontier Materials & Technologies*. – 2015. – V.4. –Pp. 18-24.

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

TJ	RU	EN
Худододова Ганджина Дастамбueвна	Ходжаев Таджиддин Авгонович	Khudododova Ganjina Dastambuevna
Ходими хурди илмӣ	Младший научный сотрудник	Junior Research
УГАТУ, БГУ	УГАТУ, БГУ	USATU, BSU
Khudododova.gd@gmail.com		
https://orcid.org/0000-0002-1273-8518		
TJ	RU	EN
Кулясова Ольга Борисовна	Кулясова Ольга Борисовна	Kulyasova Olga Borisovna
Н.и.т.	К.т.н., с.н.с	Ph.D., senior researcher
УГАТУ, БГУ	УГАТУ, БГУ	USATU, BSU
Khudododova.gd@gmail.com		
https://orcid.org/0000-0002-1273-8518		

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ПОЛИРОВАНИИ

Бобоев Д.М., Мирзоалиев А.И., Ходжаев Т.А., Махмадуллоев Р.З.

Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими

В работе исследован процесс вибрационного полирования самоцветных камней. Определена производительность вибрационного полирования самоцветных камней. Установлена целесообразность применения вибрационного полирования при обработке самоцветных камней.

Ключевые слова: галтовка, абразив, производительность, центробежная сила, барабан, устройства, полирование камней, вибрационное полирование, самоцветные камни.

RESEARCH OF SURFACE LAYER PROCESSING PARAMETERS WITH VIBRATION POLISHING

Boboev D.M., Mirzoaliev A.I., Khodjaev T.A., Makhmadulloev R.Z.

the process of vibration polishing of semi-precious stones was studied in the work. The performance of vibratory polishing of semi-precious stones was determined. The expediency of using vibration polishing in the processing of semi-precious stones has been established.

Key words: tumbling, abrasive, productivity, centrifugal force, drum, devices, stone polishing, vibration polishing, semi-precious stones, mode. roughness, surface finish, burr.

ТАДҚИҚОТИ ПАРАМЕТРИ КОРКАРДИ САТҲИ БОЛОИ ҲАНГОМИ САЙҚАЛДИҲИИ ЛАРЗИШӢ

Бобоев Д.М., Мирзоалиев А.И., Ходжаев Т.А., Махмадуллоев Р.З.

Дар мақолаи мазкур, хусусияти хоси сайқалдиҳии сангҳои рангаи табиӣ ба мақсад мувофиқ будани истифодаи дастгоҳи сайқалдиҳандаи ларзишӣ, тарзи коркард, реҷаи коркард ва хусусиятҳои технологияи коркарди ларзишӣ- таҷрибавӣ муайян карда шудааст, галтовкақунонии планетарӣ –марказгурез нишон дода шудааст.

Калидвожаҳо: галтовка, сайқалдиҳӣ, протсесс, абразив, маҳсулноқӣ, барабан, таҷҳизот,режим.

Выдающиеся российские ученые - исследователи посвятили существенные научные труды исследованию параметров поверхностного слоя после вибрационной обработки и достигли на этом поприще определенных достижений. В научных трудах Бабичева М.А., Тамаркина Ю.В., Дымова А.П. и многих других подробно освещена эта область - вибрационное полирование поверхностного слоя самоцветных камней.

Особенно в этом направлении надо отметить исследования Бабичева М.А., которые носят всесторонний характер, и в них отражены проблемы, связанные с вибрационным полированием поверхностного слоя самоцветных камней. Им проведено большое количество существенных экспериментов по вибрационному полированию поверхностного слоя самоцветных камней, обработке и исследованию выбора различных режимов обработки обрабатываемых материалов, выбора и обоснования абразивных средств, составов технологических жидкостей. Также им проводились всесторонние исследования параметров поверхностного слоя.

Но несмотря на солидные научные труды русских исследователей, часто в механообрабатывающем производстве технологических процессов вибрационного полирования процесс механической обработки самоцветных камней рассматривается современными исследователями применительно к решению следующих задач:

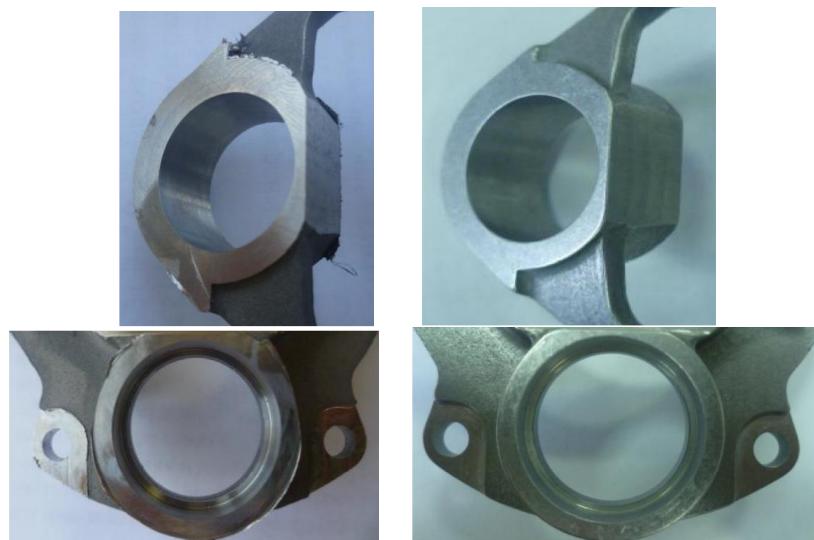
- удаление заусенцев;
- округление острых кромок;
- улучшение шероховатости поверхности камнесамоцветного материала и детали.

Проведя анализ, рассмотрим каждый этот аспект в отдельности:

1. Удаление заусенцев и округление острых кромок при механической обработке камнесамоцветного сырья:

В технологии машиностроения удаление заусенцев заготовок и деталей, округление и притупление острых кромок заготовок и деталей - самые распространённые слесарные операции. Этот технологический процесс применяется во всех отраслях промышленности и народного хозяйства республики с целью предупреждения техники безопасности от ран и травм, с целью их механизации и автоматизации этого технологического процесса в производстве изготовления различного рода заготовок, в том числе в производстве самоцветного камня широко используется вибрационное полирование. Что улучшает качество поверхности продукции.

На рисунке 1 представлено состояние механически обработанных поверхностей до и после вибрационного полирования.



1. до вибрационного полирования.

2. после вибрационного полирования

Рисунок 1 – Состояние механически обработанных поверхностей до и после виброполировальной обработки

Невооруженным глазом видно, что полированная поверхность детали 2 по своим качественным характеристикам коренным образом отличается от детали 1. Как видно из представленных рисунков, на рисунке 1. после механической обработки на всех кромках присутствуют ярко выраженные заусенцы. После проведения операции технологического процесса галтовки - вибрационного полирования они отсутствуют. Для удаления заусенца требуется обеспечить на кромке съём материала равный толщине основания заусенца или превышающий её. Наиболее интенсивно съём материала происходит именно на кромках обрабатываемых деталей, как это показано на рисунке 3. Первые 10 часов обработки действует соотношение $\Delta R / \Delta P = 10$

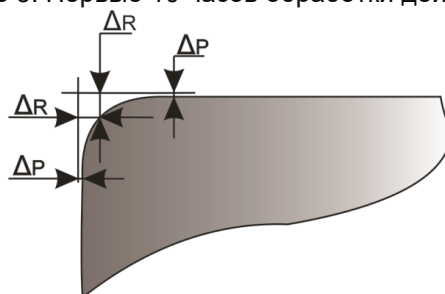


Рисунок 3 – Схема округления кромки при вибрационном полировании.

Наиболее интенсивный съём материала на кромке связан с тем, что на кромку оказывается более интенсивное воздействие абразивных гранул.

Поэтому вибрационная галтовка поверхностей деталей нашла широкое применение в отрасли машиностроения и обработки самоцветного камня.

Технологический процесс обработки деталей в вибрационных установках получил более широкое распространение и является перспективным для широкого спектра деталей машин и приборов и отрасли обработки самоцветного камня, преимущественно для деталей со сложной формой рабочих поверхностей. При обработке детали и обрабатывающая среда загружаются в контейнер или барабан вибрационной установки, которая упруго подвешена на пружинах с возможностью колебаться в различных направлениях. Под воздействием вибрации детали и обрабатывающая среда перемещаются относительно друг друга по определенной траектории, форма и направление которой определяется направлением вибрации и конструкцией контейнера или барабана.

В зависимости от состава применяемой обрабатывающей среды (гранула, порошок, паста и размеры обрабатывающей среды и ее механические свойства) происходит механический или механо - химический

процесс съема металла, а также его окислов с обрабатываемой поверхности. Также автоматически происходит сглаживание неровностей исходной поверхности путем их пластического деформирования частицами рабочей среды, которые совершают в процессе обработки сложное пространственное движение. В результате чего рабочая среда и детали приходят в относительное перемещение. Под воздействием возмущающей силы – вибратора рабочая среда контейнера получает сложное движение - колебание каждой частицы загруженной массы, совпадая с частотой колебания контейнера и медленной загруженной массой, происходит в направлении противоположном вращению несбалансированной массы вибровозбудителя. Технологический процесс обработки загруженной массы сопровождается последовательным нанесением по поверхности обрабатываемых самоцветных камней большого числа микроударов частицами рабочей среды при их взаимном соударении и скольжении. Производительность технологической обработки и качество поверхности самоцветного камня зависят от механических свойств применяемого абразивного материала. Механическую обработку можно производить всухую, но, как правило, она осуществима при непрерывном поливе загруженной обрабатываемой массы жидкости. Смазывающе-охлаждающая жидкость обеспечивает удаление продуктов обработки и смачивает детали и абразивные гранулы, что способствует их равномерному распределению по объему контейнера или барабана

Для повышения производительности обработки камнесамоцветного материала необходимо интенсифицировать колебательный процесс. Этот процесс достигается увеличением частоты и амплитуды колебаний контейнера или барабана. Обычно контейнер может колебаться в различных направлениях с частотой 900...3000 мин⁻¹ и амплитудой 0,5...8 мм. В данном случае скорости частиц рабочей среды могут достигать 0,3...1 м/с, а их ускорение 20... 150 м/с². При таком технологическом раскладе технологического процесса обработки средняя температура в рабочей зоне загруженной массы обычно не превышает 30...40°С. При этом продолжительность обработки самоцветного камня в среднем составляет 8...10 часов. Шероховатость поверхности, достигаемая при обработке камня при соблюдении требований технологического процесса, составляет $d=0,2...0,15$ мкм при исходной шероховатости $Ra - 1,25...0,8$ мкм.

При обработке заготовок колебания от стенок и дна контейнера или барабана соответственно передаются ближайшим слоям загруженной рабочей массы. В момент столкновения загруженной рабочей массы со стенками или дном контейнера или барабана загруженная масса начинает уплотняться, и после отрыва разрыхляется. Исходя из вышеизложенного, по мере удаления от стенок контейнера или барабана амплитуда колебаний и интенсивность обработки значительно уменьшаются. Это происходит с технологически загруженной рабочей массой [1,2,3]. Исходя из этого, является очевидным, что более эффективная обработка заготовки происходит на дне контейнера, барабана, где давление рабочей среды выше, чем в другом пространстве контейнера, барабана. Для улучшения и выравнивания создавших условий обработки и интенсификации съема металла применяют специальную оснастку, с помощью которой детали свободно или принудительно движутся в контейнере, барабане.

В процессе вибрационной обработки самоцветных камней для достижения высокой производительности выпускаемой продукции требуется использование абразивных наполнителей, обладающих хорошей режущей способностью и достаточной износостойкостью [1,2,3]. Основным и единственным условием выбора материала абразива является постоянность режущих свойств применяемого абразива в процессе обработки. Установлено [1], что лучшие показатели качества поверхности достигаются при использовании электрокорунда нормального или белого. Влияние загруженной массы на процесс вибрационной абразивной обработки практически аналогичен и схож с технологическим процессом шлифования абразивными кругами и проявляется в способности загруженной массы удерживать затупившиеся заготовки [1,2,3]. Материал загруженной массы существенно не влияет на съем металла. При использовании керамической загруженной массы отмечается наибольшая интенсивность съема металла, а при использовании вулканического наполнителя интенсивность съема металла наименьшая [1]. В последнее время в производстве широкое применение получают полимерные гранулы. Опытными исследованиями [2,3] установлено, что гранулы менее интенсивно воздействуют на ребра и углы деталей, но хорошо удаляют металл с плоских и фасонных поверхностей, существенно снижая шероховатость поверхности.

Для обеспечения равных контактных давлений в объеме загруженной рабочей массы и повышения стабильности применяют вибрирующее дно при неподвижных стенках контейнера, барабана или вибрирующие боковые стенки, или вибрирующую крышку. Для интенсификации обработки за счет повышения контактного давления наполнителя на обрабатываемые поверхности используют резонансные станки или создают контейнеры, барабаны или комбинированные различные виды энергии: вибрационную механохимическую обработку или вибрационную абразивную электрохимическую обработку, вибрационную магнитно-абразивную

обработку, вибрационную механико-термическую обработку. Вибрационная электрофизическая обработка также приемлема для обработки поверхности. [2].

Широкие технологические возможности вибрационных установок и станков, возможность механизации и автоматизации всего цикла обработки [3] обеспечили внедрение вибрационной технологии на многих предприятиях страны.

В целом вибрационный метод обработки имеет ряд существенных недостатков, ограничивающих его внедрение в производство, так как это сравнительно высокая продолжительность обработки - до 8...10 часов. Также относительная сложность применяемого технологического оборудования и невысокая надежность оборудования, так как вибрации нередко приводят к усталостному разрушению сварных и открепленному крепёжных соединений. Также причина в низкой производительности обработки и неудовлетворительном качестве внутренних полостей и поверхностей деталей. И еще высокий уровень шума при эксплуатации вибрационных станков, что затрудняет их встраивание в технологический поток.

Недостатком галтовочной и вибрационной обработки является невысокая интенсивность воздействия абразивного материала на обрабатываемую среду и на поверхность деталей.

При обработке легкодеформируемых тонкостенных деталей появляется необходимость в снижении контактного давления абразивной среды. Вибрационная шпиндельная обработка основана на использовании дискретного мелкодисперсного шлифовального материала, которому посредством низкочастотных колебаний придают свойства текучести и производят вибрационное оживление сыпучего материала для погружения в него обрабатываемых деталей [2,3].

Для финишной обработки деталей, имеющих сложно профильную поверхность деталей с малой жесткостью, перспективным является обработка в псевдоожженном слое свободного абразива.

Литература

1. Толкачев А.В. Повышение производительности вибрационного полирования лопаток компрессора гтд абразивными гранулами.[Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.02.07 / А.В. Толкачев. - Рыбинск – 2015.-С.38-42.
2. Акулорвич Л.М. Основы магнитной абразивной обработки металлических поверхностей: Л.М. Акулорвич, Л.Е. Сергеев. Методические указания. Минск 2012.-43с.
3. Мирзоалиев А.И. Повышение эффективности процесса центробежной абразивной галтовки за счет совершенствования конструкторско-технологических решений. [Текст]: Дис....канд . технич. наук: 05.02.07/ А.И Мирзоалиев;

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

TJ	RU	EN
Бобоев Даврон Манонович	Бобоев Даврон Манонович	Boboev Davron Manonovich
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
boboyev58@bk.ru		
(+992) 907717558		
TJ	RU	EN
Мирзоалиев Азим Исроилович	Мирзоалиев Азим Исроилович	Mirzoaliev Azim Isroilovich
Номзади илмҳои техники	К.т.н.	candidate of technical sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
azimjon86_86@mail.ru		
(+992) 935391113		
TJ	RU	EN
Ходжаев Таджиддин Авгонович	Ходжаев Таджиддин Авгонович	Khodzhaev Tajiddin Avgonovich
Номзади илмҳои техники	К.т.н.	candidate of technical sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
tojiddin67@mail.ru		

(+992)934477381		
TJ	RU	EN
Маҳмадуллоев Раҳмонали Зафарович	Маҳмадуллоев Раҳмонали Зафарович	Mahmadulloev Rahmonali Zafarovich
аспирант	аспирант	graduate student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
maie_lion94@mail.ru		
(+992)901069160		

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЕ МОДЕЛИ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

А.А.Дододжанов, С.Ш.Миррахматов

В работе рассмотрены наиболее распространенные герметизирующие паяные соединения (ПС), в микроэлектронике неоднородные соединения: нахлесточные; с балочными выводами; со столбиковыми выводами; со вскрывающим элементом в виде проволоки или ленты.

Ключевые слова: метод конечных элементов, паяные соединения, напряженно-деформированное состояние, дефекты паяных соединений.

FINITE ELEMENT METHOD OF SOLAR JOINTS OF MICRO ELECTRONIC DEVICES

A.A. Dododzhanov, S.Sh. Mirrahmatov

In present research work the most spread pressuring, solder joints (SJ) in microelectronic of heterogeneous joints, such as: lap joints, joints with beam withdrawals, joints with pillar withdrawals, joints with opening elements in the shape of wire or tape are considered.

Key words: the method of finite elements, solder joints, stress-strain state, defects of solder joint.

МОДЕЛҲОИ ЭЛЛЕМЕНТҲОИ ПАЙВАСТАГИҲОИ ЛАҲИМШУДАИ ЭЛЕМЕНТҲОИ АСБОҶОИ МИКРОЭЛЕКТРОНИ

А.А.Дододжанов, С.Ш.Миррахматов

Дар мақола маъмултарин пайвандҳои кафшерии муҳр (PS), буғумҳои гетерогенӣ дар микроэлектроника баррасӣ мешаванд: lap; бо хулосаҳои ҷӯб; бо хулосаҳои бар; бо унсурҳои кушода дар шакли сим ё лента.

Калидвожаҳо: усули унсурҳои ниҳой, пайвандҳои кафшер, ҳолати стресс-тарафдор, нуқсонҳои буғумҳо,

Одним из наиболее перспективных численных методов расчета конструкций при действии механических и термических нагрузок является метод конечных элементов. Данный метод путем дискретизации на конечных элементах малых размеров позволяет моделировать конструкции с учетом неоднородности структуры ПС, учитывать влияние дефектов ПС на напряженно-деформированное состояние (НДС) при внешних воздействиях. Дефекты в виде пор, непропаев, неспаев и трещин моделируют путем задания нулевых характеристик механических свойств материалов (модуль упругости, коэффициент Пуассона, коэффициент линейного термического расширения). Метод позволяет задавать различные виды нагрузок (сосредоточенное, распределенное, термическое и механическое воздействие) [1].

Результатом моделирования являются перемещение узлов конечных элементов, усилия и напряжения в конечных элементах. Метод конечных элементов позволяет рассчитывать конструкцию практически любой сложности.

Конечно-элементные модели разработаны с использованием программного комплекса расчета конструкций методом конечных элементов «СПРИНТ» [2], который позволяет конструкции свести к стержневым, пластинчатым, объемным элементам, произвольным образом закрепленным и нагруженным. Разбиение конструкции на конечные элементы (КЭ) выполняется с помощью нанесения сетки. При этом образуются ячейки и узлы. Конечные элементы к узлам сетки могут прикрепляться через упругие связи, жесткие вставки или шарнирно. Количество элементов конструкции должно быть достаточно велико для обеспечения хорошей ее аппроксимации. Модели строили, используя деформационную проверку – деформированное состояние сравнивали с экспериментальными данными для аналогичных объектов.

Разработаны следующие математические модели: паяные соединения герметизирующего корпуса микроэлектронных устройств (таблица 1), для анализа напряженно - деформированного состояния в структурно – неоднородных паяных соединениях элементов микроэлектронных устройств [3]:

- соединение кристалла кремния с коваровым основанием золото-кремниевого эвтектического припоя (рисунок 1);

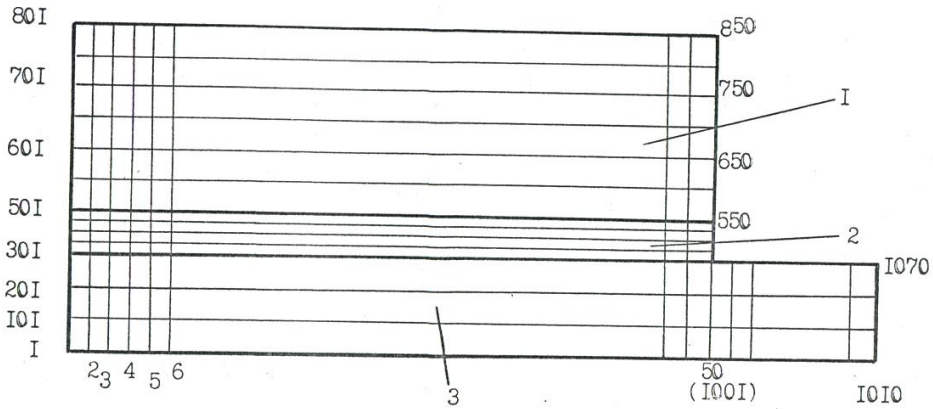


Рисунок 1 –Конечно-элементная модель соединения кристалла кремния с коваровым основанием: 1-кристалл кремния (толщина 0,46мм); 2-паяный шов –золото-кремниевый эвтектический припой (0,016мм); 3-основание – ковар (толщина 0,21мм).

- соединение корпуса, имеющего балочные выводы, с монтажной платой (рисунок 2);

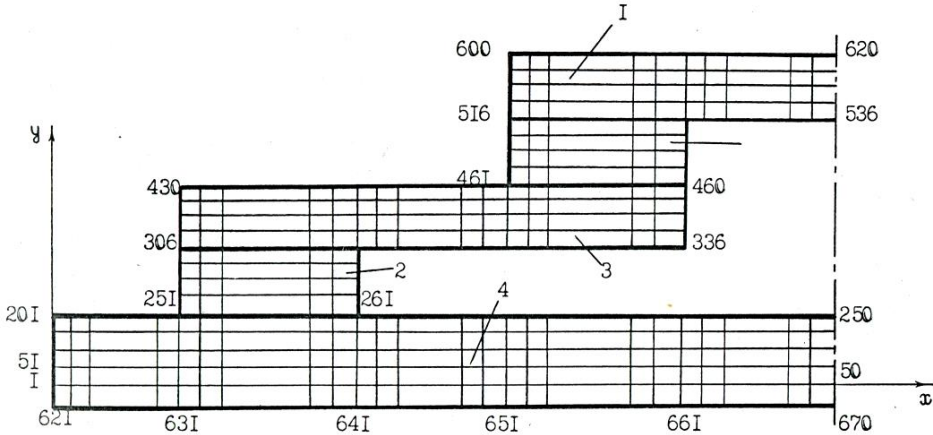


Рисунок 2 –Конечно-элементная модель соединения корпуса, имеющего балочные выводы с монтажной платой: 1- корпус; 2-паяный шов (припой ПОС-61); 3-балочный вывод (ковар); 4-монтажная плата.

- соединение выводов интегральных схем с монтажной платой (рисунок 3).

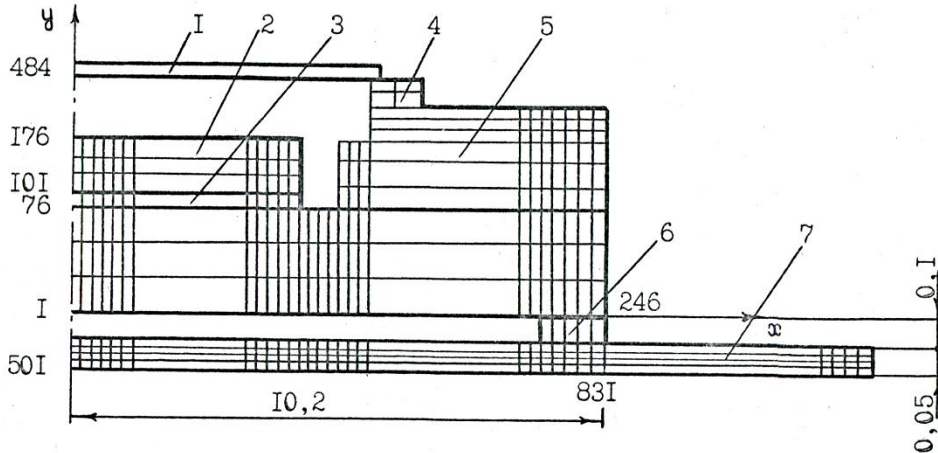


Рисунок 3 –Конечно-элементная модель соединения интегральных схем, имеющего столбиковые выводы, с монтажной платой: 1-крышка; 2-кристалл; 3,6-паяный шов; 4-выводная рамка; 5-керамический корпус; 7-монтажная плата (полиимид).

Модели и конечные элементы могут быть представлены в общей системе координат XO, YO, ZO, в системе координат подконструкции X, Y, Z и в системе координат элемента U, V, W. Соединение элементов в узлах жесткое.

Типовые программы расчета напряженно-деформированного состояния в моделях представлены в табл.1.

Таблица 1

Программа расчета напряженно-деформированного состояния паяных соединений герметизирующего корпуса микроэлектронных устройств

СПРИНТ: «ПС ИС»	
Т Э:	Н 1 2 51 52 П 1 49 50 6 Y 1 3;
	Н 301 302 351 352 П 1 49 50 4 Y 1 1;
	Н 501 502 551 552 П 1 49 50 6 Y 1 2;
Х Э:	D 0.001 E 0.85E5 MU 0.3 AL 11.3E-6;
	D 0.001 E 1.5E5 MU 0.3 AL 3.0E-6;
	D 0.001 E 1.45E5 MU 0.3 AL 5.0E-6;
КООР:	Н 1 П 1 50 50 7 X1 0.0857 Y2 0.035;
	Н 301 Y 0.21 П 1 50 50 5 X1 0.0857 Y2 0.004;
	Н 501 Y 0.226 П 1 50 50 7 X1 0.857 Y2 0.765;
	Н 1001 X 4.1993 П 1 10 10 7 X1 0.0857 Y2 0.035;
Т З:	Н 1 П 50 17 Y 1; Н 1 Y 2;
Х З:	X FZ; X Y FZ;
Т Н Н Э:	Н 1 2 51 52 П 1 49 50 16 Y 1 1;
	Н 1001 1002 1011 1012 П 1 9 10 6 Y 1 1;
Х Н Н Э:	T U -370 V -370;
П Н:	Н 1 2 51 52 П 1 49 50 16;
	Н 470 471 520 521 П 1 30;
П П:	Н 801 П 1 50;

Входные данные в программы вводятся в виде массивов:

ТЭ: -топология элементов;

ХЭ: -характеристики элементов;

КООР: -координаты;

ТЗ: -топология закрепления;

ХЗ: -характеристика закрепления;

ТННЭ: -топология нагрузки на элементы;

ХННЭ: -характеристики нагрузки на элементы;

ПП: -печать перемещений;

ПН: -печать напряжений;

Для обозначения физических и геометрических характеристик конечных элементов использовали следующие ключевые символы:

D –толщина пластины или размер сечения стержня;

F –площадь поперечного сечения стержня;

MU –коэффициент Пуассона;

E –модуль упругости материала;

AL –температурный коэффициент линейного расширения.

Для характеристики узлов элементов использованы ключевые символы: «Ж» - бесконечно жесткая вставка; «Ш» - шарнирный или податливый узел.

Для характеристики нагрузок на элементы использовали следующие ключевые символы:

PS –поверхностная сосредоточенная нагрузка;

PR –поверхностная распределенная нагрузка;

T –температурный нагрев (равномерный и с перепадом температур по осям U, V, W).

Разработаны конечно-элементные модели типовых в микроэлектронике соединений: нахлесточных; с балочными выводами; со столбиковыми выводами; герметизирующих паяных соединений корпусов микроэлектронных устройств. Эти модели позволяют исследовать влияние макродефектов на параметры напряженно-деформированного состояния при различных видах нагружений.

Литература

1. Исследование механических свойств паяных соединений, герметизирующих блоки микроэлектронной аппаратуры: Отчет по НИР. № г.р. 01890063921. –М.:МИЭТ, 1990. 129с.
2. Программный комплекс для расчета конструкций методом конечных элементов «СПРИНТ». –М.: ЦНИИпроект, 1987. 112с.
3. Миррахматов С.Ш. Повышение механической устойчивости структурно-неоднородных паяных соединений элементов микроэлектронных устройств. Дисс.канд.тех.наук. –М.: МИЭТ, 1992. 189с.
4. Кузнецов О.А., Погалов А.И., Миррахматов С.Ш., Калюжа В.М. Математическая модель прочности герметизирующего паяного шва блока микроэлектронной аппаратуры. Основы физики элементов микроэлектронных приборов. Сб. Науч. трудов, М: МИЭТ. 1992 С.183-190.

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

TJ	RU	EN
Дододжанов Акрам Ахмеджанович н.и.т., дотсент	Дододжанов Акрам Ахмеджанович кандидат педагогических, доцент	Dodojanov Akram Akhmedzhanovich Ph.D., associate professor
Донишгоҳи миллии тадқиқоти «МРЕБ», филиал дар Душанбе	Национальный исследовательский университет «МЭИ», Филиал в г.Душанбе	National Research University "MPEI", Branch in Dushanbe
samica_08@mail.ru		
TJ	RU	EN
Миррахматов Собир Шокирович н.и.т., дотсент	Миррахматов Собир Шокирович кандидат технических наук, и.о.доцент	Mirrahmatov Sobir Shokirovich Ph.D., acting associate professor
Донишгоҳи миллии тадқиқоти «МРЕБ», филиал дар Душанбе	Национальный исследовательский университет «МЭИ», Филиал в г.Душанбе	National Research University "MPEI", Branch in Dushanbe
mirrahmatov61@mail.ru		

ТЕХНОЛОГИЯ И КИМИЌИ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY

УДК: 543.581:45.615

ПРОЦЕСС ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ ОКОЛОПЛОДНИКА ГРЕЦКОГО ОРЕХА И ИХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ш.Х. Кудратова

Таджикский национальный университет, г. Душанбе

Разработан способ получения экстрактов околоплодника грецкого ореха водно-этаноловым раствором и хлороформом на приборе Сокслет. Методом тензиметрии с мембранным нуль-манометром изучен процесс термического разложения экстрактов в интервале температур (290-500К) в равновесных условиях. По полученным экспериментальным данным были построены графики зависимости давления пара от температуры, т.е. барограммы процесса парообразования экстрактов околоплодника грецкого ореха, полученного водно-этаноловым раствором и хлороформом.

Установлен трёх- (для водно-этанолового) и четырёхступенчатый характер процесса термического разложения экстрактов. Определены интервалы температур и их термодинамические характеристики отдельных ступеней.

Ключевые слова: грецкий орех, околоплодник, экстракт, этанол, хлороформ, Сокслет, тензиметрия, барограмма, термодинамические характеристики.

РАВАНДИ ЧУДОШАВИИ ТЕРМИКИИ ЭКСТРАКТҲОИ ПЌСТЛОХИ САБЗИ ЧОРМАҒЗ ВА БУЗУРГИҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ОН

Ш.Х. Кудратова

Усули ҳосил намудани экстрактҳои пўстлохи сабзи чормағзи юнонӣ бо экстрагентҳои обӣ-этанолӣ ва хлороформ, дар асбоби Сокслет пешниҳод карда шудааст.

Бо усули тензиметрӣ бо мембранаи сифр-манометрӣ, раванди чудошавии термикии экстрактҳо дар ҳудуди ҳароратҳои (290-500К) дар шароити мувозинагӣ омӯхта шудааст. Аз қимматҳои амалии ба даст омада истифода намуда, графикҳои вобастагии фишори буғ аз ҳарорат, яъне барограммаҳои раванди буғҳосилшавии экстрактҳои пўслохи сабзи чормағз, ки бо маҳлули обу этанол ва хлороформ экстраксия карда шудаанд, сохта шуданд.

Маълум мешавад, ки раванди чудошавии термикии экстрактҳо (маҳлули обу-этанол) бо се зина ва бо хлороформ экстраксия карда шуда бо чор зина мегузаранд. Ҳудудҳои ҳароратӣ ва бузургиҳои термодинамикии зинаҳои алоҳидаи раванд ҳисоб карда шуданд.

Калидвожаҳо: чормағзи юнонӣ, пўстлохи сабзи чормағз, экстракт, этанол, хлороформ, Сокслет, тензиметрия, барограмма, бузургиҳои термодинамикӣ.

PROCESS OF THERMAL DECOMPOSITION OF WALNUT PERICARP EXTRACTS AND THEIR THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS

Sh.Kh. Kudratov

A method has been developed for obtaining extracts of the walnut pericarp in a water-ethanol solution and chloroform on a Soxhlet device.

The process of thermal decomposition of extracts in the temperature range (290-500K) under equilibrium conditions was studied by the method of tensimetry with a membrane null pressure gauge. Based on the experimental data obtained, graphs of the dependence of vapor pressure on temperature were plotted, i.e. barograms of the process of vaporization of walnut pericarp extracts obtained with an aqueous ethanol solution and chloroform.

Three (for water-ethanol) and four-step nature of the process of thermal decomposition of extracts was established. The temperature intervals and their thermodynamic characteristics of individual stages are determined.

Keywords: walnut, amniotic, extract, ethanol, chloroform, soxlet, tensimetry, barogram, thermodynamic characteristics.

Введение

Издавна зеленая кожура (околоплодник) ореха использовалась в народной и традиционной медицине как лечебное и восстановительное средство. Уникальное сочетание микроэлементов, кислот и витаминов делает зеленую кожуру безопасным продуктом, что в современных условиях встречается крайне редко [1-2].

Исследование процесса термического распада экстрактов околоплодника грецкого ореха проведено тензиметрическим методом с мембранным нуль-манометром [3].

Тензиметрический метод с применением мембранного нуль-манометра широко применяется для изучения процессов, которые протекают в гетерогенных и гомогенных системах. Метод особенно эффективен в сочетании со способами непосредственного анализа пара [4,5].

В наших экспериментах в качестве нуль-манометра использована плоская мембрана из стекла «пирекс», которая обладала многими положительными свойствами и удобством в обращении в сравнении с мембранами других типов. Для исследуемых веществ термодинамические характеристики определялись использованием полученной экспериментальным путём зависимости температуры и равновесного давления по уравнениям:

а) результаты достаточной (приемлемой) точности при стабильных значениях теплоемкости ($\Delta C_p=0$) в незначительном интервале температур ($\Delta T \approx 150^\circ\text{C}$) измерений получены по следующему уравнению:

$$\lg P_{HF} = A - \frac{B}{T} = \frac{\Delta S}{19,5} - \frac{\Delta H}{19,5}, \quad (1)$$

б) более точные результаты получили при использовании уравнения:

$$\lg P - C \lg T = A - \frac{B}{T}, \quad (2)$$

$$\text{где: } A_{am} = \frac{\Delta S}{2,3R} - \int \frac{\Delta C}{RT} \cdot dT \text{ - энтропийный коэффициент; } \quad (3)$$

$$B = \frac{\Delta H}{2,3R} \text{ - энтальпийный коэффициент; } \quad (4)$$

Коэффициенты А и В в уравнениях (3) и (4) получены путем обработки экспериментальных данных регрессионным анализом по методу наименьших квадратов:

$$A = \frac{(\sum x)(\sum x_1 y_1) - (\sum y_1)(\sum x_1)}{(\sum x) - n \sum x_1} \quad (5)$$

$$B = \frac{(\sum x)(\sum x_n) - \sum x_1 y_1}{(\sum x) - n \sum x_1} \quad (6)$$

где $x_1 = \frac{1}{T}$, соответствующее $y_1 = \lg P$ для уравнения (5) и соответствующее

$y_1 = \lg P - C \lg T$ для уравнения (6), n-число «точек» измерения.

Расчет коэффициента С производился по заранее оцененным значениям ΔC_p

Ошибки эксперимента рассчитали методом наименьших квадратов, полная обработка данных проведена регрессивным анализом на компьютере по программе Microsoft Excel.

Результаты

Для получения экстрактов из околоплодника грецкого ореха нами в качестве экстрагентов были использованы водно-спиртовой (1:1) раствор и хлороформ. Экстракцию проводили с использованием прибора Сокслет [6].

Тензиметрическое исследование проведено в равновесных условиях нагрева образца. Для достижения равновесия каждая фигуративная точка кривой зависимости температуры от давления (барограмма) выдержана в течение 24 часов до достижения постоянного значения давления, которое не изменяется в течение двух часов.

Изучение процесса парообразования экстракта грецкого ореха дает возможность установить характер и интервал протекания процесса, химические изменения, происходящие в конденсированных и парообразных фазах, а также рассчитать термодинамические функции процесса.

Исследование проводилось при температурах от 290 до 500К в равновесном режиме. Для достижения равновесия каждая фигуративная точка в зависимости от температуры и давления (барограммы) выдерживалась течение 24 часов до достижения постоянного давления. Экспериментальные данные процесса парообразования водно-этанолового экстракта околоплодника грецкого ореха приведены в таблице 1. Барограмма процесса изображена на рисунке 1.

Экспериментальные данные, приведённые в виде LgP пара от обратной температуры (рисунок 2), наглядно указывают на трёхступенчатый характер в температурном интервале отдельных ступеней процесса парообразования водно-этанолового экстракта околоплодника грецкого ореха.

Из рисунка 1 видно, что процесс парообразования водно-этанолового экстракта околоплодника грецкого ореха в равновесных условиях является трёхступенчатым. Первая ступень протекает в интервале 290-333К, что, вероятно, связано с испарением слабо связанных или несвязанных молекул воды в экстракте. Вторую ступень, протекающую в интервале 333-348К, можно отнести к процессу испарения кристаллизационных молекул воды.

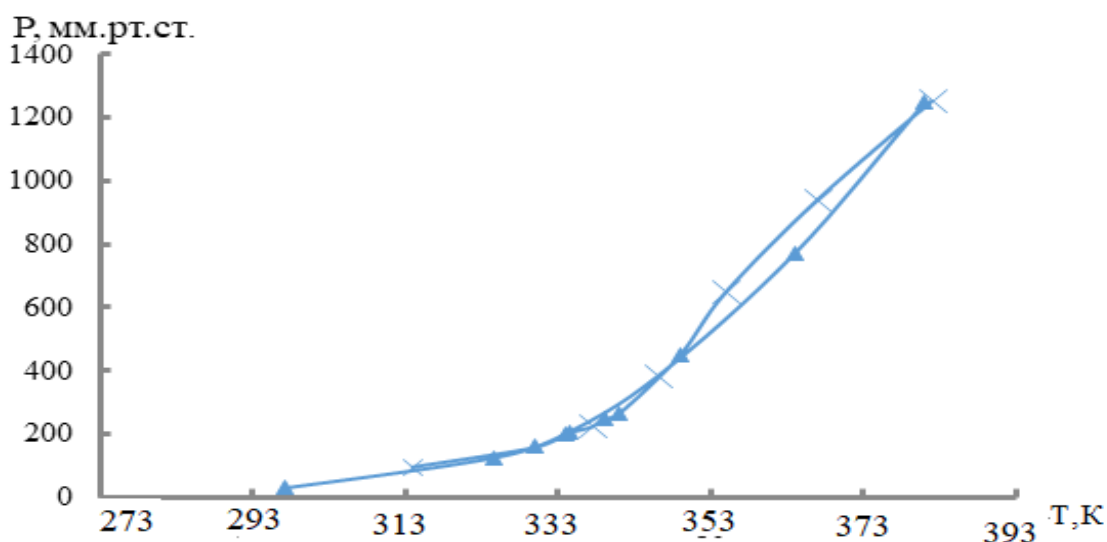


Рисунок 1. Барограмма процесса парообразования водно-этанолового экстракта околоплодника грецкого ореха

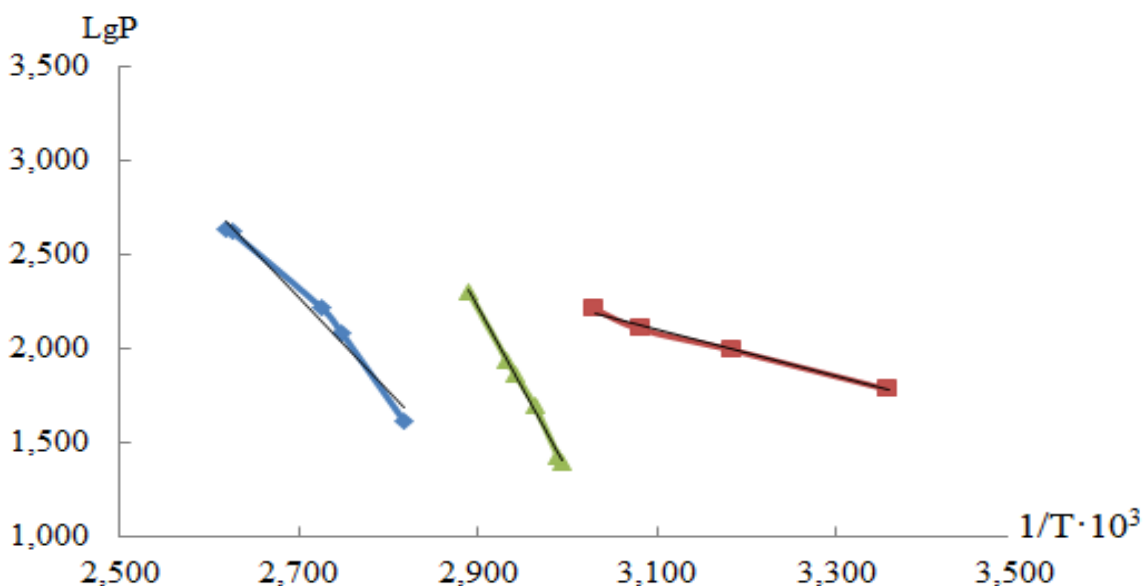


Рисунок 2. График зависимости LgP от обратной температуры для термического разложения водно-этанолового экстракта околоплодника грецкого ореха

Уравнения барограмм ступеней процесса парообразования водно-этанолового экстракта околоплодника грецкого ореха

Таблица 1

№ ступеней	Процесс парообразования	Интервал температур, К	Уравнение $LgP, ат = B - A/T * 10^3$		R^2
			A	B	
I	дегидратация	290 – 333	1,15	2,78	0.98
II	дегидратация	333 – 348	12,65	36,25	0.95
III	разложение	348 – 383	1,89	4,89	0.98

Таблица 2

Термодинамические характеристики ступеней процесса парообразования водно-этанолового экстракта околоплодника грецкого ореха

№ ступеней	Процесс парообразования	Интервал температур, К	Термодинамические характеристики		
			$\Delta H,$ кДж/моль	$\Delta S,$ Дж/моль К	$\Delta G,$ кДж/моль
I	дегидратация	283 - 333	5,26	12,72	1,46
II	дегидратация	333 – 348	57,91	165,86	8,48
III	разложение	348 - 383	8,65	22,37	1,98

Исследование экстракта, полученного хлороформом, околоплодника грецкого ореха методом тензиметрии проведено в интервале температур 283–500К в равновесном режиме. Полученная барограмма изученного процесса изображена на рисунке 3. Как видно из рисунка 3, в исследованном интервале температур 283–500К барограмма процесса парообразования экстракта околоплодника грецкого ореха состоит из четырёх стадий.

Данные, приведённые в виде LgP пара от обратной температуры (рисунок 4), отдельных ступеней процесса парообразования экстракта околоплодника грецкого ореха, полученного хлороформом, указывают на четырёхступенчатый характер процесса.

Начальные две стадии процесса, протекающие при температурах 283 – 320 К (I) и 320 – 385К (II), возможно, соответствуют испарению хлороформа, легких фракций компонентов экстракции и физически адсорбированных газов.

Третья (III) и четвёртая ступени процесса, протекающие в интервале температур 385–460К и 460-500К, соответствуют парообразованию и термическому разложению продуктов экстракции.

