

ISSN 2520-2227

ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ

Баҳши Таҳқиқотҳои муҳандисӣ

3 (63) 2023



ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Серия: Инженерные исследования

POLYTECHNIC BULLETIN
Series: Engineering studies

ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ БАХШИ ТАҶҚИҚОТҶОИ МУҶАНДИСИ

ISSN
2520-2227

3(63)
2023



МАҶАЛЛАИ ИЛМӢ – ТЕХНИКӢ

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

Published since January 2008

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

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

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

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

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

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

POLYTECHNIC BULLETIN
SERIES: ENGINEERING STUDIES

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ

САРМУҲАРРИР

Қ.Қ. ДАВЛАТЗОДА

доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор

Р.Т. АБДУЛЛОЗОДА

н.и.т., дотсент, муовини сармуҳаррир

Ш.А. БОЗОРОВ

н.и.т., дотсент, муовини сармуҳаррир

М.М. КАЮМОВ

саркотиб

АЪЗОЁН

05.14.00 Энергетика

А.И. СИДОРОВ

д.и.т., профессор (Федератсия Россия)

А.Г. ФИШОВ

д.и.т., профессор (Федератсия Россия)

З.Ш. ЮЛДАШЕВ

д.и.т., дотсент

Л.С. КАСОБОВ

н.и.т., дотсент

А.Қ. ҚИРҒИЗОВ

н.и.т., дотсент

05.16.00 Металлургия ва маводшиносӣ

И.Н. ҒАНИЕВ*

академики АМИТ, д.и.х., профессор (05.17.00)*

Ҳ.О. ОДИНАЗОДА

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

Т.Ч. ЧУРАЕВ

д.и.т., профессор

М.М. ҲАҚДОД

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

05.17.00 Технология химии

А.Б. БАДАЛОВ

узви вобастаи АМИТ, д.и.х., профессор

И. МИРЗОАЛИЕВ

н.и.т., дотсент

05.22.00 Нақлиёт

А.С. ФОХАКОВ

д.и.т., дотсент

В.В. СИЛЯНОВ

д.и.т., профессор (Федерация Россия)

Р.А. ДАВЛАТШОЕВ

н.и.т., дотсент

М.Ю. ЮНУСОВ

н.и.т., и.в. дотсент

Р.САЛОМЗОДА

н.и.т., дотсент

05.23.00 Сохтмон ва меъморӣ

Д.Н. НИЗОМОВ

узви вобастаи АМИТ, д.и.т., профессор

И. ҚАЛАНДАРБЕКОВ

д.и.т., и.в. профессор

А. Г. ГИЯСОВ

д.и.т., профессор (Федератсия Россия)

Н.Н. ҲАСАНОВ

доктори меъморӣ, и.в. профессор

Р.С. МУҚИМОВ

доктори меъморӣ, профессор

Ч.Ҳ. САИДЗОДА

доктори илмҳои техникӣ, профессор

Р.Ҳ. РАСУЛОВ

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

Н.М. ҲАСАНОВ

д.т.н., дотсент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

К.К. ДАВЛАТЗОДА

д.э.н., профессор

Р.Т. АБДУЛЛОЗОДА

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

Ш.А. БОЗОРОВ

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

М.М. КАЮМОВ

главный секретарь

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

05.14.00 Энергетика

А.И. СИДОРОВ

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

А.Г. ФИШОВ

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

З.Ш. ЮЛДАШЕВ

д.т.н., доцент

Л.С. КАСОБОВ

к.т.н., доцент

А.К. КИРГИЗОВ

к.т.н., доцента

05.16.00 Металлургия и материаловедение

И.Н. ГАНИЕВ*

академик АН РТ, д.х.н. профессор (05.17.00)*

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

05.17.00 Химическая технология

А.Б. БАДАЛОВ

член-корр. АН РТ, д.х.н., профессор

И. МИРЗОАЛИЕВ

к.т.н., доцент

05.22.00 Транспорт

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

05.23.00 Строительство и архитектуры

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. ҲАСАНОВ

доктор архитектуры, и.о. профессора

Р.С. МУҚИМОВ

доктор архитектуры, профессор

Дж.Х. САИДЗОДА

д.т.н., профессор

Р.Ҳ. РАСУЛОВ

д.т.н., профессор (Республика Узбекистан)

Н.М. ҲАСАНОВ

д.т.н., доцент

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

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

МУНДАРИҶА – ОГЛАВЛЕНИЕ

ЭНЕРГЕТИКА - ENERGY	5
<u>ҲИСОБИ ТАЛАФИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ ВА ШИДДАТ ДАР ШАБАКАҲОИ ТАҚСИМОТИИ ШИДДАТИ 0,4 КВ</u>	5
Тошходжаева М.И., Бобочонова Н.О.	5
<u>ТАДҚИҚОТИ ПАРАМЕТРҲОИ ҚУБРОНКУНИИ ТАВОНОИИ РЕАКТИВӢ ДАР ШАБАКАҲОИ ЭЛЕКТРОТАЪМИНКУНИИ СЕХӢ</u>	15
Ф.О. Исмоилов	15
<u>ВЛИЯНИЕ ДЕГРАДАЦИИ И ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ)</u>	22
И.Б. Махсумов	22
<u>ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ПЛАВУЧЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МУМИНАБАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ХАТЛОНСКОЙ ОБЛАСТИ</u>	29
Расулов С., Юсуфбеков Н.Ш., Кодиров А.С., Рахматов Д.Ш., Кулулов М.А.	29
<u>ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СВОБОДНОПОТОЧНОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ РЕКИ ЗАРАВШАН</u>	34
Шоёкубов Ш.Ш., Ботуров К., Алидодов Т.М., Хомидзода И. С., Валиев Дж. Ш.	34
<u>ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН С УЧЕТОМ ВВОДА ДВУХ АГРЕГАТОВ РОГУНСКОЙ ГЭС</u>	39
Махмадджонов Ф.Д., Исмоилов Ф.О., Джамолизода Б.С., Расулов А.М.	39
<u>МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ УСТАНОВЛЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА</u>	45
Ганиев З.С.	45
<u>АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОГУНСКОЙ ГЭС В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН</u>	53
Раджабов М.Ш.	53
<u>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ</u>	59
Саидмуродов ¹ Б.Р., Зюев ¹ А.М., Вохидов ² М.М., Люханов ¹ Е.А.	59
МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАВОДШИНОСӢ - МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ - METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE	64
<u>ТЕРМОДИНАМИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ ОТХОДОВ</u>	64
<u>МЕДНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК</u>	64
Мирзажоннова С.Б., Рахимов Х.Ш., Хатамкулов В., Мирсоатов Б.У., Мирсоатов С.У.	64
<u>ТАДҚИҚОТИ ХОСИЯТҲОИ ФИЗИКӢ ВА МЕХАНИКИИ КОҒАЗҲОИ ШИРКАТИ ILM</u>	69
Равшанов Д.Ч.	69
<u>МИКРОСТРУКТУРА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА AlBe1 С ТАЛЛИЕМ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ИХ ОКИСЛЕНИЙ</u>	73
Исмонов Р.Д.	73
<u>ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ И ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Al2M2, МОДИФИЦИРОВАННОГО БАРИЕМ</u>	76
Зокиров Ф.Ш.	76
ТЕХНОЛОГИЯИ КИМИЁВӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY	85
<u>КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АКРОЛЕИНОВОГО АЛЬДЕГИДА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ОКИСЛЕНИИ НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ</u>	85

Назаров Ф.Х.	85
<u>ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЛОГЕНИДОВ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИРОДЫ 3d – ЭЛЕМЕНТОВ (III)</u>	90
Насриддинов С.К.	90
НАҚЛИЁТ - ТРАНСПОРТ - TRANSPORT	95
<u>ПРОСТОЕ ДВУХТОЧЕЧНОЕ ЭНТРОПИЙНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВАДС.....</u>	95
Умирзоков А.М.	95
<u>ОСОБЕННОСТИ ФРАКТОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЧУГУНОВ В УСЛОВИЯХ КОНТАКТНОГО ИЗНОСА И УДАРНОГО ИЗГИБА</u>	102
Ясинов Ш.М. ¹ , Умирзоков А.М. ²	102
<u>МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА НА РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ</u>	108
Сайдализода А.С., Саидзода М.Р.	108
<u>ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ.....</u>	113
Сайдализода А.С., Маджидзода Т.С., Саидзода М.Р.	113
СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE.....	118
<u>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ГЛИЕЖА ФАН-ЯГНОБСКОГО И АНГРЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПУЦЦОЛАНОВЫХ ЦЕМЕНТОВ.....</u>	118
Саидзода Дж.Х., Мирджамолов А.М., Саидов Х.Х.	118
<u>БОЗТОБИ ТАЛАБОТИ ИҚТИМОӢ ДАР ҲАЛЛИ МЕЪМОРИИ МАНЗИЛҲОИ ИНФИРОДИИ ШАҲРАКҲОИ ШИМОЛИ ТОҶИКИСТОН</u>	123
Зокиров Р.Ш.	123
<u>ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПЛИТ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ</u>	131
Каландарбеков И. К., Исвалиев Д. Дж., Каландарбеков И. И.....	131
<u>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАСТЕРСТВА РЕМЕСЛЕННИКОВ, ХУДОЖНИКОВ</u>	141
<u>С НОВЫМ СМЫСЛОМ И ПОЛЬЗОЙ В ИСКУССТВЕ.....</u>	141
Эмомова Ф.Ё., Раджабов Н.У.	141
<u>КОНСОЛИДАЦИЯ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПРИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ВО ВРЕМЕНИ ВЫСОТЕ МАССИВА</u>	145
Рахманов А.А.,	145
<u>АЛОҚАМАНДИИ САНЪАТИ ПЛАСТИКӢ БО МЕЪМОРӢ, БУНЁД ВА ТАШАККУЛИ ОН ДАР ДАВРАИ ИСТИҚЛОЛ</u>	152
Эмомова Ф.Ё.....	152
<u>МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ПОЛОГОЙ ОБОЛОЧКИ</u>	155
Д.Н. Низомов ¹ , И.К. Каландарбеков ² , И.И. Каландарбеков ² , М.Т.Джонмамадова ²	155

УДК 621.311.001.57

ҲИСОБИ ТАЛАФИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ ВА ШИДДАТ ДАР ШАБАКАҶОИ ТАҚСИМОТИИ ШИДДАТИ 0,4 КВ

Тошходжаева М.И., Бобоҷонова Н.О.

Донишқадаи политехникии донишгоҳи Техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Мақсади тадқиқот. Муайян намудани талафоти электроэнергия дар шабакаҳои тақсимотӣ дар анвои нормалӣ дар манзилгоҳҳои истиқоматӣ мебошад. Аз сабаби он, ки дар айни замон талабот ба нерӯи барқ зиёд шуда истодааст, масъалаи муайян намудани нишондиҳандаҳои талафот ва усулҳои кам намудани онҳо дар шабакаи тақсимотӣ актуалӣ мебошад. Дар мақола хусусиятҳои шабакаҳои тақсимоти барои маҳаллаҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон хос, инчунин тақсимоти иқтидорҳо ба ҳар як фазаҳои нишон дода шудааст. Амали дурусти асбобҳои барқи аз қимати шиддат дар бандҳои истеъмолкунандагон вобаста мебошад, аз ҳамин лиҳоз муайян намудани талафи шиддат дар шабакаҳои барқӣ низ масъалаи ҳалталаб ҳисоб мешавад. **Усулҳои тадқиқот.** Аз сабаби он, ки барои паст намудани талафоти электроэнергия ва шиддат усулҳои гуногун истифода мешавад, дар мақолаи мазкур усули амалии ҳисоби талафот ва баробар намудани борҳои электрикӣ дар фазаҳои алоҳида истифода бурда шудааст. **Натиҷаи тадқиқот.** Дар мақолаи мазкур рӯзмарра будани тадқиқот. Навгони дар мақолаи мазкур дар он аст, ки ҳисоби талафот дар шабакаҳои тақсимоти 0,4 кВ ва тартиб додани модели математикӣ шабакаи тақсимотӣ мебошад. Борҳои электрикӣ ва талафоти электроэнергия дар фазаҳои алоҳида ба таври воқеӣ чен карда шуда, ҳисоб карда шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: Энергия, зеристгоҳ, шиддат, талафот, сарфаи электроэнергия, шабакаҳои электрикӣ, схема.

РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 КВ

Тошходжаева М.И., Бободжонова Н.О.

Цель исследования. Определение потерь электроэнергии и распределительных сетей является нормальным явлением в жилых районах. В связи с тем, что в настоящий момент спрос на электроэнергию увеличивается, актуален вопрос определения показателей потерь и методов их снижения в распределительной сети. В статье показаны характеристики распределительных сетей, характерные для населенных пунктов Республики Таджикистан, а также распределение мощностей по каждой фазе. Корректная работа электроприборов зависит от величины напряжения в доме потребителя, поэтому определение пропадающего напряжения в электрической сети также считается важнейшим вопросом. **Методы исследования.** В связи с тем, что для снижения потерь электроэнергии и напряжения применяются различные методы, в данной статье используется практический метод расчета потерь и выравнивания электрических нагрузок по отдельным фазам. **Результат исследования.** В этой статье обыденность исследования. Новизной данной статьи является расчет потерь в распределительных сетях 0,4 кВ и разработка математической модели распределительной сети. Электрические нагрузки и потери мощности в отдельных фазах реально измеряются и рассчитываются.

Ключевые слова: Энергия, подстанция, напряжение, потеря, экономия электроэнергии, электрические сети, схема.

CALCULATION OF LOSSES OF ELECTRIC ENERGY AND VOLTAGE IN DISTRIBUTION NETWORKS WITH A VOLTAGE OF 0.4 KV

Toshkhodzhaeva M.I., Bobojonova N.O.

The purpose of the study. Determination of losses of electricity and distribution networks is a normal phenomenon in residential areas. Due to the fact that at the moment the demand for electricity is increasing, the issue of determining the indicators of losses and methods for reducing them in the distribution network is relevant. The article shows the characteristics of distribution networks that are typical for the settlements of the Republic of Tajikistan, as well as the distribution of capacities for each phase. The correct operation of electrical appliances depends on the magnitude of the voltage in the consumer's house, therefore, determining the loss of voltage in the electrical network is also considered the most important issue. **Research methods.** Due to the fact that various methods are used to reduce electricity and voltage losses, this article uses a practical method for calculating losses and equalizing electrical loads in individual phases. **Research result.** In this article, the routine of research. The novelty of this article is the calculation of losses in distribution networks of 0.4 kV and the development of a mathematical model of the distribution network. Electrical loads and power losses in individual phases are actually measured and calculated.

Key words: Energy, substation, voltage, loss, energy saving, electrical networks, diagram.

Муқаддима. Энергияи электрикӣ ягона намуди маҳсулотест, ки барои интиқоли он аз ҷои истеҳсолшуда то истеъмолкунандаро дигар намуди захираҳои истифода намешавад, дар ин ҳолат қисми энергияи интиқолшуда сарф мешавад, аз ҳамин лиҳоз талафоти он ногузир аст [1, 2].

Аз рӯи ақидаи коршиносони байналхалқӣ, талафоти электроэнергия ҳангоми интиқол ва тақсимоти он дар шабакаҳои аксари ҷаҳон ҳангоми 5%-ро ташкил намудан қаноатбахш ҳисоб мешавад [2].

Мақсадҳои асосии давлат дар соҳаи энергетика аз инҳо иборат аст: - таъмини боэътимод ва сифатноки эҳтиёҷоти резафзуни ҷумҳурӣ ба захираҳои энергетикӣ ва кафолати амнияти энергетикӣ кишвар; - таъмини ҳифзи муҳити зист ва аҳолӣ аз таъсири зараровари фаъолият дар соҳаи энергетика - муҳайё намудани шароити зарурӣ барои пайгирона гузаштани энергетика ба муносибатҳои бозоргонӣ, ҷалб намудани сармоягузори ватанӣ ва хориҷӣ ба он, ба корхонаҳои энергетикӣ додани

мустақилияти иқтисодӣ ва таъмини тараққиёти онҳо дар асоси рақобати бозоргонӣ; - баланд бардоштани самаранокии фаъолияти комплекси сӯзишворию энергетикӣ дар асоси қорӣ намудани технологияҳои пешқадам, сарфаҷӯии энергия, истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия, кам кардани ҳароҷоти нисбии захираҳои энергетикӣ дар истеҳсоли маҳсулоти умумии миллиро фаро мегирад [3, 4].

Усули тадқиқот. Хусусияти асосии шабакаҳои электрикӣ деҳот, ки онҳоро аз шабакаҳои саноатӣ ва коммуналӣ фарқ мекунад, дарозии калон бо қувваи нисбатан хурди интиқолшаванда мебошад. Дар минтақаҳои кишоварзӣ системаҳои зерини тақсими энергия истифода мешаванд [5, 6, 7].