Воспроизводимость первых двух ступеней удалось достичь как при прямом (нагреве), так и при обратном (охлаждении) ходе барограммы, которая указывает о полном достижении равновесия в системе. Далее нами было рассчитано значение коэффициентов A и B по полученным экспериментальным данным.

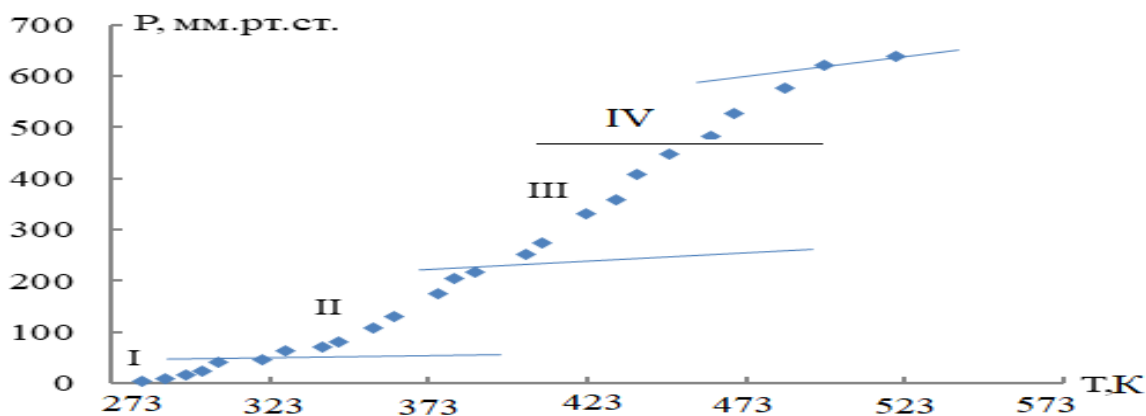


Рисунок 3. Барограмма процесса парообразования экстракта околоплодника грецкого ореха, полученного хлороформом

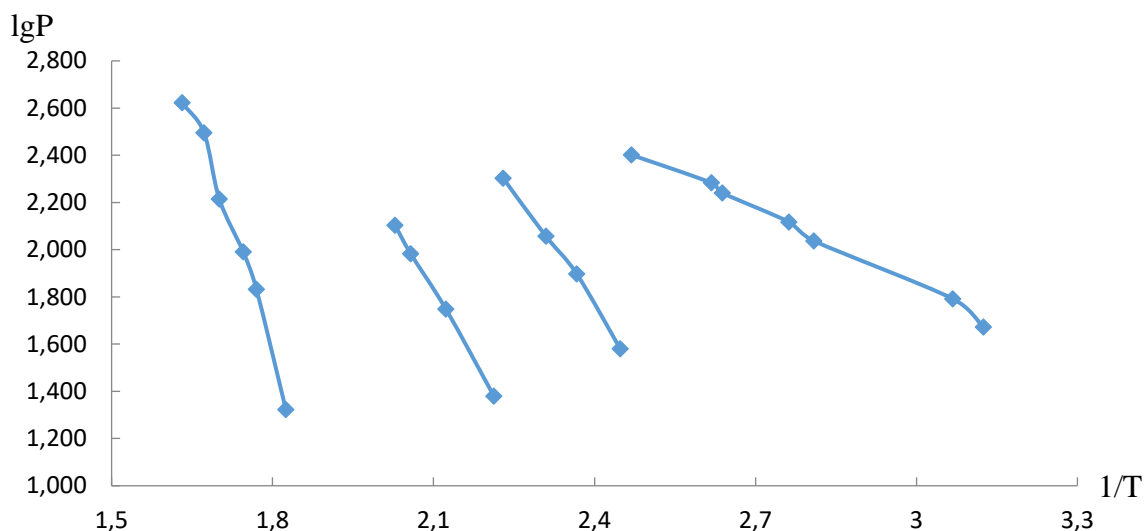


Рисунок 4. Зависимость $Lg P$ от обратной температуры экстракта околоплодника грецкого ореха, полученного хлороформом

По найденным величинам A и B отдельных ступеней были рассчитаны значения энтальпии и энтропии процесса разложения полученных экстрактов, а по разности этих величин и значение изобарно-изотермического потенциала.

С увеличением температуры (таблица 4) величины энтальпии и энтропии процесса разложения экстракта, полученного хлороформом, увеличиваются. Для водно-спиртового экстракта околоплодника грецкого ореха наблюдается такая же зависимость.

Таблица 3

Уравнения барограмм ступеней процесса парообразования экстракта околоплодника грецкого ореха, полученного хлороформом

№ ступеней	Процесс парообразования	Интервал температур, К	Уравнение $LgP = B - A/T * 10^3$		R^2
			A	B	
I	парообразование	283 - 320	1,088	2,27	0,99
II	парообразование	320 - 385	3,32	6,84	0,99
III	разложение	385-460	4,23	7,82	0,99
IV	разложение	460-500	6,61	10,59	0,99

Таблица 4

Термодинамические характеристики ступеней процесса парообразования хлороформного экстракта околоплодника грецкого ореха

№ ступеней	Процесс парообразования	Интервал температур, К	Термодинамические характеристики		
			ΔH , кДж/моль	ΔS , Дж/моль К	ΔG , кДж/моль
I	парообразование	283 - 320	4,98	10,19	1,95
II	парообразование	330 - 385	15,18	44,56	1,92
III	разложение	385 - 460	19,33	35,77	8,89
IV	разложение	460 - 500	30,23	48,44	15,80

Полученные величины термодинамических характеристик, приведенные в таблице 2 и 4, свидетельствуют о том, что тепловые эффекты всех ступеней процесса парообразования экстрактов околоплодника грецкого ореха, полученных водно-этаноловым раствором и хлороформом, являются

эндотермическими. Значения изобарно-изотермического потенциала свидетельствуют о несамопроизвольном протекании процессов разложения экстрактов околоплодника грецкого ореха.

При анализе термодинамических характеристик ступеней процесса термического разложения экстрактов (табл. 2 и 4) можно утверждать, что:

- 1) первые ступени, которые соответствуют процессу испарения физически адсорбированных молекул экстрагентов, имеют близкие термодинамические величины;
- 2) кристаллизационные молекулы экстрагентов в водно-этаноловом растворе относительно крепко связаны с молекулами экстракта.

Литература

1. Стрела, Т. Е. Орех грецкий / Т.Е. Стрела.–Киев: Наук. думка, 1990. - 192 с.
2. Еникеева, Р.А. Исследование по фармакогностическому изучению и стандартизации сырья и препаратов ореха грецкого (*Juglans regia*L.): Автореферат канд. дис. /Р.А. Еникеева. – М., 2008. – 24 с.
3. Суворов, А.В. Термодинамическая химия парообразного состояния./А.В. Суворов// - Ленинград: Химия, -1970. - 208 с.
4. Шарифов, Д.А. Исследование процесса парообразования моторного масла дизельных двигателей / Д.А. Шарифов [и др.] // Горные науки и технологии, сер. горные машины, транспорт и машиностроение. Москва: МИСиС, нац. иссл. технол. универ., -2018, -№1, -С.99 – 107.
5. Насриддинов, С.К. Термическая устойчивость и термодинамические характеристики тетрагидрата фторида кобальта (II)/ С. К. Насриддинов, М.С. Исламова, А. Бадалов// Вестник СПбГУ, серия 4. Физика. Химия. -2016, -Том 36 (61), -вып.4, -С.435 – 442.
6. Кудратова, Ш.Х. Получение и процесс парообразования водного экстракта кожуры грецкого ореха /Ш.Х. Кудратова, М.М. Рахимова, Л.Х. Кудратова, С.К. Насриддинов, А. Бадалов //Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2018. - №3. – С. 210 – 217.
7. Кудратова Ш.Х. Термическое разложение экстрактов кожуры грецкого ореха/ Ш.Х. Кудратова, Б.А. Гафуров, А. Бадалов // Матер. респ. н/пр конф. «Современная медицина и современное образование», Хатлонский гос. мед. универ., 2021. – С. 414 - 415.

МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФ-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ-AUTHOR INFORMATION

TJ	RU	EN
Кудратова Шарифа Хусейновна	Кудратова Шарифа Хусейновна	Kudratova Sharifa Huseynovna
унвонҷӯ	соискатель	Applicant
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	Таджикский национальный университет	Tajik National University
Sharifa.kudratova@mail.ru		

НАҚЛИЁТ - ТРАНСПОРТ - TRANSPORT

ОЯНДАИ РУШДИ АВТОМОБИЛКУНОӢ ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Умирзоқов А.М., Тошев Ҷ.Ш.

Мақолаи мазкур ба масъалаҳои ояндаи рушди автомобилкуноӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, гузаштан ба автомобилҳои энергиясарфакунонда ва истифодабарии дастовардҳои нанотехнологияи муосир дар соҳаи автомобилкуноӣ бахшида шудааст. Дар мақола инчунин, маълумоти мухтасар дар бораи омилҳои ба самаранокии истифодабарии электромобилҳои таъсирунонда ва дорои аҳамияти стратегӣ барои рушди автомобилкуноӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон оварда шудааст. Мақсади тадқиқотҳо аз баҳодиҳии вазъи электромобилкуноӣ ва рушди ояндаи он дар Ҷумҳурии Тоҷикистон иборат мебошад. Мутобиқ ба масади гузошташуда бояд як қатор масъалаҳои ташкилию-техникии ҳалли ҳудро ёбад, масалан баҳодиҳии асосҳои энергетикӣ истифодабарии электромобилҳо, асоснок намудани тавоноии минималии муҳарриқи барқӣ ва иқтидори зарурии инфрасохтори нақлиёти барқӣ ва диг.

Вожаҳои калидӣ: автомобил, автомобилкуноӣ, энергетикаи барқӣ, роҳҳои кӯҳсор, автомобилҳои энергиясарфакунонда, электромобил, технологияи рақамӣ.

БУДУЩЕЕ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

Умирзоков А.М., Тошев Дж.Ш.

Данная статья посвящена перспективам автомобилизации в Республике Таджикистан, переходу на энергосберегающие автомобили и использованию современных достижений нанотехнологий в области автомобилей. В статье также приводится краткая информация о факторах, влияющих на эффективность использования электромобилей и имеющих стратегическое значение для развития автомобилестроения в Республике Таджикистан. Цель исследования - оценить состояние электромобильности и перспективы развития в Республике Таджикистан. Согласно поставленной цели необходимо решить ряд организационно-технических вопросов, например, оценка энергетической основы использования электромобилей, обоснование минимальной мощности электродвигателя и необходимой мощности инфраструктуры электромобилей и др.

Ключевые слова: автомобиль, автомобилизация, электроэнергия, горные дороги, энергосберегающие транспортные средства, электромобиль, цифровые технологии.

THE FUTURE OF AUTOMOBILIZATION IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Umirzokov A.M., Toshev J.Sh.

This article is devoted to the future development of automobiles in the Republic of Tajikistan, the transition to energy-saving cars and the use of modern nanotechnology achievements in the field of automobiles. The article also provides brief information about the factors affecting the efficiency of the use of electric vehicles and of strategic importance for the development of automobiles in the Republic of Tajikistan. The purpose of the research is to assess the state of electric mobility and the future of development in the Republic of Tajikistan. According to the set goal, a number of organizational and technical issues should be resolved, for example, the assessment of the energy basis of the use of electric vehicles, the justification of the minimum power of the electric engine and the necessary capacity of the infrastructure of electric vehicles, etc.

Key words: automobile, motorization, electrical energy, mountain roads, energy-saving vehicles, electric car, digital technology.

Муқаддима

Таҳти мафҳуми автомобилкуноӣ, одатан, таъмин будани аҳоли бо автомобил дар назар дошта мешавад. Инчунин, мафҳуми мазкурро ҳамчун сатҳи (доираи) иштироки автомобил дар номгӯи ва миқдори иҷрои корҳои мусофир – ва боркашонӣ талқин намудан мантиқан дуруст мебошад. Бояд қайд намуд, ки автомобилкуноӣ, дар намуди аввал, бо сикли ҳаётии автомобил, яъне давомнокии вақт аз марҳилаи лоиҳакашӣ то утилизатсияи он, вобаста мебошад [1].

Дар концепсияҳои гузариши мамлакатҳо ба рушди устувор, ки одатан аз тарафи роҳбарони давлат тасдиқ карда мешаванд, мафҳуми рушди устувори ҷамъият ба тавре маънидод карда мешавад, ки ҳангоми он таъсир ба муҳити атроф дар доираи ғунҷои биосфера боқӣ мемонад ва асоси табиӣ барои такрорёбии ҳаёти инсонӣ (не разрушается природная основа для воспроизводства жизни человека) коста намегардад.

Бояд қайд намуд, ки имрӯз дар дилҳо концепсияи рушди устувори ҷамъият ба нақлиёт, аз ҷумла ба нақлиёти автомобилӣ, аҳамияти хоса дода мешавад. Аз ин нуқтаи назар, аҳамияти автомобилкуноӣ барои Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки диёри кӯҳсор аст аз омилҳои муҳимтарини рушди хоҷагии ҳалқ ба ҳисоб меравад. Бинобар он, таҳлили сатҳи автомобилкуноӣ ва гузаштан аз концепсия ба стратегияи рушди он дар оянда бо мақсади баланд бардоштани самаранокии равандҳои нақлиётӣ бо дарназардошти талаботи замон масъалаи актуалӣ мебошад ва чунин боқӣ хоҳад монд.

Имрӯз вақти он расидасст, ки дар Ҷумҳурии Тоҷикистон концепсияи автомобилкуноӣ бо дарназардошти шароити истифодабарии автомобилӣ дар роҳҳои кӯҳсор коркард карда шавад ё ба концепсияи мавҷуда тағйироту иловаҳои дахлдор ворид карда шавад.

Рушди автомобилкуноӣ ва гузаштан ба автомобилҳои энергиясарфакунонда дар Ҷумҳурии Тоҷикистон

Концепсияҳои автомобилкуноӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон бо дарназардошти шароитҳои роҳу иқлимӣ мураккаби кӯҳсор ва баландкӯҳ як қатор омилҳо бояд коркард карда шаванд, ки онҳо барои баланд

бардоштани самаранокии равандҳои нақлиётӣ аҳамияти муҳим доранд. Ба омилҳои зикргардида дохил мешаванд:

- гузаштан ба автомобилҳои энергиясарфақунанда;
- дар солҳои наздик пурра гузаштан ба электромобилҳо;
- коркард ва васеъ паҳн намудани инфрасохтори нақлиётӣ барои самаранок истифода шудани электромобилҳо;
- истифодабарии масолеҳҳои конструктории муосир, ки бо вучуди сабук буданаш дорои мустаҳкамии баланд мебошанд;
- истифодабарии дастовардҳои нанотехнологияи муосир дар соҳаи автомобилкунӣ;
- то сатҳи минималӣ расонидани иштироки ронанда дар идораи автомобил ва дар натиҷа баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи ронанда– автомобил – роҳ – муҳит (РАРМ);
- баланд бардоштани эътимодияти элементҳои алоҳидаи системаи РАРМ ва дар маҷмӯъ самаранокии ҳуди система;
- тадбиқ намудани технологияҳои рақамӣ дар ҳамаи марҳилаҳои сикли ҳаётии автомобил;
- ба роҳ мондани истеҳсоли электромобилҳои энергия– ва масолеҳсарфақунанда, ақлнок ва бехатар (таъмини бехатарии фаъол, ғайрифавол, пас аз садамавӣ ва экологӣ);
- баланд бардоштани фарҳанги ронандагӣ ва пӣёдагардон;
- баланд бардоштани сифати роҳҳои автомобилгард;
- то дараҷаи минималӣ паст намудани таъсири муҳити атроф ба автомобил;
- таъмин намудани маҷмуи нақлиётӣ кишвар бо автомобилҳои муосири энергиясарфақунандае, ки аз ҷиҳати экологӣ ва бехатарӣ ба талаботи байналмиллалӣ мутобиқат мекунад;
- мукамалгардонии инфрасохтори иқтисодӣ ва ҷамъиятӣ оид ба истеҳсолоти автомобилӣ;
- инкишофи рақобатпазирӣ дар соҳаи ВНА-и энергия ва масолеҳсарфақунанда;
- бо иштироки инвесторҳои стратегӣ, аз ҷумла инвесторҳои хориҷӣ ташкил намудани истеҳсоли ВНА-и энергия ва масолеҳсарфақунанда ва маснуоти комплектунада барои онҳо ва ғ.

Дар романи “Гусолаи тиллоӣ”, ки ба қалами муаллифони Иля Илф ва Евгений Петров тааллуқ дорад, омадааст, ки “Автомобил карруфар нест, балки воситаи нақлиёт аст”! Чунин ибрози ақидаро ба таври гуногун талқин намудан ё шарҳ додан мумкин аст. Ба ҳар ҳол, шайъи карруфар набудани автомобил мояи баҳсталаб аст. Автомобил аз давраи пайдоиши худ шайъи карруфару дабдабаи барзиёд буд ва чунин боқӣ мондааст. Агар ибрози ақида дар бораи дабдабаи барзиёд набудани автомобил ба арбобони барҷастаи соҳаи автомобилсозӣ академик Чудаков Е.А. ё Генри Форд тааллуқ мебошад, ин гуфтаҳои қиддӣ қабул кардан мумкин буд. Ин гуфтаҳои комбинатори бузург Остап Бендер аст ё муаллифони роман ин суханонро ба ӯ нисбат додаанд. Автомобил шайъи карруфару дабдабаи барзиёд буд ва ҳақ. Гуфтан мумкин аст, ки автомобил воситаи нақлиёти дабдабанок аст, зеро на ҳар як шахрванди ҷумҳурий имконияти харидорӣ намудани автомобил ва харидорӣ намудани сӯзишвориро доро мебошад. Сохтан ва истифодабарии роҳҳои автомобилгард маблағи зиёд талаб мекунад, ташкил ва бехатарии ҳаракат дар роҳ, инчунин тайёр намудани ронандагон дар муассисаҳои махсус дар сатҳи паст қарор дорад, ки аз ин сабаб сатҳи садаманокӣ, вазнинии садамаҳо дар кишвар хеле баланд аст. Таъсири воситаҳои нақлиётӣ автомобилӣ ба ҳолати экологии шахрҳои калони ҷумҳурий назаррас аст [6].

Дигар боиси дабдабаи зиёд будани автомобил дар он аст, ки қимати миёнаи тавоноии муҳаррикҳои автомобилӣ аз 100 қувваи асп (қ.а.) зиёд аст. Бо дарназардошти он, ки ба ҳисоби миёна автомобили сабукрав бо кашонидани 1,6 мусофир банд аст, барои кашонидани 1 мусофир бошад тахмин 50 қ.а. истифода мешавад. Воқеан, тахмин сад асп якҷоя ба таври муайян баста шавад, дар натиҷа 50 қ.а. ҳосил мешавад. Барои тай намудани масофаи 100 км бо автомобили синфи миёна то 200 сомонӣ сарф мешавад. Ҳол он, ки ҳангоми истифодабарии автомобили энергиясарфақунанда ва ташкили хуби ҳаракат дар роҳ барои кашонидани як ё ду мусофир бо суръати миёнаи ҳаракати баробар ба 20 ... 30 км/с дар шароити шахр аз рӯйи ҳисобҳои қаблӣ 6-8 қувваи асп кифоя мебошад.

Чунин автомобилҳои тавоноии муҳаррикашон баланд ба муҳити атроф таъсири назаррас мерасонанд [2,7], сарфи маблағи зиёдро барои харидорӣ намудани сӯзишворӣ, маводи дар автомобил истифодашаванда, қисмҳои эҳтиётӣ ва шинаҳои автомобилро тақозо менамоянд.

Барои аз байн бурдани норасоҳои автомобилҳои муосир гузаштан ба электромобилҳо ба мақсад мувофиқ мебошад.

Барқикунони нақлиётӣ автомобилӣ. Бо дарназардошти имкониятҳои энергетикӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон барқикунони нақлиётӣ автомобилӣ айни мӯддаост. Вале гуфтан ҷоиш аст, ки масъалаи барқикунони нақлиётӣ автомобилӣ бояд дар маҷмӯъ ба таври системавӣ амалӣ гардонидани шавад. Сар карда аз рушди энергетика, инфрасохтори таъмини электромобилҳо бо барқ, рушди шароитҳои роҳҳои

автомобилгард, пурра иваз намудани парки автомобилҳои сабуқрави муқаррарӣ бо автомобилҳои сабуқрави барқии энергия – ва масолеҳсарфақунанда. Ин ҳама як қатор проблемаҳои навро ба миён меорад, ки ҳалли онҳо, дар навбати худ, боиси аз байн бурдани проблемаҳои доғи рӯзи мавҷудбуда мегардад. Аз ҳама муҳимаш он аст, ки ҳангоми барқикунони нақлиёти автомобилӣ ҷумҳурӣ соҳибхитиёрии (мустақилияти) энергетикиро ба даст меорад. Мушкилоти бехатарии экологӣ вобаста бо нақлиёти автомобилӣ қариб, ки ба пуррагӣ аз байн меравад. Сохти автомобил сода, сарфи масолеҳи конструкторӣ коста шуда, аксари масолеҳҳои дар автомобил истифодашаванда нозарур, вазнаш сабук ва хеле боэтиמוד мегардад. Электромобилҳо дар истифодабарӣ хеле қулай буда, хизматрасониашон хеле сода аст. Муҳаррикҳои барқӣ коэффитсиенти кори муфиди баланд доранд. Ин нишондиҳанда барои муҳаррикҳои барқии тавоноиашон то 100 кВт аз 0,75 то 0,90 баробар аст, барои муҳаррикҳои барқии тавоноиашон бештар аз 100 кВт – ба 0,90 ... 0,97 мерасад. Моменти даврзании муҳаррикҳои барқӣ нисбат ба муҳаррикҳои дарунсӯз хеле баланд буда, он аз даврзаниҳои аввали муҳаррик дастрас мегардад.

Натиҷаҳои тадқиқот

Барои пурра иваз намудани парки автомобилҳои муқаррарӣ ба электромобилҳо монетаи муҳим эҷод мешавад, ки он бо таъминоти энергияи барқ вобаста мебошад. Аниқтараш, тавоноии умумии энергияи барқии истеҳсолшаванда бояд аз суммаи тавоноҳои ҷамъии автомобилҳо хеле зиёд бошад. Масъаларо дар мисоли Ҷумҳурии Тоҷикистон дида мебароем. Аз рӯи маълумотҳои омӯри имрӯз дар ҷумҳурӣ атрофи 500 ҳаз. ВНА ба қайд гирифта шудааст. Бо сабабҳои гуногун на ҳамаи автомобилҳо дар давоми шабонарӯз фаъол мебаранд ва на дар ҳамаи автомобилҳои фаъолбуда тавоноии номиналии муҳаррик пурра истифода мешавад. Бо дарназардошти ин гуфтаҳо, барои парки ВНА дар миқёси ҷумҳурӣ, тавоноии миёнаи шабонарӯзӣ аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$\sum N_{ВНА} = \bar{N}_{ВНА} \cdot n_p \cdot k_m \cdot \frac{k_n}{24},$$

дар ин ҷо: $\bar{N}_{ВНА}$ – қимати миёнаи тавоноии як автомобил, кВт/авт.; n_p – шумораи рӯихати ВНА дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, авт.; k_m – коэффитсиенти баҳисобгирии шумораи воқеан фаъоли ВНА; k_n – вақти воқеии ВНА дар наряд, с-т.

Дар асоси ҳисобҳои қаблӣ чунин қиматҳои зарбшавандаҳои дар формулаи боло овардашударо қабул кардан мумкин аст: $\bar{N}_{ВНА} = 100$ кВт; $n_p = 500\,000$ авт.; $k_m = 0,4 \dots 0,6$ ва $k_n = 3 \dots 5$ с-т.

Бо дарназардошти маълумотҳои овардашуда қимати миёнаи тавоноии парки ВНА дар ҷумҳурӣ баробар ба

$$\sum N_{ВНА} = 100 \cdot 500\,000 \cdot 0,5 \cdot \frac{4}{24} = 4,167 \cdot 10^6 \text{ кВт.}$$

Қиматҳои минималӣ ва максималӣ ин нишондиҳанда дар ҳудудҳои зерин тағйир меёбанд:

$$\sum N_{ВНА}^{min} = 100 \cdot 500\,000 \cdot 0,4 \cdot \frac{3}{24} = 2,500 \cdot 10^6 \text{ кВт;}$$

$$\sum N_{ВНА}^{max} = 100 \cdot 500\,000 \cdot 0,6 \cdot \frac{5}{24} = 5,250 \cdot 10^6 \text{ кВт.}$$

Мувофиқи маълумотҳои расмӣ тавоноии системаи энергетикӣ Тоҷикистон $5,19 \cdot 10^6$ киловаттро ташкил медиҳад [1]. Истеҳсоли миёнаи солонаи энергияи барқӣ дар системаи энергетикӣ ҷумҳурӣ ба 16,5 млрд·кВт·с-т баробар аст.

Дар асоси ҳисобҳои овардашуда ва маълумотҳо дар хусуси сарфаи энергияи барзиёд дар фасли тобистон 3-5 млрд·кВт·с-т ва норасоии он дар зимистон, ки 2,5 млрд·кВт·с-т-ро ташкил медиҳад, тавоноии имрӯзаи системаи энергетикӣ Тоҷикистон барои барқикунони автомобилҳои тавоноиаш муқаррарӣ кифоя нест.

Истифодабарии дастовардҳои нанотехнологияи муосир дар соҳаи автомобилкунӣ

Бояд гуфт, ки барои истеҳсоли босифат ва истифодабарии босамари ВНА-и энергия – ва масолеҳсарфақунанда ва маснуоти комплектуанда барои онҳо имконият ва дастовардҳои нанотехнологияи муосирро ҳар чӣ бештар дар истеҳсолот ҷорӣ намудан ба мақсад мувофиқ мебошад. Имрӯз имконият ва дастовардҳои нанотехнологияи муосир дар соҳаи автомобилкунӣ хеле васеъ ва бомуваффақият истифода мешаванд, масалан дар истеҳсоли масолеҳи локу рангмоӣ, ҳамчун масолеҳҳои конструкторӣ ҳангоми истеҳсоли автомобил ва агрегату ҷузъҳои он, ҳамчун таркибҳои зиддихӯрдашавӣ ва зиддикоррозионӣ, автопардоздихӣ ва маснуоти шишагӣ ва ғайраҳо.

Яке аз самтҳои муҳими нанотехнологияҳо дар соҳаи автомобилкунӣ бо коркард ва истеҳсоли таркибҳои антифриксионӣ, ба хурдашавӣ тобовар ва сардкунӣ вобаста мебошад. Масалан, илова намудани нанозаррачаҳо ба резинаи протектори шинаи автомобилӣ чандирии онро зиёд намуда, хурдашавиашро кам мекунад. Рушд ва мукамалгардонии компонентҳои электронии автомобилро бе истифодабарии имконият ва дастовардҳои нанотехнологияҳои муосир тасаввур кардан душвор аст. Боварӣ ҳаст, ки дар солҳои наздик аксари ҷузъҳои автомобилҳо бо истифодабарии нанотехнологияҳо истеҳсол карда мешаванд.

Илова намудани нанозарраҷаҳои магнетит (оксиди оҳан) бо рӯйпӯши махсус онро ба ферромоеъ мубаддал мегардонад, ки часпакии онро бо ёри оҳанрабо тағйир додан мумкин аст. Масолеҳи мазкур имрӯз дар амортизаторҳои автомобилӣ истифода мешаванд.

Дар бораи омилҳои дигар, ки концептуалӣ ҳастанд, оид ба аҳамият ва мавқеи онҳо маълумотҳои тасдиқунанда овардан мумкин аст. Вале дар доираи як мақола мавзӯи мазкурро оид ба ояндаи рушди автомобилкунонӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон пурра кушодан имкон надорад. Аҳамияти омилҳои дигар дар мақолаҳои минбаъда таҳлил ва тавсиф хоҳад шуд.

Хулоса

1. Ояндаи автомобилкунонӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон бе рушди соҳаи энергетика, аниқтараш энергетикаи барқӣ тасаввур кардан ғайриимкон аст. Тавоноии системаи энергетикаи Тоҷикистон барои пурра гузаштан ба электромобилкунонӣ кифоя намукунад.
2. Ҳамзамон, бо рушди соҳаи энергетикаи барқӣ, лоиҳасозӣ ва истеҳсоли электромобилҳои энергия ва масолеҳсарфакунандаи ватанӣ бо дарназардошти шароитҳои роҳу иқлими Ҷумҳурии Тоҷикистон ба мақсад мувофиқ мебошад, зеро дар кишвари мо имрӯз имкониятҳои зеҳнӣ моддӣ ва истеҳсоли ба таври зарурӣ мавҷуданд.
3. Фердинанд Порше чунин иброз доштааст: “Ҳамааш аз он сар шуд, ки ман ба ҳар сӯ назар афкандам ва автомобили табъи диламро надидам, аз ин сабаб худам барои сохтани он қарор кардам” [2]. Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон низ имрӯз автомобили пурра ба шароити кишвар мувофиқро дидан ғайриимкон аст ва чунин автомобил бояд аз тарафи муҳандисони ватанӣ сохта шавад, зеро шароитҳои хоси ҷумҳуриро аз мо беҳтар каси дигар дарк натавон кард.

Адабиёт

1. Борс Н.И., Муратов Д.Ш., Пимукова Л.А. Электромобили как транспорт будущего. Сборник материалов II Региональной студенческой научно-практической конференции с всероссийским участием. 2015. С. 105-108.
2. Джайлаубеков Е.А., Нартов М.А. Электромобили - будущее городского транспорта. Перспективы развития // Вестник КазАТК. - Алматы, 2014. - № 1 (86). - С. 47-53
3. Марченко В. Д. Исследование рынка электромобилей / В. Д. Марченко, А. В. Скепков. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 52 (394). — С. 234-237.
4. Спиридонов В.Д. Обоснование выбора экологичного двигателя для автомобиля [Текст]: Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - Воронеж: ВГЛУ, 2015. -№4 (15-1). - С.118-122.
5. Сиваков В.В. Перспективы применения машин с гибридным приводом в России [Текст]: / В.В. Сиваков, В.Д. Спиридонов, А.В. Милукова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. -2015. -Т.3.- № 9-3 (20-3). -С. 153-157.
6. Liqiang J., Pengfei C., Simulation of the Control Strategy for an Electric Bus with Motorized Wheels//Engineering and Technology.-2014. - Т.7.- № 6. - P. 1120-1124.
7. Шевельков, В.В. Состояние и перспективы применения солнечных элементов питания на автомобильном транспорте [Текст]: / В.В. Шевельков // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. -2015. -Т.2. -№1.- С.60-64.
8. Спиридонов, В.Д. Проблемы в использовании водородного двигателя [Текст]: / В.Д. Спиридонов, В.В. Сиваков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. -2015. -Т.3. -№ 8-2 (19-2). -С.419-422.

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

TJ	RU	EN
Умирзоков Аҳмад Маллабоевич	Умирзоков Ахмад Маллабоевич	Umirzokov Ahmad Mallaboevich
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
ahmad.umirzokov@mail.ru		
ORCID Id 0000000299662359		
Тошев Чаҳонгир Шодибекевич	Тошев Джаҳонгир Шодибекевич	Toshev Jahongir Shodibekovich
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences
ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
toshevdzhahongir@yandex.com		
ORCID Id 000000023201834		

УДК: 629.113

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТИ ЕГО ДВИЖЕНИЯ

А.Г. Уланов¹, А.М. Умирзоков², С.С. Сайдуллозода^{1,2}, А.А.Гафоров³

¹Южно-Уральский государственный университет

²Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

³Технологический университет Таджикистана

Предлагается методика выбора оптимальных передаточных чисел бесступенчатой трансмиссии автомобиля с учётом скоростных режимов его движения. Полученные результаты расчёта топливно-экономических показателей автомобиля с бесступенчатой трансмиссией, передаточные числа которой во время движения изменялись в соответствии с предлагаемой методикой, в сравнении с реально существующим прототипом, подтвердили ранее принятую гипотезу оптимизации и дают все основания рекомендовать применение данной методики на практике при выборе передаточных чисел бесступенчатой трансмиссии в зависимости от скорости движения автомобиля.

Ключевые слова: автомобиль, бесступенчатая трансмиссия, вариатор, расход топлива, ускорение, передаточное число.

ОПТИМАЛИКУНИИ САРФИ СЌЗИШВОРИИ АВТОМОБИЛ ВОБАСТА АЗ СУРЪАТИ ҲАРАКАТИ ОН

А.Г. Уланов, А.М. Умирзоков, С.С. Сайдуллозода, А.А.Гафоров

Методикаи интихоби адади таҳвили оптималӣ барои трансмиссияи беэинагии автомобил бо назардошти речаҳои суръатии ҳаракати он пешниҳод шудааст. Натиҷаҳои ҳисоби нишондиҳандаҳои сўзишвории иқтисодии автомобили дорои трансмиссияи беэинагӣ, ки адади таҳвили он ҳангоми ҳаракат мувофиқи методикаи пешниҳодшуда дар муқоиса бо прототипи воқеӣ амалкунанда тағйир меёбад, гипотезаи қаблан қабулшудаи оптимизатсияро тасдиқ мекунад ва барои тавсияи шудани методикаи мазкур ҳангоми интихоби ададҳои таҳвили трансмиссияи беэинагӣ вобаста аз суръати ҳаракати автомобил асос мегардад.

Калидвожаҳо: автомобил, трансмиссияи беэинагӣ, вариатор, сарфи сўзишворӣ, шитоб, адади таҳвилӣ.

OPTIMIZATION OF FUEL CONSUMPTION BY A VEHICLE DEPENDING ON ITS SPEED

A.G. Ulanov, A.M. Umirzokov, S.S. Saidullozoda, A.A.Gafarov

A technique is proposed for choosing the optimal gear ratios for a continuously variable transmission of a car, taking into account the speed modes of its movement. The obtained results of calculating the fuel and economic indicators of a car with a continuously variable transmission, the gear ratios of which were changed during the movement in accordance with the proposed method, in comparison with a real prototype, confirmed the previously accepted optimization hypothesis and give every reason to recommend the use of this technique in practice when choosing gear ratios. number of continuously variable transmission depending on the vehicle speed.

Key words: car, continuously variable transmission, variator, fuel consumption, acceleration, gear ratio.

Введение

Эксплуатационные показатели любого транспортного средства напрямую связаны с режимами его движения [1–5], но только бесступенчатые трансмиссии позволяют в зависимости от режима движения добиваться желаемых эксплуатационных показателей. Ранее авторами уже была получена закономерность изменения передаточного числа бесступенчатой трансмиссии в зависимости от скорости движения автомобиля [6], позволяющая поддерживать во время движения максимально возможные ускорения в режиме разгона. На данном этапе стояла задача получить математическую модель выбора передаточных чисел, которая бы позволила транспортному средству обеспечить наиболее экономичный режим движения.

Входами для предлагаемой системы автоматического управления (САУ) будут являться параметры, характеризующие режимы работы двигателя (угол открытия дроссельной заслонки или положение рейки топливного насоса, положение педали подачи топлива, величина разрежения во впускном коллекторе), гидротрансформатора, вариатора и автомобиля в целом (скорость, ускорение, момент сопротивления движению). С этой задачей могут справиться только электронные системы управления (ЭСУ), так как они характеризуются высокой надежностью, точностью работы, приспособляемостью к условиям эксплуатации, компактностью, возможностью упрощения механических и гидравлических элементов, входящих в привод управления вариатором. Применение электроники позволит сделать более совершенной структуру вариатора для лучшего приближения к теоретически оптимальным законам изменения его передаточного числа; использовать новые параметры управления, неприменяемые в других типах систем; реализовать несколько программ управления для разных критериев оптимальности.

Целью данной работы является разработка математической модели определения текущих значений передаточного числа бесступенчатой трансмиссии автомобиля в зависимости от режима его движения.

Математическая модель

Известно, что топливная экономичность автомобиля повышается при снижении удельного расхода топлива g_e , а удельный расход топлива, в свою очередь, снижается с увеличением нагрузки двигателя и уменьшением угловой скорости коленчатого вала. На высшей передаче угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя при любой скорости автомобиля меньше, чем на низшей передаче, а степень использования его мощности больше. Поэтому самой экономичной является наивысшая передача, на которой в данных условиях ещё возможно движение автомобиля.

Следует отметить, что именно этим целям служит введение в ступенчатую коробку перемены передач ускоряющей передачи, позволяющей уменьшить угловую скорость коленчатого вала двигателя и расход топлива при малых сопротивлениях движению.

Бесступенчатая трансмиссия и рациональное её использование позволяет двигателю в различных нагрузочных, дорожных и скоростных условиях развивать необходимую мощность при возможно низких угловых скоростях и полных нагрузках, т.е. работать более экономично.

Таким образом, выбор передаточного числа вариатора во время установившегося движения автомобиля на горизонтальном участке пути необходимо осуществлять в зависимости от двух параметров: скорости движения автомобиля u и положения педали подачи топлива α .

Главной задачей разработки математической модели автоматического управления передаточным числом трансмиссии автомобиля с вариатором является выбор оптимального закона изменения передаточного числа трансмиссии, т.е. решение вопроса: в зависимости от каких параметров и при каких сочетаниях должны быть выбраны те или иные передаточные числа трансмиссии, обеспечивающие автомобилю высокие эксплуатационные показатели.

Для определения удельного расхода топлива g_e используется выражение:

$$g_e = g_N \cdot K_N \cdot K_\omega, \quad (1)$$

где g_N – удельный расход топлива при максимальной мощности двигателя, г/(кВт·ч); K_N и K_ω – коэффициенты, зависящие от степени использования мощности и угловой скорости коленчатого вала двигателя.

При сравнительных или приближительных расчетах [7] можно принять для бензиновых двигателей

$$K_N = 3,27 - 8,22 \cdot N - 9,13 \cdot N^2 - 3,18 \cdot N^3, \quad (2)$$

для дизельных двигателей

$$K_N = 1,2 + 0,14 \cdot N - 1,8 \cdot N^2 + 1,46 \cdot N^3, \quad (3)$$

для всех типов двигателей

$$K_N = 1,25 - 0,99 \cdot E + 0,98 \cdot E^2 - 0,24 \cdot E^3, \quad (4)$$

где N и E – соответственно степень использования мощности и угловой скорости коленчатого вала двигателя.

Степень использования мощности двигателя N – это отношение мощности, необходимой для движения по дороге с заданным коэффициентом сопротивления дороги ψ при заданной скорости, с заданным ускорением, к мощности, которую двигатель может развивать при угловой скорости коленчатого вала, соответствующей заданной скорости, при полной подаче топлива:

$$N = \frac{N_\psi + N_w + N_j}{N_m \cdot \eta_{mp}}. \quad (5)$$

При установившемся движении:

$$N = \frac{N_\psi + N_w}{N_m \cdot \eta_{mp}}. \quad (6)$$

Степень использования угловой скорости коленчатого вала двигателя E – это отношение текущего значения угловой скорости коленчатого вала ω_m , соответствующего заданной скорости движения автомобиля, к угловой скорости коленчатого вала при максимальной мощности ω_N .

$$E = \frac{\omega_m}{\omega_N}. \quad (7)$$

Исследуя функцию изменения удельного расхода топлива g_e от скорости движения автомобиля u (1) на экстремум, было получено выражение для определения значений передаточного числа трансмиссии i_{mp} в зависимости от скорости движения автомобиля u . Полученное уравнение $g_e' = f(u^{14})$ решить аналитическим способом не представляется возможным, т.к. оно не может быть разложено на множители, представляющие собой квадратные трёхчлены или полиномы 3-ей степени. Поэтому для

решения уравнения был использован пакет прикладных программ Matlab. Решения уравнения находились приближенным численным методом, по результатам которых был построен график функции $i_k = f(g_{e \min}, v)$ (рис. 1).

На рисунке так же представлен график функции $i_k = f(j_{\max}, v)$, полученный ранее [6]. Диапазон передаточных чисел вариатора $D = 4,72/0,83 = 5,687$ при моделировании движения в обоих случаях был одним и тем же, т.е. значения передаточных чисел низшей и высшей передач имели одни и те же значения, заимствованные у прототипа Subaru Impreza 2.0R.

Из графиков следует, что использование в трансмиссии вариатора в качестве коробки перемены передач даёт возможность во время движения автомобиля во всём интервале изменения его скоростей обеспечить минимальный расход топлива и максимальные динамические свойства.

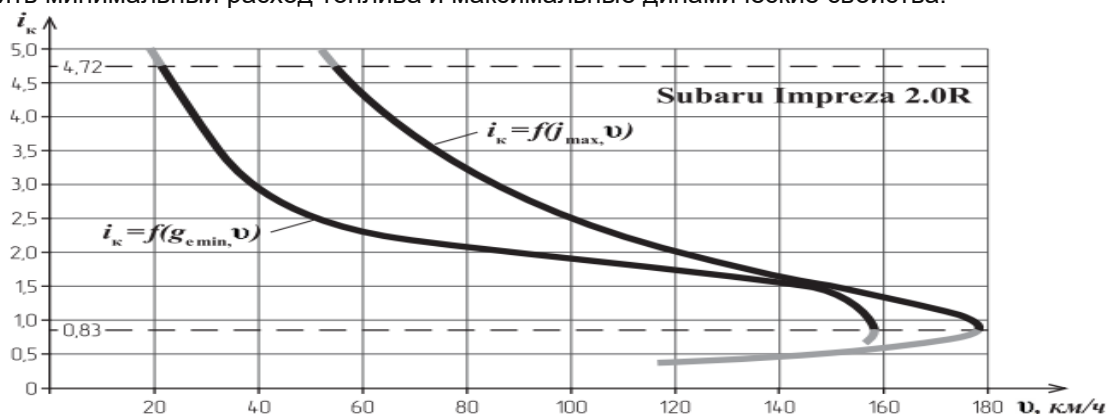


Рис. 1. Закономерность изменения передаточного числа вариатора в зависимости от скорости движения автомобиля Subaru Impreza 2.0R

Левый график соответствует самому экономичному режиму движения автомобиля из всех возможных в данных дорожных условиях, правый максимальным ускорениям при разгоне в тех же условиях. Интервалы скоростей, расположенные между этими двумя графиками, соответствуют промежуточным значениям расхода топлива g_e и ускорениям автомобиля j , при этом имеется возможность варьировать значением скорости v , в зависимости от того, какому из этих параметров отдается предпочтение в конкретной ситуации. Изменение скорости автомобиля при этом контролируется подачей топлива, т.е. положением педали подачи топлива α .

На рисунке 2 представлены аналогичные графики изменения оптимальных передаточных чисел бесступенчатой передачи i_k , но только уже в зависимости от оборотов коленчатого вала двигателя n_m .

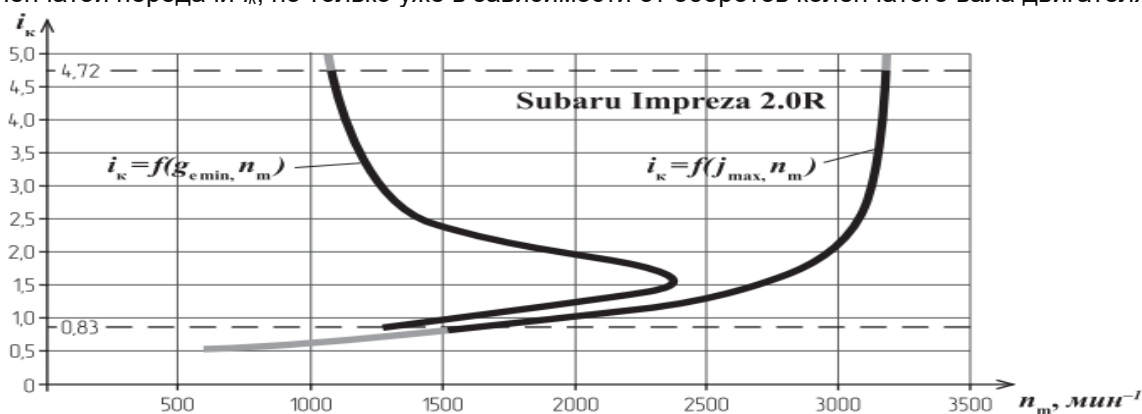


Рис. 2. Закономерность изменения передаточного числа вариатора в зависимости от оборотов двигателя автомобиля Subaru Impreza 2.0R

Результаты расчета

Сравнительные расчёты подтвердили сделанные предположения. Расчёты ускорений и удельного расхода топлива для автомобиля Subaru Impreza 2.0R с серийной механической коробкой перемены передач и с серийным вариатором, передаточные числа которого изменялись согласно предлагаемым зависимостям, подтвердили полное совпадение оптимальных значений рассчитываемых параметров в обоих случаях.

Это даёт основание утверждать, что если во время разгона автомобиля с бесступенчатой трансмиссией передаточные числа её будут изменяться согласно предлагаемым закономерностям, то в

одном случае автомобиль будет разгоняться до заданной скорости за самый короткий промежуток времени, а в другом случае расход топлива во время движения будет минимальным.

Выводы

Полученные математические модели позволяют за счёт варьирования передаточным числом бесступенчатой трансмиссии добиваться максимально возможных ускорений во время разгона автомобиля и минимального расхода топлива при установившемся его движении, сделать эти процессы управляемыми, а самое главное – оптимальными, в зависимости от режима его движения. Современный уровень развития средств автоматизации и управления позволяет реализовать эти процессы на практике. При расчёте и проектировании ступенчатых коробок передач, когда стоит вопрос выбора передаточных чисел промежуточных передач, полученные зависимости позволяют осознанно выбирать эти значения в зависимости от желаемого эффекта. При выборе низших передач предпочтение отдается максимальным ускорениям разгона автомобиля, а при выборе высших передач – минимальному расходу топлива. При этом следует придерживаться рекомендуемых плотностей рядов передаточных чисел [7].

Список литературы

1. Русаков, С.С. Разработка методики оптимизации передаточных чисел механической ступенчатой трансмиссии легкового автомобиля с учетом режимов работы его двигателя: дис. ... канд. техн. наук. г. Тольятти, 2007. – 134 с.
2. Мартыхин, Ю.М. Методика тягово-динамического расчета мототранспортного средства с автоматическим клиноремным вариатором в силовой передаче / Ю.М. Мартыхин // Серпухов: ВНИИмотопром, 1975. – 18 с.
3. Рябов, Г.К. Автоматическая трансмиссия мототранспортных средств: теория, расчет и конструирование / Г.К. Рябов, С.А. Андреев. Ковров: КГТА, 2006. – 92 с.
4. James, I.B. Dynamic modeling and validation of the regime change characteristics of a split power, infinitely variable transmission / I.B. James, N.D. Vaughan. IMechE International Seminar S540, 1997.
5. Бортницкий, П.И. Тягово-скоростные качества автомобилей. / П.И. Бортницкий, В.И. Задорожный. Киев: издательское объединение «Вища школа», 1978. – 176 с.
6. Рулевский, А.Д. Бесступенчатые передачи и закон изменения их передаточных чисел / Рулевский А.Д., Уланов А.Г., Хахалев А.И. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение, 2018. Том 18, №1, – С. 17-23.
7. Галимзянов, Р.К. Теория автомобиля: учебное пособие / Р.К. Галимзянов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 220 с.

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

TJ	RU	EN
Уланов Александр Григорьевич	Уланов Александр Григорьевич	Ulanov Alexander Grigorievich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Донишгоҳи давлатии Урали Чанубӣ	Южно-Уральский государственный университет	South Ural State University
danco.ulanov@mail.ru		
ORCID: 0000-0002-9573-2137		
TJ	RU	EN
Умирзоков Ахмад Маллабоевич	Умирзоков Ахмад Маллабоевич	Umirzokov Ahmad Mallaboevich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Candidate of Technical Sciences
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими	Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
ahmad.umirzokov@mail.ru		
ORCID: 0000-0002-9966-2359		
TJ	RU	EN
Сайдуллозода Сайвали Сайдулло	Сайдуллозода Сайвали Сайдулло	Saidullozoda Saivali Saidullo
Муҳандиси илмии кафедраи «Мошинҳои ҷархдор ва тасмачарх»	Инженер-исследователь кафедры «Колесные и гусеничные машины»	Research engineer of the department "Wheeled and tracked vehicles"
Донишгоҳи давлатии Урали Чанубӣ	Южно-Уральский государственный университет	South Ural State University
saivali.saidullo@mail.ru		
ORCID: 0000-0002-9663-2453		
TJ	RU	EN
Гафоров Абдулазиз Абдуллофизович	Гафоров Абдулазиз Абдуллофизович	Gaforov Abdulaziz Abdullofizovich
Доктори илмҳои техникӣ, профессор	Доктор технических наук, профессор	Doctor of Technical Sciences, Professor
Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон	Технологический университет Таджикистана	Technological University of Tajikistan
abdulaziz.gaf@mail.ru		

УДК: 631. 011

КОРКАРД ВА ИСТИФОДАИ ДУБОРАИ ШИНАҲОИ ВОСИТАҲОИ НАҚЛИЁТ

А.А. Гафаров

Донишгоҳи технологии Тоҷикистон

Дар мақолаи мазкур масъалаҳои коркард ва истифодаи дубораи шинаҳои воситаҳои нақлиёт, проблемаҳои экологӣ вобаста ба сикли ҳаёти шинаҳои пневматикӣ баён шудаанд. Мақсади тадқиқот аз самаранок ва сарфақорна истифода бурдани шинаҳои пневматикии корношоям иборат мебошад. Мувофиқи мақсади гузошташуда тарзу услубҳои коркард ва истифодаи дубораи шинаҳои автомобилӣ таҳлил ва гардида, оид ба масъалаҳои гузошташуда тавсияҳои амалии муҳаххас пешниҳод шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: автомобил, шинаи пневматикӣ, коркарди шинаҳо, экология, муҳити зист, партовҳои кимиёвӣ, пиролиз

ПЕРЕРАБОТКА И ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШИН ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В данной статье рассмотрены вопросы переработки и повторного использования шин транспортных средств, а также экологические проблемы, связанные с жизненным циклом пневматических шин. Целью исследования состоит из эффективного использования пневматических шин, снятых с эксплуатации. Согласно поставленной цели анализированы существующие пути и методы переработки и повторного использования автомобильных шин и предложены конкретные практические рекомендации.

Калимаҳои калидӣ: автомобил, шинаи пневматикӣ, коркарди шинаҳо, экология, муҳити зист, партовҳои кимиёвӣ, пиролиз

PROCESSING AND RECYCLING OF VEHICLE TIRES

A.A. Gafarov

This article discusses the issues of recycling and reuse of vehicle tires, as well as environmental issues associated with the life cycle of pneumatic tires. The aim of the study consists of the efficient use of decommissioned pneumatic tires. According to the goal, the existing ways and methods of recycling and reuse of car tires are analyzed and specific practical recommendations are proposed.

Key words: car, pneumatics tires, tireworking, ecology, environment, chemical waste, pyrolysis

Муқаддима

Комьёбиҳои илму техника, афзоиши қувваҳои истехсолкунанда дар баробари рушди иқтисодӣ ба муҳити зист таъсири манфӣ мерасонад. Чуноне, ки мушоҳида мегардад, проблемаҳои экологӣ торафт тезу тунд шуда истодаанд. Бинобар ин, хеле муҳим аст, ки ҳар як фард дар худ шуур ва фаҳмиши муносибати эҳтиёткоронаро нисбат ба муҳити зист ташаккул диҳад.

Вақте, ки шахс аз назди биноҳои истиқоматӣ, хавлӣ ва кӯчаҳо мегузарад, баръало мушоҳида кардан мумкин аст, ки сокинон чи тавр бо шинаҳои автомобилӣ истифодашуда майдони истиқоматии худро оро медиханд. Онро дар шакли гулдон, тренажер, панҷара ва шаклҳои гуногуни дигар истифода мебаранд. Мутаассифона аксарияти мардум дар бораи таъсири он ба муҳити зист ва бехатарии ин падида фикр намекунад.

Шинаи резинӣ асосан аз каучуки синтетикӣ иборат аст, ки аз нафт, сеяки омехтаи резинӣ, равшан ва қатрон ва дигар элементҳои иборат аст. Шинаҳои истифодашуда ҳамчун партовҳои кимиёвӣ, моддаҳои саҳти сӯзишворӣ тасниф карда мешаванд. Яъне истифода бурдани чархи резинӣ дар шакли гулдон ва намудҳои дар боло зикршуда худи сокинон ва умуман барои табиат хатарнок аст.

Мавод ва услуби тадқиқот

Резина масолеҳи худтаҷзиянашаванда ва оташангез буда, дар ҳолати сӯхтор хомӯш кардани он хеле душвор аст. Ҳангоми тамоси тӯлонӣ бо об, борон заррачаҳои он дар шакли моддаҳои кимиёвӣ ба хок, ба ҳаво паҳн мегарданд. Ин мушкилот рӯз ба рӯз зиёд мегардад, зеро шумораи воситаҳои нақлиёт ва техникаи кишоварзӣ, ки аз шинаҳои резинӣ истифода мебаранд, хеле зиёд шуда истодааст.

Шинаҳои автомобилӣ ҳамчун партов дар корхонаҳои саноатӣ, муассисаҳои нақлиёти автомобилӣ ва паркҳои мошину тракторӣ ва минтақаҳои гуногуни шаҳру деҳот ҷамъ мешаванд. Соҳибони нақлиёти шахсӣ бошад, баъди ба охир расидани муҳлати истифодабарии шинаҳо, онро дар ҷойҳои гуногун мепартоянд ва сабаби пайдошавии партовгоҳҳои беиҷозат мегарданд, ки дар баробари зарари экологӣ ҳусни шаҳру деҳотро коста мегардонад.

Бинобар ин ҷамъоварӣ, нигоҳдорӣ ва коркарди шинаҳо яке аз масъалаҳои муҳимтарини бехатарии экологӣ вобаста ба истифодабарии воситаҳои нақлиёт мебошад. Аз нав коркард намудани шинаҳои аз истифода гирифтасуда, ё истифодаи дубораи он пас аз коркард дар самтҳои дигар аҳамияти экологӣ ва иқтисодӣ дорад. Коркарди механикӣ шинаҳо имконият медиҳад, ки чунин ашёи хоми пурқимат, монанди резаҳои резинӣ, кордҳои бофташуда ё филизин, ки дар соҳаҳои гуногуни истехсолот истифода мешаванд, ба даст оварда шаванд.

Истифодаи каучуки резашуда хеле васеъ аст, аз ҷумла:

– илова кардани шинарезаҳо дар истехсоли шинаҳои нави пневматикӣ;

- истифода дар руйпушкунии роҳҳо;
- истехсоли руйпуш барои майдончаҳои варзишӣ;
- истехсоли масолеҳи роҳсозӣ аз резина;
- дар истехсоли асбобу анҷоми варзишӣ, маснуоти резинӣ ва ғайра.

Риштаи он дар саноати бофандагӣ истифода бурда мешавад. Симҳои корди шина барои истифодаи дубора қобили қабуланд.

Коркарди фаъолони шинаҳои истифодашуда дар ҳалли яке аз проблемаҳои экологӣ аҳамияти муҳим дорад. Яъне тавассути чунин амал мо ба шина ҳаёти дубора мебахшем ва дар соҳаҳои мухталиф онро мавриди истифода қарор медиҳем.

Ба қавли коршиносон, ҳамасола дар ҷаҳон беш аз 10 миллион тонна шина аз кор мебарояд. Албатта ҳаҷми он дар кишварҳои гуногун фарқ мекунад. Ҳаҷми шинаҳои партов бо афзоиши боркашонӣ ва нақлиёти автомобилӣ зиёд мешавад. Ҳаҷми фуруши автомобилҳои сабуқрав ва автомобилҳои сабуки тичоратӣ дар соли 2016 ба 1,4 миллион дона, дар соли 2017 - 1,5 миллион адад ва соли 2020 ба зиёда аз 2 миллион адад расид. Тибқи пешгӯии коршиносон, фуруши мошинҳо танҳо афзоиш хоҳад ёфт. Афзоиши парки мошинҳо соле 3—7 фоиз пешбинӣ шудааст. Дар натиҷа миқдори шинаҳои истифодашуда зиёд мешавад.

Шинаҳои фарсудашуда зуд зуд баъзан сӯзонда мешаванд, ки ҳангоми сӯхтор хомӯш кардани онҳо хеле душвор аст ва дар натиҷаи сӯхтан маҳсулоти сӯзиши зарарноки дараҷаи хавнокии I ва II ба ҳаво паҳн мешавад. Аз як тонна чархи истифодашуда ба атмосфера тақрибан 270 килограмм дуд ва 450 килограмм гази захрдор, инчунин моддаҳои канцерогенӣ мебароянд [1]. Шинаҳо амалан ғайрибиологӣ мебошанд. Муддати таҷзияи табиӣ шинаҳо зиёда аз 100 сол аст. Дар баробари ин дар таркиби шинаҳои фарсуда ашёи хоми пуркимат: каучук, металл ва корди бофандагӣ мавҷуд аст.

Дар бисёре аз кишварҳои пешрафта, аксари шинаҳои истифодашуда дубора коркард мешаванд. Масалан, дар ИМА фоизи аз нав кор карда баромадани шинаҳои вайроншуда ба 88,5 фоиз мерасад.

Шинаҳои истифодашудаи воситаҳои нақлиёт, маснуоти резинӣ ва партовҳои истехсоли резинӣ пеш аз фиристодан ба коркард бояд дар қитъаҳои махсуси бетонӣ ё асфалтӣ нигоҳ дошта шаванд, ки риояи талаботи бехатарии сӯхтор ва имкони истифодаи механизмҳои борбардорро ҳангоми корҳои боркунӣ ва борфарорӣ таъмин мекунанд [2].

Дар ҷаҳон барои коркарди партовҳои резинӣ ва шинаҳои мошинҳо технологияҳои гуногун истифода мешаванд. Ин технологияҳо партови чархҳои пурра ё резашуда, истифодаи чархҳои пурра барои мақсадҳои гуногун, истифодаи чархҳо ва партовҳои резинӣ барои энергия, реза кардани шина ва барои ба даст овардани резини реза ва хокаро дарбар мегиранд [3].

Натиҷаҳои тадқиқот

Шинаҳои истифодашуда дорои захираи баланди энергияи гармӣ мебошанд ва онҳоро ҳамчун сӯзишворӣ истифода бурдан мумкин аст, зеро онҳо асосан аз маҳсулоти нафтӣ иборатанд. Ҳангоми сӯхтани шинаҳо, инчунин ҳама гуна маҳсулоти аз карбогидридҳо сохташуда асосан гази карбон, об ва таҳшинҳои ғайрифасол ба вуҷуд меоянд. Дар гирондани шина душвор аст, зеро ҳарорати даргирии он дар ҳудуди 330-350°C қарор дорад. Худдаргирии шинаҳо низ имконнопазир аст. Шина дар ҳарорати 650°C пурра сӯхта, танҳо хокистар ва шлак ба вуҷуд меояд [1].

Энергияи пасттарини сӯзиши шина 32-34 МДЖ/кг аст. Гармии сӯхтани 1 тонна шинаҳои истифодашуда ба гармии сӯхтани 1 тонна ангишти хушсифат ё 0,7 тонна сӯзишвории моеъ баробар аст. Муқоисаи таркиби энергияи гармии сӯзиши шина, сузишвории маъданӣ ва дигар сузишворӣ дар ҷадвал нишон дода шудааст (ҷадв.1).

Ҷадвали 1 – Имконияти гармичудокунии сузишворӣ

Сӯзишворӣ	Гармии сӯзиш, ккал/кг
Газ	556
Ангишт	5833-7056
Чуб	2431
Сӯзишвории аз шина тайёршуда	8611

Хулоса

Дар асоси таҳлили таҷрибаи ҷаҳонӣ дар самти коркард ва истифодаи дубораи шинаҳои воситаҳои нақлиёт ба чунин хулоса омадан мумкин аст.

1. Пиролизи шина. Ин усули коркард аз ҳама умедбахштарин аст, зеро маҳсулоти пиролиз пайвастиҳои дорои захираи энергетикӣ мебошанд. Маҳсулоти заводи пиролиз газ, сузишвории моеъ (бензини сунӣ) ва ангишт мебошад. Дар як қатор мамлакатҳо (ШМА, Япония, Германия, Швейсария ва

ғайраҳо) заводҳои таҷрибавии пиролизи каучук, ки иқтидорашон 7—15 ҳазор тонна дар як сол мебошад, муддати дароз кор мекунад. Худи раванди пиролизро бо норасоии оксиген, дар вакуум, дар атмосфераи гидроген, дар ҳузури катализатор ё бе онҳо, фосилавӣ ё пайваста, дар ҳарорати аз 400°C то 1000°C амалӣ месозанд.

2. Шинарезаҳо. Дар натиҷаи коркарди механикии шинаҳои дар ҳарорати паст шинарезаҳо, риштаи корд ва сими он ҷудо карда мешаванд. Шинарезаҳо барои сохтани майдончаҳои варзишӣ, роҳравҳо истифода мебаранд. Солҳои охир ин усул васеъ ба кор бурда мешавад, чунки арзиши коркард нисбат ба пиролиз пасттар ва аз ҷиҳати экологӣ камтар хатар дорад. Каучуки шинареза ё дар ҳарорати мусбат ё ба таври криогенӣ бо истифодаи нитрогени моеъ ба даст оварда мешавад.

3. Истифодаи бе коркарди шинаҳо барои мақсадҳои гуногун. Масалан, ҳамчун асос барои системаҳои дренажӣ, ҳамчун деворҳои ороишӣ истифода бурдан ба мақсад мувофиқ мебошад. Шинаҳо дар соҳили дарё барои муҳофизат кардани нишебҳои аз эрозия ва обхезӣ, ҳамчун канори муҳофизатии роҳ дар роҳҳои кӯҳӣ истифода бурдан мумкин аст [4].

3. Сӯзонидани шина. Ин усул аз ҳама бештар ба табиат зараровар аст, зеро хангоми суктани шина моддаҳои захрнок ба вучуд меоянд, ки ба муҳити атроф хавфноканд. Каучуки сӯзон дуди сиёҳӣ зичеро ба вучуд меорад, ки дорои ду газӣ хеле захрнок – сулфиди гидроген ва диоксиди сулфур мебошад. Илова бар ин, оксидҳои канцерогенӣ ва оксиди карбон хориҷ мешаванд, ки боиси ҳалалдоршавии нафаскашӣ ва дигар бемориҳо мегарданд.

Омода намудани сузишворӣ аз шинаҳо. Резинаи коркардшуда бо ангишт омехта намуда, ба сифати сузишворӣ барои истгоҳҳои барқии гармӣ ва хушккунии бетон истифода мебаранд. Шинаҳои кӯҳна аз сабаби арзиши баланди калорияшон ҳамчун ивазкунандаи сӯзишворӣ истифода мешаванд. Аммо захролудшавии баланди маҳсули сӯзиш, инчунин сатҳи нархи ангиштсанг, бахусус дар кишварҳои истихроҷкунанда, ин усулро бесамар гардондааст.

Ҳамин тариқ, масъалаи коркарди шинаҳои коркардшуда барои Ҷумҳурии Тоҷикистон хеле аҳамияти муҳим дорад. Пайвастаҳо ва элементҳои захролуд, ки дар таркиби шинаҳо мавҷуданд, ба муҳити зист таъсири манфӣ мерасонанд ва дар муддати тӯлонӣ боиси ифлосшавии ҳаво, хок ва об мегарданд. Ба ғайр аз ҷиҳати экологӣ имкониятҳои иқтисодӣ ва иқтидори энергетикӣ дар коркарди шинаҳои автомобилҳо баҳо додан лозим аст. Аз таҷрибаи мамлакатҳои пешафта дар соҳаи коркард намудани шинаҳо истифода намуда, усулҳои гуногунро дар Тоҷикистон ҷорӣ кардан муҳим аст. Бешубҳа, дар шароити муосир истифодаи самараноки шинаҳои корношоям аҳамияти бузурги иҷтимоӣ иқтисодӣ дорад.

Адабиёт

1. ГОСТ Р 54095-2010 «Ресурсосбережение. Требование к экобезопасной утилизации отработавших шин».
2. ГОСТ 22374-77 «Шины пневматические. Конструкция. Термины и определения». – ГАРАНТ Информационно-правовой портал.
3. Новохатская, Е. О. Особенности решения экологических и экономических проблем утилизации отработанных автомобильных шин на примере Дальнегорского городского округа / Е. О. Новохатская, Л. А. Шилло, Г. П. Каргина // Научное сообщество студентов XXI столетия. Экономические науки: сб. ст. по мат. XV междунар. студ. науч.-практ. конф. № 15.
4. Стец, А. А. Экологические и экономические аспекты переработки и использования изношенных автомобильных шин / А. А. Стец, А. М. Чайкун // Химическое машиностроение и инженерная экология. Серия 4. ФГУП ВИАМ. – С. 34–39.

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

TJ	RU	EN
Гафоров Абдулазиз Абдуллофизович	Гафоров Абдулазиз Абдуллофизович	Gaforov Abdulaziz Abdullofizovich
Доктори илмҳои техники, профессор	Доктор технических наук, профессор	Doctor of Technical Sciences, Professor
Донишгоҳи технологии Тоҷикистон	Технологический университет Таджикистана	Technological University of Tajikistan
	abdulaziz.gaf@mail.ru	

СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

УДК 72.04 (575,3)

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ЦВЕТА В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТАДЖИКИСТАНА

Эмомова Ф.Ё.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье анализируется использование материалов и цвета в архитектуре минувших веков, что находит отклик в архитектуре современного Таджикистана. Об этой стране написано много и имеется достаточное количество материалов информационного характера. Однако с каждым днём появляются всё больше материалов, применяемых в плане формирования архитектуры и монументального искусства.

Ключевые слова: архитектура, градостроительство, монументальное искусство, цвет, фасад, форма, материал.

ИСТИФОДАБАРИИ РАНГ ДАР МЕЪМОРӢ ВА СОХТМОНИ ТОҶИКИСТОН

Эмомова Ф.Ё.

Дар мақола истифодабарии ранг мавриди таҳлил қарор гирифта, истифодаи он дар меъморӣ қадима ва муосири Тоҷикистон дида баромада мешавад.

Дар бораи ин кишвар бисёр суханҳо навишта шудааст ва айни замон дар бораи беҳбудият ва ташаккули санъати меъморӣ ва пластикӣ, ки хело чашмрасанд хело кам қайд шудааст.

Калимаҳои асосӣ: меъморӣ, шахрсозӣ, санъати монументалӣ.

APPLICATIONS OF MATERIALS AND COLORS IN THE ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION OF TAJIKISTAN

Emomova F.Yo.

The article analyzes the use of materials, and the colors in the architecture of the past centuries resonate in the architecture of modern Tajikistan. A lot has been written about this city and there are quite a lot of informational materials. However, there is too little material of interest to us in terms of the formation of architecture and monumental art.

Key words: architecture, urban planning, monumental art.

Актуальность. Изучая данную проблему возникла потребность в исследовании того, как меняется форма, характер и назначение здания, его образ с использованием многообразия цветов и материалов в разные периоды. Задачи, поставленные временем, позволяют анализировать и исследовать многообразие современных материалов и цветовую гамму в строительстве и архитектуре XXI века, в стране где есть свой колорит и образ.

Введение. Архитектура - созидательное искусство, в котором без прошлого нет будущего, а её исследования дают возможность увидеть все богатства архитектурного наследия. В этой связи изучение материалов и цвета в архитектуре, их значение в формировании облика зданий как снаружи, так и внутри приобретает важное значение.

В целом материалы, используемые в строительстве в Таджикистане, отличаются по регионам и горным системам республики. Историко-географические условия в совокупности с местными традициями и культурой определяют черты местной архитектуры, в частности – использование тех или иных материалов и цветов. Так, в Таджикистане в целом сформировалась определённая тенденция использовать в строительстве такие материалы как дерево, камень, лёсс и суглинок. Тем не менее, интенсивность использования тех или иных материалов отличается в зависимости от местности строительства.

В то же время, Таджикистан очень разнообразен и представляет собой многоцветную палитру из различных архитектурных стилей, влияние на которые также имеют местные культуры. Одним из примеров многоцветья является национальная одежда. Национальный головной убор – тюбетейка или токи можно ассоциировать, к примеру, с настенными орнаментами зданий такими, как мозаика и майолика (Рис. 1,2.).

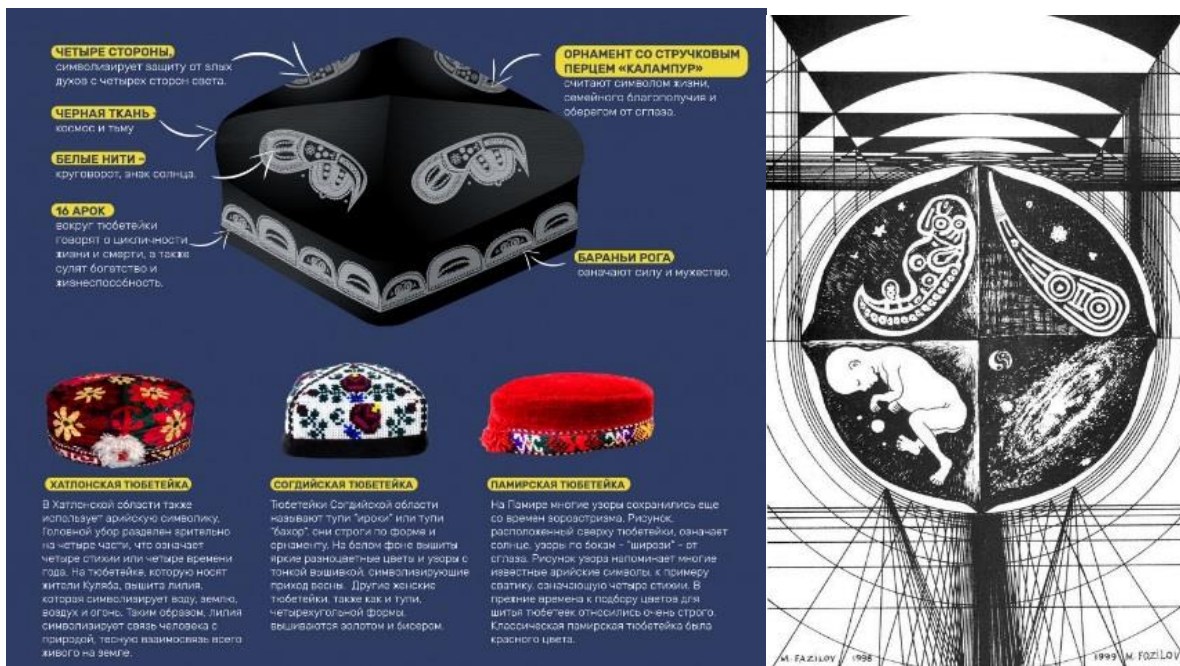


Рис.1, 2. Тюбетейки Таджикистана.

При украшении тюбетеек преимущественно используется растительный характер вышивок, цветовое решение которых достигалось путем колористического противопоставления цветочных и лиственных частей узора.

Такое решение как в плане цвета, так и в плане орнамента применяется в национальной архитектуре. Так, вышивка может послужить основой для общей концепции архитектурно-планировочной структуры здания, либо может применяться на фасаде в качестве основы, к примеру, декоративных решеток. Таким образом, национальная культура, цвета и материалы, которые она использует, зачастую переплетаются с архитектурой, привнося свои элементы в неё. (Рис.3,4,5,6,7).

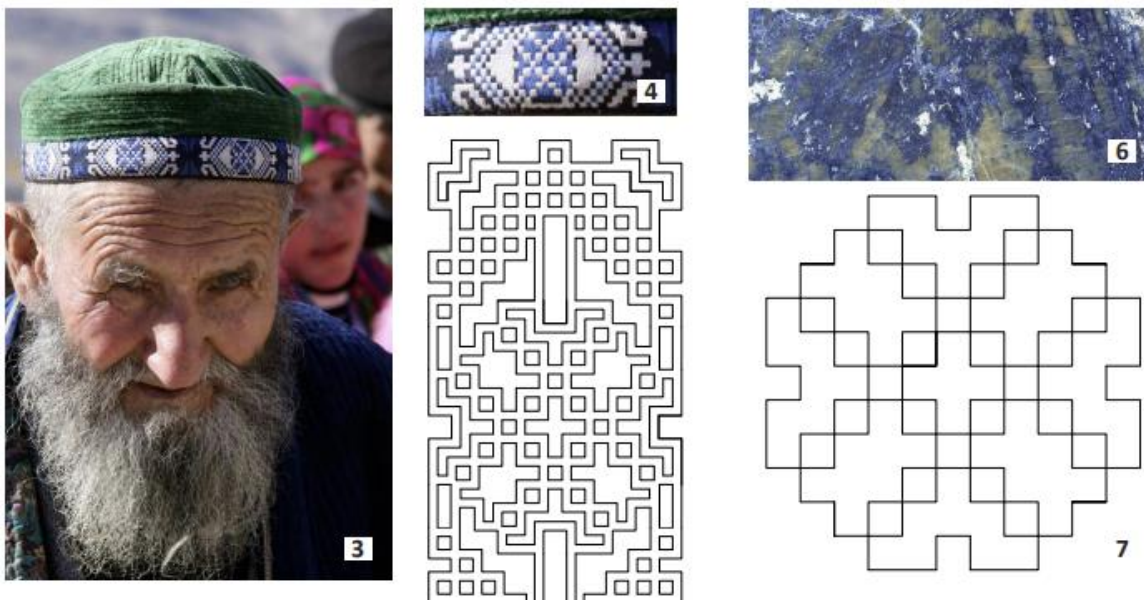


Рис.3,4,5,6,7. Тюбетейка с вышивкой.

Методы исследования. Современная архитектура Таджикистана специфична и имеет смешанный классическо-национальный характер. Она формировалась на протяжении веков под воздействием различных культур. Стоит отдельно заострить внимание на XIV веке, когда появились новые виды подкупольных систем, а цветные облицовки всё более завладевают поверхностями монументальных зданий. Именно тогда появляются неповторимые текстуры и пропорции минаретов, а также многоцветье декора мечетей. Вначале это были голубые, синие, белые, глазурованные кирпичи, затем перегородчатая майолика и резная терракота. Позже появляются многоцветные майоликовые плиты, которые

подбираются в сплошной узор, и уже позже чистота глазури и чистота красок достигает неповторимого совершенства (Рис. 8).



Рис. 8. Фаянсовые керамические плитки, архитектура Узбекистана

Возвращаясь к теме регионального многообразия, стоит отметить, что использование материалов и цветов в архитектуре Северного Таджикистана отличается от южной, а также восточной архитектуры. Раньше единицы цветовой гаммы были ограничены натуральными оттенками, связанными с красителями минерального происхождения. Исследуемый анализ XIX века предоставил многообразие научных исследований и открытий, и тогда же появляется огромное количество пигментных красителей, основанных в основном на соединениях металлов: цинк, медь, мышьяк, хром и т.д. Северная часть Таджикистана больше тяготеет к архитектурному стилю Самарканда и Бухары, где зародились основы архитектурно-строительной деятельности с преобладанием купольных зданий, а материалом для отделки в основном служила битая глина, кирпич, керамика, резьба по дереву. Арочные декоративные решетки, повсеместно встречающиеся в архитектуре севера, отражают его характер, дают определенную фактуру (Рис.9). Ярким примером служит крупный мемориальный ансамбль, находящийся в исторической части города, воздвигнут на могиле Муслихиддина Худжанди - правителя города Худжанда (Ходжент, Худжант), поэта, жившего в XII веке.

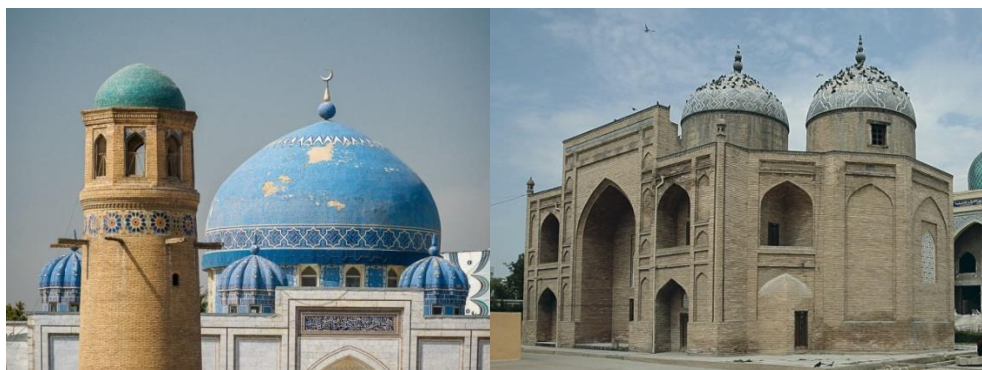


Рис.9. Мавзолей Шейха Муслихиддина в Худжанде, построен в период с 1512 по 1513 годы.

Для строительства комплекса использовалась глино-саманная обмазка, а жженный кирпич стал основой фундамента. Уникальной особенностью портала для входа, выходящего прямо на улицу, являются изразцовая облицовка и фасадные резные ганчевые панно. На северо-востоке расположен минарет, где классический фонарь оформлен с использованием арочных проемов, а глазу человека доступна изумительная городская панорама. В создании уникального образа приложили руку и мастерство различные люди. Благодаря уникальным подходам зодчих был создан превосходный пример слияния искусства и техники строительства Худжанда.

Другим примером служит Худжандская крепость, которая на сегодняшний день, в значительной степени отреставрированная, является историческим музеем. Здание построено в виде традиционного оборонительного сооружения (Рис. 10). Первоначально стены крепости были возведены исключительно из толстой и плотной пахсы. В дальнейшем крепость не раз перестраивалась, и на данный момент в отделке используется в основном кирпич.

Использование материалов и цвета в архитектуре минувших веков находит отклик и в архитектуре современного Таджикистана. Так, главные ворота в археологический комплекс Саразм, которые были

построены в 2021 году, отражают преемственность в использовании материалов древности в современной архитектуре (Рис. 11).



Рис.10. Современное здание музея в Худжанде.



Рис. 11. Современные порталные ворота в исторический музей под открытым небом 5500-летия Саразм, в г. Пенджикент Согдийской области.

Архитектура юга и востока Таджикистана основывается на чёткой геометрии простых объёмов, где в отделке преобладают камень и дерево. Это в свою очередь, даёт противоположный эффект, за счёт чего усиливается внимание на цветовое решение фасада. Рассмотрим пример города Хорога, расположенного на высоте 2200 метров над уровнем моря и обладающего своими отличительными чертами в плане архитектуры. Здесь имеется множество исторических памятников, зданий и сооружений с наглядным применением горного камня и дерева. Так, Исмаилитский центр, автором которого является архитектор Фарух Нурмухаммед, является объектом, который формирует облик современного Хорога. Здесь были учтены детали и характер народной архитектуры, а также величественная местная природа - величественные, высокие тополя, материалы и методы строительства (Рис. 12, 13,14).

Более 30 лет автор проекта изучал местность, культуру, вдохновлялся колоритом и характером народа. В итоге, получилась некая интеграция архитектуры и дизайна интерьера, внутренних и внешних пространств с использованием местных материалов, таких как камень, дерево и лазурит. Необходимо отметить, что цвета строительных материалов, использованных на фасаде и в интерьере, являются натуральными и связанными с природой. Такие архитектурные решения, связанные с природно-климатическими условиями местности, сочетаются с современным подходом к стремлению сделать архитектуру более экологичной. Они также сочетают местные традиции, ремесло с современной архитектурой, что особенно важно в связи с необходимостью сохранения местной культуры, колорита в условиях глобализации современной архитектуры.

Результаты. Таким образом, следует отметить, что необходимо использовать данные теоретические исследования на практике, чтобы продолжать местные архитектурные традиции. В то же

время современные исследования по воздействию цвета на психику человека также следует учитывать. Исследуя эмоциональные ассоциации основных цветов, применяемых в архитектурном пространстве, а также сравнивая национальный и современный колорит зданий разных городов и районов Таджикистана, можно сформировать аутентичный ни с чем несравнимый стиль. В частности, в архитектуре Востока, как правило, используется ограниченное число цветов, а свойства материала раскрываются в пространстве из многоплановых композиций.



Рис. 12. Проект Исмаилитского центра в г. Хорог, фасад. 2. Тополя, фактура дерева. 3. Природный камень.



Рис. 13.

Проект Исмаилитского центра в г. Хорог, фасад. В эскизном варианте



Рис.14. Проект Исмаилитского центра в г. Хорог, фасад и интерьер зала. Личные рисунки автора Фаруха Нурмухаммеда.

В значительной мере различаются цвета в зависимости как обработан материал, естественные цвета достигаются при традиционном производстве материала, как описывалось выше, это камень, дерево, кирпич.

Обсуждение. Применение различных отделочных материалов, соответствующих цветов и изделий из керамики для облицовки зданий создаёт не только интересный вид, но и соответствующую защиту от внешних факторов окружающей среды. Палитра доступных в настоящее время цветов достаточно велика, что особенно актуализирует дальнейшее исследование цвета и материала в архитектуре. Многочисленные наблюдения профессионалов о цвете и тоне, содержащиеся в различных статьях, выделяются интересными индивидуальными подходами к цвету и материалам, поскольку многие из них основываются на индивидуальном опыте. Значение цвета в архитектуре многогранно - цвет определяет формы, объёмы зданий и сооружений, при помощи цвета архитектор показывает то, как функционирует

объект в экстерьере и в интерьере. Как в прошлом, так и сегодня материалы и цвета остаются важным аспектом архитектуры.

Литература:

1. Абдухалим Р., Архитектура и декор, история // Очерк развития облицовочной керамики (I-часть). 2017. С. 10 –40
2. Пугаченкова Г.А., Памятник искусства Советского Союза // Средняя Азия. Справочник- путеводитель. 1983. С 19 –60
3. Карцев В.Н. Зодчества Афганистана // Москва стройиздат 1986. С 55–80

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

TJ	RU	EN
Эмомова Фирӯза Ёфтуллоевна Номзади мейморӣ, и.в. дотсент	Эмомова Фируза Ёфтуллоевна Кандидат архитектуры, и.о. доцента	Emomova Firusa Yoftulloevna PhD in Architecture, Acting associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S.Osimi
miss.imomova@mail.ru		
0000-0001-8968-8988		

УДК 624.131

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ ГРУНТА, ПРИБОРЫ И ОБРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСОЛИДАЦИИ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

А.А. Рахманов

Государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт «Строительство и архитектура» Комитета по архитектуре и строительству при Правительстве РТ (ГУП «НИИСА»).

В статье рассматриваются вопросы отбора и экспериментальных исследований слабых водонасыщенных глинистых (илистых, водонасыщенных лессовых) грунтов с замером порового давления. Рассматривается конструкция разработанного грунтоотборника для отбора водонасыщенных грунтов текучей и текучепластичной консистенции. Приводятся конструкции компрессионных приборов и датчиков компенсационного и аэростатического (капиллярного типа для измерения избыточного порового давления). Рассматривается методика измерения величины избыточного порового давления, возникающего при действии внешней нагрузки. Приводится формула расчета избыточного порового давления при действии внешней нагрузки на образец.

Ключевые слова: водонасыщенный грунт, грунтоотборник, компрессия, кольцо компрессионное, поровое давление, датчики давления, компенсация, датчик аэростатического (капиллярного) типа.

SOIL SAMPLING DEVICE, INSTRUMENTS AND EQUIPMENT FOR INVESTIGATION OF CONSOLIDATION OF WEAK WATER-SATURATED CLAY SOILS

A.A. Rakhmanov

The article deals with the selection and experimental studies of weak water-saturated clayey (silty, water-saturated loess) soils with measurement of pore pressure. Considering the design of the developed soil sampler for the selection of water-saturated soils of fluid and fluid-plastic consistency. Given the design of compression devices and sensors of compensatory and aerostatic (capillary type for measuring excess pore pressure). Considered a technique for measuring the excess pore pressure that occurs under the action of an external load. The formula for calculating the excess pore pressure under the action of an external load on the sample is given.

Key words: water-saturated soil, soil sampler, compression, compression ring, pore pressure, pressure sensors, compensation, aerostatic (capillary) type sensor.

СОХТ БАРОИ ГИРИФТАНИ НАМУНАИ ХОКҲО, АСБОБҲО ВА ТАҶҲИЗОТ БАРОИ ТАҲҚИҚИ МУТТАҲИДИИ ХОКҲОИ СУСТИ СЕРОБШУДАИ ЛОЙӢ

А.А. Рахманов

Дар мақола масъалаҳо ва таҳқиқҳои таҷрибавии хокҳои сусти серобшудаи лойӣ, лойқавӣ ва серобшудаи хокҳои зард бо ченкунии фишори ковоқӣ баррасӣ карда мешаванд. Конструксияи хокгирандаи коркардшуда барои гирифтани хокҳои серобшудаи шоранда ва шорандаю ёзандаи ғилзатнок баррасӣ мегардад. Конструксияи асбобҳои компрессорӣ ва хабаркунакҳои намуди чубронакӣ ва аэростатӣ (намуди чакравӣ барои ченкунии фишори ковоқӣ барзиёд) оварда шудааст. Методикаи ченкунии бузургии фишори ковоқӣ барзиёд, ки хангоми таъсири сарбори берунӣ ба амал меояд, баррасӣ карда мешавад. Формулаи ҳисоби фишори ковоқӣ барзиёд хангоми таъсири сарбори берунӣ ба намуна оварда шудааст.

Калимаҳои асосӣ: хоки серобшуда, хокгиранда, фушурдани ҳаво, ҳалқаи ҳаво фишуранда, фишори ковоқӣ, хабаркунакҳои фишор, намуди чубронӣ, хабаркунаки намуди аэростатикӣ (чакравӣ).

Введение

В настоящее время в связи с изменением климатических условий и производственной деятельностью человека, связанной с возведением крупных гидротехнических сооружений, освоением и орошением новых осваиваемых земель, возрастает проблема обводнения территорий, сложенных слабыми водонасыщенными глинистыми грунтами (СВГГ). К СВГГ принято относить грунты аллювиальных, озерных, лиманных, морских и болотных отложений, а также грунты делювиального и пролювиального происхождения при их обводнении, у которых степень водонасыщения $S_r \geq 0,8$, а сжимаемость характеризуется модулем общей деформации $E_0 \leq 5,0$ МПа [1]. К категории слабых водонасыщенных глинистых грунтов (СВГГ) относят обычно следующие категории грунтов: илистые грунты, водонасыщенные лессовые грунты и ленточные глины.

Постановка задачи

Особенностью задачи экспериментальных исследований грунтов, включая СВГГ, является определение физико-механических свойств грунта, определение гранулометрического состава, исследование деформативных и прочностных свойств в процессе действия внешних нагрузок. В настоящее время отбор образцов с верхних горизонтов СВГГ является технически трудновыполнимой задачей. Существующие конструкции грунтоотборников не позволяют отбирать образцы текучей и текучепластичной консистенции, поэтому верхние горизонты таких грунтов не отбираются, в лаборатории не исследуются и, как правило, исключаются из расчетов [2,3].

Наиболее полную картину процесса консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов дают компрессионные исследования с замером величины порового давления во времени.