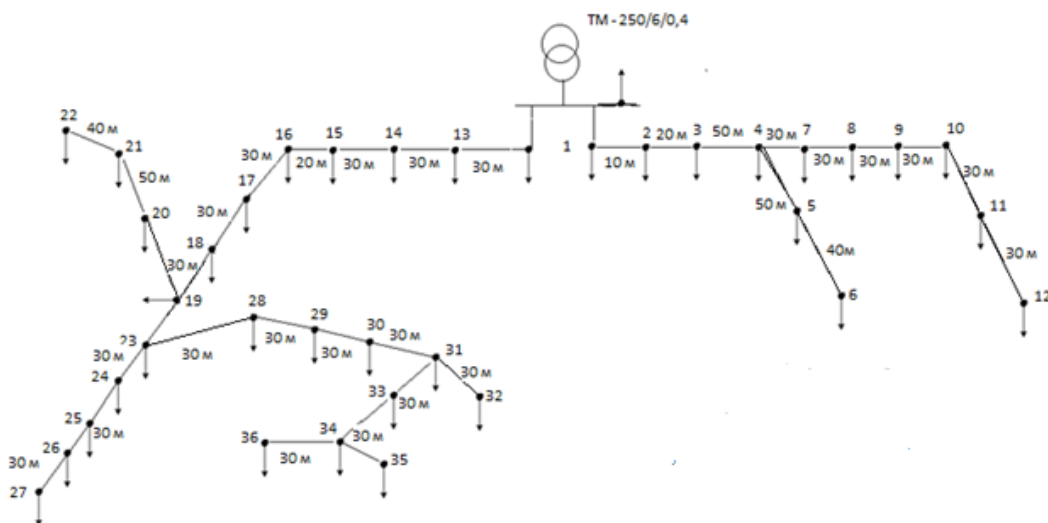
1. Системаи анъанавии сефазаӣ. Дар шиддати 10 кВ қад-қади хати сефазай энергияи барқ дар дохили минтақа дар радиуси 15 ... 20 км аз зеристгоҳи ноҳияи РП 35/10 кВ ё аз нерӯгоҳи барқӣ тақсим карда мешавад. Шабакаи тақсимотӣ дар шиддати 380/220 В энергияи электрикӣ дар ҳудуди манзилгоҳ дар радиуси то 1,5 километр аз ТП трансформатории истеъмолкунанда мефиристад.

2. Схемаи омехта - системаи якфаза ва сефаза. Ин системаи тақсимот истифодаи шиддати сефазавии 380/220 В барои таъмини истеъмолкунандагони пуриқтидори сефазавии барқ ва пантографҳои якфазавии ҳамшафатро пешбинӣ мекунад. Дар ин ҷо трансформаторҳои муқаррарии се фаза истифода бурда мешаванд. Бисёр истеъмолкунандагони деҳот чароғҳои як-фаза ва приёмникҳои электрикӣ рузгор мебошанд. Барои бо қувваи электрикӣ таъмин кардани онҳо трансформаторҳои якфазаро истифода бурдан бо мақсад мувофиқ аст. Шабакаи баландшиддати онҳо ба воситаи системаи якфазавии ду симӣ иҷро карда мешавад. Шиддати пасттарин дар ин ҳолат 2 x 220 В бо баромади нуқтаи миёна, ки ба замин пайваст карда шудааст, мебошад. Шиддати 220 В барои рушной ва бори рӯзгор ва шиддати 440 В барои ба қор андохтани муҳаррикҳои якфаза истифода мешавад. Талафоти нерӯи барқ (энергетикӣ) дар шабакаҳои пастшиддат дар сурати дар маркази вазнинии борҳо ҷойгир шудани зеристгоҳи трансформаторӣ камтар хоҳад буд. Маркази вазнинии борҳо ба таври зерин муайян карда мешавад.

Дар нақшаи генералии манзилгоҳ координатаҳои x ва y нуқтаҳои, ки дар онҳо бояд истеъмолкунандагон ба шабакаи пастшиддат пайваст карда шаванд, қувваи P-и ин истеъмолкунандагон нишон дода шудааст. Иқтидори умумии биноҳои истиқоматӣ дар қад-қади кӯчаҳои P1, P2 ва P3 барои осонӣ дар се нуқта ҷамъ карда шудааст. Ҳамчун тирҳои координатӣ, шумо метавонед, масалан, ду кӯчаеро, ки дар кунҷи рост аз ҳам ҷудо мешаванд, интиҳоб кунед. Координатҳои ҷойгиршавии зеристгоҳи трансформаторӣ аз баробарӣ пайдо мешаванд:

Пас аз муайян кардани координатаҳои зеристгоҳҳо ва дар нақшаи генералӣ кашидани онҳо шабакаҳои пастшиддат нишон дода мешаванд. Дар ҳар як ҳолати алоҳида барои интиҳоби макони аз ҷиҳати иқтисодӣ мувофиқ барои зеристгоҳҳо бояд ҳисобҳои муқоисавии як қатор вариантҳо гузаронида шаванд.

Дар қор ченкунии чараёнҳои фазавии шабакаи пастшиддати 0,4 кВ яке аз қитъаҳои ҷамоати деҳоти Қатаған ноҳияи Б.Ғафурови вилояти Суғд анҷом дода шуд. Дар расми 1 схемаи якхаттаи таъмини барқи кӯчаҳои Бародарӣ, Р.Холбобоева, Дӯстӣ ва С.Шариф нишон дода шудааст.



Расми 1 - Схемаи якхаттаи таъминоти барқи кӯчаҳои Бародарӣ, Дӯстӣ, Р.Холбобоева ва С.Шариф

Чуноне, ки аз расм маълум гашт, шабакаи пастшиддат аз 3Т дорои як трансформатори иқтидори номиналиаш 250 кВА бо қувваи барқ тақсим карда мешавад. Дарозии хатҳои интиқоли барқи ҳавоӣ 1,5–2 км мебошад. Дар қадвали 1 натиҷаи ченкунии чараёнҳои бории қитъаҳои алоҳида оварда шудааст.

Ҷадвали 1 – Ҷараёнҳои бори хатҳои интиқоли барқт раҳсипори ТП- 2345

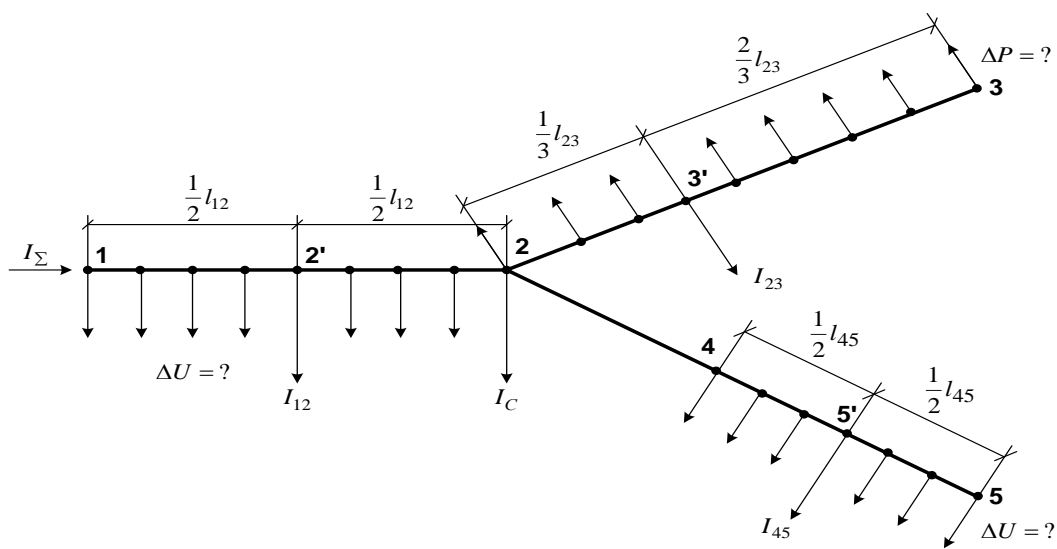
ХИБҲ	Қувваи, ҷараён А	ХИБҲ	Қувваи, ҷараён А	ХИБҲ	Қувваи, ҷараён А
1-2	111,6	1-13	176,9	23-24	33,6
2-3	108,7	13-14	170,5	24-25	18,1
3-4	107,1	14-15	160,7	25-26	16,8
4-5	48,7	15-16	151,5	26-27	9,8
5-6	21,3	16-17	138,2	23-28	45,1
4-7	43,7	17-18	126,6	28-29	37,5
7-8	36,2	18-19	122,8	29-30	33,4
8-9	25,9	19-20	25,1	30-31	28,2
9-10	17,0	20-21	18,4	31-32	10,9
10-11	9,1	21-22	6,7	31-33	14,5
11-12	2,9	19-23	89,2	33-34	6,5

Таҳлили ҷараёнҳои фазаҳои алоҳида нишон дод, ки нобаробарии бори электрикӣ дукарата мебошад. Ба ғайр аз ин бурриши кундалангии ноқилҳо дар шохаҳо ба ҷараёнҳои бори мувофиқ нестанд. Муқаррар карда шудааст, ки рушди ояндабинии шабака ба эътибор гирифта нашудааст, яъне дар ояндаи наздик сохтмони иншоотҳои 2 ва 3 ошёна ба назар мерасанд, ки ба зиёдшавии истеъмоли электроэнергия оварда мерасонад.

Дар хоҷагии шабакаи электрикӣ тақсимкунандаи шиддати то 1000 В ҷои муҳимро ишғол мекунанд. Ба чунин шабакаҳо ҳам борҳои мутамарказ ва ҳам баробар тақсимшудаи истеъмолкунандагонро пайваст кардан мумкин аст. Шабакаҳои тақсимотӣ (ҳавой ва кабелӣ) бо гуногунии сохтор ва конфигуратсия, андоза, хусусият ва ҷойгиршавии мутақобилаи борҳо ва параметрҳои онҳо фарқ мекунанд [8, 9, 10].

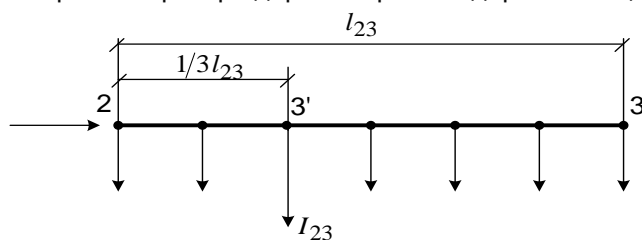
Дар як қатор мавридҳо дар системаҳои таъминоти электрикӣ шаҳрҳо, деҳот ва корхонаҳои саноатӣ хатҳои электрикӣ мавҷуданд, ки дар онҳо тақрибан якхела арзишҳои сарборӣ дар масофаи баробар аз ҳамдигар ҷойгиранд. Инҳо метавонанд хатҳои рӯшноии кӯчаҳо, хатҳои ҳавоии 0,38 / 0,22 кВ қад-қади кӯчаҳои дорои биноҳои камошёна, баландгӯякҳои биноҳои бисёрошёна ва таъмини барқи як намуди таҷҳизоти барқӣ аз шинаҳои асосии корхонаҳои саноатӣ бошанд. Чунин хатҳоро хатҳои дорои сарбории яксон тақсимшуда меноманд [11, 12].

Дар расми 2 қитъаи шабакаи электрикӣ бо тақсимоти баробартавозуни бори электрикӣ, дар расми 3 формулаҳои маълум барои ҳолатҳои гуногуни ҳисоби талафоти иқтидор ΔP ва талафоти шиддат ΔU оварда шудааст.

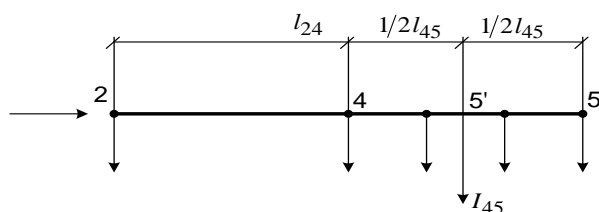


Расми 2 - Қитъаи хатти интиқоли барқӣ, ки барои таҳлил оварда шудааст

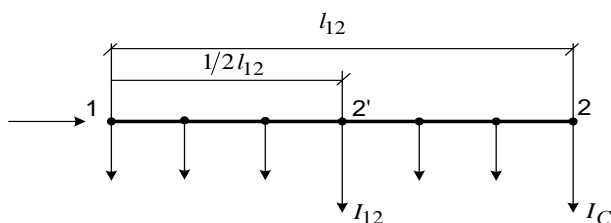
Агар бори электрикии суммавиरो ба охири қитъаи нишон додашуда гузором, он гоҳ талафот дар он 3 маротиба нисбати бори электрикии тақсимшуда зиёд мешавад. Ҳангоми ҳисоби талафоти иқтидор ΔP бори электрикиро дар масофаи $1/3$ дарозии он ҷойгир намудан ҷои афзунтарин аст (нигаред расми 3 а)



$$a) \Delta P = 3 \cdot I_{23}^2 \cdot r_0 \cdot \frac{1}{3} = I^2 \cdot r_0 \cdot l$$



$$б) \Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{45} \cdot r_0 \cdot l_{24} + \sqrt{3} \cdot I_{45} \cdot r_0 \cdot l_{45}$$



$$в) \Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{12} \cdot r_0 \cdot l_{12} + \sqrt{3} \cdot I_C \cdot l_{12}$$

Расми 3 – Формулаҳо барои ҳисоби талафоти иқтидор ΔP ва шиддат ΔU барои конфигуратсияҳои гуногуни шабакаи электрикӣ

Дар шохаи 2-5 (расми 3, б) бори электрикӣ танҳо дар як қисми хатти интиқоли барқ баробар тақсим карда шудааст. Ин шохаро ҳамчун аз ду қитъа иборат шуморидан мумкин аст, яъне 2-4 ва 4-5. Ҳангоми ҳисоби талафоти шиддат ΔU бори электрикии суммавии қитъаи 4-5 (ҷараёни I_{23}) ба нуқтаи 5' – мобайни қитъаи 4-5 бояд гузошт. Дар қитъаи 1-2 (расми 5, в) ҷараёни тақсимшудаи I_{12} ҷорӣ мешавад, ва дар охири қитъа ҷараёни ҷамъшудаи I_C ҷорӣ мешавад, ки ба суммаи ҷараёнҳо дар қитъаҳои 2'-2 ва 1-2' баробар аст.

Шабакаҳои электрикии шиддаташ то 1000 В аз шабакаҳои 6-10 кВ ва баландтар аз рӯи шохаҳои бештар ва дарозии умумӣ фарқ мекунад. Маълумот дар бораи параметрҳои режими чунин шабакаҳо камтарин пурра ва эътимодноктарин мебошанд. Дар беҳтарин ҳолат, танҳо сарбории ҷорӣ қитъаҳои сархати хатҳо ё энергияе, ки аз автобусҳои ТС 6-10 / 0,4 кВ ба ин хатҳо бароварда мешавад, маълум аст. Маълумот дар бораи сарборӣ дар гиреҳҳои шабака, чун қоида, дастрас нест. Дар поён мо асосан дар бораи сетҳои электрикии шаҳру деҳот сухан меронем.

Усули қобили қабули ҳисоб кардани талафоти нерӯи барқ дар чунин шабакаҳо метавонад усули ба андозагирии талафоти шиддат ба нуқтаи аз ҷиҳати электрикӣ дуртарини шабака (ба истилоҳ усул) бошад [1,3-5]. Аммо дар адабиёти зикршуда асосан танҳо муқаррароти бунёдии ин равиш баррасӣ шудаанд. Ин мақола модели универсалии математикиро пешниҳод мекунад, ки барои коркарди компютер қулай аст.

Моҳияти ин усул дар муайян намудани талафоти нисбӣ $\Delta P\%$ аз рӯи талафоти калонтарини шиддат $\Delta U\%$, ки дар ҷадвали 2 оварда шудааст, мебошад [13, 14].

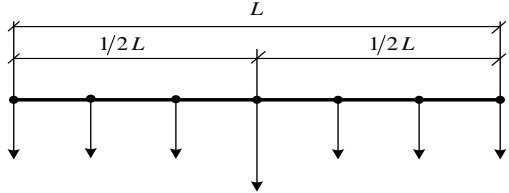
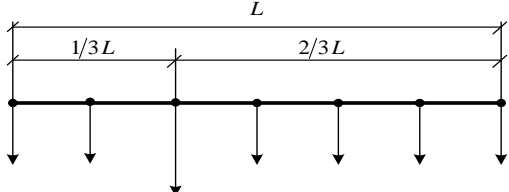
Бузургии чуншудаи талафоти шиддат ба ҳисоби фоиз аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\Delta U\% = \frac{(U_1 - U_2)}{U_1} \cdot 100, \quad (1)$$

Дар ин ҷо U_1 – шиддати фазавие, ки дар тахтасимҳои шиддати 0,4 кВ и зеристгоҳ чен карда шудааст;

U_2 – шиддати хурдтарин дар қитъаи ҳисобӣ.