Теория

Для решения вопроса отбора слабых водонасыщенных глинистых грунтов была разработана и предложена конструкция устройства, представленная на рис. 1 и рис. 2. [4].

Устройство для отбора образцов грунта (грунтоотборник) состоит из корпуса 1 с крышкой 2 и заостренным наконечником 3, внутри которого размещены грунтовые кольца 4 с кольцевыми датчиками 5 диском 6 с вертикальными стопорно-направляющими стержнями 7, которые устанавливаются в вертикальных каналах 8 корпуса 1.

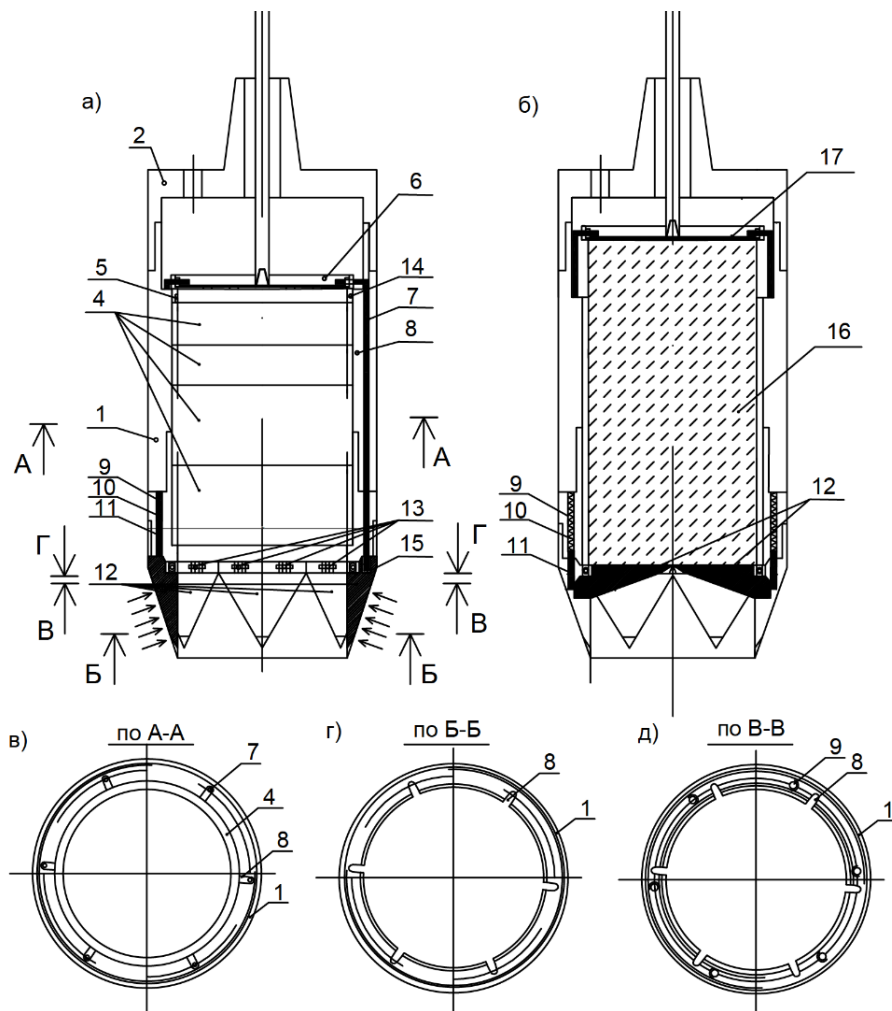


Рис. 1. Разрезы и сечения грунтоотборника для отбора слабых водонасыщенных глинистых грунтов: а) – разрез устройства в собранном виде перед погружением в грунт; б) – разрез устройства после отбора образцов грунта; сечения устройства:

в) – по А - А; г) – по Б - Б; д) – по В - В: 1 - корпус грунтоотборника (устройства);

2 – крышка устройства; 3 – заостренный наконечник устройства; 4 – грунтовые кольца; 5 – кольцевые датчики;

6 – диск для направляющих стержней; 7 – направляющие стержни; 8 – вертикальные каналы в корпусе

устройства; 9 – каналы для установки пружин; 10 – пружины; 11 – штоки; 12 – жесткие подвижные сектора;

13 – шарниры; 14 – стопорное кольцо с резьбой; 15 – углубления для направляющих стержней;

16 – образец грунта; 17 – вакуумное резиновое кольцо.

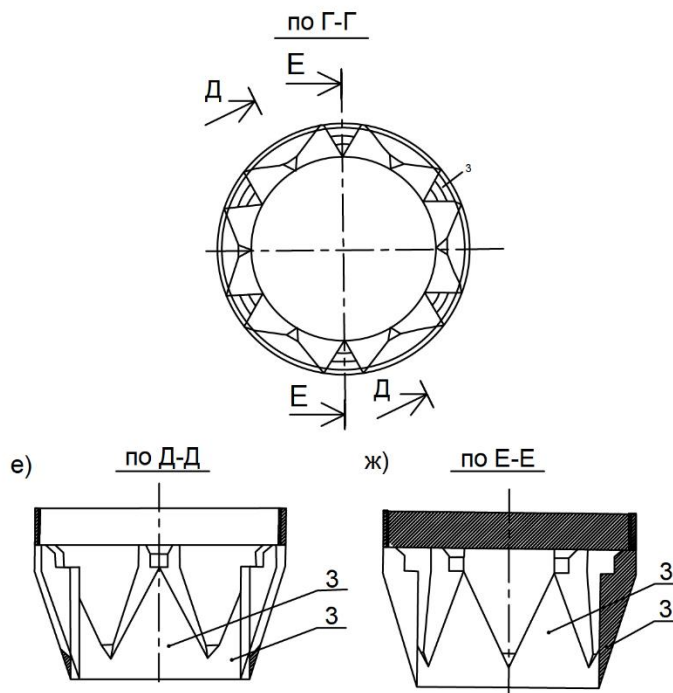


Рис. 2. Сечение наконечника грунтоотборника по Г-Г (на рис. 1 а) и разрезы подвижных секторов: е) - по Д-Д; ж) - по Е-Е.

В каналах 9 корпуса 1 установлены пружины 10 со штоками 11, которые торцами опираются на подвижные жесткие сектора 12, присоединенные посредством шарниров 13 к корпусу 1. Для обеспечения неподвижности грунтовых колец в корпусе 1 установлено кольцо 14 с резьбой. Подвижные сектора 12 имеют отверстия 15 для фиксации их в вертикальном положении посредством стержней 7. Грунтовые кольца в процессе погружения грунтоотборника в массив заполняются грунтом 16. Основным назначением диска 6 является фиксация всех жестких секторов 12 в вертикальном положении в прорезях наконечника 3 посредством стопорно-направляющих стержней 7 и выходящих из них после погружения устройства в массив и наполнения его отбираемым грунтом. Обеспечение одновременного синхронного извлечения стержней из отверстий 15, освобождение секторов 12 от стержней 7 в момент полного заполнения устройства грунтом 16 и автоматическое закрытие дна корпуса и использование потенциальной энергии пружин 10, предусмотренных в корпусе грунтоотборника, и реакции самого грунта на внешние наклонные поверхности подвижных секторов 12, освобождение которых от стержней 7 позволяет осуществить автоматическое закрытие дна грунтоотборника. Устройство для отбора образцов грунта в разобранном и собранном виде представлено на рис. 3. Процесс погружения грунтоотборника в забой скважины и поднятие с отобранными образцами грунта приведены на рис.4.

Устройство для отбора образцов СВГГ работает следующим образом.

Посредством бурового оборудования (на рис. не приведено) в грунтоотборник в собранном виде (см. рис. 1 а) погружают в массив водонасыщенного (илистого, лессового) грунта и грунтовые кольца 4 наполняются грунтом 16. При дальнейшем погружении устройства грунт 16 упирается в диск 6 и поднимает его. Вместе с диском 6 по вертикальным каналам 8 поднимаются стержни 7, торцы которых выходят из отверстий 15 подвижных жестких секторов 12. В исходном положении штоки 11 торцами давят на верхнюю часть подвижных жестких секторов 12. Одновременно на внешние наклонные поверхности подвижных секторов 12 действует реактивное давление грунта с внешней стороны устройства. Сектора 12 под воздействием штоков 11 и реактивного давления грунта перемещаются во внутреннюю часть корпуса и закрывают дно устройства (см.рис.1 б). Расстояние между крышкой 2 и диском 6 предусмотрено таким образом, что вдавленный секторами 12 грунт полностью размещается в корпусе. Когда сектора 12 перемещаются в горизонтальное положение, то штоки 11 под воздействием пружин 10 опускаются и стопорят сектора в горизонтальном положении. Диск 6 и штоки 11 снабжены датчиками, подающими сигнал о перемещении подвижных секторов 12 и принятии ими горизонтального положения. Над диском 6 свободно располагают круглое сплошное резиновое кольцо 17 толщиной 2 - 3 мм и диаметром равным внутреннему диаметру диска 6. Основное предназначение данного резинового кольца – создание вакуума при примыкании к диску 6 в процессе поднятия устройства с образцом глинистого грунта 16. После

поднятия грунтоотборника с образцом водонасыщенного грунта 16 отделяется крышка 2 от корпуса 1, затем диск 6 с резиновым кольцом 17 и стержнями 7 после чего отбирается грунт до уровня кольца 14.

а)

б)



Рис.3. Конструкция грунтоотборника: а) - в разобранном виде, б) - в собранном виде с закрытой грунтоприемной камерой

а)

б)

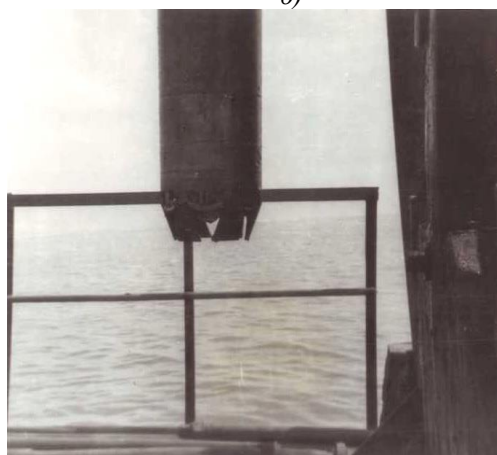


Рис. 4. Конструкция грунтоотборника в процессе отбора грунта: а) - перед погружением в забой скважины, б) - с отобранными образцами грунта на палубе понтона

Отобранная часть образца отправлялась в лабораторию для определения физических показателей отобранного грунта. Из корпуса устройства 1 освобождаются грунтовые кольца 4 с грунтом для последующих компрессионных испытаний в полевых условиях и в стационарных условиях. Работоспособность разработанной конструкции грунтоотборника была успешно опробована на илистых грунтах в г.Очакове (Южная Украина). Так как компрессионные кольца для отбора грунтов предварительно предусматривались в корпусе устройства, в комплект к грунтоотборнику запроектирован компрессионный прибор площадью кольца 100 см². Схема компрессионного прибора площадью 100 см² приведена на рис.5.

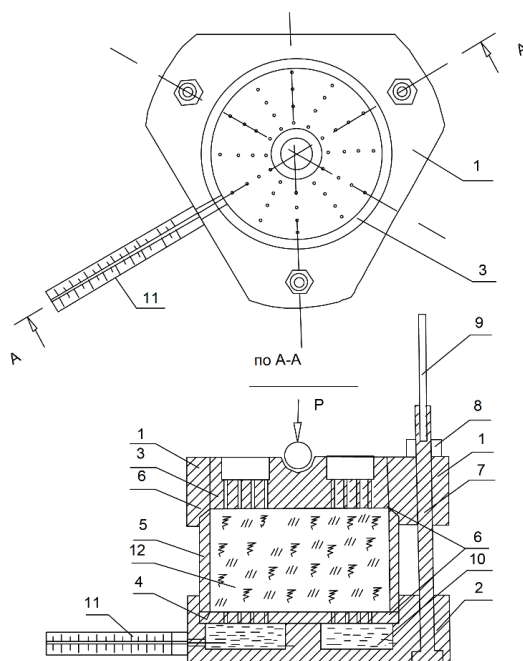


Рис.5 Схема компрессионного прибора площадью 100 см^2 : 1 – верхняя плита; 2 – нижняя плита; 3- верхний перфорированный штамп; 4 - нижний перфорированный штамп; 5 – компрессионное кольцо; 6 – резиновые прокладки; 7 – соединительные стержни; 8 – винты; 9 – стойки; 10 – полость для фильтруемой воды; 11 – датчик порового давления капиллярного типа; 12 - исследуемый грунт

Прибор состоит из верхней 1 и нижней 2 плиты. На нижнюю плиту устанавливается перфорированный штамп 4, под которым находится полость для фильтрующейся воды 10. Компрессионное кольцо 5 с исследуемым грунтом 12 устанавливается на нижний штамп 4 и накрывается сверху верхней плитой 1. Для герметичности соединений предусмотрены резиновые прокладки 6.

Верхняя и нижняя плиты прижимаются друг к другу при помощи трех соединительных стержней 7 и винтов 8. На стержнях 7 предусмотрены стойки 9 для индикаторов часового типа. Внешняя нагрузка P передается на образец грунта, через верхний перфорированный штамп 3. Деформации образца при этом определяются индикаторами часового типа. При измерении величины порового давления в нижней части компрессионного прибора устанавливается датчик 11. На рис. 6 приведены компрессионные испытания слабых водонасыщенных илистых грунтов на приборах площадью 100 см^2 с датчиками капиллярного типа.



Рис.6. Лабораторные исследования слабых водонасыщенных грунтов

Для измерения величины порового давления использовались устройства компенсационного [5, 6] и капиллярного [7] типа, изображенные на [рис. 7](#).

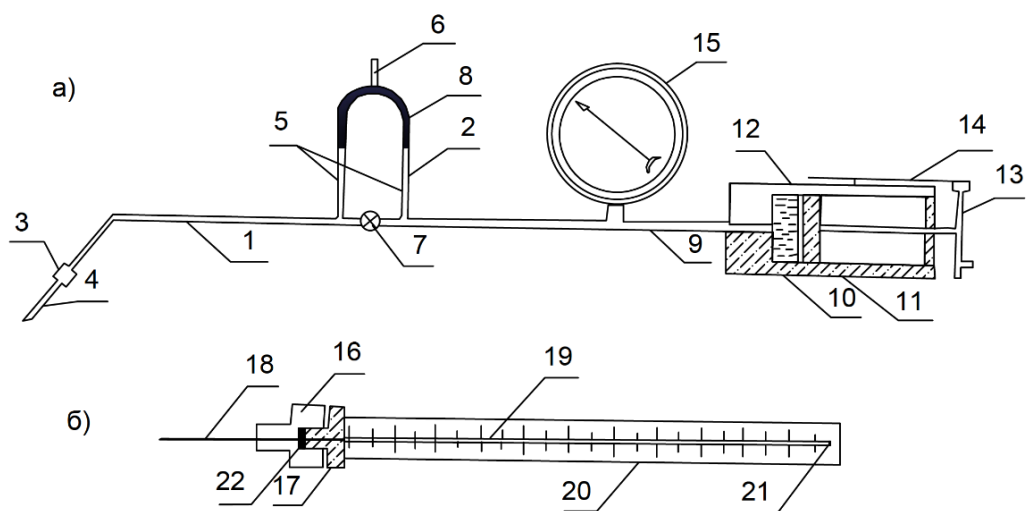


Рис.7. Схемы датчиков порового давления: а) - компенсационного и б) -гидроаэростатического (капиллярного) типа: 1 – стеклянная трубка; 2 – нуль-индикатор; 3 – приемник давления; 4 – капиллярная игла; 5 – вертикальные каналы; 6 – впускной кран; 7 – запорный кран; 8 –жидкость (масло, краситель); 9 – трубка; 10 – узел регулирования противодействия; 11 – цилиндр; 12 – поршень; 13 – маховик; 14 - мерная линейка; 15 – манометр; 16 – болт-штулка; 17 – штуцер; 18-игла; 19 – капиллярная трубка; 20 – шкала; 21 – запаянный конец трубки; 22 - уплотнитель.

Схема датчика порового давления компенсационного типа приведена на [рис.7 а](#). Датчик порового давления данного типа состоит из трубки 1, заполненной несжимаемой дегазированной водой и присоединенной к корпусу нуля-индикатора 2, несущей на своем конце приемник давления 3 с капиллярной иглой 4. Вертикальные каналы 5 в корпусе нуля-индикатора, верхние концы которых соединены с впускным краном 6, а нижние - с запорным краном 7, заполнялись жидкостью 8 на основе масел и красителя. Трубка 9 соединяет корпус нуля-индикатора с узлом регулирования противодействия 10, выполненного в виде цилиндра 11, из прозрачного материала с поршнем 12. Передвижение поршня 12 обеспечивалось вращением маховика 13, снабженного мерной линейкой 14 и манометром 15.

Кроме датчиков порового давления компенсационного типа для измерения порового давления, использовались датчики порового давления гидроаэростатического (капиллярного) типа, схема которых приведена на [рис.7 б](#). Датчик гидроаэростатического (капиллярного) типа состоит из болта-штулки 16, с иглой 18, штуцера 17. Между болтом-штулкой и штуцером устанавливается уплотнитель 22 с целью герметичности системы. В штуцер 17 вставлялась капиллярная трубка 19 диаметром 0,1 мм, запаянная с другого конца 21. Датчик заполнялся дегазированной водой. Давление в воде определялось измерением объема газа в капилляре по прикрепленной к нему шкале 20.

Методика измерения величины порового давления при приложении внешней нагрузки на образец заключалась в следующем.

Перед началом исследования, датчики порового давления проверялись на жесткость и герметичность. Приемник давления 4 датчика компенсационного типа ([рис.7 а](#)) закрывался заглушкой и узлом противодействия создавалось давление, соответствующее максимальной величине порового давления. При этом смещение "плавающей" жидкости в нуль-индикаторе не должно было превышать нескольких делений на узле нуля-индикатора. Визуальный осмотр соединений на отсутствие падения давления, созданного узлом противодействия, свидетельствовал о герметичности его в целом. Затем приемник давления помещался в сосуд с дегазированной водой и под давлением, создаваемым прямым и обратным ходом поршня в узле противодействия через приемник давления, нуль-индикатор и соединительные трубки несколько раз пропускалась вода. При этом визуально контролировалось наличие в системе заземленного воздуха. Использование такой методики позволяло добиться полного удаления из системы воздуха, а, следовательно, и достаточной жесткости. Затем поршень в узле противодействия отводился в крайнее положение, при котором в системе остается минимальное количество воды, приемник давления опускался в сосуд со свежей дегазированной водой, и система заполнялась жидкостью.

Подготовка к работе датчиков порового давления гидроаэростатического (капиллярного) типа, (рис.7 б) состояла в следующем. Собирались датчик. Устанавливалась заглушка на приемник давления 18. Через свободный конец капилляра подавалось давление воздуха, а все соединения датчика опускались в воду. При герметичности датчика, о чем говорило отсутствие пузырьков воздуха в местах соединений, его помещали вертикально в сосуд с дегазированной водой. При этом свободный конец оставался открытым. Вода через приемник давления 18 по капилляру поднималась до определенной отметки. После стабилизации уровня воды свободный конец капилляра заделывается заглушкой из эпоксидного клея. Записывались отсчеты l_1 по шкале 20 мениска и отметки заглушки (l_0) из эпоксидного клея. Эти значения являлись в дальнейшем исходными при расчете избыточного порового давления.

Методика проведения исследований замером порового давления состояла в следующем. В нижней части компрессионного прибора (рис.5) после вакуумирования воды, к полости 10 присоединялся датчик порового давления. При использовании датчиков компенсационного типа избыточное поровое давление в поровой воде, возникавшее от сжимающих нагрузок на образец, действовало на дегазированную жидкость в нижней части прибора и передавалось на датчик. Это вызывало смещение "плавающей" жидкости в канале 5 корпуса нуль-индикатора. Узлом регулирования противодействия создавалось давление, которое возвращало "плавающую" жидкость в вертикальных каналах корпуса нуль-индикатора в исходное положение. Величина компенсирующего давления, равная избыточному давлению в исследуемом грунте, фиксировалась манометром 15. Точность определения порового давления выражалась ценой деления манометра. В процессе исследований использовались образцовые манометры, позволяющие фиксировать изменение порового давления от $1,5 \times 10^{-3}$ МПа до 0,4 МПа. При использовании датчиков гидроаэростатического (капиллярного) типа избыточное давление в поровой воде изменяло положение мениска. При этом давление в поровой воде определялось по зависимости

$$P_w = P_{ат} \left[\frac{(l_1 - l_0)}{(l_2 - l_0)} \right] - 1 \quad (1)$$

где P_w - избыточное поровое давление;

$P_{ат}$ - величина атмосферного давления, при котором производилась тарировка датчика;

l_1 - отсчет по шкале, соответствующий положению мениска при давлении P^A .

l_0 - отсчет по шкале, соответствующий уровню заглушки;

l_2 - меняющийся отсчет по шкале при измеряемом давлении в поровой жидкости.

Капиллярные датчики чувствительны к изменениям температуры и барометрического давления, поэтому в полученные результаты вводились соответствующие поправки по контрольному капилляру [8].

Измерение величины порового давления посредством рассмотренных двух систем датчиков показало допустимые различия в полученных значениях.

Выводы

Проблема отбора водонасыщенных грунтов текучепластичной и пластичной консистенции до настоящего времени практически не решена и является трудновыполнимой. С целью решения данной проблемы при участии автора разработано устройство для отбора слабых водонасыщенных глинистых грунтов. Устройство было разработано, изготовлено и опробовано при отборе илистых грунтов в акватории Днепро-Бугского лимана (Южная Украина) и показала свою работоспособность. С целью дальнейшего исследования отобранных образцов грунта, в комплекте к грунтоотборнику была разработана конструкция компрессионного прибора площадью колец 100 см². Компрессионные исследования на данных приборах предусматривали проведение экспериментов с замером порового давления в образцах с использованием датчиков порового давления компенсационного и капиллярного (гидроаэростатического) типа. Проведенные лабораторные исследования образцов водонасыщенных глинистых грунтов показали хорошую работоспособность рассмотренных приборов и оборудования.

Литература:

1. Абелев М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. - М.: Стройиздат, 1983.-248 с.
2. Шехтер Е.Ю. Методы исследования механических свойств грунтов морского дна. - М.:Недра, 1983. - 190 с.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. Учебное пособие. Издательство АСВ, 2005.- 488 с.
4. Тер-Мартirosян З.Г., Рахманов А.А., Погосян Р.Г. Устройство для отбора проб грунта. Авт. свид. СССР № 1488715, Бюллетень № 2, 1989.
5. Бишоп А., Хенкель Д. Определение свойств грунтов в трехосных испытаниях. - М.: Госстройиздат, 1961. - 231 с.

6. Тер-Мартirosян З.Г., Григорьев Ю.С., Тищенко В.А. Устройство для измерения порового давления в грунтах. Авт.свид. СССР № 903469. Бюллетень № 5, 1982.
7. Цытович Н.А., Зарецкий Ю.К., Малышев М. В., Абелев М.Ю. Тер-Мартirosян З.Г. Прогноз скорости осадок оснований сооружений. - М.: Стройиздат, 1967. - 240 с.
8. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов, - М, Недра, 1975. - 304 с.

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

TJ	RU	EN
Рахманов Азим Абдуллаевич Номзади меъморӣ, и.в. дотсент	Рахманов Азим Абдуллаевич кандидат технических наук, доцент	Rahmanov Azim Abdullaevich candidate of technical sciences, associate professor
Корхонаи воҳиди давлатии «Институти тадқиқоти илмии «Сохтмон ва меъморӣ» (КВД «НИИСА»)	Государственное унитарное предприятие «Научно- исследовательский институт «Строительство и архитектура» (ГУП «НИИСА»)	State Unitary Enterprise "Research Institute "Construction and Architecture" (SUE "RICA")
r.azim55@mail.ru		

УДК 666.982.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НА МОДЕЛИ СЕЙСМОИЗОЛИРОВАННОГО ЗДАНИЯ

Д.Н. Низомов¹, И.И. Каландарбеков², И.К. Каландарбеков²

*Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

В статье рассматривается методика проведения динамического испытания физической трёхэтажной модели железобетонного каркасного здания. Приводятся полученные экспериментальные значения динамических характеристик каркасного здания и сопоставление их с расчётными данными.

Ключевые слова: физическое моделирование, сейсмоизоляция, резинометаллическая опора, период колебаний, ускорение, логарифмический декремент, коэффициент затухания.

ТАҲҚИҚОТИ ТАҶРИБАВӢ ДАР МОДЕЛИ БИНОИ ДОРОИ МАҲДУДУНАҚҲОИ СЕЙСМИКӢ

Д.Н. Низомов¹, И.И. Каландарбеков², И.К. Каландарбеков²

Дар мақола усули гузаронидани санчишҳои динамикии модели физикии сеошонаи оҳанубетони бинои синҷи баррасӣ карда шудааст. Қиматҳои таҷрибавии характеристикаҳои динамикии пайдо кардашудаи бинои синҷи дар муқоиса бо маълумотҳои ҳисоби оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: моделкунонии физикӣ, маҳдудкунаки сейсмикӣ, тақягоҳи резинофилизӣ, даври лаппиш, шитоб, декременти логарифмӣ, зарби хомӯшкунанда.

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE MODEL OF A SEISMIC ISOLATED BUILDING

D.N. Nizomov, I.I. Kalandarbekov, I.K. Kalandarbekov

The article discusses a methodology for dynamic testing of a physical three-story model of a reinforced concrete frame building. The obtained experimental values of the dynamic characteristics of the frame building and their comparison with the calculated data are presented.

Key words: physical modeling, seismic isolation, rubber-metal support, oscillation period, acceleration, logarithmic decrement, damping coefficient.

Введение

Следует отметить, что человечество не в силах предотвратить землетрясения. Это не означает, что мы не можем устранить их катастрофические последствия. Чтобы исключить опасные последствия землетрясения, необходимо возводить такие здания, которые устояли бы при сильных колебаниях поверхности земли без серьёзных повреждений. Проблема сейсмозащиты зданий и сооружений от разрушений является актуальной. Сейсмоизоляция зданий имеет ряд преимуществ перед традиционно применяемыми методами проектирования зданий с равнопрочными конструкциями. Среди них можно выделить снижение сейсмических нагрузок на конструкции верхнего строения здания (суперструктуры). Надёжность сейсмоизолированных зданий гораздо выше при воздействии интенсивного землетрясения, по сравнению со зданиями без сейсмоизоляции. Это связано с тем, что сейсмоизолированное здание допускает значительные перемещения в сейсмоизоляторах (поглощая значительную часть энергии на их уровне) без разрушения конструкций при сейсмическом воздействии, а в здании с традиционным усилением невозможно избежать развития трещин, повреждений, а иногда и разрушений несущих конструкций. Одним из самых эффективных методов сейсмоизоляции является установка в конструкции здания резинометаллических опор. Поэтому в будущем, кроме теоретических, следует проводить и экспериментальные исследования.

Ввиду конструктивной сложности несущих элементов зданий при испытаниях в натурном размере сталкиваются со значительными трудностями. Крупноразмерные модели сложны в изготовлении, а их испытания сопровождаются трудоёмкими процессами. Поэтому экспериментальные исследования следует проводить на мелкомасштабных моделях.

Цель эксперимента состоит в подтверждении результатов динамических характеристик, полученных расчётом системы «платформа – модель здания», и их сопоставлении с экспериментальными данными. Для реализации данной цели были поставлены следующие **задачи**:

- провести физическое моделирование фрагмента модели железобетонного каркасного здания;
- разработать конструкции резинометаллических опор;
- провести испытание физической модели фрагмента железобетонного трёхэтажного каркасного здания;
- определить динамические характеристики физической модели каркасного здания с сейсмоизоляцией и без него.

Для проведения испытаний был использован запроектированный и изготовленный испытательный стенд в виде виброплатформы. Виброплатформа представляет собой жёсткую ячеистую плиту размерами

600x350x22см, которая опирается на четыре металлические стойки. Рама изготовлена из двутавровых балок, соединённых сверху и снизу сплошными электросварными швами. Внутри рамы имеются диафрагмы, к которым крепятся верхние плиты гибких стоек и вибротрама. Ячейки рамы заполнены битумом для гашения высокочастотных паразитных колебаний отдельных элементов платформы. Гибкие стойки изготовлены из металлических стержней прямоугольного профиля. Верхний конец стойки наглухо насаживается на опорную плиту, которая крепится к днищу платформы винтами с конической головкой. Виброплатформа была запроектирована и построена в помещении лаборатории «Сейсмостойкость гидротехнических сооружений» Института сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ (ныне Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ) с целью проведения динамических испытаний модели плотины Нурекской ГЭС [1].

Объектом испытаний является однопролётная трёхэтажная фрагмента модели железобетонного каркасного здания (рис. 1), верхнее строение которого имитируется гибкой конструкцией каркасного типа, выполненной из железобетонных элементов с размерами 1,6 на 4,6 м и высотой 2,8 м, с общей массой 3 т. Верхнее строение установлено на систему сейсмоизоляции [2-4], в виде резинометаллические опоры модели ОВ-31-М. Основные технические характеристики резинометаллической опоры модели ОВ-31-М: масса – 1,56 килограмма; высота в сборе составляет 13,2 см; пределы регулировки – 12 мм; демпфер имеет диаметр 14,2 см, а высота – 6 см; пилка в диаметре составляет 16 мм. Нагрузка, действующая на резинометаллическую опору, может колебаться от 0,25 до 4,5 тонны. Для соединения резинометаллической опоры между нижней частью модели и верхней частью виброплатформы к ее нижней части приклеена металлическая пластина толщиной 6 мм, размерами 200x200мм, с четырьмя отверстиями диаметром Ø16 мм по краям и приваренное с помощью сварки кольцо с внутренним диаметром Ø144 мм в виде буртика высотой 10 мм. Металлическая опора приклеена к нижней части резинометаллической демпфера с помощью синтетического клея. Сейсмоизолирующая опора устанавливается между нижней и верхней частью фундаментной плиты модели здания.



Рисунок 1. Система «платформа-модель здания», расстановки приборов и перегрузов на перекрытия

Железобетонная модель трехэтажного каркасного здания (рис. 1) состоит из следующих элементов: колонны – монолитные железобетонные квадратного сечения 10x10см; ригели – монолитные железобетонные прямоугольного сечения 10x10см, объединенные с перекрытиями; плиты перекрытия – монолитные железобетонные сплошного сечения толщиной 4 см. Плиты в составе фрагмента опирались по схеме, опёртой по контуру. Армирование колонн выполнено из стальной арматуры Ø12AIII в количестве – 4 шт, хомуты из стальной проволоки Ø4мм, установленных с шагом 7,5см. Армирование ригелей выполнено из стальной арматуры Ø8AIII в количестве – 4шт, хомуты из стальной проволоки Ø4мм, установленных с шагом 7,5см. Армирование плит перекрытия выполнено из одной сваренной сетки стальной проволоки Вр-1, ячейкой 15x15см, бетон класса В7,5. Основание каркаса состоит из металлических швеллеров №20, что позволяет осуществить связь с металлической платформы. Концы арматуры колонны приварены к закладной детали в виде металлического листа 10x10x1см, который приварен к швеллеру.

Методика проведения динамического испытания физической модели каркасного здания

Расчетная схема виброплатформы может быть задана в виде линейного осциллятора с небольшим затуханием [5-8]. Испытания проводились в соответствии с действующими нормативными документами на

виброплатформе от динамического воздействия адекватные нагрузкам при землетрясении интенсивностью до 9 баллов. В соответствии с разработанной рабочей программой испытания перед началом эксперимента проводилось тестирование виброплатформы с целью выяснения характера её колебаний, определения собственных частот и рабочего диапазона. При экспериментах использовалась переносная широкополосная трехкомпонентная сейсмическая станция 45 EDL в 24 битной системой записи информации и короткопериодный (1Гц) сейсмический датчик Mark – L4 – C – 3D. Собственная частота колебаний виброплатформы, выведенной из состояния покоя коротким импульсом (ударное воздействия на платформу). При высоте стоек платформы 43,5 см собственная частота колебаний составила 9,1 Гц, что удовлетворительно согласуется с расчетными данными. Следует отметить, что период колебаний, полученный расчётным путём, равен $T = 0,1086$ с, хорошо согласуется с экспериментальными данными. Логарифмический декремент колебаний (декремент затухания) равен натуральному логарифму отношения двух последовательных амплитуд $\delta = \ln 1,13 = 0,122$. Коэффициент затухания системы равен декременту колебаний, деленному на 2π , $\alpha = 0,122 / 2\pi = 0,02$. Согласно собственным затухающим колебаниям виброплатформы при ударном воздействии при высоте опорных стоек 43,5см собственная частота платформы составила 9,0 Гц.

Перед проведением испытания физической модели производилась тарировка измерительных аппаратур и приборов, а затем резинометаллические опоры устанавливали на виброплатформу. После этого физическую модель здания устанавливали на резинометаллические опоры. В процессе испытаний производились замеры смещений и ускорений модели здания в трёх направлениях. Для регистрации колебаний системы платформа-модель здания использовались вибродатчики. Колебание виброплатформы осуществляется при помощи вибратора, установленного снизу на платформе. Все эти измерительные приборы были размещены на пульте управления.

Схема расстановки измерительных приборов для регистрация колебаний в измерительных точках ИТ 1,2 и 3, расположенных в основании и по высоте физической модели здания, показана на рис. 2. Установленная аппаратура производила регистрацию колебаний при помощи измерительной аппаратуры (сейсмометр и осциллограф), смещенных колебаний на осциллографную фотобумагу. Ориентация направлений колебаний – **У** вдоль платформы, **Х** – поперек платформы и **З** в вертикальном направлении. Точки для измерения: **ИТ1** – на основании модели, **ИТ2** – на перекрытии 1-го этажа, **ИТ3** – на перекрытии 3-го этажа.

Плавно увеличивая частоту вращения вибратора, в установившемся режиме на нужной частоте производится регистрация колебаний платформы. Повышая частоту колебаний, выявляется зона резонанса горизонтальных и вертикальных колебаний виброплатформы. Для измерения смещений, ускорений в измерительных точках фрагмента модель здания была оснащена приборами. Нагружение середины перекрытия и покрытия фрагмента железобетонной модели перегрузом из плоскости осуществлялось сосредоточенной нагрузкой в виде мешков с песком (100 кг). Испытание фрагмента физической модели производилось в вертикальном положении, соответствующем рабочему положению несущих конструкций здания.

Для проведения испытаний железобетонной модели были использованы следующие контрольно-измерительные приборы: осциллограф Н-700, вибродатчики, вибратор.

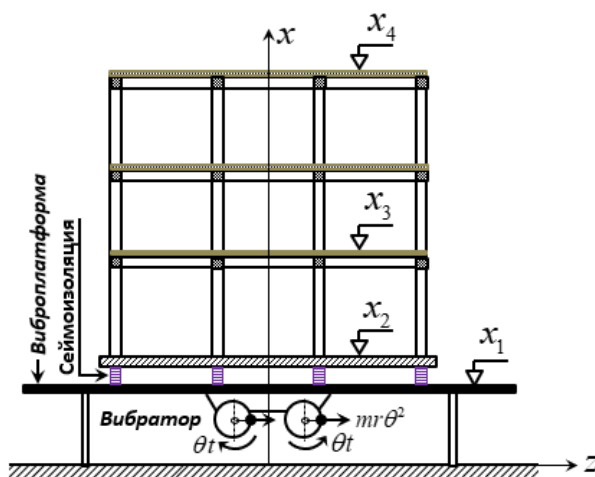


Рисунок 2. Схема расстановки приборов по высоте модели

Колебание виброплатформы осуществляется вибратором реактивного действия в паре с асинхронным электродвигателем типа 4АМ 200L4 мощностью 45 квт. 1420 об/мин. Тип ротора электродвигателя трехфазный, короткозамкнутый, количество полюсов 4, вес 300 кг. В качестве основного возбудителя вибратора применен преобразователь частоты VFD – В мощностью 45 квт. Напряжение 380В. Асинхронный электродвигатель – это электрический двигатель переменного тока, частота вращения ротора которого не равна (в двигательном режиме меньше) частоте вращения магнитного поля, создаваемого током обмотки статора. Трехфазный асинхронный электродвигатель, как и любой электродвигатель, состоит из двух основных частей – статора и ротора. Статор – неподвижная часть, ротор – вращающаяся часть. Ротор размещается внутри статора.

Вибратор состоит из редуктора с передаточным числом равным единице, имеющего один выходной вал, с помощью которого он соединяется с приводным электродвигателем, и два выходных вала, на которые насажены эксцентрики с грузами. Эксцентрики вращаются навстречу друг другу и смещены в пространстве на 180°. Использование двух валов, вращающихся в противоположных направлениях, приводит к тому, что силовые вектора каждого вала сводятся к одному вектору, величина которого изменяется гармонически, а направление сохраняется постоянным. Электрическая схема асинхронного электродвигателя состоит из щита питания (380 В), автомата защиты, частотных преобразователей и заземления.

Специфическая особенность работы каркаса многоэтажных железобетонных зданий при действии горизонтальных сейсмических сил состоит в знакопеременности усилий, которые в узлах рам близки к кососимметричным.

Результаты экспериментального исследования

На основе экспериментальных исследований, проведенных на трёхэтажной железобетонной модели каркасного здания при гармоническом воздействии, были получены результаты эксперимента по характерным ускорениям и перемещениям для системы с сейсмоизоляцией и без неё. В ходе проведения испытаний были получены экспериментальные данные об амплитуде колебаний и горизонтальные перемещения модели железобетонного здания вдоль виброплатформы при различных значениях массы эксцентриков и частоты вращения ротора. Результаты экспериментальных исследований модели здания на виброплатформе при гармонических воздействиях в резонансной зоне (7-11Гц) приведены в табл. 1. Амплитуды колебаний смещений приведены в трех направлениях: y – вдоль платформы, x – поперек платформы, z – в вертикальном направлении.

Оценить эффективность системы сейсмоизоляции позволяют показатели снижения абсолютных ускорений на модели сейсмоизолированного здания. По показаниям вибродатчиков применение сейсмоизоляции приводит к снижению уровня горизонтальных ускорений на конструкциях верхнего строения здания приблизительно в 2 раза как на уровне основания модели здания, так и на его покрытии.

Таблица 1. Горизонтальные перемещения модели здания

Масса эксцентриков, $m_1=m_2$, кг	Число оборотов ротора, об/ми	Частота вращения ротора, Гц	С сейсмоизоляцией, мм				Без сейсмоизоляции, мм			
			x_1	x_2	x_3	x_4	x_1	x_2	x_3	x_4
			1.2	600	7.0	0.07	0.08	0.26	0.10	0.07
	750	9.0	0.70	0.70	0.82	0.66	0.77	0.78	0.53	0.43
	1200	11.0	0.19	0.19	0.04	0.06	0.19	0.19	0.049	0.058
2.4	600	7.0	0.12	0.18	0.41	0.31	0.12	0.13	0.287	0.194
	750	9.0	0.98	1.08	0.66	0.50	0.98	0.70	0.697	0.54
	1200	11.0	0.25	0.29	0.14	0.08	0.25	0.29	0.057	0.074
3.6	600	7.0	0.19	0.27	0.74	0.54	0.19	0.23	0.804	0.588
	750	9.0	1.20	1.33	0.78	0.66	1.20	1.32	0.714	0.60
	1200	11.0	0.36	0.39	0.16	0.12	0.36	0.39	0.156	0.10

Вывод. Применение разработанной системы сейсмоизоляции позволило сохранить рамно – каркасные железобетонные конструкции верхнего строения модели здания вполне в удовлетворительном состоянии без существенных повреждений и деформаций элементов модели, величина снижения горизонтальных ускорений на верхнем строении по сравнению с аналогичными параметрами движения сейсмоплатформы составила примерно 1,5 раза, амплитуда абсолютных горизонтальных смещений увеличилась приблизительно на 15 %. При сопоставлении результатов теоретических исследований динамических характеристик с экспериментальными данными наблюдается качественное совпадение результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Селезнёв Г.С Экспериментальное исследование динамических характеристик моделей земляных плотин с помощью виброплатформы.- Сейсмостойкость плотин. Выпуск 1. Душанбе, Дониш. 1959, с.74-80.
2. Каландарбеков И., Низомов Д.Н., Каландарбеков И.И. Сравнительный анализ различных типов сейсмоизоляции в многоэтажных зданиях. Известия АН РТ, 2016, №4 (165), с. 58-64.
3. Каландарбеков И.И., Каландарбеков И., Низомов Д.Н. Сейсмоизоляция как средство защиты зданий от землетрясений. Научный журнал. Наука и инновация. ТГНУ, 2017, с. 133-136.
4. Каландарбеков И.К., Каландарбеков И.И., Низомов Д.Н. Инновационные методы защиты зданий и сооружений от землетрясений. Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. - 2018, №1(170), с. 64-72.
5. Низомов Д.Н., Каландарбеков И., Каландарбеков И.И. Исследование свободных колебаний сейсмоизолированных зданий с учётом кручения и поворота инерционных масс. Научный журнал. Душанбе. Политехнический вестник. Серия инженерные исследования. №4(44), 2018, с. 165 -170.
6. Каландарбеков И. Анализ поведения многоэтажных зданий на основе расчета с учетом упруго – пластических деформаций при действии мгновенного импульса. ДАН Республики Таджикистан, Т.50.- № 6, 2007, с. 560-568.
7. Низомов Д.Н., Каландарбеков И. Динамический расчёт многоэтажных зданий на основе метода сосредоточенных деформаций. Известия АН Республики Таджикистан. Душанбе, 2007. – № 1 (126), с .98-106.
8. Каландарбеков И. Свободные колебания систем со многими степенями свободы с учетом упругопластических деформаций. Промышленное и гражданское строительство, Москва, 2009, №1, с. 37-38.

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

TJ	RU	EN
Низомов Чаҳонгир Низомович	Низомов Джаҳонгир Низомович	Nizomov Jachongir Nizomovich
Доктори илмҳои техникаӣ, 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
ties@mail.ru		
0000-0002-6467-0789		
TJ	RU	EN
Қаландарбеков Ифтихор Имомёрбекович	Қаландарбеков Ифтихор Имомёрбекович	Kalandarbekov Iftikhor Imomyorbekovich
Номзади илмҳои техникаӣ,	Кандидат технических наук	Candidate of Technical Sciences
Донишгоҳи техникаи Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajikistan Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
iftikhor791@mail.ru		
0000-0002-4807-0169		
TJ	RU	EN
Қаландарбеков Имомёрбек Қаландарбекович	Қаландарбеков Имомёрбек Қаландарбекович	Kalandarbekov Imomyorbek Kalandarbekovich
Доктори илмҳои техникаӣ, 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	Institute of Geology, Seismic Engineering and Seismology of the National Academy of Sciences of Tajikistan
0000-0002-4807-0169		

УДК 72:502.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА В АРХИТЕКТУРЕ

Ф.З. Мирзоева, Н.О. Олимова

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Современная тенденция использования в архитектуре средств альтернативной энергетики дает основание полагать, что в будущем, когда человечество сможет отказаться от массового потребления ископаемого топлива, практически каждое здание будет оснащаться оборудованием, использующим неисчерпаемые или возобновляемые источники энергии. В связи с этим остро встает вопрос повышения выразительности энергоактивных зданий, использующих такие установки и разработки художественных приемов интеграции объектов альтернативной энергетики в архитектуру.

Ключевые слова: архитектура, альтернативная энергия, гелиоэнергетика, ветроэнергетика, биотопливо, архитектурно-художественный образ.

ИСТИФОДАИ МАНБАЪҶОИ ЭНЕРГИЯИ АЛТЕРНАТИВИ ДАР ТАШАККУЛИ ОБРАЗИ БАДЕИИ МЕЪМОРИ

Ф.З. Мирзоева, Н.О. Олимова

Мақсади замонавии (тамоюли муосири) истифодаи манбаъҳои алтернативӣ дар меъморӣ асоси онро медиҳад, ки дар оянда ҳангоме ки инсоният метавонад аз истифодаи оммавии сӯзишвории истихроҷшаванда даст кашад, ҳар як бино бо таҷҳизоти аз манбаъҳои энергияи тамомнашаванда ва ё барқароршаванда таъмин карда мешавад. Аз ин лиҳоз, масъалаи баланд бардоштани назаррасии энергоактивии биноҳое, ки чунин таҷҳизотро истифода мебаранд ва коркарди усулҳои бадеии яқҷоякунии объектҳои энергияи алтернативӣ ба меъмориро талаб мекунад, ба миён меояд.

Калимаҳои калидӣ: меъморӣ, энергияи алтернативӣ, гелиоэнергетика, энергетикаи шамолӣ, биосӯзишворӣ, образи меъморӣ бадеӣ.

THE ARTISTIC IMAGE OF ARCHITECTURE USING ALTERNATIVE ENERGY DEVICES

F.Z. Mirzoeva, N.O. Olimova

The trend of using alternative energy equipment in the architecture means that in the future, human society will be able to abandon the use of fossil fuels and every building will be equipped with devices generating energy from renewable sources. In this regard, one of the most important problems today is the increase in expressiveness of active energy buildings and design ways of artistic techniques integration of alternative energy facilities in the architecture.

Key words: architecture, alternative energy, solar power, wind energy, biofuel, artistic image.

Введение

На сегодняшний день одна из главных задач, которая стоит перед архитекторами – повышение энергоэффективности зданий и сооружений. Использование в архитектуре средств альтернативной энергетики находится в числе основных способов решения данной проблемы [1].

Традиционные ископаемые источники энергии: нефть, уголь, природный газ - представляют собой, как правило, сосредоточенные месторождения природных ресурсов, накопивших энергию в течение очень длительного периода времени, чем обусловлена их высокая эффективность, с одной стороны, и исчерпаемость ресурса – с другой.

Проблемы энергетического и сырьевого кризиса заставили начать поиск альтернативных неисчерпаемых и возобновляемых источников энергии. Среди основных источников находятся энергия ветра, солнца, движущейся воды, тепла земли, энергия биомассы.

Использование возобновляемых источников энергии для Таджикистана является особенно актуальной задачей, так как зимний период требует больших энергозатрат на отопление и содержание зданий, а обширная площадь не позволяет обеспечить надежное и эффективное энергоснабжение на всей территории страны. Наша страна обладает огромным потенциалом в использовании альтернативных источников энергии, так как в Таджикистане 260 дней в году считаются солнечными. Уровень солнечной радиации превышает 5 кВт·ч/м²·в день, что вполне сопоставимо по уровню с такими странами, как Испания и Италия, являющиеся одними из лидеров в использовании солнечной энергии. Кроме того, наша страна является аграрной и обладает развитым сельским хозяйством, что формирует хорошую базу для развития такого направления как биотопливная энергетика.

Метод исследования

Народное зодчество развивалось в Средней Азии широко и многообразно. Каждый народ проявил в нём свои силы, каждый веками отбирал нужное и целесообразное, каждый создал свои достойные образцы строительного мастерства. Высокая художественная культура сложилась и у таджиков – потомков древних насельников края.

Таджикистан – страна гор, самая возвышенная часть Азии. Её поверхность изрезана хребтами, между которыми залегают долины рек. В Таджикистане исключительное многообразие природно – климатических условий: знойные равнины низовий Вахша и плоскогорья Восточного Памира на уровне вечных снегов, узкие ущелья и широкие плодородные долины.

Соответственно географическими условиями различаются Южный, Центральный и Северный Таджикистан. Вследствие феодальной раздробленности, географической расчленённости страны, различия исторических путей развития отдельных областей таджикское искусство не однородно. В таджикской народной архитектуре разнообразие приёмов и типов, формы жилища и его устройство, конструкции, декор изменяются в широких пределах.

Можно отметить в общих чертах несколько основных строительных школ: 1) Горно-Бадахшанскую (Памир и Припамирье), 2) Южно-таджикскую (Куляб, Гиссар), 3) Центрально-таджикскую (бассейн Зеравшана), 4) Северо-таджикскую (Северный Таджикистан). Целую серию типов образует горное жилище, приспособленное к суровой природе высокогорных долин Таджикистана. Каждая из школ по-своему решает вопросы планировки и конструкции массовых сооружений в соответствии с местными условиями региона. В наиболее благоприятной обстановке развивалась северо-таджикская – ферганская школа. На основе древних культурных традиций и природных богатств в Северном Таджикистане сложилась прекрасная школа народной архитектуры, которая наиболее отличается разнообразием и красочностью декорации.

Пространственность, большая площадь айванов (терраса) свойственны народной архитектуре Средней Азии, которые глубоко связаны с особенностями быта населения.[3] Задача архитекторов в использовании альтернативной энергетики заключается и в принятии во внимание архитектурных свойств местности, исторической культуры.

Сегодня большое количество фирм во многих странах занимается проектированием и разработкой рекомендаций по использованию в зданиях и сооружениях энергоустановок, работающих на неисчерпаемых и возобновляемых источниках энергии.

Вместе с тем помимо грамотного выбора и размещения оборудования важно также учитывать его влияние на внешний облик строения.

Художественные приемы использования объектов альтернативной энергетики в архитектуре основаны на принципе стилистического единства, предполагающего решение ряда задач, связанных с дизайном инженерного оборудования, а также приемами его интеграции в структуру зданий, и генерального плана с целью создания выразительной стилистически цельной архитектурной композиции. В этом отношении можно выделить два основных подхода к проектированию – адаптация интегрированных установок к уже сложившемуся характеру застройки и создание новых архитектурно-художественных решений, использующих объекты альтернативной энергетики как основной элемент художественного образа.

Образ здания с использованием объектов альтернативной энергетики может по-разному формироваться в зависимости от расстояния наблюдателя [4]. Для зданий, восприятие которых осуществляется с больших расстояний, наиболее эффективно использование установок, формирующих его силуэт, главным образом за счет применения надстроенного и пристроенного типа интеграции. С расстояния 100-500 м, когда форма здания играет основную роль в восприятии его образа, целесообразно использование объектов альтернативной энергетики, встроенных в объем.

Сегодня существует множество различных видов объектов альтернативной энергетики, но наибольшее распространение в архитектуре получили **объекты гелиоэнергетики**, которые производят до 1,2% мировой энергии [5]. Главным образом эти установки представлены фотоэлектрическими элементами и солнечными коллекторами, используемыми для производства электроэнергии, отопления и горячего водоснабжения зданий. Конструкция основных рабочих элементов объектов гелиоэнергетики выполняется в виде жестких панелей или гибкой пленки, имеющих характерную текстуру поверхности. Для эффективной работы такие элементы требуют определенной ориентации, обеспечивающей максимальную освещенность поверхности солнцем [6]. Таким образом, архитектурно-художественные решения зданий с интегрированными объектами гелиоэнергетики характеризуются спецификой формообразования и использованием декоративного эффекта поверхности солнечных панелей в сочетании с другими материалами отделки фасадов (рис. 1).

Формообразование зданий, использующих объекты гелиоэнергетики в своей структуре, выражается в пластике фасада и кровли, которую образуют расположенные под оптимальным углом к солнцу ограждающие конструкции с интегрированными в них установками (рис. 1а).

Современная технология производства тонкопленочных фотоэлектрических элементов делает также возможным создание сложной криволинейной поверхности энергоактивного покрытия [7]. Примером здания, в котором объекты гелиоэнергетики совмещены с ограждающими конструкциями, может служить центр оптоволоконных исследований OPTIC в Санкт-Асафе в Великобритании (рис. 1б).

Для оптимальной ориентации объекты гелиоэнергетики часто располагают на специальных выносных конструкциях, которые позволяют практически не изменять форму самого здания (рис. 1в). Использование дополнительных конструкций, оборудованных системой гелиослежения, не только значительно увеличивает производительность энергосистемы, но и создает принципиально новые архитектурно-

художественные решения, превращая монументальное недвижимое здание в «живую машину» [8]. Ярким примером применения этой технологии является эко-здание во Фрайсбурге в Германии (рис. 1г).

Солнечные панели обладают характерной текстурой поверхности, могут иметь различную форму и цветовое решение, комбинирование которых может послужить основой для создания выразительной архитектурной композиции [9]. Так, сочетание фотоэлектрических панелей и солнечных коллекторов образует мозаичный узор на поверхности фасада научно-исследовательского центра «Fiat» (рис. 1д), а применение фотоэлектрических элементов нестандартной конфигурации помогает создать сложный высокотехнологичный образ выставочного павильона Германии (арх. бюро «HAGER Group») на Международной выставке «Expo 2015» в Милане (рис. 1е).

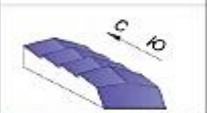
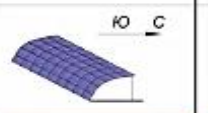
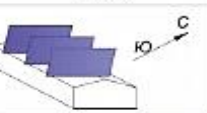





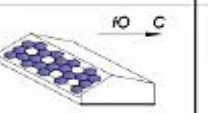









Форма здания			
<p>а) Формирование плоской кровли</p> 	<p>б) Формирование цельной поверхности фасада и кровли</p> 	<p>в) Дополнительные неподвижные конструкции для установки солнечных панелей</p> 	<p>г) Подвижные конструкции с системой геослужения</p> 
 <p>Проект эргодинамического моста в Лондоне</p>	 <p>Здание центра сетевых технологий исследованной СРТС, Санкт-Асф, Великобритания</p>	 <p>Солнечные батареи на крыше станции зарядки электромобилей</p>	 <p>Эко-здание, Фрайбург, Германия</p>
Текстура и цвет			
<p>д) Мозаичное заполнение поверхности в виде узора</p> 	<p>е) Солнечные панели сложной формы</p> 	<p>ж) Текстура солнечных элементов как основное художественное средство</p> 	<p>з) Светопрозрачные фотоэлектрические элементы</p> 
 <p>Солнечные панели и коллекторы научно-исследовательского центра Fiat</p>	 <p>Выставочный павильон Германии (HAGER Group) на Международной выставке Expo 2015 в Милане</p>	 <p>Солнечный базар, целиком покрывающее фасад здания</p>	 <p>Энергоэкономные фонари верхнего света продовольственного рынка, Испания</p>
Стилизация под архитектурные элементы			
<p>и) Интеграция в конструкции</p> 	<p>к) Интеграция в отдельные элементы зданий</p> 	<p>л) Стилизация в виде элементов здания</p> 	<p>м) Членение фасада</p> 
 <p>Фотоэлектрические элементы, интегрированные в черепицу, Цюрих в Грац, Германия</p>	 <p>Стены с интегрированными солнечными модулями</p>	 <p>Фальшиво-заполненная фотоэлектрическими элементами</p>	 <p>Солнечные панели в просторном здании Solar XXI, Португалия</p>

Рис. 1. Приемы использования средств гелиоэнергетики в структуре зданий.

Для достижения наибольшей выработки энергии, солнечные панели часто покрывают весь фасад здания, и текстура фотоэлектрических элементов является в этом случае основным художественным средством (рис. 1ж). Фонари верхнего света продовольственного рынка в Испании демонстрируют эффектное сочетание такого полупрозрачного фотоэлектрического покрытия с бесцветным и цветным остеклением, напоминающее работы Мондриана (рис. 1з).

Использование исторических стилей и стремление повысить энергоэффективность существующих зданий, не нарушая их архитектурного облика, требуют адаптации объектов альтернативной энергетики к уже сложившемуся художественному образу [8].

Размещение солнечных коллекторов в простенках между окнами органично дополняет архитектуру здания Solar XXI в Португалии (рис. 1к). Оконные ставни с интегрированными фотоэлектрическими элементами прекрасно впишутся в сельскую архитектуру (рис. 1л), а использование фальшокон, заполненных солнечными панелями, значительно повысит энергоэффективность здания, оставаясь практически незаметным для обычного зрителя (рис. 1м).

Объекты ветроэнергетики обеспечивают 3,7% от мирового производства энергии из возобновляемых источников и также активно используются в структуре зданий [5].

Ветряные мельницы использовались человечеством на протяжении нескольких тысяч лет, и сегодня применение ветряков актуально как никогда. Архитектурные решения интеграции объектов ветроэнергетики в структуру зданий связаны главным образом с проектированием формы будущего строения, обеспечивающей максимальную скорость воздушных потоков в районе ветряной турбины, и непосредственно дизайном ветрогенераторов (рис. 2).

При интеграции объектов ветроэнергетики в структуру зданий можно выделить несколько подходов: применение высоких конструкций, доминирующих над окружающей застройкой, помогает разместить ветрогенераторы в зоне сильных ветров; использование поверхностей стен и кровли для концентрации и изменения направления воздушных потоков в районе ветряной турбины, которые вместе с тем формируют объем будущего здания и его художественный образ [10]. Наиболее выразительными примерами решений, использующих данные принципы интеграции объектов ветроэнергетики в архитектуру, могут служить небоскреб «Strata tower» в Лондоне (рис. 2а), проект Центра комплексных исследований в области энергетики в Пенсильвании (рис. 2б) и здание Всемирного торгового центра в Дубае (рис. 2в). Проект небоскребов «Gullwing Twin Wind Towers» в Дубае демонстрирует пример создания целой структуры из ветряков, сформировавшей весь его внешний объем и придающей зданию оригинальный футуристический вид (рис. 2г).

Комбинирование разных по типу и размеру ветрогенераторов позволяет не только объединить их в сложную выразительную композицию, но и спроектировать эффективно работающую в изменяющихся условиях энергетическую систему (рис. 2ж). Колористическое решение поверхностей ветряных установок также является важным средством в формировании художественного образа здания (рис. 2з).

Наклон и цвет лопастей ветряка повторяют наклон и цвет основного каркаса башни, практически теряясь в нем и не нарушая исторически сложившегося образа сооружения (рис. 2и).

Приоритетными задачами строительной науки и практики в настоящее время стали проблемы повышения энергетической эффективности архитектурных объектов и необходимость модернизации архитектуры энергоактивных зданий с использованием средств альтернативной энергетики. Поэтому вопрос разработки архитектурно-художественных приемов интеграции объектов альтернативной энергетики является одним из самых важных для современной архитектуры. К особенностям альтернативной энергии относятся ее низкая интенсивность и большая рассеянность в пространстве с плотностью менее 300 Вт/м² [2], что требует размещения большого количества сравнительно маломощных установок, производящих небольшое количество энергии.


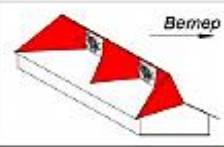
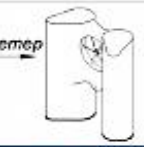
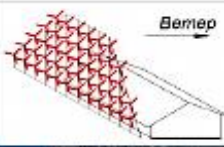





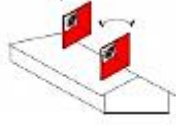
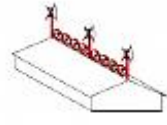
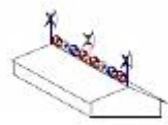





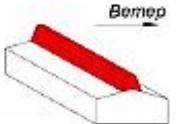
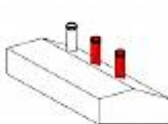





Форма здания			
а) Вертикальные объемы большой высоты	б) Аэродинамическая форма покрытия	в) Аэродинамическая форма стен здания	г) Структура из ветряков
			
			
Высочайшее здание "Shard tower", Лондон	Центр комплексных исследований в области энергетики, Пеннсильвания, США	Всемирный торговый центр, Бахрейн	Небоскребы Gullwing Twin Wind Towers, Дубай
Дизайн ветроустановок			
д) Создание выразительного дизайна ветрогенератора	е) Ветряки со встроенными конфузорами	ж) Композиции из разных типов ветряных турбин	з) Капсулированные решения ветряных установок
			
			
Современный ветрогенератор	Ветрогенератор со встроенными конфузорами	Ветряной и солнечный мост Solar Wind в Калабрии, Италия	Капсулированное решение ветряков и солнечных батарей
Адаптация к традиционным архитектурно-художественным решениям			
и) Размещение внутри существующих каркасных конструкций	к) Размещение в воздушных ветропрозрачных конструкциях	л) Стилизация в виде элементов здания	м) Использование характерных декоративных элементов
			
			
Эйфелева Башня, Париж	RidgeState, ветрогенератор в защитном корпусе, установленный вдоль кровли крыши	Проект ветрогенератора	Ветрогенератор замка Виллен, Франция, 1894г.

Рис. 2. Приемы использования средств ветроэнергетики в структуре зданий

Выводы и заключение

В связи с этим можно сделать вывод о целесообразности размещения объектов альтернативной энергетики в структуре зданий и на прилегающих участках для увеличения площади энергетической инфраструктуры и повышения общей производительности энергосистемы. Такое решение позволит получать энергию практически со всей территории, включая площадь застройки. Сокращение протяженности инженерных коммуникаций в этом случае поможет значительно снизить затраты на строительство и эксплуатацию инженерных сетей, связывающих между собой многочисленные установки со зданиями-потребителями, а также уменьшить потери при передаче выработанной энергии, которые значительно возрастают по мере увеличения протяженности и снижения удельной мощности энергосетей. В то же время использование новых элементов в архитектуре может стать средством формирования нового высокотехнологичного образа современных зданий.

Литература:

1. Поляков И.А. Развитие архитектуры и природы как единой системы / И.А. Поляков, С.В. Ильвицкая // Естественные и технические науки. – М.: «Спутник +», 2014. – № 11-12(78). – С. 443-444.
2. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Воронина В.Л. Народная архитектура Северного Таджикистана // Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам – М., 1959. – с. 5-6, 98.
4. Рябов А.В. Объекты альтернативной энергетики в архитектуре зданий / А.В.Рябов. – М.: Аналитик, 2012.
5. Состояние возобновляемой энергетики 2016: глобальный отчет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ren21.net/wpcontent/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_KeyFindings_RUSSIAN.pdf
6. Мургул В.А. Возможности использования солнечной энергии для энергоснабжения жилых зданий исторической застройки Санкт-Петербурга и улучшения качества городской среды / В.А.Мургул // Международный электронный научно - образовательный журнал «АМИТ». – 1 (22). – М.: МАРХИ, 2013 [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://marhi.ru/АМИТ/2013/1kvart13/murgul/abstract.php>
7. Чесноков С.А. Использование тонкопленочных солнечных модулей в архитектуре / С.А. Чесноков, А.Г. Чесноков, С.Г. Прилипо // ОАО «ГИС», 2014 [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://glassinfo.ru/index.php?page=page42>
8. Аронова Е.С. Оценка целесообразности использования технологий солнечной энергетики в исторической застройке Санкт-Петербурга и климатических условиях Северо-Запада / Е.С. Аронова, А.В. Ефимов // Международный электронный научно - образовательный журнал «АМИТ». – 2 (23). – М.: МАРХИ, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://marhi.ru/АМИТ/2013/2kvart13/aronova_murgul/abstract.php
9. Афанасьева О.К. Архитектура малоэтажных жилых домов с возобновляемыми источниками энергии / О.К. Афанасьева. Диссертационная работа на соиск. уч. степ. канд. арх., – М., 2009. – с.110. -Режим доступа: http://zvz.abok.ru/upload/pdf_issues/11.pdf
10. Семикин П.П. Принципы формирования архитектуры высотных зданий с возобновляемыми источниками энергии / П.П.Семикин. Диссертационная работа на соиск. уч. ст. канд. арх. – М., 2014. – С. 40 – 41.

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

TJ	RU	EN
Мирзоева Фируза Зокировна	Мирзоева Фируза Зокировна	Mirzoeva Firuza Zokirovna
номзади меъморӣ, дотсенти кафедраи «Меъморӣ ва шаҳрсозӣ», профессори Академияи байналмиллалӣ меъморӣ дар Москва Евразия	кандидат архитектуры, доцент кафедры «Архитектура и градостроительство», профессор МААМ Евразия.	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
firuza.1@mail.ru		
Олимова Нодирабегим Омоновна	Олимова Нодирабегим Омоновна	Olimova Nodirabegim Omonovna
докторанти курси 2-юми кафедраи “Сохтмон”-и ИИДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ дар ш.Хучанд	докторант 2-ого курса кафедры «Строительство» ПИТТУ имени академика М.С. Осими в городе Худжанд.	2nd year doctoral student of the department "Construction" PITTU named after academician M.S. Osimi in the city of Khujand.
begin-o@mail.ru		

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ С КОМБИНИРОВАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ (ОПКА)

А.Х. Шарифов^{1,2}, Ю.А. Ивашенко¹, А.Д. Рахмонзода², И.С. Дербенцов¹, С.И. Рахимов^{2,3}

¹Южно-Уральский государственный университет

²Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими

³Комитет по архитектуре и строительству при Правительстве РТ

В данной статье рассмотрено моделирование облегченных плит с комбинированным армированием. Плиты выполнены из тяжелого бетона со вставками из легкого бетона, армированные стальной и стеклопластиковой арматурой. Трехмерное моделирование осуществляли в ПК ЛИРА-САПР 2021 R1. Приведены результаты оценки напряженно-деформированного состояния комбинированных плит в нелинейной постановке с учетом стадийности нагружения вплоть до потери несущей способности.

Ключевые слова: метод конечных элементов (МКЭ), облегченная плита, стеклопластиковая арматура, нелинейность, напряженно-деформированное состояние, ЛИРА-САПР.

СИМУЛЯЦИЯ КОМПЮТЕРИИ ВАЪЪИЯТИ СТРЕСС-ШТРАМИ Плитаҳои чандири сабук бо армураи омехта (OPR)

А.Х. Шарифов, Ю.А. Ивашенко, А.Д. Рахмонзода, И.С. Дербенцов, С.И. Рахимов

Мақолаи мазкур барои баррасии моделсозии тахтасангҳои сабук бо армураи омехта равона шудааст. Сохти тахтасангҳо аз бетони вазнин бо замимаҳои бетони сабук, дар илова бо армураи пулодӣ ва композитӣ ба шакл оварда шудааст. Модели сеандоза дар програмаи маҷмаавии LIRA-SAPR 2021 R1 иҷро шудааст. Натиҷаҳои баҳодихии ҳолати шиддатнокӣ-шаклтағйирӣ тахтасангҳои сабук дар шароити ғайрихаттӣ бо назардошти боркунии зинавӣ то гум шудани қобилияти борбардорӣ оварда шудааст.

Калидвожаҳо: усули унсурҳои ниҳой (УУН), тахтасангҳои сабук, армураи композитӣ, ғайрихаттӣ, ҳолати шиддатнокӣ-шаклтағйирӣ.

COMPUTER SIMULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF LIGHTWEIGHT FLEXIBLE PLATES WITH COMBINED REINFORCEMENT (OPR)

A. Kh. Sharifov, Yu.A. Ivashenko, A.D. Rahmonzoda, I.S. Derbentsov, S.I. Rakhimov

This article discusses the modeling of lightweight slabs with combined reinforcement. The slabs are made of heavy concrete with light concrete inserts reinforced with steel and fiberglass reinforcement. Three-dimensional modeling was carried out in the SP LIRA-SAPR 2021 R1. The results of the assessment of the stress-strain state of combined slabs in a non-linear setting are presented, taking into account the staging of loading up to the loss of bearing capacity.

Keywords: finite element method (FEM), lightweight slab, fiberglass reinforcement, nonlinearity, stress-strain state, LIRA-SAPR.

Введение

В настоящее время применение различных материалов в комбинации во всех отраслях науки, а также в строительных конструкциях с каждым днем развивается и занимает свое особое место. Изучение и исследование комбинации материалов позволяют изобретать или конструировать новые технологические навыки в современной науке.

Данная статья посвящена анализу работы комбинированной облегченной плиты, выполненной из тяжелого бетона с прямолинейными вставками из арболитовых блоков для снижения нагрузки от собственного веса. Армирование плиты выполняется традиционной стальной и стеклопластиковой арматурой, рассматривается их комбинация применения. Более подробно с конструкцией образцов и результатами натуральных испытаний можно ознакомиться в работе автора [1].

Композитная арматура и композиционный материал чаще всего используется для усиления железобетонных элементов либо для частичной замены стальной арматуры методом комбинированного армирования в изгибаемых элементах. Использование комбинированного способа позволяет избавиться от ряда недостатков железобетонных изгибаемых элементов, полностью армированных композитной арматурой, и улучшает ее деформативность [2-9]. С помощью аналогичного метода возникает необходимость исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных плит, что в подобных исследованиях встречается очень редко.

Для анализа напряженно-деформированного состояния и сопоставления численных результатов с натурным исследованием в настоящее время широко применяются МКЭ комплексы, например: Ansys, ABAQUS, Лира-САПР, SCAD Office и др.

Современные расчетные программы основаны на методе конечных элементов и выполняют расчеты строительных конструкций с использованием теорий прочности и методов механики твердого тела [10, 11]. Значительное исследование моделей железобетонных конструкций предлагается в работах Карпенко Н.И. [12, 13], Клованич С.Ф. [14, 15] для численных исследований на основе метода конечных элементов.

В данной работе расчет комбинированных плит выполнен с помощью ПК ЛИРА-САПР 2021 R1, в виде трехмерной модели в нелинейной постановке, в которой учитываются следующие факторы: физическая нелинейность материалов с учетом шаговой загрузки.

Цель работы – применить ПК ЛИРА-САПР 2021 R1 для исследования изгибаемых плит типа (ОПКА): исследовать влияние входных параметров на прочность, трещиностойкость и жесткость.

Методика исследования

Методика заключается в сопоставлении результатов экспериментальных исследований 5-ти опытных образцов плит с теоретически вычисленными характеристиками: прочность и деформативность. Всего рассматривались пять расчетных схем с различными физическими параметрами. Трехмерные модели плит в целом соответствовали натурным образцам. Плиты моделировались и испытывались как свободно опертые по четырем углам, нагруженные равномерно-распределенными нагрузками. Геометрические характеристики и поперечное сечение комбинированным способом представлены на рисунке 1.

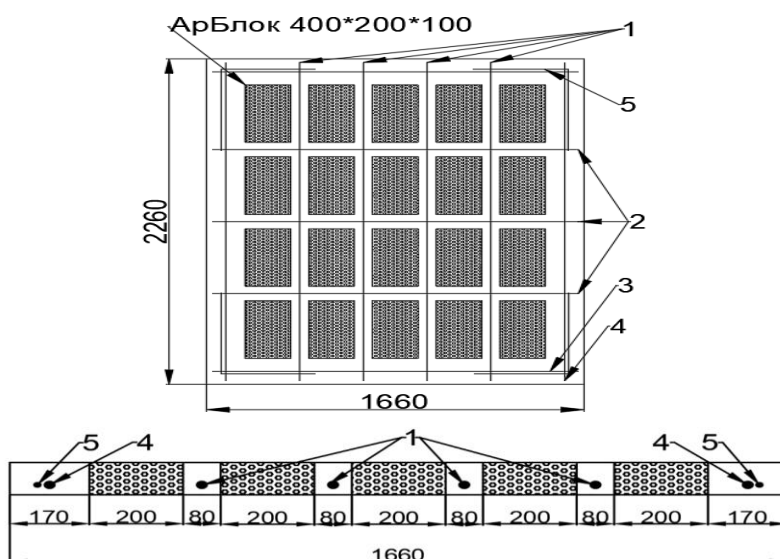


Рисунок 1. 1. A_{sl}^0 – центральная длинная сторона, 2. A_{sb}^0 – центральная короткая сторона, 3. A_{sl}^k – крайняя короткая сторона, 4. A_{sb}^k – крайняя длинная сторона, 5. Ребро жесткости

Образцы моделировались из объемных и стержневых конечных элементов. Для объемных элементов (моделирование бетона и арболитовых блоков) выбран конечный элемент (КЭ) 236 - пространственный 8-ми узловой изопараметрический элемент (произвольный гексаэдр). Композитная арматура моделировалась КЭ типа 410, а металлическая КЭ типа 210, в которых учитывается физическая и геометрическая нелинейность.

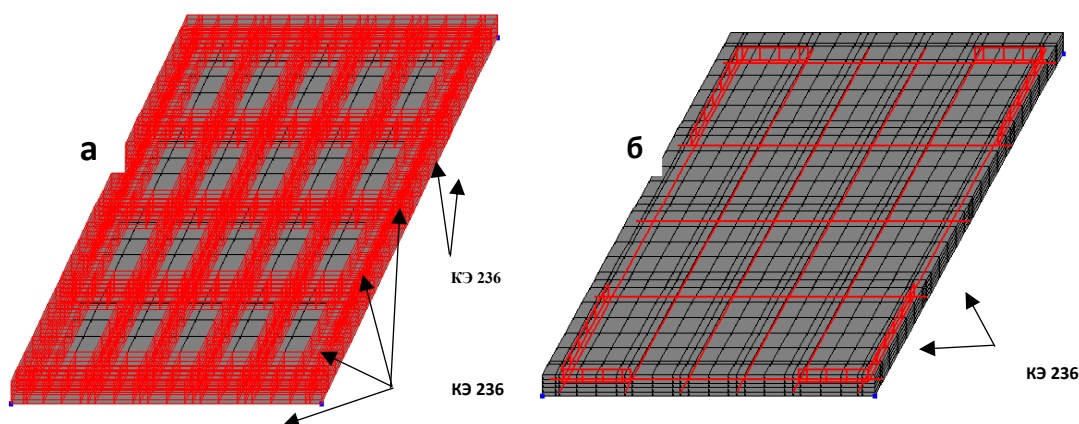


Рисунок 2. (а) Общий вид модели бетона, (б) Вид армирования модели образца

Таблица 1. Параметры образцов

Серия	R_b	R_{bt}	E_b	Армирование				E_s
				A_{sb}^k	A_{sl}^k	$АСК_b^o$	$АСК_l^o$	
1	14,5	1,05	$3.1 \cdot 10^4$	2Ø12	2Ø10	$A_{sb}^o 3Ø6$	$A_{sl}^o 4Ø8$	2×10^5
2	14,5	1,05	$3.1 \cdot 10^4$	2Ø12	2Ø10	3Ø8	4Ø8	5×10^4
3	17	1,15	$3.3 \cdot 10^4$	2Ø10	2Ø12	3Ø6	4Ø10	5×10^4
4	7,5	0,66	$2,1 \cdot 10^4$	2Ø10	2Ø12	3Ø6	4Ø10	5×10^4
5	8	0,7	$2,2 \cdot 10^4$	2Ø6	2Ø10	3Ø4	4Ø8	5×10^4

Исходные характеристики модели в виде рабочих диаграмм, описывающих физические характеристики материалов состояния сжатого бетона и растянутой арматуры выбраны в соответствии с СП 63.13330.2018, определяющих взаимосвязь между напряжениями и относительными деформациями, приняты упрощенные трехлинейные и двухлинейные диаграммы по типу диаграмм Прандтля.

Рассматриваемая облегченная плита имеет следующие характеристики и геометрические размеры (рис. 1): пролет $l = 2260$ мм, ширина $b = 1660$ мм, толщина $h = 100$ мм. Первая серия образцов изготовлена из бетона класса В25 ($R_b = 14,5$ МПа, $R_{bt} = 1,05$ МПа, $E_b = 3.1 \cdot 10^4$ МПа) из арболитового блока размерами $400 \times 200 \times 100$ мм. Первая испытанная плита (**Серия 1**) армировалась в нижней зоне стальной арматурой класса А400 ($R_s = 350$ МПа, $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа), обозначенной в соответствии с рис.1 $A_{sb}^k - 2Ø12$, $A_{sl}^k - 2Ø10$, $A_{sb}^o 3Ø6$, $A_{sl}^o 4Ø8$. В остальных сериях использовалось комбинированное армирование, т.е. крайнее армирование из стали, а по центру во всех случаях выполнено из стеклопластиковой арматуры различных диаметров. Более подробное описание образцов описано ниже.

Серия 2 по краям длинной стороны $A_{sl}^k - 2Ø10$, в направлении короткого борта $A_{sb}^k - 2Ø12$, стальная арматура класса А400 ($R_s = 350$ МПа, $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа), а по центру композитная арматура $АСК_b^o - 3Ø8$ мм, $АСК_l^o - 4Ø8$ мм. ($R_f = 1100$ МПа, $E_f = 50000$ МПа). Класс бетона В25 ($R_b = 14,5$ МПа, $R_{bt} = 1,05$ МПа, $E_b = 3.1 \cdot 10^4$ МПа).

Серия 3 по краям длинной стороны $A_{sl}^k - 2Ø12$, в направлении короткого борта $A_{sb}^k - 2Ø10$, стальная арматура ($R_s = 350$ МПа, $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа), а по центру композитная арматура $АСК_b^o - 3Ø6$ мм, $АСК_l^o - 4Ø10$ мм. ($R_f = 1100$ МПа, $E_f = 50000$ МПа). Класс бетона В30 ($R_b = 17$ МПа, $R_{bt} = 1,15$ МПа, $E_b = 3.3 \cdot 10^4$ МПа).

Серия 4 по краям длинной стороны $A_{sl}^k - 2Ø12$, в направлении короткого борта $A_{sb}^k - 2Ø10$, стальная арматура ($R_s = 350$ МПа, $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа), а по центру композитная арматура $АСК_b^o - 3Ø6$ мм, $АСК_l^o - 4Ø10$ мм. ($R_f = 1100$ МПа, $E_f = 50000$ МПа). Класс бетона В12,5 ($R_b = 7,5$ МПа, $R_{bt} = 0,66$ МПа, $E_b = 2,1 \cdot 10^4$ МПа).

Серия 5 по краям длинной стороны $A_{sl}^k - 2Ø10$, в направлении короткого борта $A_{sb}^k - 2Ø6$ ($R_s = 350$ МПа, $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа), стальная арматура, а по центру композитная арматура $АСК_b^o - 3Ø4$ мм, $АСК_l^o - 4Ø8$ мм. ($R_f = 1100$ МПа, $E_f = 50000$ МПа). Класс бетона В 13,8 ($R_b = 8$ МПа, $R_{bt} = 0,7$ МПа, $E_b = 2,2 \cdot 10^4$ МПа).

Для моделирования использовался нелинейный процессор ПК Лири-САПР, предназначенный для решения физически и геометрически нелинейных, а также задач с наличием конструктивной нелинейности. Геометрические и физические интерпретации, доказательство сходимости и оценка погрешности для наиболее распространенных методов решения нелинейных задач приведены в [14, 15].

Для решения нелинейных задач процессор организует пошаговое нагружение конструкции и обеспечивает решение линеаризованной системы уравнений на каждом шаге для текущего приращения вектора узловых нагрузок, сформированного для конкретного нагружения.

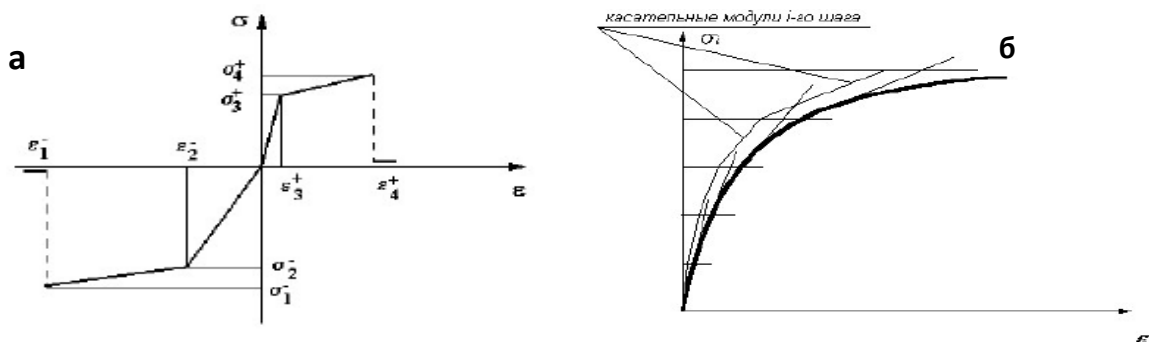


Рисунок 4. (а) Кусочно–линейная зависимость, (б) Геометрическая интерпретация шагового нагружения

В ходе компьютерного исследования каждый образец последовательно нагружался, начиная от нулевой нагрузки до разрушения, которое происходило от действия равномерно распределенной нагрузки

при достижении предела текучести арматуры и предела прочности бетона. На каждой стадии нагружения получено напряженно-деформированное состояние конструкции, прогибы плиты с учетом объемного состояния.

Результаты исследования

По результатам компьютерного моделирования получены деформированные схемы плит и образование трещин при различных стадиях нагружения. Получены графики зависимости прогиба плит от нагрузки, напряжения в арматурных стрежнях и график распределения напряжений по высоте сечения плиты. На ниже приведенных графиках и в таблице 2 представлены результаты численного исследования.

Таблица 2. Результаты численного исследования

Серия	Разрушающая нагрузка (кгс)	Нагрузка трещинообразования (кгс)	Максимальный прогиб при разрушающей нагрузке (мм)	Максимальные значения сжимающих напряжений в срединном сечении бетона плит, (МПа)	Напряжения в арматуре при появлении трещин в бетоне плит, (МПа)
1	4796	1526	46,96	14,7	311,95
2	4800	1280	61,7	11,4	273,73
3	6000	1500	87,18	11,28	321,63
4	5040	1250	95,7	6,99	
5	3800	1140	81,7	5,54	228,03

По результатам нелинейного расчета, разрушение всех образцов произошло вдоль пролетного сечения длинной (1-3) и короткой (4,5) сторон плиты. Разрушающая нагрузка была вызвана превышением предела текучести в стальной арматуре и геометрической изменчивостью на последних этапах нагружения. Отклонение разрушающих нагрузок по сравнению с первым образцом, который полностью армирован стальной арматурой, колеблется от -20,67% до 25,10%.

Исходя из использованной модели, трещины образовались по площадке, пролетному сечению бетона при превышении заданного предела прочности на растяжение.

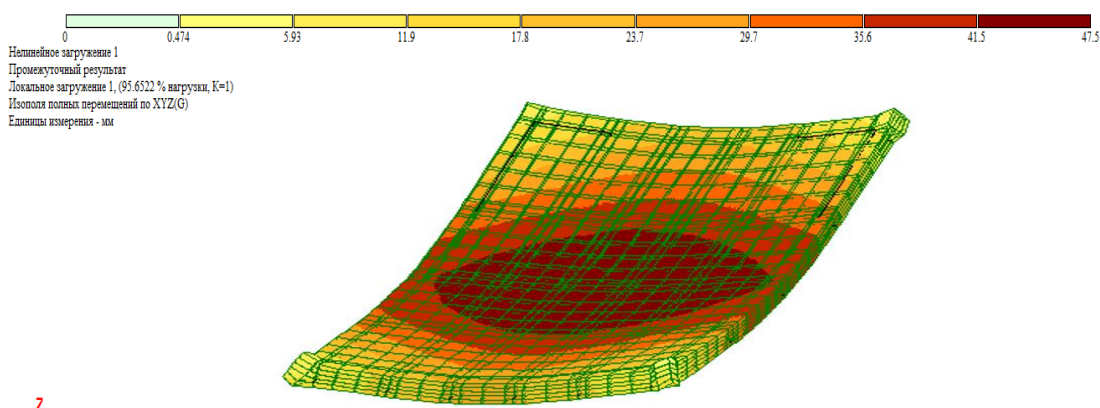


Рисунок 5. Изополюс полных перемещений по XYZ

Максимальный прогиб каждого образца ожидаемо наблюдался в центре плиты.

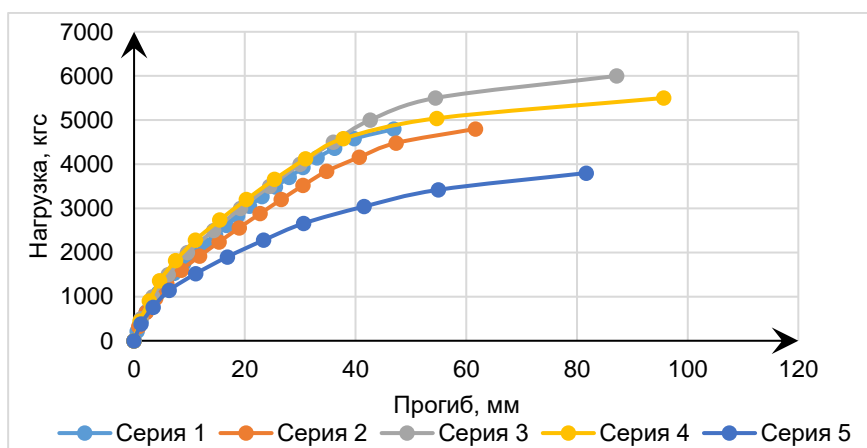


Рисунок 6. График максимальных прогибов при разрушающей нагрузке

На рис. 7 показаны зависимости максимальных напряжений в сжатом и растянутом гранях бетона в зависимости от нагрузки. Анализ этих данных указывает на нелинейный характер работы бетона и достижения максимальных напряжений в арматуре при разрушающей нагрузке для всех образцов. Отклонение напряжений в сжатой зоне бетона составляет 5,65...14,99 МПа. В растянутой зоне бетона от 0,7...1,34 МПа.

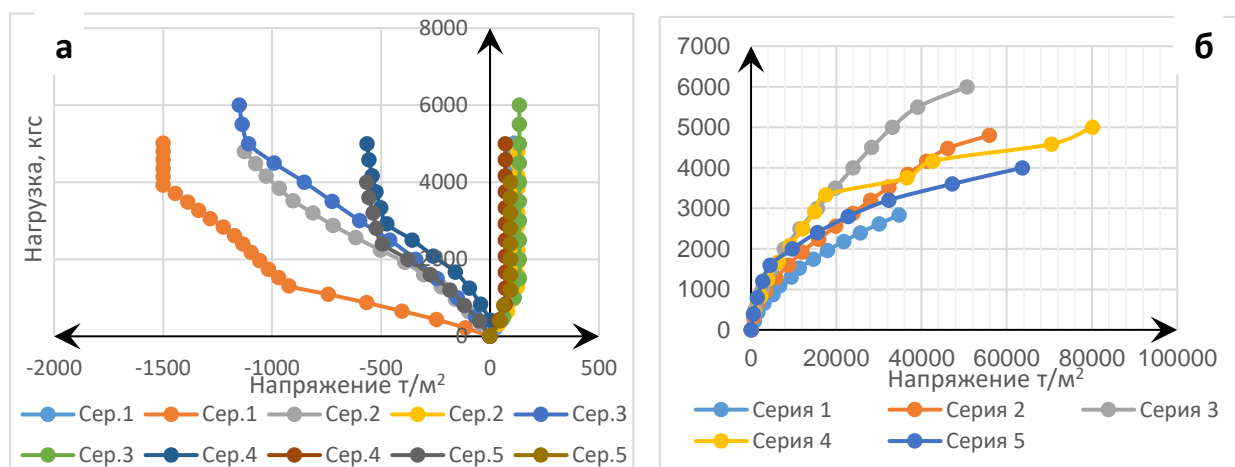


Рисунок 7. (а) напряжения в сжатой и растянутой сечениях бетона, (б) зависимость “нагрузка-напряжения” в арматурах, расположенных в центре плиты

На рис. 7б показана зависимость напряжения в арматуре от внешней нагрузки. Зависимость напряжения от нагрузки в арматуре также имеет нелинейный характер. В ходе испытаний наблюдалось перераспределение напряжений между отдельными арматурными стержнями. На начальных стадиях в работу в основном включается стальная арматура по краям плиты (например, при 30,52 % от разрушающей нагрузки, напряжения достигают 208,48 ... 346,69 МПа), затем перераспределяются к арматуре в центре, напряжение в последней достигает 1019,51 МПа к моменту разрушения плиты. По-видимому, этот эффект связан с большей жесткостью стальной арматуры по сравнению со стеклопластиковой.