Ҷадвали 2 – Қимати $K_{M/H}$, $\Delta P\%$ ва схемаи таъвизӣ

№ б.т.	Характеристикаи хатти интиқоли барқ	Қимати $K_{M/H}$	Қимати $\Delta P\%$
1	Бори электрикии чамъшуда дар охири хатти интиқоли барқ ҳангоми $r_{0\text{ ва}} \cos\varphi = 1$	1	$\Delta P\% = K_{M/H} \cdot \Delta U\%$
2	Ҳамон хел ҳангоми $\cos\varphi \neq 1$	$\frac{1}{\cos^2\varphi}$	$\Delta P\% = \frac{1}{\cos^2\varphi} \cdot \Delta U\%$
3	Бори электрикии баробар тақсимшуда ҳангоми $r_{0\text{ ва}} \cos\varphi = 1$	0,67	$\Delta P\% = 0,67 \cdot \Delta U\%$
4	Ҳамон хел ҳангоми $\cos\varphi \neq 1$	$\frac{0,67}{\cos^2\varphi}$	$\Delta P\% = 0,67 \cdot \frac{1}{\cos^2\varphi} \cdot \Delta U\%$
5	Схемаи таъвизӣ барои $\Delta U\%$		
6	Схемаи таъвизӣ барои $\Delta P\%$		

Барои тартиб додани модели шабака, схемаи таъвизии онро аз рӯи схемаи ҳисобӣ тартиб дода параметрҳои онро ҳисоб менамоем.

Муқовиматҳои активӣ, реактивӣ ва пурраи хатти интиқоли барқи ҳавой аз рӯи формулаҳои зерин муайян карда мешавад [14]:

$$R = R_0 \cdot l \quad (2)$$

$$X = X_0 \cdot l \quad (3)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}, \quad (4)$$

Дар ин ҷо R , X , Z – мувофиқан муқовиматҳои активӣ, реактивӣ ва пурраи хатти интиқоли барқи ҳавой, Ом;

R_0, X_0 – муқовимати хоси активӣ ва реактивии хатти интиқоли барқ;

l – дарозии хатти интиқоли барқ, км.

Аз рӯи формулаҳои (2), (3) ва (4) муқовимати хатти интиқоли барқро дар қитъаи 1–2 муайян менамоем.

$$R = R_0 \cdot l = 1,8 \cdot 0,01 = 0,018 \text{ Ом.}$$

$$X = X_0 \cdot l = 0,319 \cdot 0,01 = 0,00319 \text{ Ом.}$$

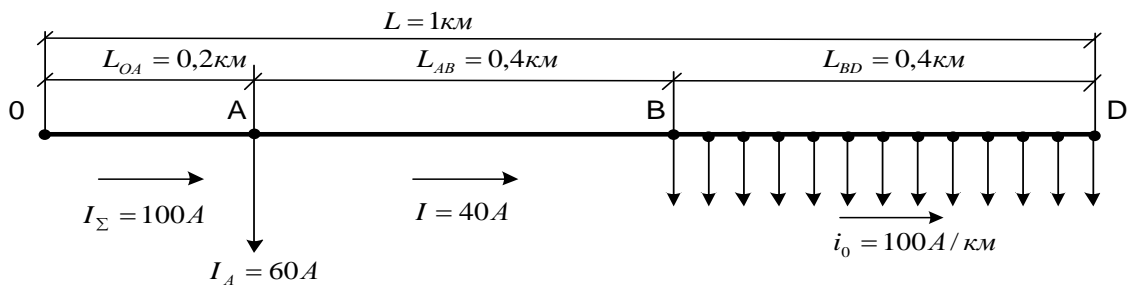
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{0,018^2 + 0,00319^2} = 0,01828 \text{ Ом}$$

Ҳамин тариқ, муқовиматҳо дар дигар қитъаҳои ХИБ муайян карда шуда ба ҷадвали 3 оварда шудааст.

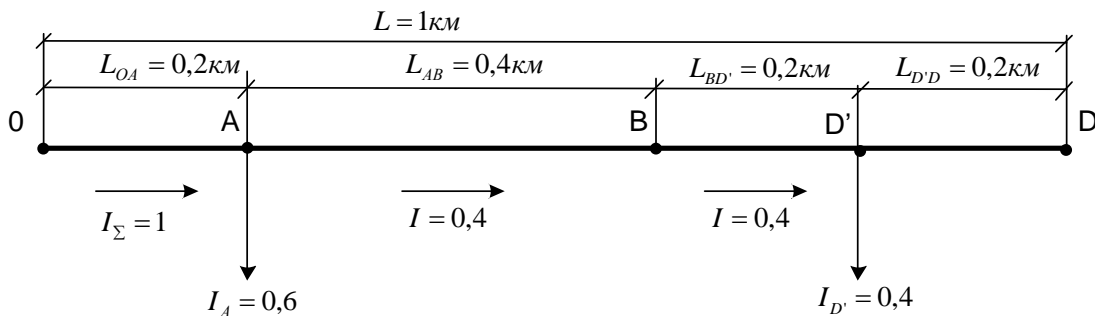
Ҷадвали 3 – Қимати муқовиматҳои хатҳои интиқоли барқ

ХИБХ	R, ХИБ	X, ХИБ	Z, ХИБ	R, бор	X, бор	Z, бор
1-2	0,018	0,00319	0,01828	6,1	18,41	19,4
2-3	0,036	0,00638	0,036561	26,9	81,81	86,1
3-4	0,09	0,01595	0,091402	48,4	147,25	155,0
4-5	0,09	0,01595	0,091402	5,3	16,01	16,8
5-6	0,072	0,01276	0,073122	2,8	8,66	9,1
4-7	0,054	0,00957	0,054841	3,6	11,07	11,7
7-8	0,054	0,00957	0,054841	10,3	31,33	33,0
8-9	0,054	0,00957	0,054841	7,6	23,01	24,2
9-10	0,054	0,00957	0,054841	8,6	26,30	27,7
10-11	0,054	0,00957	0,054841	9,9	30,05	31,6
11-12	0,054	0,00957	0,054841	12,4	37,76	39,7
1-13	0,0342	0,00957	0,035514	26,9	81,81	86,1
13-14	0,0342	0,00957	0,035514	12,1	36,81	38,8
14-15	0,0342	0,00957	0,035514	7,9	24,14	25,4
15-16	0,0228	0,00638	0,023676	8,3	25,39	26,7
16-17	0,0342	0,00957	0,035514	5,8	17,74	18,7
17-18	0,054	0,00957	0,054841	6,7	20,45	21,5
18-19	0,054	0,00957	0,054841	20,2	61,36	64,6
19-20	0,09	0,01595	0,091402	9,1	27,78	29,2
20-21	0,09	0,01595	0,091402	11,5	35,06	36,9
21-22	0,072	0,01276	0,073122	6,6	20,17	21,2
19-23	0,072	0,01276	0,073122	11,5	35,06	36,9
23-24	0,063	0,011165	0,063982	7,4	22,65	23,8
24-25	0,063	0,011165	0,063982	5,0	15,18	16,0
25-26	0,063	0,011165	0,063982	60,5	184,07	193,8
26-27	0,063	0,011165	0,063982	11,0	33,47	35,2
23-28	0,054	0,00957	0,054841	7,9	24,14	25,4
28-29	0,054	0,00957	0,054841	10,1	30,68	32,3
29-30	0,054	0,00957	0,054841	19,4	58,90	62,0
30-31	0,054	0,00957	0,054841	14,7	44,62	47,0
31-32	0,054	0,00957	0,054841	27,5	83,67	88,1
31-33	0,054	0,00957	0,054841	7,1	21,65	22,8
33-34	0,054	0,00957	0,054841	9,7	29,57	31,1
34-35	0,054	0,00957	0,054841	37,2	113,27	119,2
34-36	0,054	0,00957	0,054841	26,9	81,81	86,1

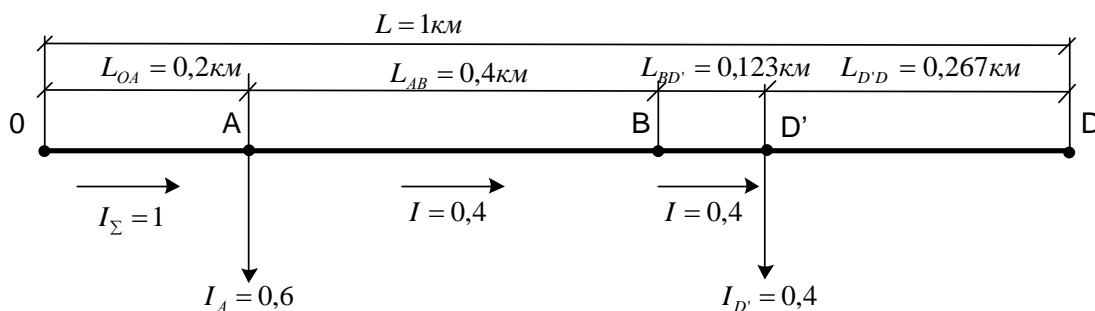
Ҳолатҳои асосии методикаи тавсияшавандаи ҳисоби талафоти иқтидори активӣ $\Delta P, кВт$ ва талафоти энергияи электрикиро $\Delta W, кВт \cdot ч$ аз рӯи натиҷаи ченкунии талафоти калонтарини шиддат $\Delta U\%$ дар мисоли қитъаи хатти интиқоли барқи ҳавоии шиддати 0,38 кВ дида мебароем. Маълум аст, ки дарозии ХИБ 1 км, қувваи ҷараён дар сарғаҳи қитъаи хатти интиқоли барқ ба $I_{\Sigma} = 100 А$ баробар аст, бори тақсимшуда дар қитъаи ВД бо қимати хоси $I_{OA} = 100 А/км$ ноқили навъи АС-50 ба $r_0 = 0,62 Ом/км$ $\cos \varphi = 1$ баробар аст.



Расми 4 – Схеми мавҷудаи сарчашмавии хатти интиқоли барқи 0,38 кВ



Расми 5 – Схеми ҳисобӣ барои ҳисоби талафи шиддат $\Delta U\%$



Расми 6 – Схеми ҳисобӣ барои муайян намудани талафи иқтидор $\Delta P\%$

Барои муайян намудани талафи иқтидор ва энергияи электрикӣ дар шабакаи тақсимоти шиддати то 1000 В бо ёрии методикаи пешниҳод шуда, чунин маълумотҳои сарчашмавӣ лозим аст:

1. Схема шабака бо нишон додани шиддати номиналӣ U_n , дарозии умумии магистрал L , қитъаҳои алоҳида ва шоҳаҳо l_i навъ ва бурриши кӯнадалангии ноқил, борҳои ҷамъшуда ва шоҳаҳо, қитъаҳои бори электрикиаш баробар тақсимшуда.

2. Характери истеъмолкунандагони ба хатҳои интиқоли барқ васлшуда, графикаи борҳои электрикӣ, бори максималии қитъаи саргаҳӣ I_m , T_m , $\cos\varphi$.

3. Схеми сарчашмавӣ барои хатҳои интиқоли барқи 0,38 кВ дар асоси маълумоти дастрас сохта мешавад (расми 5).

4. Схеми ҳисобии шабака тартиб дода мешавад (расми 6), ки он барои ҳисоби талафи шиддат $\Delta U\%$ дар ҳар қитъаи схема ва талафоти суммавии шиддат $\Delta U\%_{\Sigma}$ дар охири магистрал лозим аст. Дар схемаи ҳисобӣ борҳои ҷамъшудаи истеъмолкунандагони калониқтидор (мактаб, боғчаи бачагона, шоҳаҳо аз магистрал), қитъаҳои бори электрикиаш баробар тақсимшуда бояд нишон дода шаванд. Ҳамин тариқ, схемаи ҳисобӣ ин магистрал бо ду борҳои электрикии ҷамъшуда дар гиреҳҳои А ва D' ро ташкил медиҳад. Талафоти шиддат аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\Delta U\% = K \cdot \sum_{i=1}^n \sqrt{3} \cdot I_i \cdot r_0 \cdot l_i / 10 \cdot U_n \quad (5)$$

Барои қулай шудани ҳисобҳо қиматҳои доимӣ ҳамчун коэффитсиенти K ишора карда мешавад, ҷараёнҳо ва дарозии қитъаҳо дар воҳидҳои нисбӣ аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$K = \sqrt{3} \cdot I_{\Sigma} \cdot r_0 \cdot \frac{l_i}{10} \cdot U_n = \sqrt{3} \cdot 100 \cdot 0.62 \cdot 1 / 10 \cdot U_n. \quad (6)$$

Он гоҳ талафи шиддат ба чунин қимат баробар аст:

$$\Delta U_{OA} = 28.22 \cdot 0.2 = 5.64\%; \quad \Delta U_{AB} = 28.22 \cdot 0.4 \cdot 0.4 = 4.52\% ;$$

$$\Delta U_{BD} = 28.22 \cdot 0.2 \cdot 0.4 = 2.26\%; \quad \Delta U_{\Sigma} = 12.42\% .$$

5. Баъди иҷрои ин амал талафоти шиддати ҳақиқӣ аз тахтасими 0,4 кВ зеристгоҳ то нуқтаи дуртарини хатти интиқоли барқи 0,38 кВ дар якҷанд нуқтаҳои мобайнӣ чен карда мешавад.

Барои ба даст овардани натиҷаи дақиқи талафоти шиддат то 10% асбобҳои ченкунандаи дақиқи классии саҳеҳияташ 0,1 ва 0,2 и системаи электродинамикиро истифода бурда лозим аст. Ҳамин тариқ барои гузаронидани ченкунӣ вольтметри навъи Д5055 бо қимати диапазони ченкунии 300 В ва қимати тақсимоти шкала 1 вольтро интихоб мекунем.

Талафоти нисбии шиддат % аз рӯи формулаи (6) муайян карда мешавад. Агар бузургҳои фазагии шиддат гуногун бошанд, ба сифати U_1 ва U_2 қимати миёнаи арифметикӣ қабул карда мешавад. Ченкуни бояд дар вақти максимуми бори электрикии зимистона гузаронида шавад.

Андозаҳо бояд дар ҳадди аксар дар фасли зимистон анҷом дода шаванд. Иҷрои як вақт ченкунии шиддат дар аввал ва охири хатти 0,38 кВ кори хеле вақтталаб аст. Аз ин рӯ, дар амал барои арзёбии талафоти шиддат дар маҷмӯи шабакаҳои 0,38 кВ усули интихоби тасодуфиро асоснок ҳисобидан мумкин аст. Агар шабакаҳои мавриди омӯзишро ба гурӯҳҳои хос тақсим кардан мумкин бошад, он гоҳ андозаи интихобро ба таври назаррас коҳиш додан мумкин аст.

6. Баъдан, бояд арзишҳои талафоти шиддатро бо маълумоти ибтидоии қабулшуда бо истифодаи формулаҳо бо арзишҳои ченшуда муқоиса карда шавад. Агар тафовут назаррас бошад, пас баъзе маълумотҳои ибтидоиро (дарозии қисмҳои хатҳо ва баъзе борҳо) ислоҳ кардан лозим аст. Дар ин мисоли ҳисоб мо чунин мешуморем, ки фарқият ночиз аст, бинобар ин, мо метавонем ба ҳисоби талафоти қувваи барқ аз рӯи бузургии талафоти шиддат бо фоиз ва омилҳои мувофиқи табдилдиҳӣ гузарем (ҷадвали 2).

7. Барои муайян намудани талафоти иқтидор $\Delta P\%$ схемаи ҳисобии шабакаи дар расми 8 оварда шуда, истифода мешавад. Дар қитъаи BD бори электрикии баробар тақсимшуда бо бори электрикии ҷамъкардашуда дар нуқтаи D' иваз карда мешавад (яъне ба қитъаи 1/3 аз огози қитъаи BD кӯтоҳ карда мешавад).

8. Тақсими иқтидори активӣ $P_i, кВт$ аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$P_i = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_i \cdot \cos \varphi_i, кВт \quad (7)$$

Барои манзилгоҳи истиқоматии мазкур:

$$P_{OA} = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 100 \cdot 1 = 66 кВт ;$$

$$P_{BA} = P_{BD} = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 40 \cdot 1 = 26,3 кВт ;$$

$$P_{\Sigma} = 66 + 26,3 = 92,3 кВт.$$

9. Талафоти иқтидори активӣ дар қитъаҳо (дар кВт ва %) аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\Delta P_i = \frac{P_i^2}{U_i^2} \cdot r_0 \cdot l_i \cdot 10^{-3} кВт,$$

$$\Delta P_i \% = \frac{\Delta P_i}{P_{\Sigma}} \cdot 100 \quad (8)$$

Барои манзилгоҳи истиқоматии мазкур:

$$\Delta P_{OA} = \frac{66^2}{0,38^2} \cdot 0,62 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 3,74 кВт$$

$$\Delta P_{OA} = \frac{3,74}{66} \cdot 100 = 5,67\% .$$

$$\Delta P_{AB} = \frac{26,3^2}{0,38^2} \cdot 0,62 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 1,19 кВт;$$

$$\Delta P_{AB} = \frac{1,19}{26,3} \cdot 100 = 4,52\% .$$

$$\Delta P_{BD} = \frac{26,3^2}{0,38^2} \cdot 0,62 \cdot 0,133 \cdot 10^{-3} = 0,39 кВт$$

$$\Delta P_{BD} = \frac{0,39}{26,3} \cdot 100 = 1,48\%$$

$$\Delta P_{\Sigma} = 3,78 + 1,19 + 0,39 = 5,39 кВт$$

$$\Delta P_{\Sigma} = \frac{5,39}{92,3} \cdot 100 = 5,76\%$$

10. Аз рӯи модели математикии пешниҳодшуда барои бори электрикии чамъшуда дар охири қитъаи хатти интиқоли барқ аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\Delta P_i = P_i \cdot \Delta U\% / 100 \text{ кВт}, \quad (9)$$

Барои бори электрикии баробар тақсимшуда $K_{м/н} = 0,67$ аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\Delta P_i = P_i \cdot 0,67 \cdot \Delta U\% / 100, \text{ кВт}. \quad (10)$$

Барои манзилгоҳи истиқоматии мазкур:

$$\begin{aligned} \Delta P_{OA} &= 66 \cdot \frac{5,6}{100} = 3,7 \text{ кВт}; \\ \Delta P_{AB} &= 26,3 \cdot \frac{4,52}{100} = 1,19 \text{ кВт}; \\ \Delta P_{BD} &= 26,3 \cdot 0,67 \cdot 2,26 \cdot \frac{1}{100} = 0,4 \text{ кВт}; \\ \Delta P_{\Sigma} &= 3,74 + 1,19 + 0,4 = 5,28 \text{ кВт} \\ \Delta P_{\Sigma} &= \frac{5,29}{92,3} \cdot 100 = 5,72\% \end{aligned}$$

Аз рӯи қиматҳои муайяншудаи талафоти максималии иқтидор талафоти иқтидори активӣ ΔW аз рӯи формулаи (4) бо назардошти формулаи (5) муайян карда мешавад:

Барои манзилгоҳи истиқоматии мазкур:

$$\begin{aligned} t &= \left(0,124 + \frac{3000}{10^4} \right) \cdot 8760 = 1575 \\ \Delta W_{OA} &= 3,7 \cdot 1575 = 5875 \text{ кВт} \\ \Delta W_{AB} &= 1,19 \cdot 1575 = 1874 \text{ кВт} \\ \Delta W_{BD} &= 0,4 \cdot 1575 = 630 \text{ кВт}; \\ \Delta W_{\Sigma} &= 5875 + 630 = 6505 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Хулоса. Ҳамин тариқ, барои сарфаи электроэнергия дар шабакаҳои тақсимоти пеш аз ҳама схемаи таъминоти барқро бояд таҷдид намуд, тақсимоти борҳои электрикӣ бояд баҳои ҳар як фазаҳо то ҳадди имкон баробар бошанд ва хатҳои раҳсипори дароз бо хатҳои интиқоли нисбатан бурриши кӯнадалнигашон калон иваз карда шаванд ва ҳангоми ба талабот мувофиқ набудани талафоти шиддат шиддати таъминотӣ як зина баланд карда шаванд.

Дар натиҷаи тадқиқоти дар боло овардашуда ба чунин хулосаҳои чамъбасти ноил гаштем: Таҳлили схемаи таъминоти барқи шабакаҳои пастшиддат гузаронида шудааст. Аз таҳлил маълум аст, ки дар шабакаҳои мавҷуда дарозии ХИБ-0,4 кВ 1,5-2 км-ро ташкил медиҳад. Натиҷаи ченкунии чараёнҳои фазавӣ дар шабакаҳои тақсимотӣ нишон дод, ки ғайританосубии фазаҳои алоҳида аз қиммати дучанда калон аст. Натиҷаи ҳисобҳо нишон дод, ки талафоти электроэнергия аз бисёр омилҳо вобаста аст. Дар асоси таҳлилҳои талафӣ электроэнергия чорабиниҳои ташкилӣ ва техникӣ коркард, карда шудаанд, ки баҳри кам намудани талафот равона карда шудаанд.

АДАБИЁТ

1. Клименко Ю. А., Преображенский А. П. Об оценке потерь электроэнергии в распределительных сетях 10/0, 4 кВ //Актуальные вопросы энергетики. – 2019. – №. 1. – С. 6-15.
2. Преображенский А. П., Клименко Ю. А. Об оценке потерь электроэнергии в распределительных сетях 10/0, 4 кВ //Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2019. – №. 1. – С. 42-47.
3. Герасименко А. А., Шульгин И. В. Стохастический метод расчёта нагрузочных потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях //Электрические станции. – 2013. – №. 4. – С. 44-59.
4. Грачева Е. И., Наумов О. В., Садыков Р. Р. Учет холостого хода трансформаторов в период эксплуатации при расчете потерь электроэнергии в распределительных сетях //Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2016. – №. 1-2. – С. 53-63.
5. Савина Н. В. Системный анализ потерь электроэнергии в распределительных сетях энергосистем //Энергетика Рос. – 2010.
6. Герасименко А. А., Куценов Д. А., Тимофеев Г. С. Уточнение технической и коммерческой составляющих потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях //Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2005. – №. 5. – С. 38-43.
7. Ткачева Ю. И. и др. Разработка методов и технических средств по снижению потерь электроэнергии в распределительных сетях низкого напряжения //Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. н., Комсомольск-на-Амуре. – 2003. – С. 111-113.

8. Тошходжаева М. И. Потери электроэнергии в распределительных сетях промпредприятий и методы ее снижения //Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2021. – №. 2. – С. 74-78.
9. Оморов Т. Т., Такырбашев Б. К., Койбагаров Т. Д. Управление потерями электроэнергии в распределительных сетях в составе автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии //Мехатроника, автоматизация, управление. – 2021. – Т. 22. – №. 4. – С. 191-199.
10. Оморов Т. Т. Оценка влияния несимметрии токов и напряжений на потери электроэнергии в распределительной сети с использованием АСКУЭ //Электричество. – 2017. – №. 9. – С. 17-23.
11. Фурсанов М. И. Оптимальные технические потери электроэнергии в распределительных электрических сетях. – 2016.
12. Пузырева Е. В. Анализ потерь электроэнергии в распределительных сетях //Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. – 2015. – С. 123-126.
13. Тимофеев Г. С. Комплексный учёт схемно-структурных и режимно-атмосферных факторов при расчёте потерь электроэнергии в распределительных сетях электросистем : дис. – Сибирский федеральный университет, 2011.
14. Тошходжаева М. И., Каримов И. Р., Грачева Е. И. Моделирование и Сравнение основных параметров электроэнергетической системы в нормальном и АВАРИЙНОМ режимах с помощью прикладной программы Матлаб //Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – №. 4 (52). – С. 113-122.

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

TJ	RU	EN
Тошходжаева Мухайё Исломовна	Тошходжаева Мухайё Исломовна	Toshkhodzhaeva Mukhayo Islamovna
н.и.т., и.в. дотсенти кафедраи таъминоти барқ ва автоматика	к.т.н., и.о. доцента кафедры электроснабжения и автоматики	Ph.D., I.V. Associate Professor of the Department of Electrical Supply and Automation
Донишкадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ дар ш. Хучанд	Худжандский политехнический институт ТТУ имени академика М.С. Осими	Khujand Polytechnical Institute of Tajik Technic University named after Academician M.S. Osimi
e-mail: shukrona14_01_2011@mail.ru		
TJ	RU	EN
Бобочонова Нилуфархон Одилходжаевна	Бободжонова Нилуфархон Одилходжаевна	Bobojonova Nilufarkhon Odilkhodzhaevna
Ассистент	Ассистент	Assistant
Донишкадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С Осимӣ дар ш. Хучанд	Худжандский политехнический институт ТТУ имени академика М.С. Осими	Khujand Polytechnical Institute of Tajik Technic University named after Academician M.S. Osimi
e-mail: bobojonovanilufar9@gmail.ru		

УДК 621.311.1

ТАДҚИҚОТИ ПАРАМЕТРҶОИ ЧУБРОНКУНИИ ТАВОНОИИ РЕАКТИВӢ ДАР ШАБАКАҶОИ ЭЛЕКТРОТАЪМИНКУНИИ СЕХӢ

Ф.О. Исмоилов

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Тавассути элементҳои системаи электротаминкунӣ дар баробари ҷараёни фаъол инчунин ҷараёни реактивӣ низ ҷори мегардад. Чунин ҷараён одатан аз ҷониби истеъмолкунандагони реактивӣ, ки дар сохтори худ элементҳои индуктивӣ ё ғунҷоишӣ доранд, ба вуҷуд меояд. Дар натиҷа, дар система тавоноии реактивӣ, асосан хусусияти индуктивӣ, ба амал меояд. Чунин тавоноӣ дар истеъмолкунанда кори муфидро иҷро накарда, танҳо барои пайдо намудани майдонҳои электромагнитӣ сарф мешавад. Аммо, маълум аст, ки ҳангоми ҷори шудани тавоноӣ тавассути элементҳои системаи электротаминкунӣ, дар онҳо дар қатори талафоти тавоноии фаъол, инчунин талафоти тавоноии реактивӣ низ ба амал меояд. Дар ин ҳолат, бо афзоиши тавоноии реактивӣ элементҳо, талафоти тавоноии фаъол дар онҳо низ меафзояд. Ғайр аз он, речаҳои шиддат дар системаҳои электротаминкунӣ низ аз сатҳи тавоноии реактивӣ дар система вобастагӣ доранд.

Аз ин рӯ, барои ҳалли масъалаи кам кардани талафоти энергияи электрикӣ дар элементҳои гуногуни системаи электротаминкунӣ ва мӯътадил намудани сатҳи шиддат, чубронкунии тавоноии реактивӣ бояд иҷро карда шавад. Имрӯз чубронкунии тавоноии реактивӣ яке аз тадбирҳои муҳими техникӣ оид ба кам намудани талафоти энергияи электрикӣ ва баланд бардоштани самаранокии истифодаи шабакаҳои электротаминкунӣ ба ҳисоб меравад.

Дар робита ба ин, дар қори мазкур тадқиқот оид ба муайян намудани параметрҳои асосии чубронкунии тавоноии реактивӣ бо назардошти шароити маҳаллӣ гузаронида шуданд ва тавсия ба ташкилотҳои дахлдор оид ба масъалаҳои чубронкунии тавоноии реактивӣ таҳия карда шуд.

Калидвожаҳо: тавоноии реактивӣ, чубронкунии тавоноии реактивӣ, талафоти энергияи электрикӣ, зарби тавоноӣ, батареяҳои конденсаторӣ, системаи электротаминкунии сеҳӣ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЦЕХОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Ф.О. Исмоилов

По элементам системы электроснабжения наряду с активным током так же протекает электрический ток реактивного характера. Такой ток как правило вызывается реактивными потребителями, имеющими в конструкции элемент индуктивного или ёмкостного характера. В результате в системе начинает протекать реактивная мощность, в основном индуктивного характера. Эта мощность в последствии не выполняет полезную работу у потребителя и расходуется исключительно на создание электромагнитных полей. Однако, известно, что при протекании мощности по элементам системы электроснабжения, в них наряду с потерями активной мощности, также возникают потери реактивной мощности. При этом с увеличением величины реактивной мощности, протекающего по элементам, также увеличиваются потери активной мощности в них. Кроме того, режимы напряжения в системах электроснабжения также зависят от уровня реактивной мощности в системе.

Поэтому, для решения задачи уменьшения потерь электроэнергии в различных элементах системы электроснабжения и стабилизации уровня напряжения необходимо выполнять компенсацию реактивной мощности. На сегодняшний день компенсация реактивной мощности считается одним из важнейших технических мероприятий по уменьшению потерь электроэнергии и повышению эффективности эксплуатации сетей электроснабжения.

В связи с этим в данной работе были проведены расчеты определения основных параметров компенсации реактивной мощности с учетом местных условий, и разработана рекомендация соответствующим организациям занимающиеся вопросами компенсации реактивной мощности.

Ключевые слова: реактивная мощность, компенсация реактивной мощности, потери мощности, коэффициент мощности, конденсаторные батареи, система электроснабжения цеха.

STUDY OF REACTIVE POWER COMPENSATION PARAMETERS IN SHOP ELECTRIC NETWORKS

F.O. Ismoilov

According to the elements of the power supply system, an electric current of a reactive nature also flows along the active current. Such a current is usually caused by reactive consumers having an inductive or capacitive element in the design. As a result, reactive power begins to flow in the system, mainly of an inductive nature. This power subsequently does not perform useful work for the consumer and is spent exclusively on creating electromagnetic fields. However, it is known that when power flows through the elements of the power supply system, along with losses of active power, reactive power losses also occur in them. At the same time, with an increase in the amount of reactive power flowing through the elements, the losses of active power in them also increase. In addition, voltage modes in power supply systems also depend on the level of reactive power in the system.

Therefore, in order to solve the problem of reducing electricity losses in various elements of the power supply system and stabilizing the voltage level, it is necessary to compensate for reactive power. To date, reactive power compensation is considered one of the most important technical measures to reduce electricity losses and improve the efficiency of operation of power supply networks.

In this regard, calculations were carried out to determine the main parameters of reactive power compensation, taking into account local conditions, and a recommendation was developed to relevant organizations dealing with reactive power compensation.

Keywords: reactive power, reactive power compensation, power losses, power factor, capacitor banks, workshop power supply system

Дар корхонаҳои саноатӣ бузургии бори реактивӣ хатҳои гуногуни технологӣ ва сеҳҳои корхонаҳои истеҳсолӣ, одатан назар ба бузургии тавоноии фаъол зиёдтар аст. Дар ин ҷо истеъмолкунандагони асосии тавоноии реактивӣ муҳарриқҳои асинхронӣ, трансформаторҳои қуввагӣ

ва дастгоҳҳои табдилдиҳӣ мебошанд, ки дар саноат васеъ истифода мешаванд. Дар ин ҳолат, тавассути ҳар як элементи шабакаи электрикӣ тавоноии реактиви назаррас қорӣ мешавад. Бузургии калони тавоноии реактивӣ дар бисёр мавридҳо бо сабабҳои зерин аз ҷиҳати иқтисодӣ ҷои нест.

1. Ҳангоми интиқоли тавоноии калони реактивӣ дар ҳамаи элементҳои системаи электротаяминкунӣ аз ҳисоби бордоршавии онҳо бо тавоноии реактивӣ талафоти иловагии тавоноии фаъл ва энергияи электрикӣ ба амал меояд.

2. Талафоти иловагии шиддат ба амал меояд, ки махсусан дар шабакаҳои ноҳиявӣ калонтар зоҳир мегардад. Талафоти иловагии шиддат майли иловагии шиддатро дар исканҷаҳои қабулкунакҳои электрикӣ ба амал меорад. Ин афзоиши тавоноӣ ва вобаста ба ин хароҷоти воситаҳои танзими шиддатро талаб мекунад.

3. Бордоршавии системаи электротаяминкунии корхонаҳои саноатӣ ва трансформаторҳо бо тавоноии реактивӣ қобилияти гузарониши онҳоро кам карда, афзоиши бурриши кундалангии ноқилҳои хатҳои ҳавоӣ ва кабелӣ, афзоиши тавоноии номиналӣ ва шумораи трансформаторҳоро дар зернеругоҳи трансформаторӣ талаб мекунад.

Илова бар ин, афзоиши истеҳсоли маҳсулоти саноатӣ сабабгори аз меъёр зиёд пурбор шудани элементҳои шабакаи электрикӣ сеҳӣ гардида, дар натиҷа масъалаи инкишоф ва аз нав созиши системаи электротаяминкунии корхонаи саноатии мазкурро ба миён мегузорад.

Дар натиҷаи мушкилиҳои дар боло овардашуда, натиҷаҳои зерин ба амал меоянд:

- пайдоиши зарурати афзоиши тавоноии трансформаторҳои сеҳӣ ва буриши кундалангии ноқилҳои шабакаи электрикӣ сеҳӣ;
- афзоиши арзиши энергияи электрикӣ;
- паст шудани сифати энергияи электрикӣ дар системаи электротаяминкунии корхонаи саноатӣ;
- кам шудани шиддати шабака;
- кам шудани ҳаҷми маҳсулоти истеҳсолшаванда.

Одатан чунин мушкилиҳо тавассути афзоиши шумораи кабелҳои паралел гузошташуда, афзоиши буриши кундалангии торҳои ҷараёнгузари кабелҳо ва афзоиши тавоноӣ ё шумораи трансформаторҳои сеҳӣ ҳаллу фасл мешуданд. Лекин, қайд кардан зарур аст, ки дар натиҷаи чунин чорабиниҳо ҳаҷми умумии маблағгузорӣ зиёд шуда, дар баробари ин арзиши маҳсулоти истеҳсолшаванда низ боло меравад.