Напряжение по высоте сечения плит при разрушающей нагрузке в сжатом сечении бетона достигает 8,75...17,41 МПа. В растянутом сечении бетона 1,32...1,87 МПа.

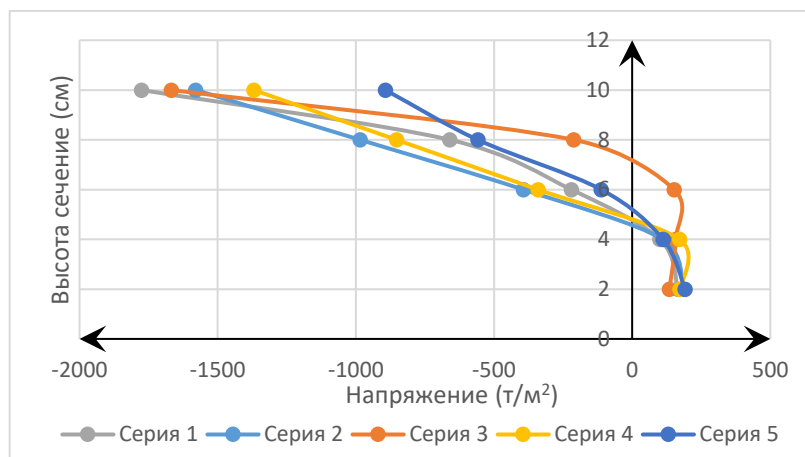


Рисунок 8. Распределение напряжений по высоте сечения плит при разрушающей нагрузке в пролетном сечении

Вывод

Результаты компьютерного моделирования, полученные на основе программы ЛираСАПР 2021R1 в рамках предложенной схемы расчета показывают, что использование такого подхода для описания деформирования облегченных плит с комбинированным армированием позволяет получить приемлемые для технического расчета результаты, близкие к экспериментальным данным.

На основании графика максимальных прогибов можно увидеть три характерные стадии напряженно-деформированного состояния плиты: до появления трещин, после появления трещин и стадия разрушения. Кроме того, изменение прочности бетона и использование стеклопластиковой арматуры в 1,31-2,03 раза влияет на жесткость плит по сравнению с первым образцом.

Литература:

1. Шарифов, А.Х. Экспериментальные исследования прочности, жесткости и трещиностойкости облегченных плит с комбинированным армированием / А.Х. Шарифов, Ю.А. Ивашенко, А.Дж. Рахмонзода // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 5–15. DOI: 10.14529/build210401
2. Рахмонов, А. Д. Компьютерное моделирование для исследования напряженно-деформированного состояния балок с комбинированным армированием / А. Д. Рахмонов, Н. П. Соловьев, В. М. Поздеев // Вестник МГСУ. – 2014. – № 1. – С. 187-195. – EDN RTUKNP.
3. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. Анализ экспериментальных исследований по усилению железобетонных конструкций полимерными композитными материалами. Часть 1. Отечественные эксперименты при статическом нагружении // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №3 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/24TVN316>.
4. Овчинников И.Г., Валиев Ш.Н., Овчинников И.И., Зиновьев В.С., Умиров А.Д. Вопросы усиления железобетонных конструкций композитами: 1. Экспериментальные исследования особенностей усиления композитами изгибаемых железобетонных конструкций // Интернет-журнал «Наукоедение» 2012, № 4, <http://naukovedenie.ru/PDF/13tvn412.pdf>. - М. с. 1 - 22.
5. Овчинников И.Г., Валиев Ш.Н., Овчинников И.И., Зиновьев В.С., Умиров А.Д. Вопросы усиления железобетонных конструкций композитами: 2. Натурные исследования усиления железобетонных конструкций композитами, возникающие проблемы и пути их решения // Интернет-журнал «Наукоедение» 2012, № 4, <http://naukovedenie.ru/PDF/14tvn412.pdf>. - М. с. 1 - 37.
6. Овчинников И.Г., Валиев Ш.Н., Овчинников И.И., Зиновьев В.С., Умиров А.Д. Анализ проблем усиления железобетонных конструкций композитными материалами // Развитие транспорта в регионах России: проблемы и перспективы. Материалы II Всероссийской конференции с международным участием. Киров. 2012. с. 49-52.
7. Антаков А.Б., Антаков И.А. Анализ нормативных подходов к оценке прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, армированных полимеркомпозитной арматурой // Известия КГАСУ, 2014, № 1 (27). – С. 75-80.
8. Антаков А.Б., Антаков И.А. Экспериментальные исследования изгибаемых элементов с полимеркомпозитной арматурой // Известия КГАСУ, 2014, № 3 (29). – С. 7-13.
9. Антаков А.Б., Антаков И.А., Гиздатуллин А.Р. Экспериментальные исследования изгибаемых элементов с предварительно напряженной полимеркомпозитной арматурой // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции НАСКР-2014. – Чебоксары, 2014. – С. 69-75.
10. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций – К.: ФАКТ, 2007, 394с
11. Городецкий А.С., Заворицкий В.И., Лантух–Лященко А.И., Расказов А.О. Метод конечных элементов в проектировании транспортных сооружений.//М.: Транспорт, 981.–С.143.

12. Карпенко, Н.И. Исходные и трансформированные диаграммы деформирования бетона и арматуры / Н.И. Карпенко, Т.А. Мухамедиев, А.Н. Петров // Напряженно-деформированное состояние бетонных и железобетонных конструкций. – М.: НИИЖБ, 1986. – С. 7–25.
13. Карпенко, Н.И. Общие модели механики железобетона / М.И. Карпенко. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
14. Клованич, С.Ф. Метод конечных элементов в механике железобетона / С.Ф. Клованич, И.Н. Мироненко. – Одесса, 2007. – 111 с.
15. Клованич, С.Ф. Метод конечных элементов в расчетах пространственных железобетонных конструкций / С.Ф. Клованич, Д.И. Безушко. – Одесса: Издательство ОНМУ, 2009. – 89 с.

TJ	RU	EN
Шарифов Абубакр Хайдарович	Шарифов Абубакр Хайдарович	Sharifov Abubakr Khaydarovich
аспирант	аспирант	Postgraduate
Южно-Уральский государственный университет (Челябинск)	Южно-Уральский государственный университет (Челябинск)	South Ural State University (Chelyabinsk)
sharifov.a.h@mail.ru		
TJ	RU	EN
Иващенко Юлий Алексеевич	Иващенко Юлий Алексеевич	Ivashchenko Yuly Alekseevich
Доктори илмхои техники, профессор	доктор технических наук, профессор	doctor of technical sciences, professor
Южно-Уральский государственный университет (Челябинск)	Южно-Уральский государственный университет (Челябинск)	South Ural State University (Chelyabinsk)
ivashenkoia@susu.ru		
TJ	RU	EN
Рахмонзода Ахмаджон Джамолоддин	Рахмонзода Ахмаджон Джамолоддин	Rahmonzoda Ahmadjon Jamoloddin
Номзади илмхои техники, дотсент	Кандитат технических наук, доцент	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ДТТ ба номи М.С. Осими	Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
ahmadjon2903@mail.ru		
TJ	RU	EN
Дербенсов Илья Сергеевич	Дербенцов Илья Сергеевич	Derbentsov Ilya Sergeevich
Номзади илмхои техники, дотсент	Кандитат технических наук, доцент	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Южно-Уральский государственный университет (Челябинск)	Южно-Уральский государственный университет (Челябинск)	South Ural State University (Chelyabinsk)
y.kirpich@list.ru		
TJ	RU	EN
Рахимов Садриддин	Рахимов Садриддин	Rahimov Sadriddin
Мудири шубъбаи лоихаҳои аҳамияти ҷумҳуриявӣ ва Гирдротехники доштаи КВД «Ташхисгар»	Начальник отдела экспертизы гидротехнических сооружений и объектов республиканского значения ГУП «Ташхисгар».	Head of the department for the examination of hydraulic structures and objects of republican significance, State Unitary Enterprise "Tashkhisgar".
rahimov.31-1987@mail.ru		

УДК 624.012.45

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ЦЕЛЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОДОБИЙ**Д.Н. Низомов, И.К. Каландарбеков, У.М. Махмадиев***Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

Статья посвящена вопросам моделирования железобетонных балок прямоугольного сечения с одиночной рабочей арматурой под действием статической нагрузки. Рассмотрены принципы и критерии подобия при моделировании строительных конструкций, в частности железобетонных балок. В процессе исследования выполнен расчет и изготовлены модели железобетонной балки масштаба М1:4, а также экспериментальным путём определены физико-механические характеристики использованных материалов. На основе анализа дифференциального уравнения изогнутой оси балки и критериев подобия найдены масштабные коэффициенты действующей нагрузки, изгибающего момента и прогиба в середине балки. Изложены сопоставительные анализы полученных коэффициентов подобия при анализе уравнений и численного моделирования с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР 2017. Приведены технико-экономические сравнения затрат на изготовление 3-х моделей и 3-х натурных балок.

Ключевые слова: железобетонная балка, модельная конструкция, уравнение изогнутой оси балки, коэффициент подобия, эксперимент, напряжённое состояние, численное моделирование, натурная конструкция.

ТАДҚИҚОТИ ТАҶРИБАВИИ БОЛОРҲОИ ОҶАНУБЕТОНӢ БО МАҚСАДИ МУАЙЯН НАМУДАНИ КОЭФФИЦИЕНТҲОИ МОНАНДӢ**Д.Н. Низомов, И.К. Қаландарбеков, У.М. Маҳмадиев**

Мақола ба моделсозии болорҳои оҷанубетонии дорои бурриши арзии росткунҷашакли бо як армураи қорӣ армиронидашуда, аз таъсири бори статикӣ, баҳшида шудааст. Дар ин мақола принципҳои имкониҷар ва талаботҳои монандӣ дар моделсозии конструкцияҳои сохтмонӣ, аз ҷумла, болорҳои оҷанубетонӣ баррасӣ карда мешавад. Дар рафти тадқиқот қисми ҳисобӣ ва моделҳои болорҳои оҷанубетонӣ дар миқёси М1:4 хурдкардашуда омода карда шуда, ҳосиятҳои физикию механикии масолахҳои истифодашуда ба таври таҷрибавӣ муайян карда шудаанд. Дар асоси таҳлили муодилаи дифференсиалии тири ҳамии болор ва талаботҳои назарияи монандӣ коэффисиентҳои бори таъсирунанда, моменти қадкунанда ва ҳамӣ дар мобайни болор муайян карда шудааст. Таҳлили муқоисавии коэффисиентҳои монандӣ, ки ҳангоми таҳлили муодилаҳо ва таҳлили ададӣ бо истифода аз барномаи компютери ЛИРА-САПР 2017 ба даст оварда шудаанд, пешниҳод шудааст. Дар натиҷа, муқоисаи иқтисодии техникаи хароҷоти меҳнат ва масолах барои истеҳсоли 3 адад модел ва 3 адад болори асли оварда шудааст.

Калидвожаҳо: болори оҷанубетонӣ, конструкцияи моделӣ, муодилаи тири ҳамии болор, коэффисиенти монандӣ, таҷриба, ҳолати шиддатнокӣ, моделсозии ададӣ, конструкцияҳои асли.

EXPERIMENTAL STUDIES OF REINFORCED CONCRETE BEAMS IN ORDER TO DETERMINE THE SIMILARITY COEFFICIENTS**D.N. Nizomov, I.K. Kalandarbekov, U.M. Mahmadiyev**

The article is devoted to the modeling of reinforced concrete beams of rectangular cross-section with a single working armature under the action of static load. The principles and criteria of similarity in the modeling of building structures, in particular, reinforced concrete beams, are considered. In the course of the study, the calculation was carried out and models of the same concrete beam were made on a scale of M1:4, as well as the physicomachanical characteristics of the materials used were determined experimentally. Based on the analysis of the differential equation of the curved axis of the beam and the similarity criteria, the scale coefficients of the acting load, bending moment and deflection in the middle of the beam are found. Comparative analyses of the obtained similarity coefficients in the analysis of equations and numerical modeling using the LIRA-CAD 2017 software package are presented. Technical and economic comparisons of the costs of manufacturing 3 models and 3 full-scale beams are given.

Key words: reinforced concrete beam, model structure, beam curved axis equation, similarity coefficient, experiment, stress state, numerical simulation, full-scale structure.

Введение

Цель изучения реальных объектов на моделях состоит в том, что с использованием теории подобия перенести количественные результаты на подобные натурные объекты. Однако вопросы наиболее точного физического и геометрического моделирования, а также подобия не до конца исследованы и эти задачи сегодня становятся наиболее актуальными [1]. Сегодня экспериментальные исследования строительных конструкций проводятся в возрастающем объеме, и вопросы наиболее точного моделирования и подобия остро встают перед исследователями. Каждый эксперимент проводится для проверки каких-либо теоретических положений и дальнейшего распространения, и внедрения результатов, полученных при проведении опыта, на реальные объекты. Любой опыт, проводимый в лаборатории на моделях, основывается на двух главных категориях подобия: «константе подобия» и «уравнениях связи» [2]. Константа подобия – постоянное число, выражающее отношение одноименных величин в соответствующих точках геометрически подобных систем. Количество величин, входящих в константу подобия, может быть различным. Отношения между подобными объектами обусловлено определенными физическими законами или «связями». Следовательно, константы подобия не могут быть

выбраны произвольно, а должны быть получены из «уравнений связи», т.е. из математических выражений физических законов.

При экспериментальном методе изучения прочностных характеристик конструкций в основе исследования, как правило, лежит «критерий механического подобия». Многие методы структурного моделирования основаны на вышеуказанных критериях. Часто размеры экспериментальной модели задаются лишь из условия геометрического подобия, а вместо силового подобия ставится условие равенства напряженных состояний модели и натурной конструкции. Методы нелинейного физического моделирования до конца не разработаны, как правило, в ходе экспериментов окончательный вывод о работоспособности натурной конструкции делают не по упругой стадии, а по стадии разрушения экспериментальной модели. В этом случае исследование конструкции в предельном состоянии методами линейного моделирования дает лишь приближенный результат. Тогда константы подобия выводятся из уравнений связи, линейно выражающих зависимость напряженного состояния модели и натурной конструкции.

В работе [3] изложен вопрос распространения механических возмущений в подобных телах. Рассматривается простейший случай подобных тел A и A' , которые являются упругими, однородными и изотропными. Предполагается, что в какой-либо точке b тела A был дан импульс и из точки b распространяются во все стороны волновые возмущения в виде продольных и поперечных волн. Доказано, что времена пробегов волновых возмущений на сходственных отрезках подчиняются масштабу времен.

Материалы и методика испытания кубов на осевое сжатие и железобетонных балок на изгиб

Кубики с длиной ребра 100 мм, призмы размером 100x100x400мм были изготовлены из того же бетона, как балки прямоугольного сечения. Изготовленные стандартные образцы из бетона испытывались на сжатие, в результате которых определялись физические характеристики [10].

Значения физических и геометрических характеристик кубов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Определение класса бетона

№	Масса (гр)	Размеры кубика (мм)	Разрушающая нагрузка	Средняя раз. нагрузка	Средняя прочность	Класс бетона
1	2315	100x100x100	21833 кг	21389 кг	203.19 кг/см ²	В15
2	2316	100x100x100	20167 кг			
3	2361	100x100x100	22167 кг			

Испытание кубов производилось после 28 суток с момента их изготовления на гидравлическом прессе Р-50. В соответствии с требованием [10-13] было проведено выравнивание поверхности формы кубов. Образцы кубиков представлены на рис.1, а. По результату испытания кубов определяли класс бетона изготовленной модели железобетонной балки. Нагрузка на кубике увеличивалась со скоростью, обеспечивающей разрушение образца после 30-60 с момента испытаний. Характер разрушения бетонных кубиков и призм представлен на рис. 1, б,в.

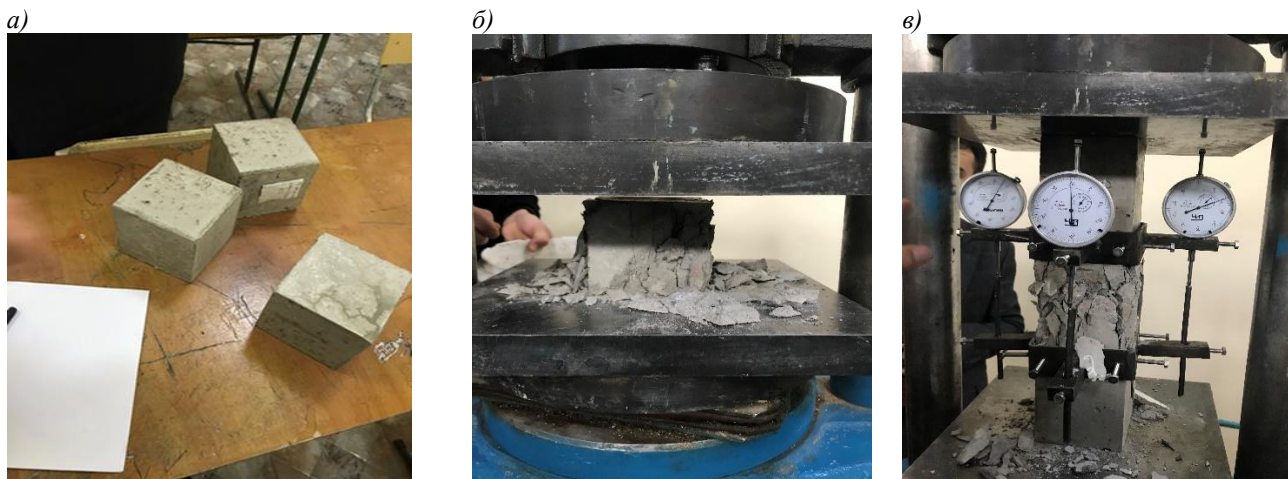


Рисунок 1. Образцы и характер разрушения бетонных кубиков и призм

Прежде чем приступить к испытанию модели железобетонной балки и исследованию его напряженно-деформированного состояния также были проведены испытания арматуры на разрыв по ГОСТ 34028-2016 [9]. Эти испытания проводились для получения диаграммы «F – δ» и определения нормальных напряжений, затем класса арматуры и модуля упругости арматуры. Характер разрыва образцов арматуры представлен на рис.2. Результаты испытания трёх образцов приведены на рис. 3.

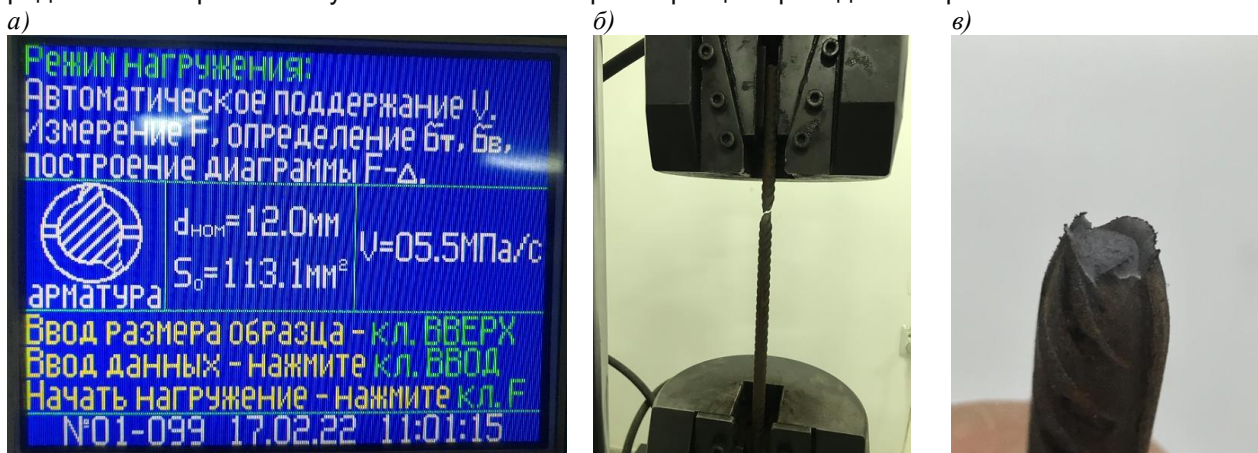


Рисунок 2. Испытание образцов арматуры на растяжение

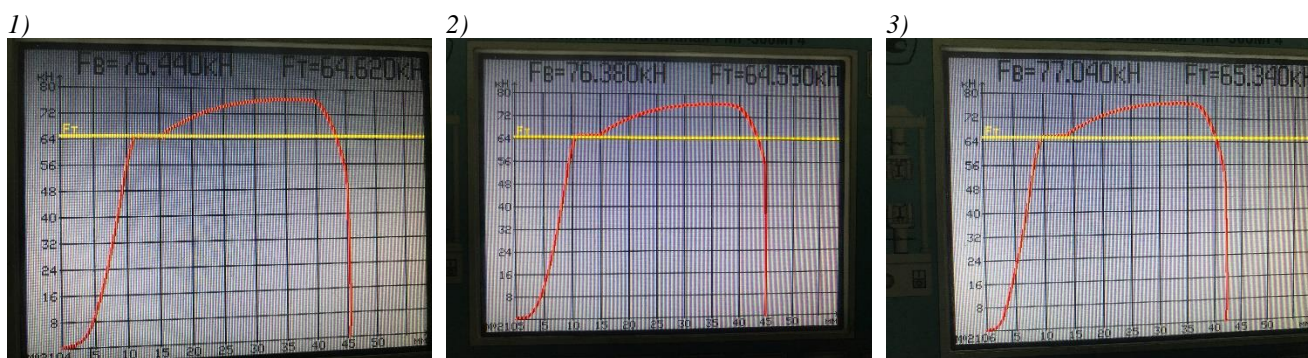


Рисунок 3. Данные испытания трёх образцов арматуры на разрыв
Напряжения, полученные в результате испытания образцов

$$\sigma_e^1 = \frac{F_e}{S_0} = \frac{76440}{113.1} = 675.86 \quad \text{Н/мм}^2; \quad (1)$$

$$\sigma_e^2 = \frac{F_e}{S_0} = \frac{76380}{113.1} = 675.33 \quad \text{Н/мм}^2; \quad (2)$$

$$\sigma_e^3 = \frac{F_e}{S_0} = \frac{77040}{113.1} = 681.17 \quad \text{Н/мм}^2; \quad (3)$$

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_e^1 + \sigma_e^2 + \sigma_e^3}{3} = \frac{675.86 + 675.33 + 681.17}{3} = 677.45 \quad \text{Н/мм}^2. \quad (4)$$

Согласно таблице 7 ГОСТ [9] испытанная арматура относится к классу А500 с модулем упругости $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$.

Экспериментальные исследования модели железобетонной балки

Целью эксперимента является моделирование железобетонной балки в уменьшенном масштабе. Исследования были проведены в научно-производственной лаборатории кафедры «Промышленное и гражданское строительство» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими Министерства образования и науки Республики Таджикистан. Для определения напряженно-деформированного состояния железобетонной балки были запроектированы и изготовлены три образца модели железобетонной балки (рис.4).



Рисунок 4. Физическая модель железобетонной балки

В качестве моделируемого объекта была принята обычная балка прямоугольного сечения 75x150 мм, пролетом 1500 мм. Данная модель железобетонной балки, исходя из расчёта прочности, была армирована в растянутой зоне продольной рабочей арматурой 1 $\varnothing 12$ A500. В сжатой зоне была армирована конструктивной продольной арматурой 1 $\varnothing 6$ A240. Соединение двух продольных стержней в обеих зонах осуществлялось поперечными стержнями диаметром 6 A240. Схема армирования модели железобетонной балки приведена на рис. 5. Для измерения перемещения модели балки были использованы механические приборы. Испытание модели балки производилось в положении, соответствующем рабочему положению несущей железобетонной балки.

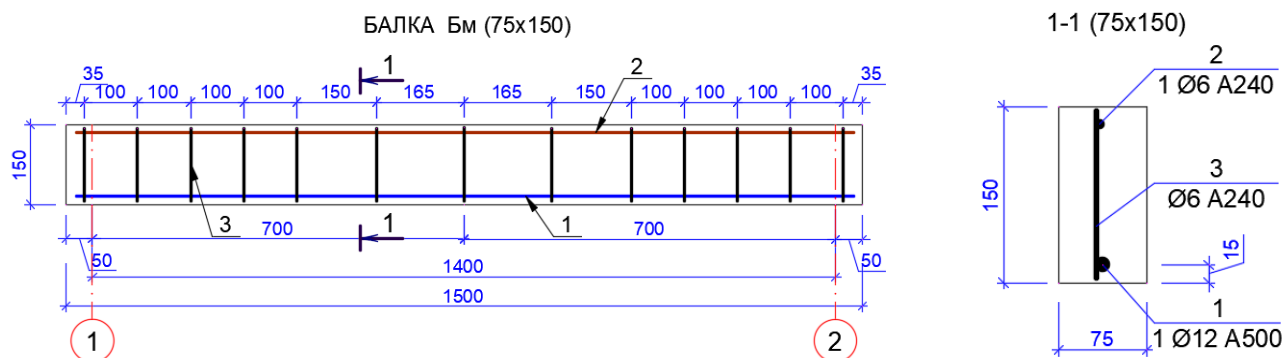


Рисунок 5. Армирование модели железобетонной балки

Конструкция испытательного стенда и методика испытания модели балки

Для проведения эксперимента был использован запроектированный и изготовленный испытательный стенд в лаборатории кафедры «Промышленное и гражданское строительство» Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими. Испытательный стенд представляет собой плоскую замкнутую раму, которая состоит из вертикальных стоек и верхнего горизонтального ригеля.

Испытание модели железобетонной балки производилось через 30 дней после испытания кубов и призм. Загружение модели производилось двумя сосредоточенными силами, приложенными на одинаковом расстоянии от торцов балки (рис. 6).

Для нагружения образцов модели был использован гидравлический домкрат ДГ50П250 с поэтапным нагружением.

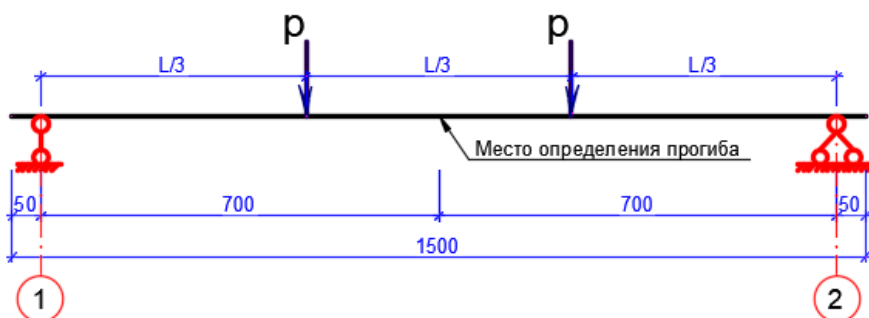


Рисунок 6. Схема испытания балки

С целью выделения зоны чистого изгиба нагрузка на модели балки прикладывалась в виде двух сосредоточенных сил, которые передавались через специально изготовленную металлическую траверсу,

выполненную из составного двутавра, усиленной металлическими ребрами. Нагрузка прикладывалась ступенями в зависимости от ожидаемой разрушающей нагрузки.

Значения нагрузки фиксировали с помощью динамометра, установленного непосредственно под домкратом. Перед испытанием образцов динамометр был тарирован. Домкрат снизу опирался на динамометр, а сверху упирался в металлический траверс. В процессе нагружения прогибы измеряли с помощью прогибомера типа ИЧ-50 с ценой деления 0,01 мм, установленного в середине балки. Фотография разрушенных моделей балки приведены на рис. 7.

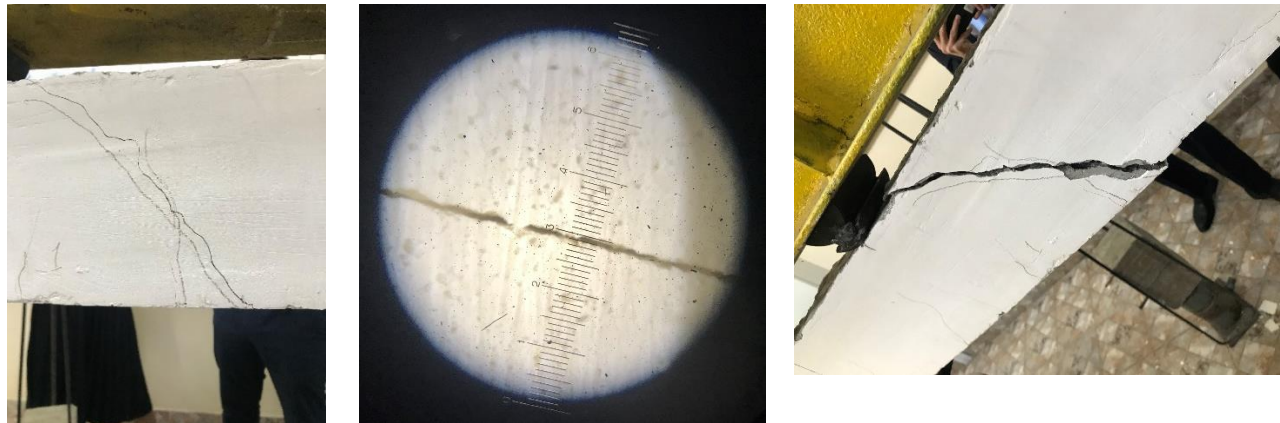


Рисунок 7. Фотографии разрушенных образцов балки

Последовательно увеличивая вертикальную нагрузку на балку, по результатам испытаний получены графики зависимости прогиба в середине пролёта модели от нагрузки (рис. 8).

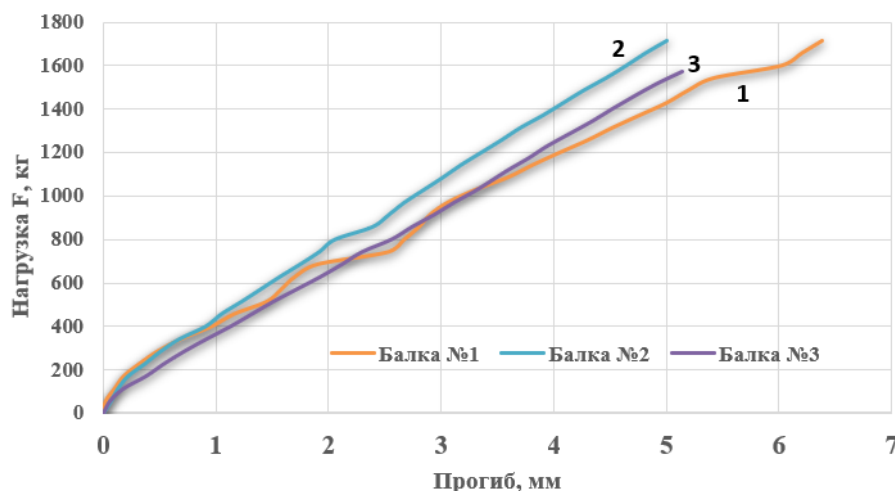


Рисунок 8. График зависимости прогиба от нагрузки

При проектировании модели типовой балки были использованы следующие критерии механического подобия [2-8]:

Теория моделирования

Условие одинаковой жёсткости модели и натурной балки. Для это используем уравнение изогнутой оси балки, дифференциальное уравнение изогнутой оси статически определимой балки можно записать в виде

$$\frac{d^2w}{dx^2} = -\frac{M_x}{EI_x}, \quad (5)$$

где w – прогиб, M_x – изгибающий момент, EI_x – изгибная жесткость.

Известно, что уравнение (5) в равной мере описывает закон деформирования как реальной балки, так и её модели. При этом подобие деформаций и усилий будет обеспечено, если в обоих уравнениях будет соблюдено соотношение сходственных величин. Исходя из теории подобия можно записать

$$\frac{M_x^H}{E_H I_x^H} = \frac{M_x^M}{E_M I_x^M}, \quad (6)$$

где $M_x^M = P_M \cdot l_M$; $M_x^H = P_H \cdot l_H$; $I_x^H = \frac{b_H h_H^3}{12}$; $I_x^M = \frac{b_M h_M^3}{12}$, $I_x^M = \frac{1}{m^4} \frac{b_H h_H^3}{12}$; (7)

$$l_H = m \cdot l_M; E_H = E_M = E; \quad (8)$$

$$\frac{P_H \cdot m \cdot l_M}{E \frac{b_H h_H^3}{12}} = \frac{P_M \cdot l_M}{E \frac{1}{m^4} \frac{b_H h_H^3}{12}}; P_H = m^3 \cdot P_M; M_x^H = m^3 \cdot P_M \cdot m \cdot l_M = m^4 \cdot M_x^M; \quad (9)$$

$$f_M = \frac{23 P_M l_M^3}{648 E I_x^M}; f_H = \frac{23 P_H l_H^3}{648 E I_x^H} = \frac{23 \cdot m^3 \cdot P_M \cdot m^3 \cdot l_M^3}{648 E \cdot m^4 \cdot I_x^M} = m^2 \cdot f_M; \quad (10)$$

$$P_H = m^3 \cdot P_M = 4^3 \cdot P_M = 64 P_M; \quad (11)$$

$$M_x^H = m^4 \cdot M_x^M = 4^4 \cdot M_x^M = 256 M_x^M; \quad (12)$$

$$f_H = m^2 \cdot f_M = 4^2 \cdot f_M = 16 f_M; \quad (13)$$

Здесь M_x^H – изгибающий момент для натурной балки; E_H – модуль упругости материала натурной балки; I_x^H – момент инерции натурной балки; P_H – вертикальная нагрузка в натурной балке; l_H – длина натурной балки, M_x^M – изгибающий момент для модельной балки; E_M – модуль упругости материалов модельной балки; I_x^M – момент инерции модельной балки; P_M – вертикальная нагрузка на модельной балке; l_M – длина модельной балки.

В работе [1] при использовании критерия равенства относительных деформаций, констант подобия получается $n_p = 0,20$ а $F_M = 0,228 F_H$. Относительная погрешность по первому условию составляет 2,5%. При использовании второго условия, т. е. по условию равенства относительных прогибов натурной балки и балки-модели составляет 7,5%. При этом условии констант подобия получается $n_p = 0,437$; а $F_M = 0,217 F_H$.

По предложенной методике получается:

$$P_H = 64 P_M \text{ или } P_M = 0.016 P_H, \quad (14)$$

$$M_x^H = 256 M_x^M \text{ или } M_x^M = 0.0039 M_x^H, \quad (15)$$

$$f_H = 16 f_M \text{ или } f_M = 0.0625 f_H. \quad (16)$$

Дальнейшее исследование состоит в проектировании, изготовлении и испытании реальных железобетонных балок, и сравнение полученных результатов модели и балки в натуральной величине.

Результаты и обсуждение.

С целью подтверждения полученного коэффициента подобия для балки-модели производили расчёт в программном комплексе ЛИРА-САПР 2017 при одинаковом классе бетона модели и балки в натуральной величине.

Результаты численного моделирования представлены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты подобия на основе программного комплекса ЛИРА-САПР

№	Модель в ЛИРА-САПР			Натура в ЛИРА-САПР			Коэффициенты подобия		
	Р кг	М кг*м	f мм	Р кг	М кг*м	f мм	Р кг	М кг*м	f мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28.55	13.3243	0.0561	1827.2	3410.83	0.898	64.0000	255.9857	16.00713
2	57.1	26.6486	0.112	3654.4	6821.67	1.8	64.0000	255.9861	16.07143
3	85.65	39.9729	0.168	5481.6	10232.5	2.693	64.0000	255.9859	16.02976

Полученные значения параметров (табл.2): нагрузка, изгибающий момент и прогиб для натурной балки - разделим на соответствующие величины модели, получим коэффициенты подобия. Сравнивая полученные коэффициенты с коэффициентами из анализа дифференциального уравнения изогнутой оси балки, можно сказать, что подтверждается правильность предложенной методики определения коэффициентов подобия для балки.

Итоги по смете на расход материала и труда при изготовлении модели и натуральной балки приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3
Смета расхода материала и труда при изготовлении 3-х натурной балки

Итого по смете:	
Бетонные и железобетонные монолитные конструкции в промышленном строительстве	5168.48
Материалы	1758.71
Итого	6927.19
В том числе:	
Материалы	5327.17
Машины и механизмы	129.36
ФОТ	560.42
Накладные расходы	588.44
Сметная прибыль	364.27
ВСЕГО по смете	6927.19

Таблица 4

Смета расхода материала и труда при изготовлении 3-х модельной балки

Итого по смете:	
Бетонные и железобетонные монолитные конструкции в промышленном строительстве	76.26
Материалы	89.55
Итого	165.81
В том числе:	
Материалы	131.85
Машины и механизмы	2.6
ФОТ	11.95
Накладные расходы	12.55
Сметная прибыль	7.77
ВСЕГО по смете	165.81

Сравнение (табл. 3 и 4) показывает, что расход материалов и трудоёмкости изготовления балки в натуральной величине на 97% больше, чем модели балки. Кроме того, при натурном испытании возникают значительные трудности, связанные с их изготовлением и проведением самого эксперимента.

Вывод. Экспериментальным путем исследовано напряженное-деформированное состояние железобетонной балки на моделях. Результаты численного моделирования подтвердили данные, полученные на основе теории моделирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бокарёв С.А., Ефимов С.В. Вопросы подобия усиленных железобетонных балок при экспериментах на уменьшенных масштабных моделях. Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» [http:// naukovedenie.ru](http://naukovedenie.ru). 2014. Выпуск. 5(24), сентябрь-октябрь, М. - с. 1-12.
2. Стельмах С.И. Теоретические основы моделирования балочных конструкций при экспериментах и проектировании. В.сб. ЦНИИСК: «Исследование по расчёту оболочек, стержневых и массивных конструкций». М., 1963.
3. Назаров А.Г. О механическом подобии твёрдых тел и его применении к исследованию строительных конструкций и сейсмостойкости сооружений. Известия АН Армянская ССР. Серия тех. наук. Т. XI, №6, 1958, с. 3-10.

4. Назаров А.Г. Основная теорема подобия применительно к моделированию строительных конструкций. Строительная механика и расчет сооружений. №3, 1959.
5. Наносов В.Н. Моделирование строительных конструкций. Стройиздат, М., 1971.
6. Мхитарян Д.А. Экспериментальное моделирование бетонных и железобетонных конструкций на статическую нагрузку. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1987.
7. Mkhitaryan D.A. Eksperimental'noe modelirovanie betonnykh i zhelezobetonnykh konstruksiy na staticheskuyu nagruzku. Izd. AN Arm. SSR, Erevan, 1987.
8. 8. Седов Л.И. Методы теории размерностей и теории подобия в механике. Гостехиздат, 1951.
9. ГОСТ 34028-2016. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия. - Введен с 01.01 2018. – 46 с.
10. ГОСТ 24452-80. Бетон. Методы испытаний. - Введен впервые 01.01.1982. - М: Стандартиформ, 1980. - 15 с.
11. Березин И.С. Методы вычислений. [Текст] / Березин И.С., Жидков Н.П. Том - П. М.:1959 г.
12. Бондаренко В.М. Железобетонные и каменные конструкции: [Текст] / Бондаренко В.М., Бакиров Р.О., Назаренко В.Г., Римшин В.Г. Учеб. для строит. спец. вузов // 5-е издание стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 887 с.
13. Байков В.Н. Железобетонные конструкции [Текст] / Байков В.Н., Сигалов Э.Е. // Общий курс. 5-е издание, переработанное и дополненное. Москва - Стройиздат,1991. 767с.

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

TJ	RU	EN
Низомов Чаҳонгир Низомович Доктори илмҳои техники, профессор	Низомов Джаҳонгир Низомович Доктор технических наук, профессор	Nizomov Jachongir Nizomovich 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
TJ	RU	EN
Қаландарбеков Имомёрбек Қаландарбекович Доктори илмҳои техники	Каландарбеков Имомёрбек Каландарбекович Доктор технических наук	Kalandarbekov Imomyorbek Kalandarbekovich Doctor of Technical Sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
TJ	RU	EN
Маҳмадиев Усмоналӣ Муродалиевич Докторанти PhD	Маҳмадиев Усмонали Муродалиевич Докторант PhD	Mahmadiev Usmonali Murodalievich PhD student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
Mahmadievu-21061997@mail.ru		
+992 934-11-11-88		

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ С УЧЕТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ И УСАДКИ БЕТОНА

Раҳмонзода И.

В статье рассматривается работа железобетонной предварительно напряженной балки при действии сосредоточенных сил. На основе компьютерного моделирования с применением трехмерной модели исследован характер напряженно-деформированного состояния конструкции. По итогам численного исследования получены данные по потере напряжения от ползучести и усадки бетона и распределению напряжений и перемещений в разрезных балках.

Ключевые слова: предварительно напряженные балки, потери напряжений, ползучесть, усадка, трехмерное моделирование, конечные элементы, напряженно-деформированное состояние.

МОДЕЛСОЗИИ КОМПЮТЕРИИ ҲОЛАТИ ШИДДАТНОКИЮ – ШАКЛТАҒИЙРИ БОЛОРҶОИ ОҲАНУБЕТОНӢ БО НАЗАРДОШТИ ХАЗИШ ВА НИШАСТИ БЕТОН

Раҳмонзода И.

Дар мақола кори болори оханубетонӣ бо шиддати пешакидошта тахти таъсири қувваҳои мутамарказ оварда шудааст. Дар асоси моделсозии компютерӣ бо истифода аз модели сеченака, хосияти ҳолати шиддатнокию – шаклтағийрӣ таҳқиқ карда шудааст. Дар асоси натиҷаҳои моделсозии компютерӣ оид ба талафоти шиддат аз хазииш ва нишастии бетон ва тақсимои шиддат ва қатшавӣ дар болорҳои буридашуда ба даст оварда шуданд.

Калимаҳои калидӣ: болори шиддати пешакидошта, талафоти шиддат, хазииш, нишаст, модели сеченака, ҳолати шиддатнокию – шаклтағийрӣ

COMPUTER SIMULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF REINFORCED CONCRETE SPAN STRUCTURES TAKING INTO ACCOUNT THE CREEP AND SHRINKAGE OF CONCRETE

Rakhmonzoda I.

The article deals with the work of a reinforced concrete prestressed beam under the action of concentrated forces. On the basis of computer simulation using a three-dimensional model, the nature of the stress-strain state of the structure was studied. Based on the results of a numerical study, data were obtained on the stress loss from concrete creep and shrinkage and the distribution of stresses and displacements in split beams.

Key words: prestressed beams, stress losses, creep, shrinkage, three-dimensional modeling, finite elements, stress-strain state.

Проектирование мостовых конструкций, тоннелей, многоэтажных зданий и других сложных современных инженерных сооружений связано с всесторонним исследованием прочности и жесткости конструкции с учетом действующих нагрузок и взаимодействия с внешней средой.

В связи с этим разработаны точные и эффективные численные методы расчета конструкций на прочность и жесткость. В зависимости от типа сооружения и метода строительства на мостах наблюдается изменение в своей конструктивной геометрии, граничных условиях, свойствах материалов. С течением времени изменения могут различаться при возведении предварительно напряженных и просто железобетонных конструкций. Одно остается неизменным: изменение свойств бетона во времени. Данный процесс оказывает влияние на все типы бетонных конструкций.

При расчете предварительно напряженных железобетонных конструкций необходимо учитывать изменения нагрузки, граничных условий и свойств материала (ползучесть, усадка и изменение модуля упругости во времени) бетона на этапе строительства. Кроме того, нельзя забывать о потерях, возникающих в напрягаемой арматуре, в том числе и о потерях, связанных с длительными процессами в конструкции [1,4].