Дар замони муосир бошад, бо мақсади кам кардани истеъмоли тавоноии реактивӣ як қатор чорабиниҳои техникӣ ва ташкилотӣ амалӣ карда мешаванд. Масъалан, муҳарриқҳои электрикӣ камборро ба муҳарриқҳои тавоноии хурдтар иваз намуда, давомнокии речаҳои гашти холии трансформаторҳои қуввагӣ ва муҳарриқҳои электрикӣ механизмиҳои саноатиро маҳдуд мекунад. Дар натиҷаи чунин чорабинӣ ба фаъолияти шабакаҳои электрикӣ сеҳӣ таъсири мусбӣ мерасонад. Имрӯз бинобар вучуд доштани талаботи муайян ба системаҳои электротаяминкунии корхонаҳои саноатии муосир, чунин чорабинӣ қонькунанда ҳисобида намешавад. Ҳамин тариқ, дар системаҳои электротаяминкунии корхонаҳои муосир яке аз усулҳои муфидтарини камкунии талафоти тавоноӣ ва энергияи электрикӣ ин ҷубронкунии тавоноии реактивӣ дар нуқтаҳои хоси системаи электротаяминкунии сеҳӣ ба ҳисоб меравад.

Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки ҳатто дар корхонаҳои саноатие, ки дар онҳо мушкилии аз ҳад зиёд бордоршавии элементҳои системаи электротаяминкунӣ ҷой надорад, дар натиҷаи қорӣ намудани чорабиниҳои ҷубронкунии тавоноии реактивӣ аз ҳисоби кам шудани талафоти тавоноии фаъл, маблағҳои сарфшуда дар мӯҳлати кӯтоҳтарин бар мегарданд [1], [2].

Дар натиҷаи насби олооти ҷубронкунии тавоноии реактивӣ дар нуқтаҳои хоси системаи электротаяминкунии корхонаҳои саноатӣ натиҷаҳои назаррасӣ мусбӣ зерин ба даст оварда мешаванд (ҷадвали 1) [3]:

Ҷадвали 1- Натиҷаҳои назаррасии мусбӣ насби олооти ҷубронкунии тавоноии реактивӣ

№	Натиҷа	Ифода барои баҳогузори пайвастшавии ОҶ	Элементи системаи электрикӣ, ки дар он натиҷагирӣ карда мешавад
1	Кам шудани талафоти тавоноии фаъл	$\Delta P = I^2 \cdot R = \frac{S^2}{\sqrt{3}U_{ном}^2} \cdot R$	Дар ноқилҳои хати кабелӣ, хати ҳавоӣ ва печакҳои трансформаторҳо
2	Кам шудани талафоти энергияи электрикӣ	$\Delta \mathcal{E} = \Delta P \cdot \tau = \left(\frac{S^2}{\sqrt{3}U_{ном}^2} \cdot R \right) \cdot \tau$	Дар ноқилҳои хати кабелӣ, хати ҳавоӣ ва печакҳои трансформаторҳо
3	Кам шудани талафоти шиддат	$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{ном}}$	Дар ноқилҳои хати кабелӣ ва ҳавоӣ

4	Афзоиши қобилияти гузарониш	$I_{хат} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{S}{\sqrt{3}U_{ном}}$	ХИЭ ва трансформаторҳо
---	-----------------------------	--	------------------------

Камшавии талафоти тавоной, энергияи электрикӣ ва шиддат асосан аз ҳисоби кам шудани ҷараёни умумӣ ба амал меояд. Ин аз он гувоҳӣ медиҳад, ки ҳангоми амалӣ намудани ҷубронкунии тавоноии реактивӣ мушкилоти сарфаи энергия низ ҳал карда мешавад.

Ҷубронкунии тавоноии реактивӣ дар шабакаи электрикии сеҳӣ афзалиятҳои зеринро ба миён меорад [3]:

- камшавии пардохт барои энергияи электрикии истеъмолшуда;
- камшавии борҳои ҷараёни элементҳои системаи электротәъминкунӣ (хатҳои интиқоли энергия ва трансформаторҳо). Дар натиҷа имконияти афзоиши истеҳсолоти зиёдтар мешавад;
- сифати энергияи электрикӣ аз ҳисоби кам шудани майли шиддат аз бузургии номиналӣ беҳтар мешавад.

Ҷубронкунии тавоноии реактивӣ дар системаи электротәъминкунии муосир асосан тавассути муҳарриқҳои синхронӣ ва батареяҳои конденсатории шиддаташон то 1000 В (батареяҳои конденсатории пастшиддат-БКП) ва зиёда аз он (батареяҳои конденсатории баландшиддат-БКБ) мебошанд [2]. Интиҳоб ва ҷойгиркунии олооти ҷубронкунанда бо назардошти нишондодҳои техникӣ-иқтисодӣ вобаста ба сарфи тавоноии реактивӣ ва тавоноии реактивие, ки аз системаи энергетикӣ барқӣ дар речаи максималӣ ба корхонаи саноатӣ интиқол дода мешавад, сурат мегирад.

Чихеле ки таҷрибаҳо нишон медиҳанд, конденсаторҳои статикӣ аз ҷумлаи соддатарин ва қуллайтарин воситаҳои ҷубронкунии тавоноии реактивӣ ба шумор мераванд.

Ҳангоми ҷубронкунии тавоноии реактивӣ бузургии муайяни тавоноии реактивӣ дар нуқтаи ҳисобии пайвасти олооти ҷубронкунанда ба шабакаи электротәъминкунӣ ҳосил карда мешавад ($Q_{ку}$), ҷисми боқимондаи тавоноии реактивие, ки барои истеъмолкунанда лозим аст, аз системаи электроэнергетикӣ интиқол дода мешавад ($Q_{э}$). Ҳамин тариқ, бузургии ҳисобии $Q_{ку}$ дар натиҷаи ҳисоби техникӣ иқтисодӣ муайян карда мешавад.

Барои интиҳоби усули қуллайтарини ҷубронкунии тавоноии реактивӣ дар шабакаи электротәъминкунии корхонаи саноатӣ якчанд вариантҳои афзалиятнокро қабул менамоем [4]:

- ҷубронкунии тавоноии реактивӣ вучуд надорад;
- ҷубронкунии марказонидашудаи тавоноии реактивӣ дар тарафи шиддати пасти зернеругоҳи трансформатории сеҳӣ (ЗТС). ОҶ ба шинаҳои шиддати 0,4 кВ ЗТС пайваст карда мешаванд;
- ҷубронкунии гурӯҳӣ. ОҶ ба шинаҳои 0,4 кВ ЗТС ё ШТА пайваст карда мешаванд;
- ҷубронкунии инфиродӣ. Барои ҳар як қабулкунаки электрикӣ батареяҳои конденсатории алоҳида насб карда мешаванд.

Ҳар яке аз усулҳои номбаршудаи ҷубронкунии тавоноии реактивӣ афзалиятҳо ва нуқсонҳои худро дорад. Барои муайян кардани усулҳои афзалиятнокӣ ҷубронкунии тавоноии реактивӣ системаи электротәъминкунии яке сеҳҳои истеҳсолии комбинати Бофандагии ш. Душанбе дида баромада шуд. Сеҳи қабулшуда дорои бори калони доимии иборат аз муҳарриқҳои асинхронии пастшиддат ва баландшиддат мебошад. Дар зернеругоҳи асосии пасткунанда (ЗАП) тақсими энергияи электрикӣ байни ЗТС-ҳои комбинат ҷорӣ карда мешавад.

Дар расми. 1, хати штрихӣ қисми шабакаеро, ки бо тавоноии реактивӣ бордор карда шудааст, ва хати рост қисми шабакаеро, ки аз тавоноии реактивӣ дар натиҷаи насб кардани батареяҳои конденсаторӣ озод карда шудааст, нишон медиҳад.

Интиҳоби макони оптималии ҷойгиршавӣ, миқдор ва тавоноии олооти ҷубронкунандаи тавоноии реактивӣ (ОҶТР) бо истифода аз меъёри хароҷоти умумии камшуда амалӣ карда мешавад [2].

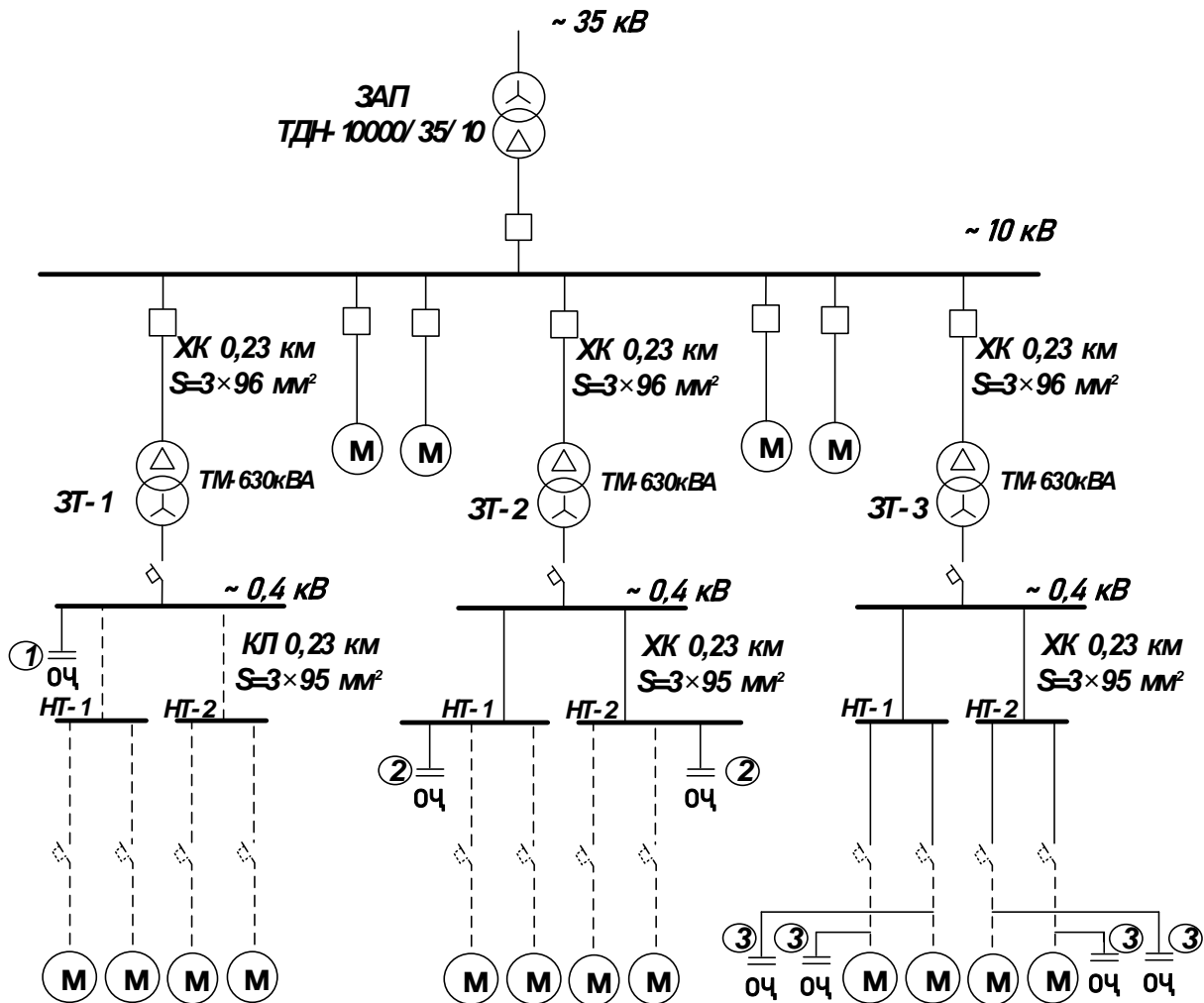
Интиҳоби макон барои пайваст кардани батареяҳои конденсаторӣ дар ҳар як ҳолати мушаххас аз як қатор омилҳо вобастагӣ дорад. Схема (расми 3) нишон медиҳад, ки ҳар кадоми онҳо ба самаранокии ҷубронкунии тавоноии реактивӣ то чӣ андоза таъсир мерасонанд.

Схемаи дар расми 1 овардашуда имкон медиҳад, ки ҳамаи усулҳои баррасишудаи ҷубронкунии тавоноии реактивиро: инфиродӣ (нуқтаи 4), гурӯҳӣ (нуқтаи 3) ва мутамарказ (нуқтаҳои 2 ва 1) таҳлили муқоисавӣ намоем.

Барои сеҳи хоси корхонаи саноатии номбурда бо мақсади интиҳоби адад ва тавоноии конденсаторҳои статикӣ дар батарея ҳисобкунӣ ба роҳ монда шуд. Ҳангоми ҳисобкунӣ инчунин бузургии талафоти тавоной ва энергияи электрикӣ то ҷубронкунӣ ва сипас баъди он низ муайян гардиданд.

Муайян кардани усули оптималии ҷубронкунии тавоноии реактивӣ тибқи функсияи мақсаднокӣ зерин амалӣ карда мешавад:

$$Z \rightarrow \min$$



Расми 1-Усулҳои ҷубронкунии тавоноии реактивӣ

1. Дар схемаи таъмини ЗТ 1 ҷубронкунии марказонидашудаи тавоноии реактивӣ (нуқтаи 1) истифода бурда мешавад. Дар чунин ҳолат дар схема паралел бо олоти тақсимқунандаи 0,4 кВ ЗТС шкафи батареяҳои конденсаторӣ пайваст карда мешавад;
2. Дар схемаи таъмини ЗТ 2 ҷубронкунии гурӯҳии тавоноии реактивӣ (нуқтаи 2) истифода бурда мешавад. Дар чунин ҳолат паралел бо ҳар як нуқтаи тақсимоти қуввагӣ батареяҳои конденсаторӣ пайваст карда мешавад;
3. Дар схемаи таъмини ЗТ 3 ҷубронкунии инфиродии тавоноии реактивӣ (нуқтаи 3) истифода бурда мешавад. Давр чунин ҳолат паралел бо ҳар як қабулкунаки энергияи электрикӣ батареяи конденсатории алоҳида пайваст карда мешавад.

Барои баҳодиҳии муқоисавии иқтисодии вариантҳои пешниҳодшуда хароҷоти умумии дисконтшударо, ки маҷмӯи маблағгузорию асосӣ ва хароҷотро дар тӯли муҳлати истифодабарии иншоот ифода мекунанд, ҳамчун яке аз нишондиҳандаҳои истифода мебаранд:

$$Z = \sum_{t=1}^{T_{\text{хисоб}}} Z_t (1 + E_{\text{м.м.}})^{1-t} = \sum_{t=1}^{T_{\text{хисоб}}} (K_t + I_t) \cdot (1 + E_{\text{м.м.}})^{1-t} \quad (1)$$

дар ин ҷо

Z – маблағи хароҷоти тахфифшуда;

K_t – хароҷоти асосӣ дар сол t ;

I_t – хароҷоти истифодабарӣ дар сол t ;

$E_{\text{м.м.}}$ – меъёри тахфиф;

t – солҳои сохтмон ва истифодабарии иншоот;

$T_{\text{хисоб}}$ – муҳлати хизматрасонии иншоот.

Меъери интихоби варианти чубронкунӣ барои шабака, қисми он ё иншооти алоҳида ҳадди ақали хароҷоти ҳозираи таҳфифшуда мебошад.

Хароҷоти истифодабарӣ I_t ба воситаи ифодаи зерин муайян карда мешаванд

$$I_t = I_a + I_\phi + \Delta I_t \quad (2)$$

дар ин ҷо I_a – хароҷоти умумии солони истифодабарии шабакаи электротаминкунӣ, ба истиснои хароҷоти амортизатсионӣ;

I_ϕ – хароҷоти молиявие, ки ба пардохти фоизҳо аз рӯи қарзҳо, вомбаргҳо ва ғайра мувофиқи соли давраи ҳисобӣ баробар аст;

ΔI_t – хароҷоти чуброни талафоти энергияи электрикӣ.

Хароҷоти чуброни талафоти энергияи электрикӣ ΔI_t бо ифодаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$\Delta I_t = \Delta \mathcal{E}_t \cdot A \quad (3)$$

дар ин ҷо $\Delta \mathcal{E}_t$ – талафоти ҳисобии энергияи электрикӣ дар шабака, ки дар натиҷаи ба истифода додани иншоот ба амал омадааст;

A – арзиши энергияи электрикӣ.

Натиҷаҳои ҳисобкунии талафоти энергияи электрикӣ дар системаи электротаминкунӣ ва хароҷоти умумии камшуда барои усулҳои гуногуни чубронкунии тавоноии реактивӣ дар ҷадвали 2 оварда шудаанд.

Ҷадвали 2 – Ҳосиятҳои усулҳои чубронкунии тавоноии реактивӣ

Усули чубронкунии тавоноии реактивӣ	Талафоти энергияи электрикӣ дар хатҳо, ҳаз. кВт с	Талафоти энергияи электрикӣ дар трансформаторҳо, ҳаз. кВт с	Талафоти умумии энергияи электрикӣ, ҳаз. кВт с	Хароҷоти умумӣ, ҳаз. сомонӣ.
Чубронкунии вучуд надорад	345,301	102,308	489,32	1 486,29
Инфироидӣ	217,64	815,827	357,8	1 208,11
Гурӯҳӣ	306,63	815,827	445,448	1 409,94
Марказонидашуда	307,258	102,308	467,857	1 464,24

Дар натиҷаи ҳисобкунии аз рӯи маълумоти ба даст овардашуда муайян карда шуд, ки:

- усули оқилонаи чубронкунии тавоноии реактивӣ барои шабакаи электротаминкунии сеҳӣ чубронкунии инфироидӣ мебошад.

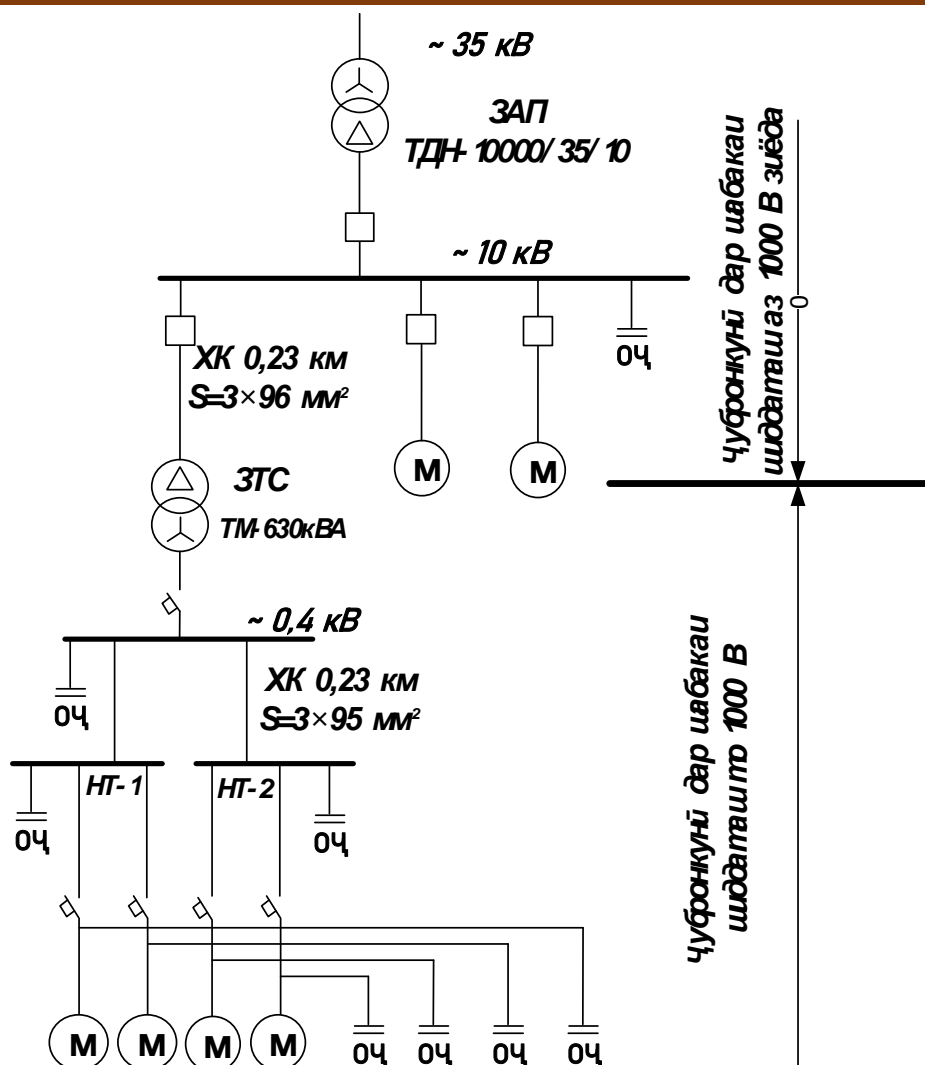
- агар хароҷоти умумиро ба инобат гирем, усули инфиродии чубронкунии тавоноии реактивӣ оқилонатарин ва оптималтарин ҳисобида мешавад.

- ҳангоми истифодабарии усули марказонидашудаи чубронкунӣ ё тамоман вучуд надоштани чубронкунӣ дар системаи электротаминкунӣ бузургҳои калонтарини талафоти энергияи электрикӣ ва хароҷоти сармоя ба назар мерасад [3].

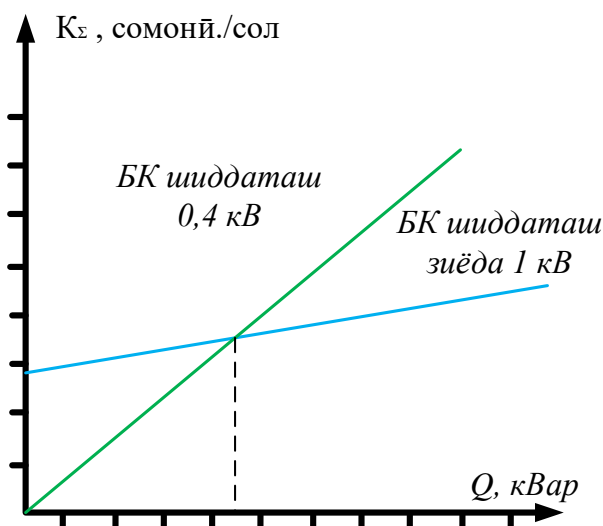
Сарфаи максималии молиявӣ тавассути кам кардани талафоти энергия фаъл ба воситаи чубронкунии инфироидӣ ба даст оварда мешавад. Аз сабаби имкони истифодаи конденсаторҳои танзимнашавандаи арзон барои қабулкунакҳои электрикӣ чубронкунии инфироидӣ дар чунин ҳолат самараноктарин ба ҳисоб меравад ва дар муддати кӯтоҳтарин маблағҳои сарфшуда бармегарданд (расми 4).

Аз тарафи дигар, чубронкунии гурӯҳӣ мӯҳлати бозпардохти каме дарозтар дорад ва ба шарофати истифодаи воситаҳои дорои танзими автомати тавоноии реактивӣ он хизматрасонии ҳамарӯзаро талаб намекунад (пайваст ва ҷудо кардани дастӣ). Ҳамин тариқ, насб кардани дастгоҳҳои чубронкунанда дар банди 3 варианти афзалиятноки чубронкунӣ аст [4], [5].

Чи тавре ки дар боло кайд карда шуд, тавоноии реактивӣ на танҳо дар тарафи шиддати паст чуброн карда мешавад, балки дар тарафи шиддати баланди ЗТС бо роҳи пайвастшавии олоти чубронкунанда ба шинаҳои шиддаташон 10 (6) кВ ЗАП низ чуброн кардан мумкин аст. Аз ин хотир, барои муайян намудани усули чуброни тавоноии реактивӣ дар ҳолатҳое, ки интихоби байни БКП ва БКБ зарур аст, мо таҳлили муқоисавӣ мегузаронем. Дар ин ҳолат, ҳама ҳисобҳо дар робита бо схемаи электрикӣ дар расми 2 овардашуда анҷом дода мешаванд, ки дар он схемаи ҳисобии сеҳ бо нишон додани ҷои пайвастшавии ОҶ ҳам ба тарафи шиддати паст ва ҳам ба тарафи шиддати баланд оварда шудааст.



Расми 2 – Схеми ҳисобӣ барои муайян кардани ҷойи пайвастануи БК дар шабакаи сеҳӣ.

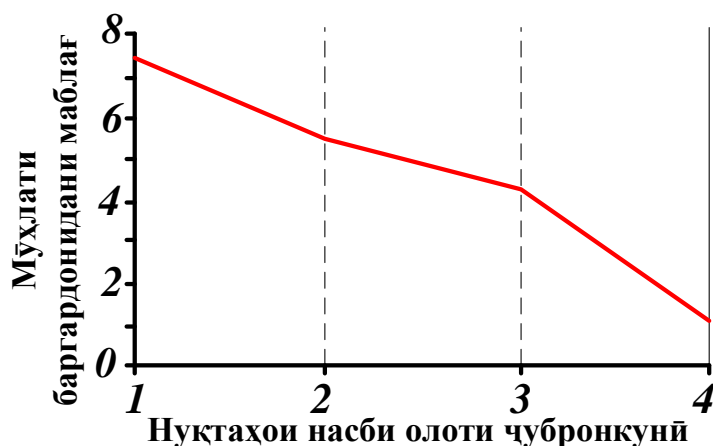


Расми 3 - Самараноки истифодабарии батареяҳои конденсаторӣ барои ҷуbronкунии тавоноии реактивӣ.

Аз расми 3 бармеояд, ки ҳангоми ҷуbronкунии тавоноии реактивӣ то Q_{BH} афзалият ба БКП дода шавад, ҳангоми ҷуbronкунии тавоноии реактивии зиёдтар, афзалиятро ба БКБ додан лозим аст.

Дар ҳолати истифодабарии БКБ хароҷотеро, ки дар натиҷаи талафоти иловагии энергияи электрикӣ дар натиҷаи ба воситаи трансформатор ва хат гузаштани тавоноии реактивӣ Q_B ба амал меояд, ба назар гирифтани лозим аст [6].

Тавоноии конденсатор ба тавоноии он ва квадрати шиддат мутаносиб аст, бинобар ин арзиши хоси БКБ тақрибан нисфи арзиши БКП аст. Бо вучуди ин, чузъи доимии хароҷот барои БКБ аз сабаби баланд шудани арзиши пайвастанавӣ ба шабака баландтар аст [2], [7].



Расми 4- Вобастагии мӯҳлати баргардонидани маблағ аз макони гузоштани олоти ҷубронкунии дар схемаи сеҳии шиддати то 1000 В.

ХУЛОСА

Татбиқи чунин чорабиниҳои техникӣ, ба мисли ҷубронкунии тавоноии реактивӣ имконият медиҳад, ки талафоти энергияи электрикиро дар шабакаҳои сеҳӣ кам намуда, хароҷоти энергияи электрикиро коҳиш дода, қобилияти гузарониши элементҳои системаи электротаяминкуниро афзуда, масъалаҳои сарфаи энергияи электрикиро дар баробари ин ҳал карда намуд.

Ҷубронкунии тавоноии реактивӣ ба мо имкон медиҳад, ки қобилияти гузарониши шабакаҳои электротаяминкуниро ба таври назаррас зиёд карда, сатҳи шиддати истеъмолкунандаро ба эътидол оварем.

Интихоби варианти самарабахши ҷубронкунии тавоноии реактивӣ ва намуди батареяи конденсаторӣ бояд дар асоси таҳлили ҳамаҷонибаи шабакаи электротаяминкунии сеҳи корхонаҳои саноатӣ ба роҳ монда шавад.

Агар шумораи зиёди истеъмолкунандагон вучуд дошта бошанд, ҷубронкунии инфиродӣ метавонад нисбат ба ҷубронкунии гурӯҳӣ камтар самаранок бошад.

Чӣ қадаре ки нисби ОҶ ба истеъмолкунанда наздик бошад, ҳамон қадар мӯҳлати баргардонидан кӯтоҳтар мешавад ва унсурҳои зиёди шабакаи электрикӣ аз ҷараёни тавоноии реактивӣ озод карда мешаванд (расми 4).

АДАБИЁТ

1. Кабышев А.В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий: учебное пособие / А.В. Кабышев; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 234 с.
2. Эффективность устройств компенсации реактивной мощности. <https://matic.ru>.
3. Компенсация реактивной мощности /Б.А. Константинов, Г.З. Зайцев. — Л.: Энергия, 1976. — 104 с.
4. О влиянии перетоков реактивной мощности на параметры систем электроснабжения промышленных предприятий /В.М. Ефременко, Р.В. Беляевский //Вестник КузГТУ, 2011.- № 3 . — С. 60-63.
5. Выбор оптимальных способов компенсации реактивной мощности в электрических сетях промышленных предприятий / В.М. Ефременко, Р.В. Беляевский, Н.В. Пономарев // Вестник КузГТУ. — 2011. — №5. — С. 81-84.
6. <http://electricalschool.info/main/drugoe/1381-jekonomicheskaja-sushnost-kompensacii.html>.
7. Новости Электротехники. Информационног справочное издание. 2(128)-3(129) /Эффективность крм в сетях промышленных предприятий. 2021г.

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

TJ	RU	EN
Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Исмоилов Фирдавс Олимшоевич	Ismoilov Firdavs Olimshoevich
н.и.т.	к.т.н.	Candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academic M.S. Osimi
e.mail: ismoilovFO@yandex.com		
ORCID Id: 0000-0001-8614-6331		

УДК 621.315.592

ВЛИЯНИЕ ДЕГРАДАЦИИ И ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ)

И.Б. Махсумов

Институт энергетики Таджикистана

В данной работе на основе анализа исследовательских материалов, рассматривается влияние деградации на энергетическую эффективность солнечных модулей, при долгой эксплуатации в условиях повышенной температуры воздуха. В частности, оценивается новый точный метод для определения физических параметров схемы с помощью одного эквивалентного диода, который имитирует фотогальванический солнечный модуль, работающий в стандартных условиях испытаний СУИ (STC). В этом методе используются четыре уравнения, три из которых связывают выходной ток с выходным напряжением короткого замыкания, максимальной мощностью и точками разомкнутой цепи. Четвёртое уравнение является первой производной выходной мощности по отношению к выходному напряжению в точке максимальной мощности. Для построения вольт-амперной (ВАХ) и мощностной характеристики (МХ), использовались технические характеристики, а именно напряжения холостого хода (V_{oc}) и ток короткого замыкания (I_{sc}) фотоэлектрического модуля компании Kyocera KC200GT и Topsun PERC при постоянной температуре и освещенности близка к стандартной условия испытания STC. Результаты исследования показали, что при длительной эксплуатации этих модулей в условиях повышенных температур 50°C и 95°C наблюдается в них деградация, характеристики которой приводится ниже в работе.

Ключевые слова: деградация солнечных модулей, повышенная температура, энергетическая эффективность, вольт-амперная характеристика, мощностная характеристика, солнечные модули.

ТАЪСИРИ ТАНОЗЗУЛ (ДЕГРАДАЦИЯ) ВА ҲАРОРАТИ БАЛАНДИ ҲАВО БА САМАРАНОКИИ ЭНЕРГЕТИКӢ МОДУЛҲОИ ОҒТОБӢ (ТАҲЛИЛИ АДАБӢОИ ИЛМӢ)

И.Б. Махсумов

Дар ин мақола дар асоси таҳлили маводҳои тадқиқотӣ таъсири танозул ба самаранокии энергетикӣ модулиҳои офтобӣ хангоми кори дарозмуддат дар шароитҳои баланди ҳарорати ҳаво дида мешавад. Аз чумла, як усули нави дақиқ барои муайян кардани параметрҳои физикӣ занҷир бо истифода аз диоди ягонаи эквивалентӣ арзёбӣ мешавад, ки он вазифаи модули фотоэлектрикӣ дар шароити санҷиши стандартӣ ШСС (STC) қорқунандаро тақлид мекунад. Дар ин усул ҷаҳор муодилаи истифода мешавад, ки сетои онҳо ҷараёни баромадро ба шиддати барояндаи расиши кӯтоҳ, тавоноии максималӣ ва нуқтаҳои занҷири кушода алоқаманд мекунад. Муодилаи ҷорум ҳосилаи аввалини тавоноии бароянда нисбат ба шиддати баромад дар нуқтаи тавоноии максималӣ мебошад. Барои сохтани тавсифномаи вольт-амперӣ (ТВ) ва тавсифномаи тавоноӣ (ТТ), хусусиятҳои техникӣ аз чумла шиддати гашти озод (V_{oc}) ва ҷараёни расиши кӯтоҳи (I_{sc}) модули фотоэлектрикӣ ширкатҳои Kyocera KC200GT ва Topsun PERC, истифода шуданд, ки онҳо дар ҳарорати доимӣ ва равшании наздик ба шароитҳои санҷиши стандартӣ (STC) қарор доштанд. Натиҷаҳои тадқиқот нишон доданд, ки хангоми кори дарозмуддати ин модулиҳо дар ҳарорати баланди 50 °C ва 95 °C дар онҳо танозул мушоҳида мешавад, ки тавсифотҳои онҳо дар зер оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: танозули модулиҳои офтобӣ, ҳарорати баланд, самаранокии энергетикӣ, тавсифномаи вольт-амперӣ, тавсифномаи тавоноӣ, модулиҳои офтобӣ.

INFLUENCE OF DEGRADATION AND HIGH AIR TEMPERATURE ON THE ENERGY EFFICIENCY OF SOLAR MODULES (LITERARY ANALYSIS)

I.B. Makhsumov

In this work, based on an analysis of research materials, the impact of degradation on the energy efficiency of solar modules during long-term operation under conditions of elevated air temperature is considered. In particular, a new accurate method is evaluated to determine the physical parameters of a circuit using a single equivalent diode that simulates a photovoltaic solar module operating under standard STC test conditions. This method uses four equations, three of which relate the output current to the output short circuit voltage, maximum power and open circuit points. The fourth equation is the first derivative of the output power with respect to the output voltage at the maximum power point. To construct the current-voltage (volt-ampere) and power characteristics (MC), technical characteristics were used, namely open-circuit voltage (V_{oc}) and short-circuit current (I_{sc}) of the photovoltaic module from Kyocera KC200GT and Topsun PERC at a constant temperature and illumination close to standard STC test conditions. The results of the study showed that during long-term operation of these modules at elevated temperatures of 50°C and 95°C, degradation is observed in them, the characteristics of which are given below in the work.