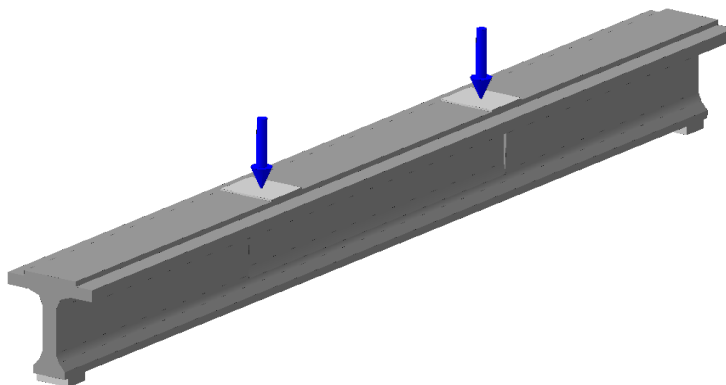


Рисунок -1. Модель исследуемой балки

При выборе метода компьютерного моделирования отдано предпочтение методу конечных элементов (МКЭ), реализованному ПК MIDAS Civil. Это комплексные программы являются наиболее удобными в

применении и имеют для решения рассматриваемых задач требуемые функции, т.е. позволяют сформировать компьютерную модель предварительно напряженных железобетонных двутавровых балок из стандартных конечных элементов (КЭ) [2].

Расчетная схема исследуемых балок принята в виде свободно опертой железобетонной преднапряженной балки двутаврового сечения. Исследуемая балка имеет следующие параметры:

длина балки 33 м;

модуль упругости бетона $E_b = 36 \times 10^3$ МПа;

модуль упругости преднапряженной арматуры = 200×10^3 МПа;

расчетные сопротивления растяжению $R_s = 1090$ МПа;

площадь поперечного сечения преднапрягаемого пучка $A_s = 1184,52$ мм²;

проскальзывание напрягаемой арматуры в анкере

коэффициент релаксации арматуры

коэффициент трения напрягаемой арматуры о стенки криволинейных каналов

коэффициент трения, учитывающий отклонение канала от проектного положения

преднапряжение в размере 1400 МПа наложено с левой стороны балки.

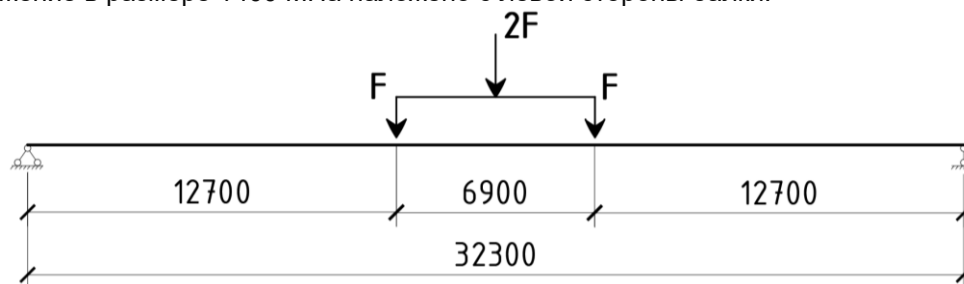


Рисунок 2.1.1 - Расчетная схема исследуемых балок

Схема приложения нагрузки – две сосредоточенные силы, расположенные на расстоянии 3450 мм от центра балки. Бетонные балки смоделированы с виртуальным нижним преднапряженным армированием и верхним конструктивным армированием.

Комплекс MIDAS Civil имеет несколько встроенных моделей расчета деформаций усадки и ползучести в данной модели СП 35.13330.2011 [3]. Был проведен расчет при разном значении относительной влажности регионов республики: Душанбе – 60%, Пяндж - 63%, Мургаб - 47% и Шахритус - 50%.

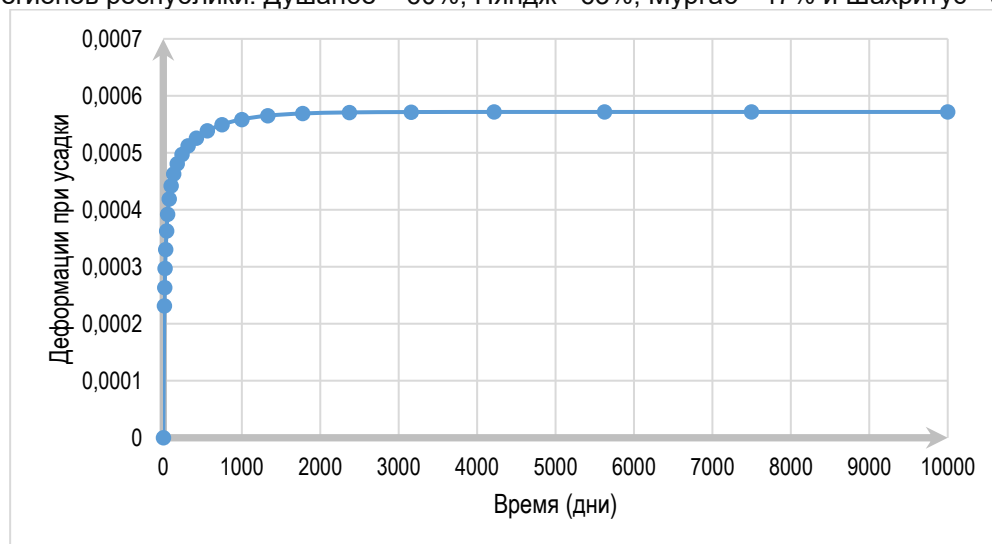


Рисунок 3. График развития деформации усадки со временем г. Душанбе (ОВ=60%)

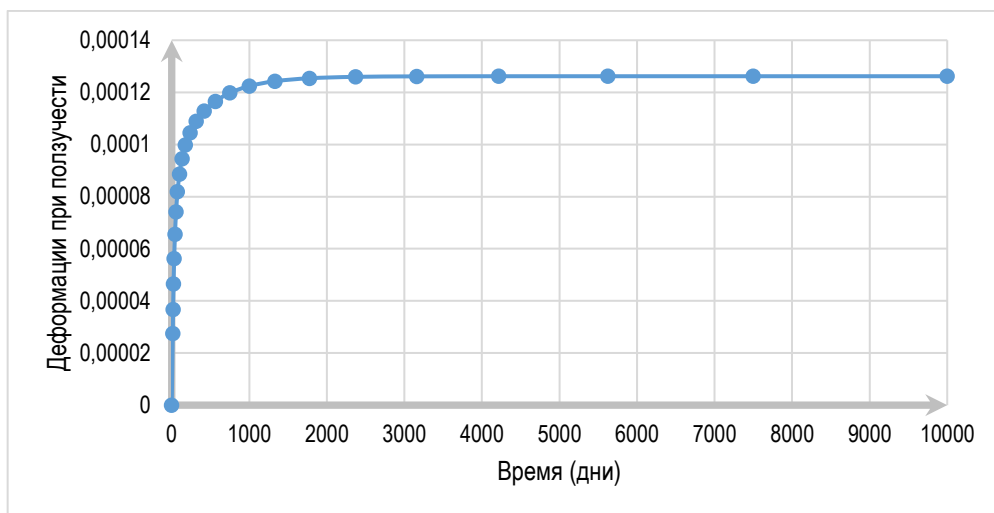


Рисунок 4- График развития деформации ползучести со временем г. Душанбе (ОВ=60%)

Из рисунка 3 и 4 можно определить, что разница между потерями преднапряжения от деформаций ползучести и усадки при начальном эффективном преднапряжении составила 6,74% а при 10000 днях более 63,8% для города Душанбе. Таким образом, для наиболее маловлажного региона нашей республики (район Мургаб) потери преднапряжения от деформаций ползучести и усадки при начальном эффективном преднапряжении составили 7,75% а при 10000 днях более 61,4%.

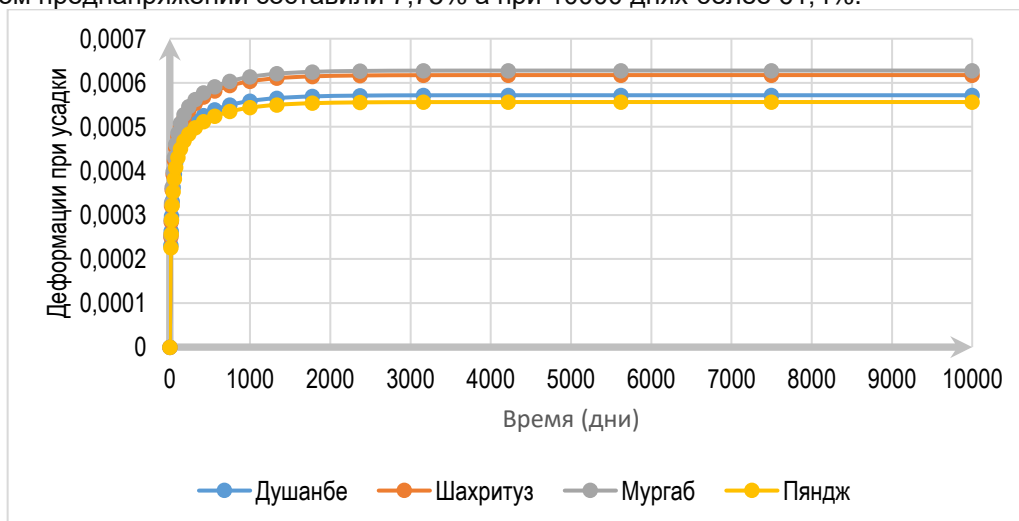


Рисунок 7. Общие графики развития деформации усадки со временем

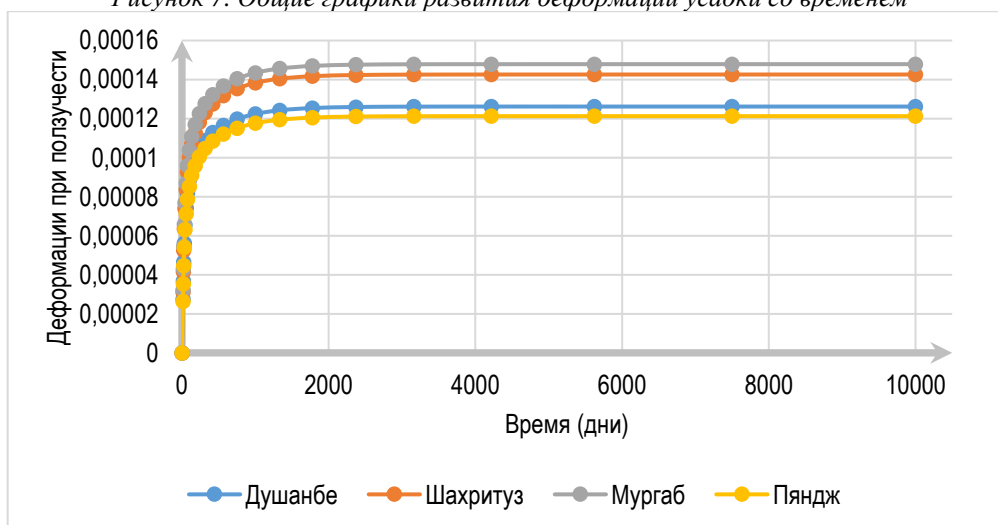


Рисунок 8- Общий график развития деформации ползучести со временем

Выводы

Окончательная разница между потерями преднапряжения от деформаций ползучести и усадки зависимости от регионов составила при $OB=40\%$, 6% , а при $OB=70\%$ составила 8% . Данная программа позволяет рассчитать конструкции в условиях меньших значений относительной влажности.

Литература

1. Полное руководство по потерям предварительного напряжения / Официальное представительство MIDAS IT в РФ <https://midasoft.ru/products/midas-civil/>
2. Седнави Гассан. Напряженно-деформированное состояние железобетонных пролетных строений мостов с учетом ползучести бетона в условиях жаркого климата: автореферат дис. ... кандидата технических наук: / Седнави Гассан; [Место защиты: Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т)]. - Москва, 2010. - 24 с.
3. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*.
4. Руководство по предварительному напряжению бетона и применению элементов напрягаемой арматуры / Официальное представительство MIDAS IT в РФ [Руководство по предварительному напряжению бетона и применению элементов напрягаемой арматуры — MIDAS IT \(midasoft.ru\)](#)

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

Tj	RU	EN
Раҳмонзода Иноятулло	Раҳмонзода Иноятулло	Rahmonzoda Inoyatullo
унвончӯ	соискатель	Applicant
inoyatullojumaev@mail.ru		

УДК 726.01/3

ТАШАКУЛӢБИ МЕЪМОРИ–ТАРҲРЕЗИИ СОХТМОНИ МАСЧИДҲО**Хаитова С.Р.***Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ*

Дар мақола оид ба муайян намудани решаҳои генетикӣ, хусусиятҳои типологии масҷидҳо, қонуниятҳои меъморӣ-тарҳрезӣ ва бадеӣ дар ташакулёбии меъморӣ-тарҳрезии сохтмони масҷидҳо мувофиқ ба давраҳои ниғадошти анъанаҳои таърихӣ меъморӣ, мавриди назар қарор гирифтааст.

Калимаҳои калидӣ: Ташакулёбии масҷидҳо, сохтмон, ороиш, санъат, шакл, таърихи меъморӣ.

АРХИТЕКТУРНО–ПЛАНИРОВОЧНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕЧЕТЕЙ**Хаитова С.Р.**

В статье выявлены генетические корни, типологические особенности мечетей, архитектурно-планировочные и художественные закономерности, которые учитываются при формировании архитектурно-планировочного строительства мечетей в соответствии с периодами сохранения историко-архитектурных традиций.

Ключевые слова: формирование мечетей, строительство, оформление, искусство, форма, история архитектуры.

ARCHITECTURAL AND PLANNING FORMATION OF CONSTRUCTION OF MOSQUES**Haitova S.R.**

The article reveals the genetic roots, typological features of mosques, architectural and planning and artistic patterns, which are taken into account when forming the architectural and planning construction of mosques in accordance with the periods of preservation of historical and architectural traditions.

Key words: Formation of mosques, construction, decoration, art, form, history of architecture.

Муқаддима

Ташакулёбии меъморӣ – тарҳрезии сохтмони масҷидҳо, яке аз маъмултарин намуди сохтмон ба ҳисоб мераванд. Айни ҳол онҳо дар ҳаёти ҷамъиятӣ ва олами маънавии мусулмонон на танҳо дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, балки дар тамоми кишварҳои Шарқи Наздик ва Миёна нақши бузург мебозанд.

Истилои масҷид аз калимаи арабии «масҷид» буда маънои он маҳаллест, ки дар он ибодати заминӣ анҷом меёбад. Яъне масҷидҳо ҳамчун бинои намозгузори мусулмонон, нақши муҳимро на танҳо дар зиндагии асримиёнагии Шарқ бозидаанд, балки он аҳамияти худро дар замони ҳозира низ аз даст наодоанд. Тавре Л.Ю. Маньковская – олим ва муҳаққиқи таърихи меъморӣ Шарқи Миёна нигоштааст, ки масҷид ҳанӯз аз қарнҳои аввали пайдоиши Ислом ба сифати хонаи умумии диндорон мавриди истифода қарор дошт [1, 132].

Аз ин лиҳоз, тасдиқ ва исбот шудааст, ки масҷидҳо то замони кунунӣ, яке аз ҷойҳои муҳими ҳаёти ҷомеа ва ё маҳал боқӣ мемонад ва яке аз хусусияти зарурии симои меъморӣ–бадеии маркази ҷамъиятии маҳал, ё ин ки микрорайонҳои шаҳрҳо мебошад.

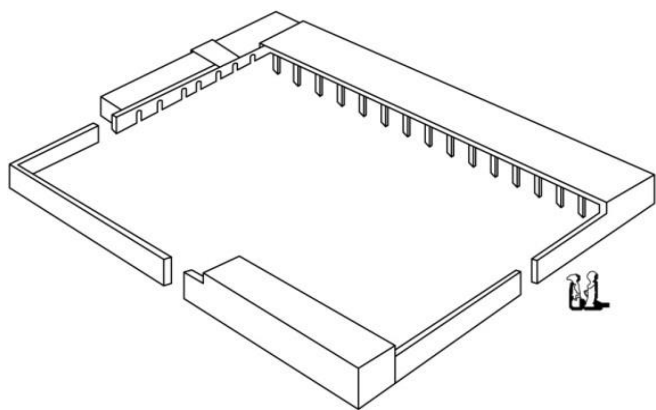
Нақш ва санъати ташакулёбии меъморӣ масҷидҳо

Нақши масҷидҳоро дар ҳаёти маънавии аҳоли, аз он ҷумла ҷавонон, дар тарбияи меъёрҳои зарурии кирдору рафтор дар ҷойҳои ҷамъиятӣ дида баромада, ҳатман зарурият ва имконияти онро дар давраи навин ба назар гирифта зарур аст. Ин бино на танҳо макони ибодат, балки нуқтаи гуногунмавҷе дар ҳаёти инсоният буд. Дар масҷид хазина нигоҳ дошта мешуд, фармонҳои бароварда мешуданд, диндорон ва давлатдорон аз минбарҳои масҷид бо халқ ҳамсӯҳбат мешуданд, қозибон метавонистанд баъзан ҳукмҳои худро бароваранд, тақсмоти молу мулк ва замин, хулоса дар масҷид ҳамеша бо ҷамъи одамон вохӯрдан мумкин буд. То ба вучуд омадани мадрасаҳо, омӯзиш ва қисмати фарҳанги зиндагӣ дар масҷид бандубаст мешуд. Ғайр аз ин, дар он мусофирон қарор мегирифтанд [2].

Таваҷҷуҳи асосӣ дар санъати тарҳрезӣ ва сохтмони масҷидҳо аз рӯи қоидаву усулҳои дини Ислом ба назар гирифта шуда, қарор ва тавсияҳои амалӣ дар масоили марбут ба он роҳандозӣ мешуд.

Дар давраҳои гузашта ва навин санъати ташакулёбии меъморӣ–тарҳрезии сохтмони масҷидҳо масоҳати калони ҳудуди дар бар гирифта, қариб ки сохторашон ба ҳамдигар монанд буданд ва ин ҳудуд то кишварҳои Осиёи Марказӣ, аз ҷумла дар Қирғизистон, Узбекистон, Туркменистон, Афғонистон ва Эрони Шимолу Шарқӣ вусъат ёфта, дар муносибати таърихӣ–фарҳангӣ ва санъати меъморӣ асрҳои миёнаи Хуросону Мовароуннаҳр, доман паҳн кардааст.

Давраи аввали бунёди сарҳадҳои ҳудудии санъати ташакулёбии масҷидҳо дар қаламрави Осиёи Марказӣ ва қисман дар ҳудуди Мовароуннаҳру Хуросони асрҳои миёна, ки аз асрҳои VII-VIII оғоз гардидааст, вазифаҳои зеринро иҷро мекарданд: бархе аз онҳо ба сифати намозгоҳи дастаҷамъонаии мусулмонон рӯзи ҷашнҳои бузург истифода мегашт, гурӯҳи дигари масҷид ҳамчун маҳалли баргузори намози ҷумъа (ҷамоат) барои аҳолии шаҳр истифода мешуд. Бо мурури замон дар дохили шаҳрҳо ва гузарҳои деҳаҳо, масҷидҳои маҳал арзи ҳастӣ намуданд.



Расми. 1. Масҷиди Қубо, 622 с. – аввалин масҷид дар таърихи дини Ислом

ба санъати ташаккулёбии меъморий-тархрезии сохтмони масҷидҳо дар шароити Тоҷикистони муосир ва давлатҳои дигари ҳаммарз дар Осиёи Марказӣ ҳастанд бо ҳам алоқаманданд. Асоси ин алоқамандӣ ва таъсири байниҳамдигарӣ дар ташаккули сохтори масҷидҳо дар ҳудуди васеи минтақаи Осиёи Марказӣ, махсусан, ҳудуди Тоҷикистон мушаххас карда шудаанд.

Қайд намудан бамаврид аст, ки тоҷикон яке аз миллатҳои қадимии минтақаи Осиёи Марказӣ ба ҳисоб мераванд. Сарзамини таърихии тоҷиконро кишварҳои ҳамҳудуди Хуросон, Мовароуннаҳр, Хоразм, Бадахшон ва дигар манотиқи наздик ба он, ташкил мекарданд [4].

Сохтмон ва тархрезии масҷидҳо

Мушаххас шудааст, ки яке аз аввалин масҷид дар Мадина - дуумин шаҳри бузург ва муқаддаси мусулмонон, ҷое ки ба зиёраташ мераванд, зоҳир шудааст. Дар таърихи дини Ислом аввалин масҷид хеле одӣ буда, дар шакли чоркунҷа аз хишт бунёд гардидааст. Дар атрофи он масҷидҳо дарахтони нахл қомат афрохта будаанд, ки соя меафканданд, ё ин ки аз баргҳои ин дарахтон айвонҳои сояафкан месохтанд (расми 1). Дохили масҷидҳо барои тоату ибодат муайян шуда, ҳамчунин, дар атрофи масҷид он вақтҳо ду ҷанбаи муҳими динӣ сарпаноҳи иловагӣ барои бесарпаноҳон сохта мешуд, ки ин мафҳуми амали динӣ дар ислом аз барои гирифтани савоб ва ризояти Худо буд [5, 136–137]. Айни ҳол Мадина яке аз шаҳрҳои маъмулӣ буда, бо суннатҳои шаҳрсозии замонавӣ ва анъанаҳои дини Ислом сохта шудааст. Масҷиди замонавӣ дар Мадина аз масҷидҳои калонтарини шаҳри Макка фарқият надорад.

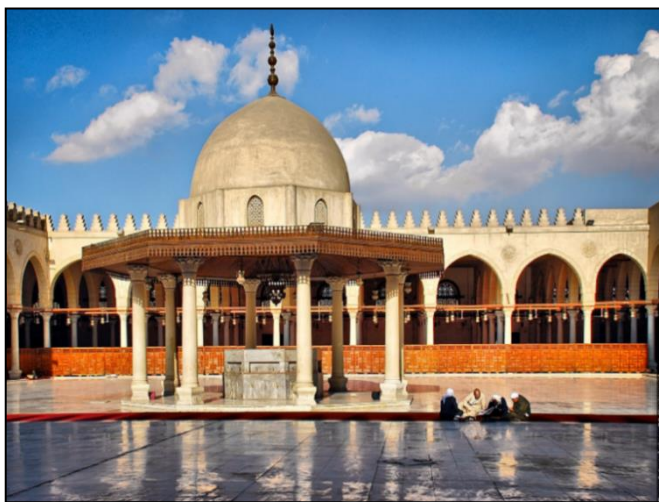
Инчунин, яке аз аввалин масҷидҳо, масҷиди Ҷанадия аст, ки дар атрофи шаҳри Таиза (Давлати Арабии Яман) соли 632 дар шаҳри онвақтаи Ҷанадия сохта шуда буд (расми 2). Бино таносуб ба намуди ҳавлӣ, бо деворҳои зинамонанди дандонадор аз санг ва аз хишти пухта дар навбати худ бо баландии 14 метр ихота шуда, манораи он 73 метр баландӣ дошта, шакли деворҳои иморат

Масъалаҳои таърихӣ меъморий ва хусусиятҳои типологии масҷидҳо дар олами маънавии мусулмонон, ки он ба Ҷумҳурии Тоҷикистон низ тааллуқ дорад, ташаккул ёфтааст. Хусусиятҳои типологӣ ва муайян намудани решаҳои генетикии масҷидҳо дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон ва ҳамчунин, қонунҳои меъморий-тархрезӣ ва бадеӣ дар ташаккулёбии онҳо мувофиқи давраҳои таърихии инкишофи маданияти мардуми тоҷик барои ниғаждошти анъанаҳои бадеӣ, таърихӣ меъморий дар таҷрибаи сохтмонӣ ва меъмории муосир мебошад [3, 3-7].

Принсипҳои асосӣ ва пешниҳодҳои амалие, ки



Расми 2. Масҷиди Ҷанадия, 632 с.



Расми 3. Масҷиди Умар ибни Ос, 641 с.

ҳамвор ва мустаҳкам мебошанд. Дар воқеъ ин нахустин сохтмони барҷастаи масҷид ба ҳисоб меравад, ки то даврони ҳукмронии сулолаи Умавиҳо бунёд шудааст [6].

Баъдан дар баробари ин масҷид аз аввалин масҷидҳо, масҷиди Умар ибни Ос маҳсуб мешавад, ки соли 21-уми ҳиҷрӣ (641) сохта шудааст. Пас аз фатҳи Миср онро Умар ибни Ос дар шаҳри Фустат бунёд намудааст (расми 3). Дар ибтидо масҷид ҳудуди одие дошт, андозаи он мутаносибан ба дарозӣ ва паҳноӣ 25x15 метр буд. Ин масҷид дар соҳили дарёи Нил, ва ҳуди рӯд девори шарқии онро ташкил медод, ки ҳамагӣ се девор дошт. Масҷид дар соли 672 хароб карда шуд ва масҷиди нав ба андозаи дукурата бузург, сохта шудааст. Деворҳои



Расми 4. Масҷиди Ал-Ҷомӣ-ал-Кабир

масҷид аз ҳишт сохта шуда буданд ва як майдони бузурги пӯшида низ мавҷуд аст, ки дар он чаҳор манора сохта шудааст ва аввалин манораҳо ба ҳисоб мераванд [7].

Дар соли 70-уми асри VII дар шаҳри Сана иморати бузурги дигар - Ал-Ҷомӣ-ал-Кабир қомат афрохт (расми 4). Масоҳати умумии дохил ва атрофи он дар солҳои 705-714, 911 ва 1113 васеъ ва таъмир гардидааст. Дар замони муосир масҷид 174 сутун дорад, ки ба он гунбаз ва манораҳо такъя кунонида шудаанд [8].

Сохтмон ва тарҳрезии масҷидҳои бузург ва қасрҳо аз соли 661 дар давраи ҳукмронии Муавия аз сулолаи Умавиён дар шаҳри Димишқ оғоз шуд. Аввалин масҷидҳо хеле хоксорона сохта шуда буданд, чунки ҳуди пайғамбар Муҳаммад (с.а.с) ва саҳобаҳои намехостанд дар сохтмони масҷидҳо шукӯҳу шаҳоматро роҳ диҳанд. Муавия пас аз ба даст овардани роҳбарии халифат бунёди масҷидҳоеро зарур донист, ки дар ҳайрат гузоштан аз дигар мазҳабҳо кам нестанд ва бунёди як масҷиди азим дар Димишқ аз сӯйи халифа Муавия заминаи тақлид шуд. Баъдан пас аз ҳукмронии Муавия мусалмонон ба тақрори бунёди чунин масҷидҳои бузург дар дигар шаҳрҳои ҷаҳони ислом, шурӯъ намуданд [5, 26–27].

Дар замони аввали сохтани масҷидҳо ягон талаботи махсус мавҷуд набуд, ғайр аз набудани бут ё расмҳои зебо, ки эҳтимолияти ба он таъзим кардан мавҷуд буд; онҳо метавонистанд дилхоҳ чой ё майдонро, ки қобилияти дар рӯзи ҷумъа ҷамъ намудани намозгӯзоронро дошта бошад, интихоб кунанд. Дар ҳудуди чойҳои ҷамъиятӣ чой барои адои намоз таҷассумгари маводи гуногуни зерин буд: шурӯъ аз тоза кардани майдон дар чои холӣ, сангҳои ишоратӣ ё ҳуҷраҳо дар қасрҳои берун аз шаҳр, қалъаҳо, қароргоҳи ҳарбӣ ва ғ. Ҳамин тариқ, қоидаҳо ва шартҳои зоҳирии ҳама гуна намозҳо дар бисёр маврид барои таъсиси меъморӣ–тарҳрезии сохтмони масҷидҳо сабаб шуданд [9, 53].

Дар дунёи ислом, ки рисолати динии он ахлоқи ҳамида аст, масҷидҳо нақши ҳудро дар тартибу танзим ва ҷобачогузори талаботҳои ҳаёти мусулмонон гузошта, ҳамчун назоратчи ва танзимгари ҳуқуқи қоидаҳои зиндагии инсоният ба шумор мерафт. Ин намуди фаъолияти бисёрсамтаи масҷидҳо то давраи Умавиён ва баъд аз он низ давом намуд [10].

Дар асри VIII намуди зоҳирии масҷидҳо ташаккул ёфта, дар онҳо гунбаз, манора ва меҳробҳо сохта мешуданд. Баъдтар минбарҳои, пайдо шуданд, ки аз онҳо муаззин азон гуфта, мардумро ба намоз даъват мекард ва даъватҳои дуҷумъа сеюм дар дохили масҷид амалӣ мегашт. Инчунин, долон ва ҳатто тамоми ҳавлӣ бо бурё ва қолинҳо пӯшида шуда дар моҳи Рамазон равшани шабона ташкил карда мешуд [11].

Масҷидҳои гунбаздор дар даврони Сомониён дар Осиёи Марказӣ сохта шудаанд, ки ин намуди сохти масҷидҳо шаклан намуди зебо дошта, аз даврони қадимии ислом дар ин минтақа далолат мекунад.

Ҳамин тариқ, дар меъмории масҷидҳои Осиёи Марказӣ таъсири қоидаҳои дини ислом бо урфу одати мардум омехта шудааст. Бо мурури замон сутунҳои кӯҳнаи ҷӯбӣ бо хишти иваз шуданд. Ҷудо намудани фазои дохилии масҷидҳо бо деворҳои дохилӣ ба назар гирифта шудааст [12].

Хусусиятҳои ташаккулёбии меъморӣ–тарҳрезии масҷидҳо на танҳо бо сохтори асосии типологӣ, балки бо аломатҳои функционалӣ низ тавсиф мешаванд. Меъмории масҷидҳо дорои нақшаи умумии қоидаҳои асосӣ, ки риояи онҳо ҳангоми сохтмон зарур аст бунёд гаштаанд [9, 62].

Дар даврони гузаштаи таърихи дини ислом масҷидҳоро ба панҷ намуди асосӣ ҷудо намудан мумкин аст:

- намозгоҳ (мусалла), ки асосан барои намози ҷамоат дар рӯзҳои ид муайян шудааст;

- масҷиди ҷумъа – барои намози ҷумъа бо ҷамоат муайян гардидааст;
- масҷиди маҳаллӣ – барои адои намози панҷвақтаи ҳатмӣ бо ҷамоат пешбинӣ шудааст;
- масҷидҳои сарироҳӣ – барои инфиродӣ ё ҷамоат хондани намози панҷвақта ба мусофирон, ронандагон ва шахсони сафардошта муайян шудааст;
- масҷидҳои дар назди корхонаҳо - барои адои намози фарз ё суннат дар муассисаҳои гуногун ва ғайра муайян гардидааст.

Дар маҷмуъ, ҳамаи шаклҳои пайдоиш, усулҳои ташкили масҷидҳо ва ҷузъҳои сохти онҳо таҷассумгари шакли муайяни муқаррарот ва талабот муайян гардида, тибқи суннати Қуръон амалӣ мешавад [9, 69-70].

Таснифоти типологияи масҷидҳои маҳаллӣ ва шаҳрӣ

Таснифоти типологияи масҷидҳои маҳаллӣ ва шаҳрӣ аз дигар сохтмонҳои ҷамъиятӣ-маданӣ, ки дар тамоми ҳудуди минтақаҳои Осиёи Марказӣ буданд фарқ намекунад. Илова бар он, дар даврони ИЧШС аз ҷумла дар ҳудуди Тоҷикистони муосир бисёре аз масҷидҳо несту нобуд карда шудаанд, ё ин ки намуди меъмории онҳоро бо талаботи навин дигар намуда, ба клубҳо, толорҳои варзишӣ, китобхонаҳо, корхонаҳои истеҳсоли ва ғайра ба замони худ мутобиқ кунониданд, ки ба муддати дароз якҷайл давомоти анъанаҳои сохтмони масҷидҳо қатъ гардид. Бинобар ин таснифоти навӣ бештари масҷидҳо дар мисоли биноҳои ҳифзшуда кори душворе буд ва мувофиқи мақсад муттасилии типологияи масҷидҳои ҳудуди Тоҷикистонро аз назар гузаронида бо ҷалби намудҳои шабеҳи иншоотҳо дар кишварҳои ҳамҷудуди минтақаи Осиёи Марказӣ, монанди Эрон, Афғонистон, Ҳиндустони Шимолӣ ва дар он ҷойҳое, ки муттасилии анъанаҳои сохтмони навӣ ташаккулёбии меъмори-тарҳрезии биноҳои масҷидҳо аз байн нарафтааст, амалӣ гардид [9, 71].

Барои сохтмонҳои гуногун, аз ҷумла барои масҷидҳои ҷомеъ таъсиси фазои намуди ҳавлӣ хеле қуллай аст. Аллакай дар ибтидои давраҳои ташаккулёбии масҷидҳои ба шакли ҳавлӣ сохташуда, ба се намуд ҷудо мешуданд:

- намуди ҳавлӣ бо роҳравҳо иҷоташуда, бе тақсими маркази композитсия;

- намуди ҳавлӣ бо роҳравҳо иҷоташуда, бо тақсимоти даромадгоҳи ороишӣ ба дарозии марказ;

- намуди ҳавлӣ бо роҳравҳо ба қадӣ марказӣ ва кундалангии марказ тақсимшуда, бо айвонҳои мӯҳташам, ки онро саҳни навӣ чорайвона меноманд, иҷота шудааст [9, 83].

Қобили қайд аст, ки дар шаҳри Душанбе якҷанд масҷидҳои куҳан низ маҳфузанд. Бинобар ин, дар тавсифи масҷидҳои нотакрори дигари водии Ҳисор, зикр кардан зарур аст, ки дар маҷмуъ ин минтақа новобаста аз таъсири амиқи ҷойгиршавӣ наздик ба марказҳои шаҳр, мураккабияти анъанаи меъмори-бадеӣ, махсусиятҳои аслии сохти тарҳрезӣ, таҷаммул ва бадеияти меъмори дар меъмории сохтмонҳои ҷамъиятӣ-мадании асри XIX ибтидои асри XX-ро дарбар мегирад.

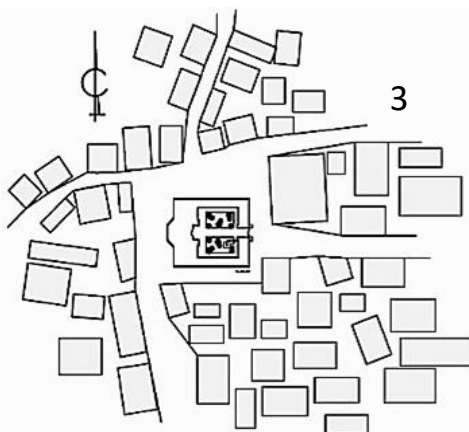
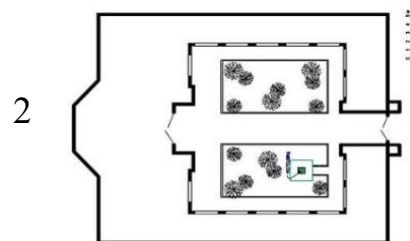
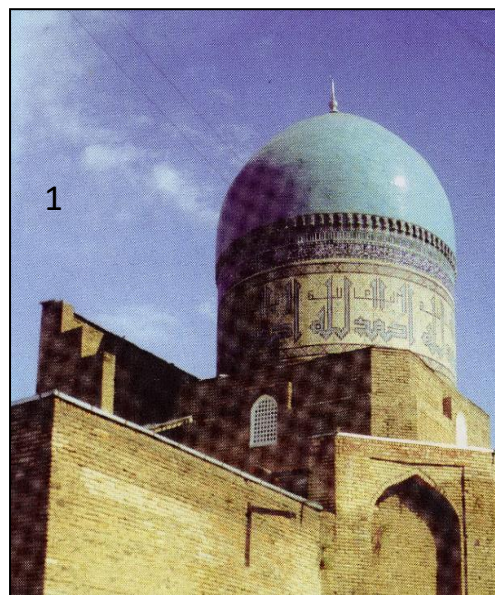
Дар ҳудуди Тоҷикистон аз давраҳои асрҳои миёна якҷанд намуди дигари масҷидҳо ба вуҷуд омадаанд:

- ҳавлӣ-айвондошта – масҷиди Кук Гунбаз дар Истаравшан (расми 5);

- масҷиди гунбаздор – масҷиди Сангин дар шаҳри Ҳисор (расми 6), масҷиди Гунбаз дар шаҳри Хучанд (расми 7), масҷиди Мавлоно Юсуфи Чархӣ наздик ба шаҳри Душанбе, масҷиди Кӯҳна дар ноҳияи Қабодиён ва ғайра.

- масҷидҳои маҳаллӣ – намуди қолибӣ дар тамоми ҳудуди минтақаи Осиёи Марказӣ, аз ҷумла дар Тоҷикистон паҳн гаштаанд.

Аз рӯи аҳамият ва таъинот масҷидҳо ба ҷомеъ (ҷумъа) ва маҳаллӣ ҷудо мешаванд. Ҳар ду намуди масҷидҳоро, ки ҳам бо хишт ва ҳам бо қолиб сохта шудаанд дар шаҳрҳои Тоҷикистон вохӯрдан мумкин аст.



Расми 5. Масҷиди Кук Гунбаз, асри XV.

1 - намуди умумии гунбаз, 2 - тарҳи бинои масҷид, 3 - схемаи маҳал

Ҳалли ҳаҷми меъморӣ –тарҳрезии сохтмони масҷидҳои шаҳр ва деҳаҳои ҳудуди Тоҷикистон (кӯҳҳо, водӣҳо ва минтақаҳои ҳамвор) наздик ба тақсмоти васеи Осиёи Марказӣ буда, намуни тарҳрезии қолибии масҷид, фарқияти андозаи бинои зимистонгузаронӣ ва айвон, тафовути тарафҳои гуногуни бино ва ҳамчунин ороиши махсуси ҷузъиёти меъморӣ дохили бино аст [9, 96–97].

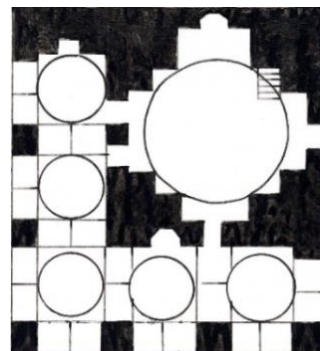
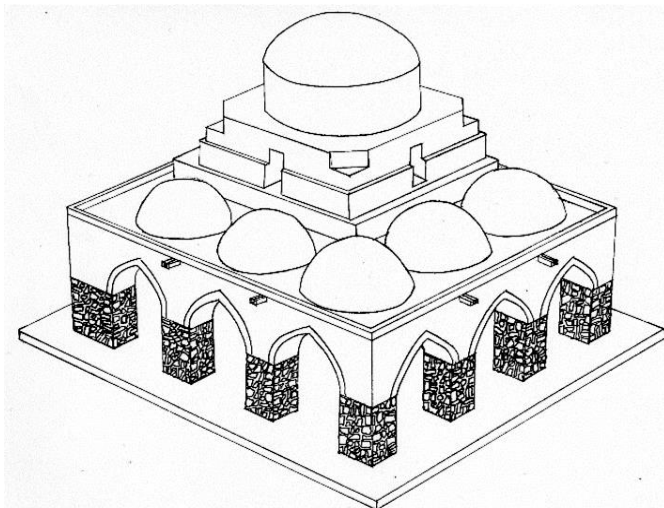
Ошкор намудани хусусиятҳои прогрессивии меъморӣ халқӣ, аз ҷумла масҷидҳои Тоҷикистон барои дарки принципҳои умумии ба ҳам наздик гардонидани меъморӣ суннатӣ ба шароити моддию маънавии инсон, бунёди муҳити нав ба фаҳмиши фазои меъморӣ, рангу бор ва ғайра, ки хоси мардуми тоҷик аст, мусоидат менамояд.

Ҳамчунин, дар маркази таваҷҷуҳи меъморон ва шаҳрсозони муосир масъалаҳои алоқамандии тарафайни меъморӣ бо муҳити атроф қарор дорад. Ҳангоми ба вуҷуд омадани иншооти нав дар деҳот нурафкани аз андоза зиёди офтоб, нақши муқарнаси мураккаб, маҳдудияти анбуҳи ҷангал ва дигар омилҳо ба инобат гирифта мешавад. Омӯзиши таҷрибаи меъморӣ халқӣ дар кӯҳистон, ки асоси ташаккулёбии суннатҳои миллиро, омилҳои иқлимӣ табиӣ ташкил медиҳанд барои таҳияи самтҳои асосии робитаи мутақобилаи меъморӣ ва муҳити табиӣ, басо муфид аст.

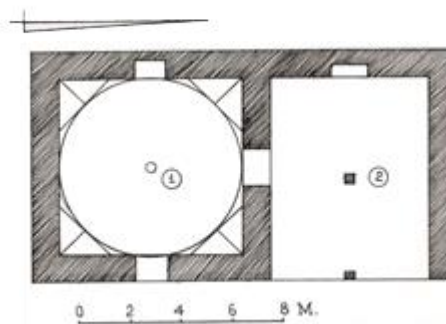
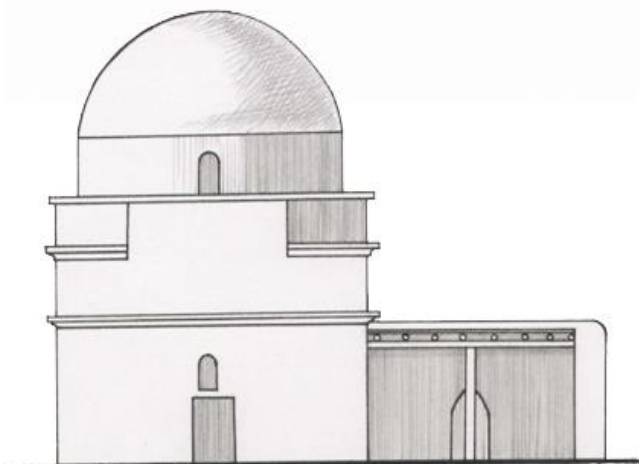
Тамояли дигари мусбат ин усули робитаи муоинашавандаи фазои иншоот бо муҳити табиӣ мебошад. Ҳангоми бунёди масҷид дар ҳудуди манзаре, ки бартариятҳои баланди эстетикӣ дорад, устоҳои халқӣ дидаву доништа орошоти бадеиро ба инобат нагирифта, кӯшиш менамояд, ки намои дохилӣ, масалан масҷиди бо айвон ва сахни он дар маҷмуъ алоқамандии ин асосро ҳақдалимкон муттаҳид созанд, ки он барои татбиқи мукаммалии принципи омезиши фазоҳо мусоидат намояд.

Дар ороиши меъморӣ масҷидҳо истифодаи пораҳо аз матни Қуръон, ки тавассути васоити бадеӣ бо истифода аз маснуоти сафолии гуногунранг ва кандакорӣ дар ҷӯб хос мебошанд. Баъзан ин гуна орошот ва ҳаққокӣ нақши равоқро, ки фарогири тамоми дохили бино мебошад, иҷро мекунад. Маҷмуи шакли орошот дар ҳамбастагӣ бо нақшу нигори бино масҷидҳоро намои зебо ва идона медиҳад.

Ҷанбаи мусбии меъморӣ масҷидҳо, ки қолиби диққат аст, ин маҳорати меъморон ҷиҳати рангубори айвонҳое, ки ба фазои кушод нигаронида шудаанд, ба шумор меравад. Чунки дар иншооти муосири шаҳру деҳоти ҷумҳурии мо ҳанӯз ҳам норасоии орошоти миллий ва хусусияти фазои дар шаҳрҳо ташкулёбанда мебошад, ки дар ҷунин муҳит ҳамма гуна иншооти аз нигоҳи шакл – шакли аспро аз байни биноҳои истиқоматии якрағ муайян кардан душвор аст [9, 125–128].