Key words: degradation of solar modules, elevated temperature, energy efficiency, current-voltage characteristics, power characteristics, solar modules.

ВВЕДЕНИЕ

В начале третьего тысячелетия потребление энергии во всем мире составляло 1634 кг нефтяного эквивалента на душу населения. В 2014 году этот показатель достиг до 1919 кг нефтяного эквивалента на одного жителя [1,2]. Сегодня глобальные потребности в энергии быстро растут. В прошлом потребление энергии в основном приходилось на промышленно развитые страны, такие как США, Западная Европа и Япония, которые имели высокие доходы. В настоящее время увеличение потребления энергии также связано с ростом доходов на душу населения с низким и средним уровнем дохода, например, в Бразилии, России, Нигерии, Южной Африке, Таджикистане и т.д. [3]. К сожалению, глобальные запасы ископаемого топлива, такие как нефть, битум, уголь и природный газ, являются невозобновляемыми источниками энергии.

В некоторых случаях чрезмерная эксплуатация привела к истощению, что создает проблему энергетической безопасности. Между тем, важные открытия природного газа и нефти во всем мире ограничены, и мировые запасы ископаемой энергии медленно растут. Кроме того, чрезмерное использование ископаемых энергетических ресурсов приводит к увеличению выбросов в атмосферу парниковых газов, таких как диоксид азота, углекислый газ и метан.

По этой причине, Земля сталкивается с серьезными экологическими проблемами, такими как истощение природных ресурсов, увеличение выбросов парниковых газов, ведущих к глобальному потеплению, и глобальное загрязнение воздуха [4]. Сегодня устойчивая и возобновляемая энергия является альтернативой земному решению для удовлетворения растущего спроса на энергию, с его тремя компонентами (I) концентрированная солнечная энергия, (II) тепловая возобновляемая источник энергии, с его тремя компонентами (I) концентрированная солнечная энергия, (II) тепловая возобновляемая источник энергии, (III) и фотоэлектрическая солнечная энергия, которой является надеждой для всего человечества. Данная работа сосредоточены на компонентах, которые преобразуют падающее солнечное излучение в электрический ток, таких как солнечные элементы, панели [5,6]. На сегодняшний день проблема ухудшения электрических и физических параметров солнечные модули продолжает привлекать внимание. Вопрос о влиянии температуры модуля и инцидента облучение по электрическим и физическим параметрам модули остается перспективной проблемой. Температура и солнечная радиация изменится в течение дня на максимум в полдень и минимум на рассвете и закате [7,8].

Поэтому крайне важно предвидеть изменение электрических и физических параметров модели в солнечный, облачный или дождливый день, чтобы предвидеть изменения характеристик текущего напряжения и точные предположения о координатах максимальной мощности, оптимальном значении сопротивления нагрузки, коэффициенте заполнения и КПД фотоэлектрического солнечного модуля, который работает в реальных условиях. Поэтому Вагуксис и др. использовали эволюционный алгоритм для оценки вольтамперных характеристик, максимальных координат точки питания, напряжения разомкнутой цепи, а также тока короткого замыкания при любой температуре и освещении [9, 10].

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДОЛОГИИ

Основные уравнения фотоэлектрического солнечного модуля. В данной работе авторами было проведено моделирование фотоэлектрического солнечного модуля посредством однодиодной эквивалентной электронной схемы имеющий пяти физических параметров (Рисунок 1). Характеристическое уравнение эквивалентной электронной схемы, дающее выходной ток как функцию выходного напряжения, записано в источниках [11,12]. Характеристическое уравнение эквивалентной электронной схемы, задающей выходной ток как функцию выходного напряжения, подробно приведены в источниках [11,12].

$$I = I_{ph} - I_s \left(\exp \left(\frac{V + I \cdot R_s}{N_s \eta V_{th}} \right) - 1 \right) - G_p (V + I \cdot R_s) \quad (1)$$

где; I_{ph} – фототок, обусловленный генерацией электронно-дырочных пар в солнечных элементах; I_s – ток обратной насыщения диода, связанный с процесс диффузии миноритарных носителей; η – коэффициент идеальности диода, который учитывает процесс генерации-рекомбинации в диоде

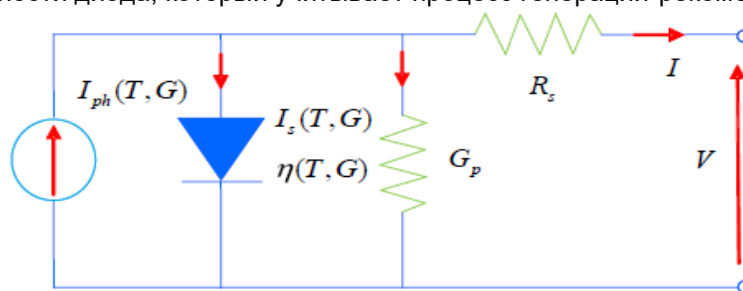


Рис. 1. Электрическая схема, моделирующая фотоэлектрический солнечный модуль [13].

где: R_s – последовательное сопротивление за счет свинцовых контактов и внутреннего сопротивления; $G_p=1/R_{sh}$ – параллельная проводимость, это обратный к шунтирующему резистору R_{sh} и описывает носители нагрузки утечка, которая происходит в терминалах солнечных элементов; $V_{th}=k_B T/q$ – тепловой напряжение, равное тепловому перемешиванию квантов энергии первичной коэффициент нагрузки; k_B – постоянная Больцмана; q – элементарный заряд; N_s – количество солнечных элементов, установленных последовательно в фотоэлектрическом модуле; T – температура модуля; V_{oc} – напряжение холостого хода между клеммами фотоэлектрического модуля и это соответствует выходному току $I = 0$ и выражается следующим образом:

$$O = I_{ph} - I_s \left(\exp \left(\frac{V_{oc}}{N_s \eta V_{th}} \right) - 1 \right) - G_p \cdot V_{oc} \quad (2)$$

Ток короткого замыкания I_{sc} через фотоэлектрический модуль соответствует выходному напряжению $V = 0$ и определяется как:

$$I_{sc} = I_{ph} - I_s \left(\exp \left(\frac{R_s \cdot I_{sc}}{N_s \eta V_{th}} \right) - 1 \right) - G_p \cdot R_s \cdot I_{sc} \quad (3)$$

В точке максимальной мощности $I = I_{mpp}$ и $V = V_{mpp}$, характеристика трансцендентного уравнения становится:

$$I_{mpp} = I_{ph} - I_s \left(\exp \left(\frac{V_{mpp} + R_s I_{sc}}{N_s \eta V_{th}} \right) - 1 \right) - G_p (V_{mpp} + R_s I_{mpp}) \quad (4)$$

Модуль температурного эффекта. В большинстве исследований, посвященных этой теме, авторы считают, что напряжение холостого хода V_{oc} , ток короткого замыкания I_{sc} и максимальное напряжение питающей точки V_{mpp} линейно зависит от температуры модуля от стандартной температуры испытания T_{STC} и это для фиксированного глобального солнечного излучения [14,15]:

$$V_{oc}(T) = V_{oc}(T_{STC}) + K_v(T - T_{STC}) \quad (5)$$

$$I_{sc}(T) = I_{sc}(T_{STC}) + K_i(T - T_{STC}) \quad (6)$$

$$V_{mpp}(T) = V_{mpp}(T_{STC}) + K_{v,mpp}(T - T_{STC}) \quad (7)$$

где $V_{oc}(T_{STC})$, $I_{sc}(T_{STC})$ и $V_{mpp}(T_{STC})$ является напряжением разомкнутой цепи, ток короткого замыкания и напряжение максимума в точке питания для данного освещения и эталонной температуры $T_{STC} = 25$ °C; K_v (mV / °C) температурный коэффициент напряжения в разомкнутой цепи; K_i (mA / °C) коэффициент текущей температуры короткого замыкания; $K_{v,mpp}$ (V / °C) является температурный коэффициент пикового напряжения в точке максимальной мощности [14].

ХАРАКТЕРИСТИКИ И НАБЛЮДЕНИЯ ДЕГРАДАЦИИ СОЛНЕЧНОГО МОДУЛЯ НА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КРЕМНИИ

Эффект снижения производительности из-за избытка носителей заряда, генерируемых в кремниевых солнечных элементах, легированных бором, либо при освещении, либо при воздействии внешних токов, вызвал большой интерес в научных исследованиях. [16]. Предпочтительным выбором тестовой структуры была прежде всего монокристаллический материал, выращенный в соответствии с чохральского из (Cz-Si) в связи в целом более высоким содержанием кислорода. По сравнению Cz-Si, до сих пор, только было проведено несколько исследований по деградации, вызванной светом поликристаллического кремния (mc-Si). Однако в 2014 году рыночная доля материалов mc-Si в PV c-Si составляла примерно 60% [17], и в течение следующих 10 лет сохранит свое доминирующее положение. Материал пластин mc-Si от различных поставщиков пластин обрабатывается для получения разлагаемых образцов жизненного цикла, ячеек и модулей. Внутренняя концентрация кислорода в материале Si измеряется с помощью инфракрасной абсорбционной спектроскопии. Лабораторные эксперименты по разложению проводят при разных температурах от 50 до 95 °C [18].

В таблице 1 приведены технические данные фотоэлектрических солнечных модулей поликристаллического кремния компании Kyocera KC200GT и Моно-мульти кристаллического si компании Topsun PERC при стандартных условиях испытаний (STC) взяты из спецификаций производителя [19,20].

Таблица 1 – Технические данные фотоэлектрических солнечных модулей поликристаллического кремния компании Kyocera KC200GT и Моно-мульти кристаллического si компании Topsun PERC

Технические параметры модулей	Kyocera KC200GT	PERC
P_{max} – максимальная мощность, (W)	200 W	260
V_{sis} – максимальное напряжение системы, (V)	600	1000
N_s – количество солнечных элементов, в фотоэлектрическом модуле, (шт)	54	72
I_{st} – ток короткого замыкания, (A)	8.21	9
V_{oc} – напряжение холостого хода, (V)	32.9	36
I_{mpp} – ток в точке максимальной мощности, (A)	7.61	8.4

Окончание таблицы 1

V_{mpp} – напряжение в точке максимальной, (V)	26.3	31
K_i – коэффициент текущей температуры короткого замыкания, (mA / °C)	3.18	4.6
K_v – температурный коэффициент напряжения в разомкнутой цепи, (mV/°C)	- 123	-150
$K_{v,mpp}$ – температурный коэффициент пикового напряжения в точке питания, (mV/°C)	- 140	-150
S_{Module} – площадь фотоэлектрического модуля, (m ²)	1.41075	1.61703
η – эффективность модуля, (%)	16	16.10
Масса, (кг)	18.5	18.9

На рисунке 2 приставлена ВАХ фотоэлектрического модуля компании Кюсера KC200GT при стандартных условиях испытаний (STC) взяты из спецификаций производителя, для дальнейшего сравнения при условиях невыполнении (STC) [19,20].

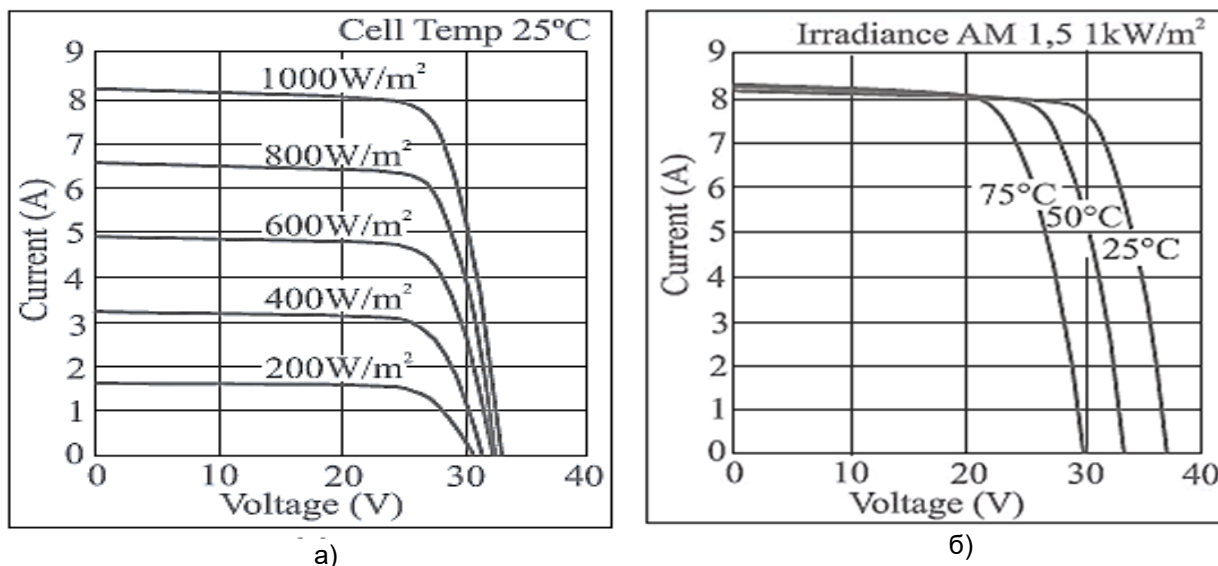


Рис. 2 – Вольтамперная характеристика фотоэлектрического модуля компании Кюсера KC200GT (а) при постоянной температуре, (б) при постоянном освещении

Кроме того, ток короткого замыкания (I_{sc}) и напряжения холостого хода (V_{oc}) также важны для полной характеристики модуля PV. Они отмечают точки, в которых мощность, генерируемая PV, равна нулю, но выходной ток или напряжение достигают максимального значения, соответственно. Мощностная характеристика фотоэлектрического модуля Кюсера KC200GT, полученная путем моделирования представлена на рис. 3 [19].

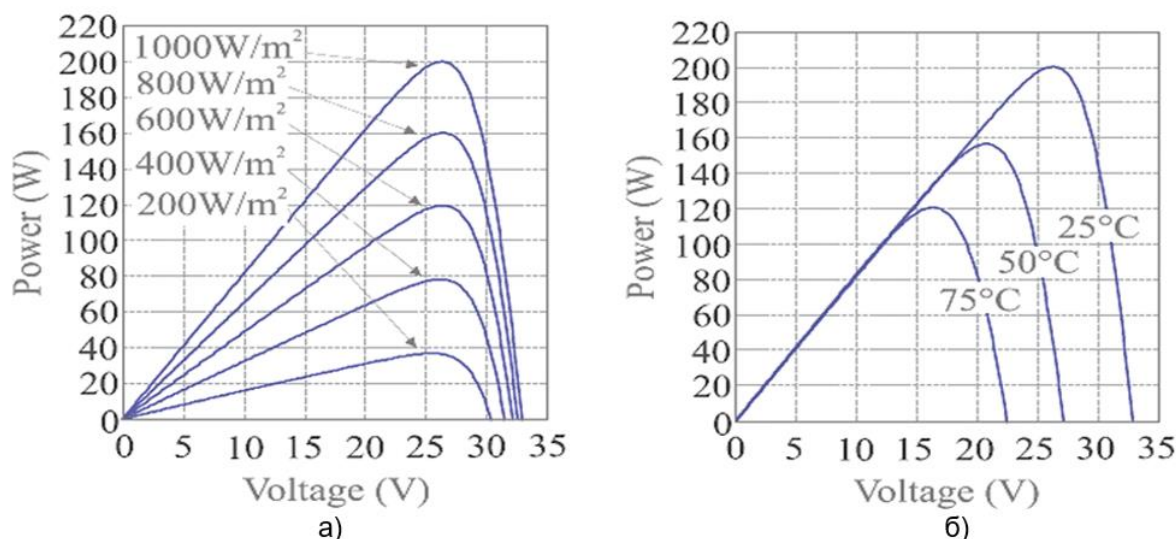


Рис. 3 – Мощностная характеристика фотоэлектрического модуля Кюсера KC200GT, полученная путем моделирования: (а) при постоянной температуре и (б) при постоянной солнечной радиации

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фундаментальным аспектом износа фотоэлектрических элементов является деградация материала или внутренняя деградация, которая может быть незаметна невооруженным глазом, но влияет на производительность фотоэлектрических солнечных батарей. Ухудшение состояния солнечных элементов вызвано уменьшением запрещенной зоны полупроводника, которое происходит при повышении температуры окружающей среды. Зазоры могут быть уменьшены на 1,569 эВ до 1,508 эВ для перовскитных солнечных элементов. Одна из основных причин разрушения фотоэлектрических элементов также связана с изменением цвета герметика. Факторы стресса, в том числе высокие температуры и влажность, играют значительную роль в случае деградации, что приводит к более быстрому старению клеток, чем планировалось. Потенциально-индуцированная деградация (ПИД), которое оказывает существенное влияние на фотоэлектрические модули, является дополнительной причиной значительной деградации фотоэлектрических модулей.