Расми 6. Масҷиди Сангин, асри XVI. Намуди умумӣ, тарҳи бино



Расми 7. Масҷиди Гунбаз, асри XIX. Намуди умумӣ, тарҳи бино
1- хонақоҳ; 2- айвон.

Хулоса

Бинои масҷидҳо на танҳо барои ибодат, балки яке аз бахшҳои бадеӣ дар низоми деҳот ё сохтмони шаҳрҳо ба ҳисоб рафта, дар ташаккули ҷаҳонии шахсият ва доираи инсонгароӣ мусоидат менамояд. Масҷидҳои маҳаллӣ бошанд, хусусияти гуногунҷанбаи манзилии халқиро зоҳир намуда ба доираи маҳдуди одамон ва масҷидҳои ҷомеа, ки дар шаҳрҳои бузург сохта шудаанд, асосан ба аҳолии шаҳр ва доираи васеи мардум ҳамчун намозгоҳ ё макон барои тоати ибодат хизмат мерасонанд.

Адабиёт:

1. Маньковская Л.Ю. Типологические основы зодчества Средней Азии (IX-начало XX вв.) – Ташкент: Фан, 1990. – 182 с., ил.
2. Аль-Хабиб, М. Арабская вязь на стенах. Единство каллиграфии и архитектуры [Текст] / М. Аль-Хабиб. – Курьер ЮНЕСКО, 1973. - № 1. – С. 41.
3. Хайтова, С.Р. Архитектурно-планировочное формирование мечетей Таджикистана (вопросы генезиса, классификации и художественного образа) [Текст] С.Р. Хайтова // Автореф. дис. ... канд. архит. – Душанбе, 2018. – 22 с.
4. Таджикистан – геоисторический нерв планеты. Беседа с последователем русской военной школы востоковедения Шиловским С. [Текст] // Вечерний Душанбе. – 22 апреля 1994 г.
5. Джордж, Тардже. Мир паломничества [Текст] / Т. Джордж // Книга из серии «Атлас чудес света». – М.: БММ АО, 1998. – 192 с.
6. В.Л. Воронина. Архитектура арабских стран. // В кн.: ВИА, в 12-ти томах, т.8. – М.: Стройиздат, 1969. – С. 22-24.
7. В.Л.Воронина. Архитектура Египта. // В кн.: ВИА, в 12-ти томах, т.8. –М.: Стройиздат, 1969. – С. 53.
8. В.Л.Воронина. Архитектура Ближнего Востока. // В кн.: ВИА, в 12-ти томах, т.8. –М.: Стройиздат, 1969. – С. 22.
9. Хайтова, С.Р. Архитектурно-планировочное формирование мечетей Таджикистана (вопросы генезиса, классификации и художественного образа) – Дисс. ... канд. архит. – Душанбе, 2018, – 205 с., ил.
10. Бартольд, В.В. Ислам после пророка [Текст] / В.В. Бартольд // Отделение церкви от государства. Сунны пророка. – М.: Наука, 1966.– Соч. - Т. VI. – С. 111.
11. Большаков О.Г. Масджид. // В кн.: Ислам. Энциклопедический справочник. – М.: Наука, 1991. – С. 160.
12. Воронина, В.Л. Конструкции и художественный образ в архитектуре Востока [Текст] / В.Л. Воронина. – М.: Стройиздат, 1977. – С. 156.

МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФ – СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ – AUTHOR'S INFORMATION

TJ	RU	EN
Хайтова Савлатби Раҳмоновна номзади меъморӣ	Хайтова Савлатби Раҳмановна кандидат архитектуры	Haitova Savlatbi Rahmanovna Candidate of Architecture
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik technical university named afire academician M.S. Osimi
H.Savlat@mail.ru		

УДК 72.711.4 (575.3)

САНЪАТИ ШАҲРСОЗӢ ДАР ШАҲРАК (ДИМНА)-И ШАҲРИСТОН. ҚАЛЪАИ ҚАҲҚАҲА 1.

Тиллоев С.С., Азизиён С.С.

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

Дар мақола мавқеи ҷойгиршавии шаҳрак (димна)-и Шаҳристон, қалъаҳои Қаҳқаҳа 1 ва 2, ҷиҳатҳои стратегӣ доштани мавзъ, ки қалъаҳо бо деворҳои муҳофизавӣ бунёд гардидаанд ва бурҷҳои посбонӣ доранд, ки дар маҷмӯъ бозгӯи раванди шаҳрсозӣ доништа мешавад, оварда шудааст. Омӯзиш нишон дод, ки дар сохтмони қалъаҳо санъати баланди хиштчинӣ истифода карда шудааст. Дар таҳона симметрия вучуд надорад, ғафсии деворҳо ба якдигар дуруст намеоянд ва тиреза ҳам гузошта нашудааст. Шаҳрак якҷанд асрҳоро дар бар мегирад: аввали давраи Қӯшонӣ ба асрҳои 1-3 мелодӣ, баъдан ба асрҳои аввали миёна, асрҳои 5-6 мелодӣ ва сеюмин то охири асри 19-ро фароғир аст.

Вожаҳои калидӣ: қалъа, хишти хом, бурҷи Ҳимоявӣ, деворҳои муҳофизавӣ, дидбонгоҳ, ёдгории таърихӣ.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ИСКУССТВО В ГОРОДКЕ (ГОРОДИЩЕ) ШАХРИСТАН. КРЕПОСТЬ КАХКАХА 1.

Тиллоев С.С., Азизиён С.С.

В статье указано место расположения городка (городища) Шахристан, крепость Кахкаха 1, особо отмечена стратегическая важность местности, крепости со стенами, сторожевыми башнями, защищающими их, считаются градостроительным процессом. Изучение показало, что при строительстве крепостей было использовано высокое искусство кладки. Городок включает в себя несколько периодов: Кушанское время – 1 по 3 века; Начало средних веков -5 - 6 века; и следующий охватывает период от 7 до 19 века.

Ключевые слова: крепость, сырой кирпич, сторожевая башня, защитные стены, наблюдательный пункт, исторические памятники.

THE ART OF CIVIL ENGINEERING IN THE TOWNSHIP (SETTLEMENT) OF SHAHRISTAN. THE KAHKAHA FORTRESS 1.

Tilloev S.S., Aziziyon S.S.

The article points out the location of Shahrستان town (settlement), Kahkaha fortresses 1 and 2, the strategic importance of the area, fortresses with walls, watchtowers, defending them are considered to be urban development process. The study showed that the high art of masonry of different size was used in the construction of the fortresses. The town covers several periods: Kushan period - 1st to 3rd centuries; Early Middle Ages - 5th to 6th centuries; and Next, covering the period from the 7th to the 19th century.

Key words: fortress, damp brick, watchtower, defence walls, observation point, historical monuments.

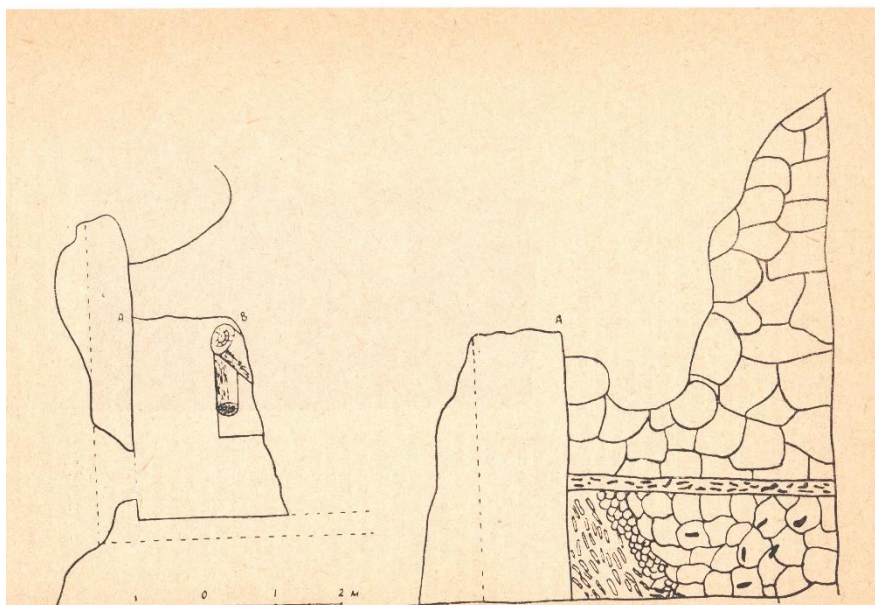
Муқаддима

Беҳтар аст аз он оғоз намоем, ки дар қисмати ҷанубу ғарбии гирду атрофи Шаҳристони ҳозира якҷанд ёдгориҳои археологӣ мавҷуданд, ба монанди қалъаҳои Қаҳқаҳа 1 ва 2 (Қалъаи боло, Эскиқурғон), Чилхуҷра, Тирмизактеппа ва ғайра. Қасри шоҳони Уструшан дар қалъаи Қаҳқаҳа 1 мавҷуд аст [1]. Бо гузашти айём аз шаҳраки Шаҳристон – пойтахти асримиёнагиаш Уструшан бо шаҳри Бунҷикат, Қалъаи Қаҳқаҳа 1 ва 2 танҳо ҷойгиршавиашон ҳамчун нишона мондаанд [2]. Қалъаи Қаҳқаҳа 3 дарунтар ва болотар аст ва дар деҳаи ҳозираи Шаҳристон қарор дорад ва сараввал ба як нигоҳ ҷиҳати стратегӣ доштани онҳоро дақиқ намудан мумкин аст, пур аз хонаҳои истиқомати шахсишуда ва дар истифодабарӣ қарор доранд. Шаҳрак дар мавзеи болобаланд сохта шудааст ва баромаданаш мушкил аст. Чунин тарзи ҷойгиркунонӣ аҳамияти бузурги стратегӣ доштанд. Мардуми таҳҷой дар зерпои ин ёдгориҳо киштукор, яъне зироаткорӣ ва моҳидорӣ мекунанд, занбӯр мепарваранд.

Аз тарафи академик В.В.Бартольд дар охири асри XIX ва баъдан экспедитсияи тоҷикистони Институти таърихи ба номи А.Дониш дар соли 1955 муайян карда шуда буд, ки шаҳраки Қалъаи Қаҳқаҳа 1 дар қисмати чапи ғарбии соҳили дарёчаи Шаҳристон ҷойгиранд ва замини он ҳамчун теппаҳо бо баландии аз 25 то 70м. маҳфузанд, нишебии харсангдор дорад ва қариб масоҳати то 5 гектарро ташкил медиҳад [3], [4].

Дар давоми солҳои 1955-1964 бо ташкил намудани экспедитсияҳои алоҳидаи кофтуковӣ дар ҳудуди чоҳбуни Шаҳристон қариб 100 ёдгории фарҳангӣ кушода шуданд ва то ҳозир кофтуков дар шаҳрак идома дорад [5].

Девори баланди муҳофизавӣ қалъаи Қаҳқаҳа 1 қариб 7-8 метрро ташкил медиҳад ва аз поён бо ғафсии якҷабата оғоз гардида бо даромадан ба қалъа, дар наздикии дарвозаи он девор дуҷабата мегардад, шояд пурзур намудани муҳофизати дарвозаи қалъа ба чунин тарзи сохтмон оварда расонда бошад. Қалъа бурҷҳо низ дорад. Дарунтар се бурҷи дидбонӣ дигар ва яктои дигар дар наздикии равоқ мавҷуд аст. Расми 1.



Расми 1. Шаҳраки Қалъаи Қаҳқаҳа 1. Тарҳ ва бурриши як қисми ҳуҷраи назди равоқ

Масъалагузорӣ

Мақсади мавриди омӯзиш қарор додани шаҳрак (димна)-и Шаҳристон, дарёфти санъати шаҳрсозӣ дар асрҳои куҳан, давраҳои азсаргузаронии ҳаёт дар шаҳрак, дар бораи санъати хиштчинӣ, аз ҷумла хишти хом дар бурҷҳо ва девори қалъа, андоза ва масофаи онҳо, пойдеворҳо ва ғафсии онҳо, истифодаи масолеҳи худӣ, муайянсозии қабати хокҳои зеризаминӣ ва системаи обҷерикунии шаҳрак мебошад.

Назария ва омӯзиш

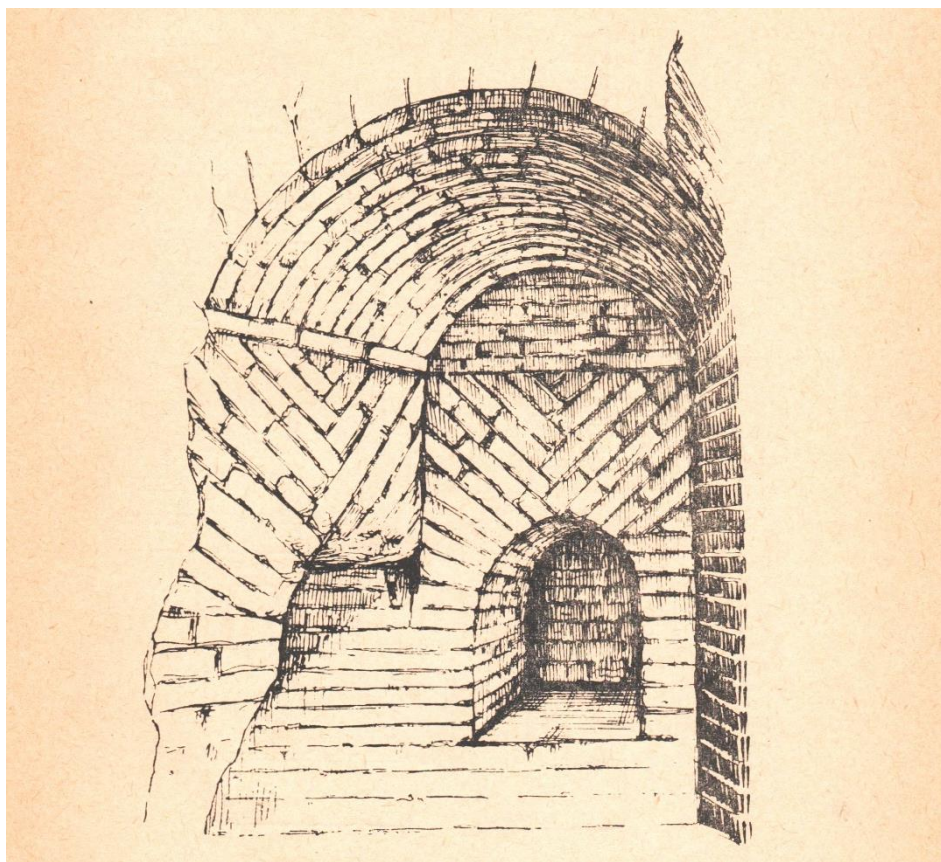
Сараввал вазъи ҷанубии қалъа оварда мешавад, ки аз чор бурҷи сохташуда якешон дар ҳолати хуб то замони мо омада расидааст ва он дар қисмати ҷанубу ғарбӣ қарор дорад. Масофаи байни бурҷҳо аз 30 то 40 метр аз якдигар дуранд, аниқтараш ду бурҷи ҷанубӣ айни замон намудоранд. Пойдевори бурҷҳо аз сангу гил сохта шуда, дар болои онҳо ду қатор блокҳои хишти похсагӣ бо андозаҳои 140x65см., баъд дар фарш бо хишти хом андозаҳои 50x25x7см. рӯйпӯш шудааст. Девори ҷанубӣ бошад, аз асос бо ҷӯбҳои арчагин ҳамчун болор (балка) бо андозаҳои дар бурриш 20x30см. мондашуда дар масофаи 8-10 метр мустақкам карда шудаанд ва қисмати поёнию берунии он бо шағали худӣ, ки аз ҳамин пастхамӣ овардаву пур карда ва қавӣ гардонда шудааст. Равона ба қисмати шарқӣ-дарунии шаҳрак ва дар он маҷмуи боқимондаҳои сохтмони арк мавҷуд мебошад. Дар ҳамин қисмат рӯ ба работ дарвозае мавҷуд будааст, ки пойҷойгоҳаш ҳафт. Деворҳои шимолии шаҳракро баландие дар бар мегирад, ки шояд сохтмони бузурге дар гузашта дар он ҷо нуҳуфта буд.

Дар тамоми қисматҳои шаҳрак кофтуковҳо гузаронида шуда, дар қисмати ҷанубу ғарбӣ ҳуҷраи дарёфт шуд, ки андозаҳои 2,85м. ба 2,15м. буда, девори он он низ аз хиштҳои хоми андозаҳои 25x23x8см. бо ғафсии девори 50см. сохта шуда буданд. Қад-қади девор сурфа бо бари 112см. аз ҷануб, 124см. аз ғарб бо баландии 52см. мавҷуд аст, ки сохтмонҳои аввали асрҳои миёнаро (VII-VIII) мемонад. Ин ҳуҷра дар натиҷаи сӯхтор барҳам хурда ва чаппа шудааст. “Ҳамаи ҳуҷра пур аз чаппашудаҳои калони гилин аст (бо ғафсии 1,4м.), поёнтар қабати тунуки ангиштсанг, поёнтар қабати гилин ва похса бо қисмати зиёди сӯхтаи ҷӯб мавҷуд мебошад. Чаппашудаҳо дар қисмати поёнӣ ва дар девор мумкин аст, ки дар натиҷаи таъсири сӯхтори саҳти оташу гил ва похса ранги хокистаранги сурхро ба вучуд овардаанд. Дар ҳамин ҷо се дона меҳҳо дорои бурри чоркунҷа бо дарозиҳои аз 2 то 3см. ва якто бсм. ёфт шудааст. Дар беҳи деворҳо бевосита байни афтаҳо фрагментҳои сӯхтаи нақшунигорҳо асосан аз гач болои ҳаманд, ки аз боло ва байни девор афтадаанд. Ранги нигораҳо кам боқӣ монда ва дар намуд ранги кабудӣ баланд боқӣ мондааст” [6]. Аз навиштаҷотҳо ва бозёфтҳои маълум мешавад, ки ҳуҷраи дидашуда ба асрҳои миёнаи мутараққӣ (асрҳои X-XII) таалуқ дорад.

Системаи обҷерикунандаи шаҳраки Шаҳристон низ аз изи канали дарёфтшуда маълум гардидааст, лекин танҳо изи он мондаю тахмин, ки аз баландҳои дур ба тариқи ҷӯйборе то ба ин ҷо об оварда шуда будааст, ки имрӯз он из (пай) вучуд надорад. Тахминан 4км. болотар аз шаҳрак аз тарафи ҷанубу ғарбӣ дар як ҷойи бе об якҷанд чоҳ вучуд дорад, ки тағи онҳо бо нақб ба берун роҳ доштаанд ва шояд онҳоро барои обҷерӣ якҷоя истифода карда бошанд? Лекин мардуми таҷҷоӣ он чоҳҳоро зиндонҳое меноманд ва бо шоҳ Қаҳқаҳа аз халқи муғ (оташпарастон) алоқаманд мешуморанд. Смирнова И.О. бошад онҳоро зимни тадқиқот зиндон шумурдааст [7]. Шояд мо ҷунин шуморем, ки зиндон посбон доштани лозим аст. Аз

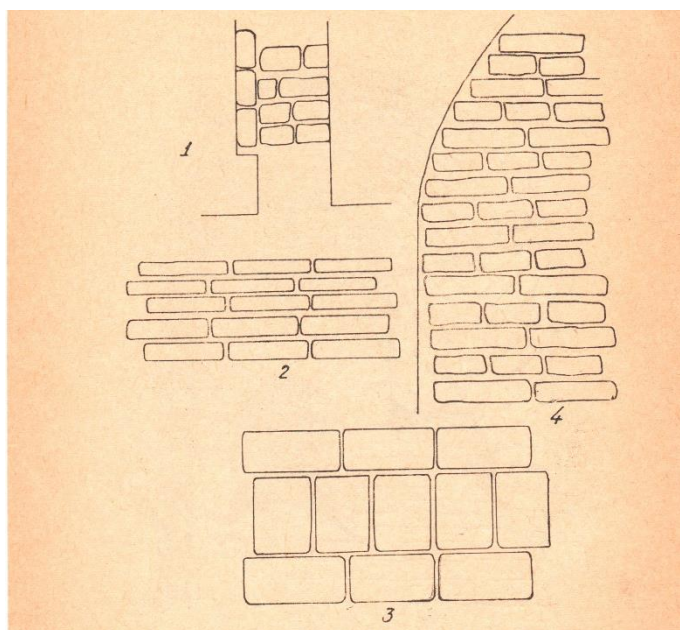
ҳамин сабаб дар ин қадар масофаи дур, яъне 4км. нахоҳад зиндони алоҳида вучуд дошта бошад ва дар ҳамворӣ бе побон, дар охир онҳо пайванданд ва мисли ҷуйбор ба поён омада мерасанд. Ҷойи мустаҳкамтар, ки қалъа ҳаст дар поён арзи вучуд дорад. Чаро? Ҳол он, ки таҷрибаи ҷаҳонии асрҳои миёна доштани зиндонҳоро дар зербиноҳо маъқул шуморида ва сохтаанд ё дар ҳавлиҳо ва ё дар яке аз биноҳо. Аз ин рӯ, хоҳи об будани онҳо эҳтимолият дорад, балки дуруст аст, агар онҳо мавсимӣ бошанд, яъне тирамоҳу зимистону баҳор дар се фасли сол мавриди истифода қарор гиранд, тахмин ба ҳақиқат наздиктар меафтад.

Баъдан ҳуҷраҳои қисмати ошёнаи поёнии шаҳраки Қалъаи Қаҳқаҳа 1 мавриди таҳқиқ қарор гирифт ва маълум гардид, ки он аз як долони борики дароз бо дарозии 16,5м., ва бари аз 142см. то 150см. иборат мебошад. Долон равоқмонанд аст, аз он, ки дар охири як қисматаш пойбарчо ва баландии аз фарш то шифт 408см.-ро ташкил медиҳад. Дар деворҳои долон аз ду тараф боз даҳ дари равоқмонанд бо баландии аз 185см. то 200см. мавҷуд аст, ки ба ҳуҷраҳои алоҳида мебаранд. Вобаста ба ченакҳо ҳуҷраҳо дарозии 6м. то 8м. ва бари аз 1,75м. то 2,10м. мебошанд, яъне андозаи хурди бардоранд ва ҳар як ҳуҷра барои гузоштани чароғ тоқҳо доранд. Тоқҳо дар баландии 130см. бо дарозӣ 22см., баландӣ 25см. ва чуқурӣ 13см. ҷойгиранд. Расми 2.



Расми 2. Нақшаи ҳуҷраҳои қисмати ошёнаи поёнии шаҳраки Қалъаи Қаҳқаҳа 1.

Акнун он қисмати қалъаи Қаҳқаҳа 1 дар Шаҳристон, ки то имрӯз арзи вучуд дорад, мавриди омӯзишу кофтуковҳо қарор гирифта буд ва дар он чигунагии чиндани хиштҳои хом бараъло намудоранд ва аз санъати волои тоҷик дар қарнҳои гузашта дарак медиҳанд, иброи назар хоҳем кард. Бешак, аз ғафсии девор дидан намудан, оғай аз он медиҳад, ки ба пойдевор – таҳкурси назар намоем ва он ҳам бошад аз хишти хом чинда шудааст, яъне таҳкурсию девор дар ҳамбастагӣ бо ғафсии 110см. Хиштҳои дар девор чиндашуда дарозшакланд ва чунин андозаҳоро дороянд: 50x25x10см. ва 48x26x9см. ва то баландии 2,6м. ба таври горизонталӣ (уфуқӣ) ва аз он боло, то равоқ вертикалӣ (амудӣ, шоқулӣ) болои ҳам арчамонанданд. Аз боло боз ҳамон чиниши уфуқӣ то ба равоқ ва шифт мерасад. Байни хиштҳои чиндашуда аз 2,5см. то 4,0см.-ро ташкил медиҳанд, яъне андоваи ғафс истифода шудааст. Танҳо лозим ба ёдоварист: қариб ки хишти шикаста истифода нашудааст ва чокиҳои амудии байни хиштҳо ба яқдигар рост нестанд. Расми 3. Ба ҳозира мувофиқ наоянд ҳам аз санъати баланди хиштчинӣ дарак медиҳанд.



Расми 3. Хиштчинӣ.

Фарши долону хучраҳо ҳам аз хишти хом чинда шуда ва андова карда шудаанд. Дар охири долон (қисмати шимолӣ) чуқурие бо андозаҳои 50x80см. мавҷуд аст, ки нишон аз давраи пешазисломиро дорад ва тахмин кардан мумкин аст, ки дар ин ҷо оташ гирён мекарда бошанд (асрҳои IV-III пеш аз мелод) [1].

Ана ба ҳамин монанд, ҳар як хучраи мавҷуда, ки онҳо дар қалъа 12-то мебошанд, ба чунин равиш бо хиштҳои хом дар асрҳои VII-VIII монанди шаҳрҳои дигари Осиёи Миёна чинда шудаанд. Боқимондаҳои девори ошёнаи болоӣ аз он дарак медиҳад, ки хиштҳо болоӣ ҳам чинда шудаанд, вале аз ғафсии деворҳо маълум мегардад, ки долони ин ошёна аз поёни (тахҳона) аз 50 то 65см. кушодтар будаанд. Маълум, ки барои бардоштани девори болоӣ девори поёниро каме ғафстар чиндаанд, ки ин ҳалли масъалаи муҳандисии қалъаи мазкур ба ҳисоб меравад. Аз намуди хиштҳои хом ва андозаҳои маълум аст, ки ҳарду ошёна дар як муҳлати муайян якбора сохта шудаанд. Дар нақша роҳи ба ошёнаи ду баромадан дарёфт карда нашудааст. Аз ин мебарояд, ки роҳи ҳамчун пандус ё зинапоя баромадан ба беруни бино (қалъа) бояд вучуд дошта бошад, вале он то замони мо омада нарасидааст. Варианти дигари роҳ танҳо бо зинапояи ҷубин менамояд, ки чунин шохкорӣ кардан ва надонистани кори муҳандисӣ номумкин аст, набояд ин хел бошад.

Дигар ин ки дар дохил (тахҳона) симметрия вучуд надорад, ғафсии деворҳо ба якдигар дуруст намеоянд ва тиреза ҳам гузошта нашудааст, аз тоқҳо бо истифодаи равшании шамъ дар он роҳ гашта мешавад. Дар таҳҳона ягон элементӣ меъморӣ аз қабилӣ андоваи девор, инчунин ранг вучуд надорад, бо гузоштани шамъҳо дар долон роҳ гаштан мумкин асту халос. Ба фикри мо биноро бо гулхан гарм мекарданд. Аз сабаби он, ки бино дар як кунҷи шаҳрак ҷойгир аст ва умуман аз рӯйи нақшабандиаш маълум мегардад, ки шароити барои зист надорад, шояд ин биноро ҷои муваққати нигоҳдошти посбонон ва ивазкунии якдигарашон муаррифӣ кардан мумкин бошад. Ҳамзамон, роҳи ягонаи баромади бино ба шаҳрак мебарояд, ки ин ифодаи якҷоя будани бурҷҳои ҳимоявӣ бо шаҳр мебошанд. Тахмин меравад, ки долони миёнаи бино низ шояд ҳимояи шаҳракро беҳтар карда тавонад, аз чи сабаб ки бо дохил шудани душман ба долон аз боло сарқӯб кардани онҳо қуллайтар мегардад. Яъне, ягон ҷойи бе ҳисобу китоб сохтаи биноро дар намеёбӣ, чунки ҳама он долонҳои тангу торик аз як тараф нишони ҷойи посбонҳо бошад, аз дигар тараф дар ҳолати воридшавӣ аз боло торумор кардани душман бисёр қуллай аст. Як чизи дигарро ёдовар мешавем, ки қисмати поёни - таҳдевори берунаи қалъа то 8м. паҳмӣ доштаанд ва баландии то 11м.-ро доро буданд, деворҳо истеҳкомӣ сохта шудаанд.

Тадқиқотҳои то имрӯз шуда ягона чунин тарҳбандиро дар Осиёи Миёнаи пеш аз асримиёнагӣ дарёфт накардааст, танҳо ҳалли тарҳрезии шаҳраки Қайқубодшоҳ дар ноҳияи Шаҳритус, ки ба давраи Кӯшонӣён рост меояд, каме ба шаҳраки Шаҳристон монандӣ дорад [8].

Ба гуфти Смирнова О.И. омӯзиши деворҳои берунаи шаҳр ва бурҷҳои шаҳраки Шаҳристон 1 ду ҳолатро пешниҳод менамояд: “қабати поёни бурҷҳо чоркунҷаанд ва ба давраи аввали Кӯшонӣён рост меояд, қабати болоӣ бурҷҳо бошад аввали асрҳои миёнаро” [9]. Яъне, аввали давраи Кӯшонӣён монда ба асрҳои 1-3 мелодӣ дар назар аст ва баъдӣ, (асрҳои миёна дар Осиёи Миёна аз асрҳои 5-6 мелодӣ то охири асри 19-ро фароғир аст) аз ин мебарояд, ки шояд асрҳои 6-7-ро дар бар гирифта, чиниши хиштҳои хом, андозаҳои бузурги он дар деворҳои қалъа нисбат ба хишти хоми давраи ҳозира ҷавобгӯи гуфтаҳои Смирнова О.И. мебошанд.

Хулоса

Ҳамин тариқ, агар ҳолати аввали дар бинои қалъа ҳаёт доштанро давраи Кӯшониён (асрҳои I-III-мелодӣ) донем, баъдӣ дар асрҳои VII-VIII бошад ва охиринаш баъди даргириҳо дуқумбора таъмир гардида ва дар он ҳаёт барқарор шудааст ва шаҳрак то охири асри XII ва аввали асри XIII арзи вучуд дошт (ин чо истилои муғул дар назар аст – С.Т.).

Ҳалли меъморӣ қалъаи Қаҳқаҳа 1 ин аввалин нест ва дар шаҳрсозӣ дар кунҷҳои шаҳр чой намудани бурҷҳо тақроршавандаанд, танҳо бурҷҳои Қаҳқаҳа гирданд ва аз Кайқубодшоҳ чоркунҷаанд, онҳо аз масолеҳҳои сохтмони истифодашавандашон, махсусан, чоркунҷагии хиштҳои Кайқубодшоҳ фарқ мекунанд. Дар омӯзиши шаҳраки қалъаи Қаҳқаҳа 1 дар маҷмӯъ ахбороти махсуси таърихи ин ёдгорӣ, ҳудудҳои шаҳрак ва вақтҳои маскуншавии аҳолии шаҳрак, чигунагии истеҳкомҳои мудофиавӣ таҳхонаву болохона доштани он маълум карда шудааст.

Адабиёт:

1. Тиллоев С.С. Докторская диссертация. Роль Великого шелкового пути в формировании и развитии городов на территории современного Таджикистана в II в. до н.э. – XVI в. н.э. Душанбе. 2013. сах.130–133.
2. Древняя Уструшана: города, их локализация и хронология // Материальная культура Уструшаны. – Выпуски 5-8. – Душанбе: Изд. «Ому», 2003. – 730 с., ил.
3. Негматов Н.Н., Хмельницкий С.Г. Средневековый Шахристан. Материальная культура Уструшана. Вып. 1. 1966.
4. Тиллоев С.С. - ҳамчунин бо бостоншиносон Негматов Н.Н., Афзалов Ф.А. ва муаллимони ИПТ (ҳоло ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ) Муқимов Р.С. ва Мамаҷонова С. дар таҷрибаомӯзии қалъаҳои Қаҳқаҳа 1 ва 2, Чилхучра, моҳи июли соли 1978 иштирок доштам.
5. Негматов Н.Н. О работах Ходжентско-Уструшанского отряда в 1955г. В сб. “Археологические работы в Таджикистане в 1955г.”. АН Тадж.ССР, т. 63. Душанбе. 1956; Так-же. вып.4., т.91. 1956г.; Так-же. вып.6., т.27. 1958г.; Так-же. вып.8., т.34. 1960г. и Так-же. вып.7., т.24. 1964г.; Негматов Н.Н., Зеймаль Т.И. Уструшанский замок в Шахристане. “Современная археология”. 1959, №2;
6. 7-9. Смирнова О. И. Археологические работы в Уструшане. Ук. раб., стр. 194-195.; Смирнова О. И. Так-же. Ук. раб., стр. 197.; Смирнова О. И. Так-же. Ук. раб., стр. 192-195.
7. Мендельштам А.М., Певзнер С.Б. Таджикская археологическая экспедиция, т. 3., Мат. и исл. по арх. СССР. №66. М.-Л., 1958. стр. 297-310.

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

TJ	RU	EN
Тилоев Сангаҳмад Самадович	Тилоев Сангаҳмад Самадович	Tilloev Sangakhmad Samadovich
Доктори илмҳои таърих, и.в.дотсент	Доктор исторических наук, и.о.доцента	Doktor of historic sciences, acting assosiate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени адемика М.С. Осими	TTU named after academician M.S.Osimi
e-mail: tilloev58@mail.ru		
TJ	RU	EN
Азизӣён Самӣ Соли	Азизӣён Сами Соли	Azizien Sami Soli
Унвонҷӯ	соискатель	Applicant
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени адемика М.С. Осими	TTU named after academician M.S.Osimi
e-mail: azizien@mail.ru;		

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Приложение 1
к Положению о научном журнале
"Политехнический вестник"

**ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ
статей в журнал "Политехнический вестник"**

1. В журнале публикуются статьи научно-практического и проблемного характера, представляющие собой результаты завершённых исследований, обладающие научной новизной и представляющие интерес для широкого круга читателей журнала.
2. Основные требования к статьям, представляемым для публикации в журнале:
 - статья (за исключением обзоров) должна содержать новые научные результаты;
 - статья должна соответствовать тематике и научному уровню журнала;
 - статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями к оформлению статей (см. пункт 5).
3. Статья представляется в редакцию по электронной почте и в одном экземпляре на бумаге, к которому необходимо приложить электронный носитель текста, идентичного напечатанному, а также две рецензии на статью и справку о результате проверки на оригинальность.

4. Структура статьи

Текст статьи должен быть представлен в формате IMRAD¹ на таджикском, английском или русском языке:

ВВЕДЕНИЕ (Introduction)	Почему проведено исследование? Что было исследовано, или цель исследования, какие гипотезы проверены? Включает: актуальность темы исследования, обзор литературы по теме исследования, постановку проблемы исследования, формулирование цели и задач исследования.
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ (MATERIALS AND METHODS)	Когда, где и как были проведены исследования? Какие материалы были использованы или кто был включен в выборку? Детально описывают методы и схему экспериментов/наблюдений, позволяющие воспроизвести их результаты, пользуясь только текстом статьи. Описывают материалы, приборы, оборудование и другие условия проведения экспериментов/наблюдений.
РЕЗУЛЬТАТЫ (RESULTS)	Какой ответ был найден. Верно ли была протестирована гипотеза? Представляют фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).
ОБСУЖДЕНИЕ (DISCUSSION)	Что подразумевает ответ и почему это имеет значение? Как это вписывается в то, что нашли другие исследователи? Каковы перспективы для будущих исследований? Содержит интерпретацию полученных результатов исследования, включая: соответствие полученных результатов гипотезе исследования; ограничения исследования и обобщения его результатов; предложения по практическому применению; предложения по направлению будущих исследований.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ (CONCLUSION)	Содержит краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в них.
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК (REFERENCES)	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. п.3).
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	оформляется в конце статьи в следующем виде:

¹ Данный термин составлен из первых букв английских слов: Introduction (Введение), Materials and Methods (Материалы и методы), Results (Результаты) Acknowledgements and Discussion (Обсуждение). Это самый распространенный стиль оформления научных статей, в том числе для журналов Scopus и Web of Science.

(AUTHORS' BACKGROUND)

	TJ	RU	EN
Ному насаб, ФИО, Name			
Дараҷа ва унвони илмӣ, Степень и должность, Title ²			
Ташкилот, Организация, Organization			
e-mail			
ORCID ³ Id			
Телефон			

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ (CONFLICT OF INTEREST)	<p>Конфликт интересов — это любые отношения или сферы интересов, которые могли бы прямо или косвенно повлиять на вашу работу или сделать её предвзятой.</p> <p>Пример:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. <p>Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи</p>
ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ (AUTHOR CONTRIBUTIONS).	<p>Публикуется для определения вклада каждого автора в исследование. Описание, как именно каждый автор участвовал в работе (предпочтительно), или сообщение о вкладах авторов в процентах или долях (менее желательно).</p> <p>Пример данного раздела:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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
ДОПОЛНИТЕЛЬНО (по желанию автора)	
БЛАГОДАРНОСТИ (опционально) - ACKNOWLEDGEMENT (optional)	<p>Если авторы в конце статьи выражают благодарность или указывают источник финансовой поддержки при выполнении научной работы, то необходимо эту информацию продублировать на английском языке.</p>
ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ (FUNDING)	<p>Информация о грантах и любой другой финансовой поддержке исследований. Просим не использовать в этом разделе сокращенные названия институтов и спонсирующих организаций.</p>
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ (ADDITIONAL INFORMATION)	<p>В этом разделе могут быть помещены:</p> <p>Нестандартные ссылки. Например, материалы, которые по каким-то причинам не могут быть опубликованы, но могут быть предоставлены авторами по запросу. Дополнительные ссылки на профили авторов (например, ORCID). Названия торговых марок на иностранных языках, которые необходимы для понимания статьи или ссылки на них.</p> <p>Особые сообщения об источнике оригинала статьи (если статья публикуется в переводе).</p> <p>Информация о связанных со статьей, но не опубликованных ранее докладах на конференциях и семинарах.</p>

² Title can be chosen from: master student, Phd candidate, assistant professor, senior lecture, associate professor, full professor

³ ORCID или Open Researcher and Contributor ID (Открытый идентификатор исследователя и участника) — незапатентованный буквенно-цифровой код, который однозначно идентифицирует научных авторов.
www.orcid.org.

5. Требования к оформлению статей

Рекомендуемый объем оригинальной статьи – до 10 страниц, обзора – до 15 страниц, включая рисунки, таблицы, библиографический список. В рубрику «Краткие сообщения» принимаются статьи объемом не более 3 страниц, включая 1 таблицу и 2 рисунка.

Рекомендации по набору и оформлению текста

Наименование	Требования	Примечания
Формат страницы	A4	
Параметры страницы и абзаца	отступы сверху и снизу - 2.5 см; слева и справа - 2 см; табуляция - 2 см;	ориентация - книжная
Редактор текста	Microsoft Office Word	
Шрифт	Times New Roman, 12 пунктов	
межстрочный интервал	Одинарный, выравнивание по ширине	Не использовать более одного пробела между словами, пробелы для выравнивания, автоматический запрет переносов, подчеркивания.
Единица измерения	Международная система единиц СИ	
Сокращения терминов и названий	В соответствии с ГОСТ 7.12-93.	должны быть сведены к минимуму
Формулы	Математические формулы следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские курсивом. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и центрируются.	Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо
Таблицы	При создании таблиц рекомендуется использовать возможности MS Word (Таблица – Добавить таблицу) или MS Excel. Таблицы должны иметь порядковые номера, название и ссылку в тексте. Таблицу следует располагать в тексте после первого упоминания о ней. Интервал между строчками в таблице можно уменьшать до одинарного, размер шрифта – до 9 пунктов.	Внутри таблицы заголовки пишутся с заглавной буквы, подзаголовки – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком. Заголовки центрируются. Боковые – по центру или слева. Диагональное деление ячеек не рекомендуется. В пустой ячейке обязателен прочерк (тире –). Количество знаков после запятой (точность измерения) должно быть одинаковым.
Рисунки (иллюстрации, графики, диаграммы, схемы)	Должны иметь сквозную нумерацию, название и ссылку в тексте, которую следует располагать в тексте после первого упоминания о рисунке. Рисунки должны иметь расширение, совместимое с MS Word (*JPEG, *BIF, *TIFF (толщина линий не менее 3 пкс) Фотографии должны быть предельно четкими, с разрешением 300 dpi. Максимальный размер рисунка: ширина 150 мм, высота 245 мм. Каждый рисунок должен иметь 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 ⁴	УДК 62.214.4; 621.791.05	в верхнем левом углу полужирными буквами
Заголовок	НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (должен быть информативным и, по возможности, кратким) (на языке оригинала статьи)	В центре полужирными буквами
Авторы	Инициалы и фамилии авторов (на языке оригинала статьи)	В центре полужирными буквами
Организация	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	В центре полужирными буквами
Реферат (аннотация)	Должен быть информативным и на языке оригинала статьи (таджикском, русском и английском), содержать 800-1200 печатных знаков (120-200 слов). Структура реферата: Введение. Материалы и методы исследования. Результаты исследования. Заключение.	Выровнять по ширине
Ключевые слова	5-6, разделены между собой « , ». (на языке оригинала статьи) Пример: энергосбережение, производство корунда, глинозем, энергопотребление, оптимизация	Выровнять по ширине
На двух других языках приводится: Заголовок Авторы Организация Реферат (аннотация)	перевод названия статьи, авторов ⁵ , организации ⁶ , заголовки и реферат ⁷ и ключевые слова ⁸ на двух других языках	
Статья согласно структуры	Согласно требованиям пункта 4 требования и условия предоставления статей в журнал "Политехнический вестник"	Выровнять по ширине

К статье прилагается (см. <http://vp-es.ttu.tj/>):

1. Сопроводительное письмо (приложение 1А).
2. Авторское заявление (приложение 1Б).
3. Лицензионный договор (приложение 1В).
4. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати (приложение 1Г).
5. Рецензия (приложение 1Д).

⁴ Универсальная десятичная классификация (УДК) — система классификации информации, широко используется во всём мире для систематизации произведений науки, литературы и искусства, периодической печати, различных видов документов и организации картотек. Межгосударственный стандарт ГОСТ 7.90—2007. Пример: <https://www.teacode.com/online/udc/>

⁵ В английском переводе фамилии авторов статей представляются согласно системе транслитерации BSI (British Standard Institute). Стандарт BSI обычно применяется в случае, когда требуется корректная транслитерация букв, слов и предложений из кириллического алфавита в латинский в случае оформления библиографических списков с официальным статусом. Им пользуются для того, чтобы попасть в зарубежные базы данных.

⁶ Название организации в английском переводе должно соответствовать официальному, указанному на сайте организации. Непереводимые на английский язык наименования организаций даются в транслитерированном варианте.

⁷ Необходимо использовать правила написания организаций на английском языке: все значимые слова (кроме артиклей и предлогов) должны начинаться с прописной буквы. Совершенно не допускается написание одних смысловых слов с прописной буквы, других – со строчной.

⁸ В английском переводе ключевых слов не должно быть никаких транслитераций с русского языка, кроме непереводимых названий собственных имен, приборов и др. объектов, имеющих собственные названия; также не должен использоваться непереводимый сленг, известный только ограниченному кругу специалистов.

Мухаррири матни русӣ:	М.М. Якубова
Мухаррири матни тоҷикӣ:	Муаллифон
Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:	Ф.М. Раҳимов
Редактор русского текста:	М.М. Якубова
Редактор таджикского текста:	Авторская редакция
Компьютерный дизайн и верстка:	Ф.М. Рахимов

Нишонӣ: ш. Душанбе, хиёбони акад. Раҷабовҳо, 10^А
Адрес: г. Душанбе, проспект акад. Раҷабовых, 10^А

Ба чоп 22.10.2021 имзо шуд. Ба матбаа 25.10.2021 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