На следующих характеристиках рассмотрим непрерывно измеренные данные V_{oc} для солнечных батарей PERC, чувствительных к LeTID, для mc-Si при двух неодинаковых повышенных температурах (50 °C и 95 °C) и в двух режимах работы (V_{oc} и I_{sc} режим) во время освещения при 300 Вт/м². Измеренные значения V_{oc} – это освещенность и температура, скорректированные до STC (25 °C, 1000 Вт/м²) и нормализованные к начальному V_{oc} . Значительная деградация V_{oc} при 95 °C в V_{oc} режим ~ 10% примерно через 150 часов можно наблюдать. Ячейка PERC удерживается в тех же условиях, но работает в режиме I_{sc} (таким образом, более низкий уро Degradation of multicrystalline вень впрыска), демонстрирует более медленную деградацию. Из рис. 4 можно сделать вывод, что LeTID ускоряется либо при более высокой температуре, либо при более высоком уровне впрыска. После достижения максимального уровня деградации LeTID обладает также эффектом регенерации. После ~ 1000 часов при 95 °C в режиме V_{oc} ячейки PERC практически полностью восстанавливаются [21-24].

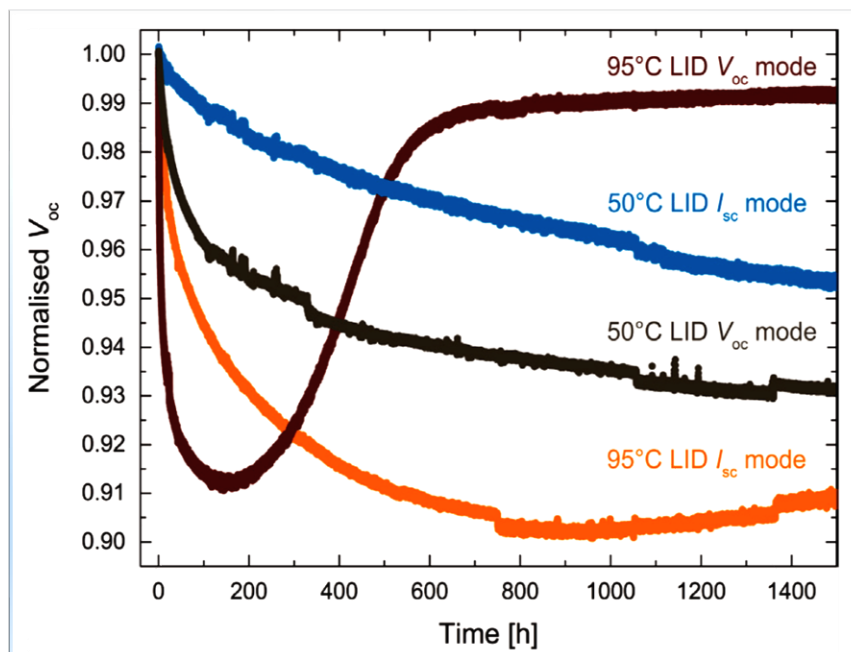


Рис. 4 – Температура и освещенность были скорректированы по данным STC V_{oc} четырех ячеек mc-PERC во время освещения (300 Вт/м²) при двух температурах и рабочих режимах (50 °C и 95 °C; режим V_{oc} и I_{sc})

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой статье рассмотрен новый метод извлечения физических параметров в случае фотоэлектрического солнечного модуля, поведение которого моделировалось однодиодной электронной схемой и который работал в стандартных условиях испытаний. В методе использовались четыре уравнения, три из которых выражали выходной ток как функцию выходного напряжения в точках короткого замыкания, холостого хода и максимальной мощности. Четвертое уравнение – это первая производная выходной мощности относительно выходного напряжения в точке максимальной мощности. В соответствии с этим методом было использовано коэффициент идеальности η в качестве параметра вариации. Полученные значения физических параметров послужили начальными условиями для построения аналитических и численных моделей, описывающих влияние температуры модуля и падающего солнечного излучения на фототок, коэффициент идеальности и ток насыщения при сохранении постоянной последовательной и шунтирующей проводимости. Эти модели позволили

прогнозировать вольт-амперные характеристики для произвольных условий эксплуатации по температуре и освещенности.

ВЫВОДЫ

По теоретическим экспериментам деградация солнечных модулей при температурах эксплуатации в 95 °С можно сделать следующие выводы:

1. Процесс деградации в монокристаллических солнечных модулях происходит при их эксплуатации на местности с повышенными климатическими температурами выше 50 °С.
2. При достижении 95 °С во время эксплуатации солнечного модуля наблюдается режим короткого замыкания и холостого хода на солнечных модулях, что может привести модуль к быстрому процессу деградации.
3. Деградация фотоэлектрических модулей также зависит от длительного времени работы модуля на повышенном уровне освещенности.
4. Для повышения эффективной работы фотоэлектрических модулей надо обеспечить стандартные условия испытания STC.

ЛИТЕРАТУРА:

1. THE WORLD BANK. (2020). Energy use (kg of oil equivalent per capita). Retrieved from: [Электронный ресурс]. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.PCAP.KG.OE> (дата обращения 20.09.2022).
2. Global Energy Statistical Yearbook 2019. (2020). Retrieved from: [Электронный ресурс]. – URL: <https://yearbook.enerdata.net/> (дата обращения 20.09.2022).
3. THE WORLD BANK. Fossil (2020). Fuel energy consumption (% of total). Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.FO.ZS>
4. X. Gao, Y. Cui, J. Hu, G. Xu, and Y. Yu, “Lambert W-function based exact representation for double diode model of solar cells: Comparison on fitness and parameter extraction,” *Energy Conversion and Management*, vol. 127, pp. 443–460, 2016.
5. Кирпичникова, И.М. Сравнительный анализ генерации электрической энергии фотоэлектрическими модулями в различных температурных условиях / И.М. Кирпичникова, Д.А. Эвок, И.Б. Махсумов // *Электричество*. – 2023. – № 11. – С. 34-41. <https://doi.org/10.24160/0013-5380-2023-11-34-41>
6. Кирпичникова, И.М. Снижение генерации электрической энергии солнечными модулями в условиях запыленности местности / И.М. Кирпичникова, И.Б. Махсумов, В.В. Шестакова // *iPolytech Journal*. – 2023. – Т. 27, № 1. – С. 83-93. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2023-1-83-93>
7. X. Gao, Y. Cui, J. Hu, G. Xu, Z. Wang, J. Qu, et al., “Parameter extraction of solar cell models using improved shuffled complex evolution algorithm,” *Energy Conversion and Management*, vol. 157, pp. 460–479, 2018.
8. X. Gao, Y. Cui, J. Hu, N. Tahir, and G. Xu, “Performance comparison of exponential, Lambert W function and Special Trans function based single diode solar cell models,” *Energy Convers Manage*, vol. 171, pp. 1822–1842, 2018.
9. M. Barukcic, Z. Hederic, and Z. Spoljaric, “The estimation of I-V curves of PV panel using manufacturers’ I–V curves and evolutionary strategy,” *Energy Convers Manage*, vol. 88, pp. 447–458, 2014.
10. M. Barukcic, V. Corluca, and K. Miklosevic, “The irradiance and temperature dependent mathematical model for estimation of photovoltaic panel performances,” *Energy Convers Manage*, vol. 101, pp. 229–238, 2015.
11. S. Aazou, E.M. Assaid, “The real photovoltaic solar cell,” *Maple application center*; 2009. Retrieved from <https://fr.maplesoft.com/applications/view.aspx?SID=33045>
12. Махсумов, И. Б. Разработка и методология расчета системы солнечной энергетической генерации для бытового применения / И. Б. Махсумов, С. Р. Ниези, М. М. Вохидов // *Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования*. – 2022. – № 3(59). – С. 26-32.
13. S. Aazou, A. Ibral, M.S. White, M. Kaltenbrunner, E.D. Glowacki, D.A.M. Egbe, et al., “Organic bulk heterojunction solar cells based on p3ht and anthracene-containing ppe-ppv: fabrication, characterization and modeling,” *J Optoelectron Adv Mater*, vol. 15, pp. 395–404, 2013.
14. H. El Achouby, M. Zaimi, A. Ibral, and E.M. Assaid, “New analytical approach for modelling effects of temperature and irradiance on physical parameters of photovoltaic solar module,” *Energy Conversion and Management*, vol. 177, pp. 258–271, 2018.
15. V.J. Chin, Z. Salam, and K. Ishaque, “Cell modelling and model parameters estimation techniques for photovoltaic simulator application: A review,” *Applied Energy*, vol. 154, pp. 500–519, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.05.035>
16. A. Chatterjee, A. Keyhani, and D. Kapoor, “Identification of photovoltaic source models,” *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 26, issue. 3, pp. 883–889, 2011. <https://doi.org/10.1109/TEC.2011.2159268>
17. International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV), 2013 Results, Revision 1, 24 March 2014.
18. K. Friederike, P. Engelhart, P. Hans-Christoph, A. Stekolnikov et al., “Degradation of multicrystalline silicon solar cells and modules after illumination at elevated temperature,” *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 142, pp. 83–86, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2015.06.015>
19. F.C. Roberto, “An Optimized Maximum Power Point Tracking Method Based on PV Surface Temperature Measurement,” *Sustainable Energy - Recent Studies*, pp. 3–27, 2012. <https://doi.org/10.5772/51167>

20. KC200GT High Efficiency Multicrystal Photovoltaic Module Datasheet Kyocera. (2020). Retrieved from <https://www.kyocerasolar.com/dealers/product-center/archives/spec-sheets/KC200GT.pdf>

21. K. Friederike, P. Engelhart, P. Hans-Christoph, A. Stekolnikov et al., “Degradation of multicrystalline silicon solar cells and modules after illumination at elevated temperature,” Solar Energy Materials & Solar Cells, vol. 142, pp. 83–86, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2015.06.015>

22. Кирпичникова, И.М. Проблема деградации солнечных модулей и пути ее решения / И.М. Кирпичникова // Малая энергетика: проблемы, задачи и перспективы: Материалы Международной научно-практической конференции, Краснодар, 15–16 июня 2023 года. – Краснодар: ФГБУ "Российское энергетическое агентство" Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ- филиал ФГБУ "РЭА" Минэнерго России, 2023. – С. 92-97.

23. Кирпичникова, И.М. Анализ эффективности тепловой защиты фотоэлектрических преобразователей солнечной электростанции / И.М. Кирпичникова, А.С. Мартьянов, И.Б. Махсумов //Промышленная энергетика. –2021 № 5. – С.34-44.

24. Кирпичникова, И.М. Деградация солнечных модулей. Виды, причины, методы диагностики модулей / И.М. Кирпичникова, В.А. Заварухин // Энергосбережение и водоподготовка. – 2021. – № 2(130). – С. 37-42.

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

TJ	RU	EN
Махсумов Илҳом Бурхонович	Махсумов Илхом Бурхонович	Makhsumov Ilkhom Burkhonovich
н.и.т.	к.т.н.	Candidat of engineering sciences
Донишкадаи энергетикӣ Тоҷикистон	Институт энергетикӣ Таджикистана	Tajik Power Engineering Institute
e. mail: messi.ilhom@gmail.com		
ORCID Id: 0000-0001-7985-1315		

УДК 620.92

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ПЛАВУЧЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МУМИНАБАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ХАТЛОНСКОЙ ОБЛАСТИ

Расулов С., Юсуфбеков Н.Ш., Кодиров А.С., Рахматов Д.Ш., Кулулов М.А.

Центр инновационного развития науки и новых технологий НАНТ

В данной статье на примере Муминабадского водохранилища показана эффективность использования водной поверхности естественных и искусственных водоемов для развития солнечной энергетики Таджикистана. Следовательно, на базе плавучих солнечных электростанций предлагается создать надежную систему электроснабжения для насосных станций машинного орошения.

Ключевые слова: плавучие солнечные электростанции, электроснабжение, насосные станции, водохранилища, машинное орошение, водохозяйственная система.

АРЗЁБИИ ИМКОНЯТИ СОХТАНИ СТАНСИЯИ ЭЛЕКТРИКИИ ОФТОБИИ ШИНОКУНАНДА ДАР САТҶИ ОБИ ОБАНБОРИ МУМИНОБОДИ ВИЛОЯТИ ХАТЛОН

Расулов С., Юсуфбеков Н.Ш., Қодиров А.С., Раҳматов Д.Ш., Кулулов М.А.

Дар ин мақола дар мисоли обанбори Муъминобод самаранокии истифодаи сатҳи оби обанборҳои табиӣ ва сунъӣ барои рушди энергетикаи офтобӣ дар Тоҷикистон нишон дода шудааст. Аз ин ру, дар заминаи нерӯгоҳҳои электрикии офтобии шиноқунанда имконияти ба вучуд овардани системам боэътимоди электрикии обёрии сунъӣ ба вучуд оварда мешавад.

Калимаҳои калидӣ: нерӯгоҳи электрикии офтобии шиноқунанда, таъминоти энергия, пойгоҳҳои насосӣ, обанбор, мошинаи обкашӣ, системаи хоҷагии об.

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF CREATING A FLOATING SOLAR POWER PLANT ON THE WATER SURFACE OF THE MUMINABAD RESERVOIR IN KHATLON REGION

RASULOV S., YUSUFBEKOV N.Sh., KODIROV A.S., RAKHMATOV D.Sh., KULULOV M.A.

This article shows the efficiency of using the water surface of natural and artificial reservoirs for the development of solar energy in Tajikistan on the example of the Muminabad reservoir. To create a reliable power supply system for machine irrigation on the basis of a floating solar power plant.

Key words: floating solar power plants, power supply, pumping stations, reservoirs, pumped irrigation, water management system.

Введение

За прошедший период (2019-2022 г.) официальные данные по потреблению электроэнергии в различных секторах экономики Республики Таджикистан показывают, что основными потребителями электроэнергии в стране являются промышленные предприятия, которые потребляют 48.38% производимой электроэнергии. Вторым по величине потребления электроэнергии является население и составляет почти 29 % (без учета ограничений по поставкам электроэнергии в зимний период). Третье место в этом процессе занимает Агентство мелиорации при Правительстве Республики Таджикистан (АМИ), которое осуществляет машинное орошение в водохозяйственной системе страны и ежегодно требует более 1.6 млрд. кВт·ч, что составляет более 11% в общем потреблении электроэнергии по стране. В летний период порядка 20% выработки электроэнергии в энергосистеме расходуется на нужды машинного орошения. Средневзвешенный удельный расход электроэнергии насосными станциями на перекачку одного кубометра воды составляет 0.64 кВт·ч, варьируясь в пределах 1.09 – 0.33 кВт·ч/куб.м. Среднее потребление энергии составляет более 9.0 тыс. кВт·ч на один гектар в год. Удельная норма по водоподаче насосами на один гектар составила 14.5 тыс. куб. м воды в год.

По информации АМИ, из 1.5 млн. га земель, потенциально пригодных к орошению, фактически используется 762 198 га орошаемых земель. Из освоенных земель 47% или 383.1 тыс. га обслуживается 481 насосной станцией, из которых фактически работают только 388 единиц с 1492 агрегатами.

В зоне влияния Муминабадского ирригационного водохранилища находятся 12 насосных станций с электрической мощностью около 4.0 мВт, которые обеспечивают орошение 690 гектаров земель. Необходимо отметить, что оборудование большинства насосных станций по республике, в том числе в Кулябской зоне фактически как физически, так и морально устарели, и соответственно наблюдается рост ежегодных эксплуатационных затрат в электроснабжении оросительных систем.

Электроснабжение насосных станций АМИ осуществляется национальной энергетической системой Таджикистана по воздушной линии на напряжении 110 и 35 кВ. Нестабильная поставка электроэнергии, особенно весной, когда в энергосистеме образуется колоссальный объем дефицита

мощностей, приводит к значительным потерям урожая и дополнительным расходам на техническое обслуживание. Здесь также отмечается, что влияние качества подаваемой электроэнергии, включая периодические отключения и перерывы в подаче воды, разрушают поливной режим и создают значительные ограничения в производстве сельскохозяйственной продукции. Следовательно, надежное электроснабжение водохозяйственных систем является важным фактором устойчивого гарантированного водоснабжения и продовольственной безопасности Таджикистана. Для надежного электроснабжения и эффективности функционирования машинного орошения предлагается использовать плавучие солнечные электростанции (СЭС) в качестве альтернативного источника энергии, что показано на примере использования водной поверхности Муминабадского ирригационного водохранилища.

Объект исследования

Муминабадское ирригационное водохранилище является искусственным инженерным гидротехническим сооружением и предназначено для обеспечения местного населения Муминабадского района и сельскохозяйственных угодий Кулябского района водой путем аккумуляции весеннего стока притока р. Яксу, поступающей через проводящий канал Куллую длиной 12 км (рис 1). Водоохранилище построено в 1958 году и расположено на высоте 1186 м над уровнем моря, площадь 222 га (2.22 км²), объем 30 млн. м³. Мертвый объем при ГМО (горизонт мертвого объема) 1205 составляет 1200 тыс. м³ с максимальной глубиной 20 м.

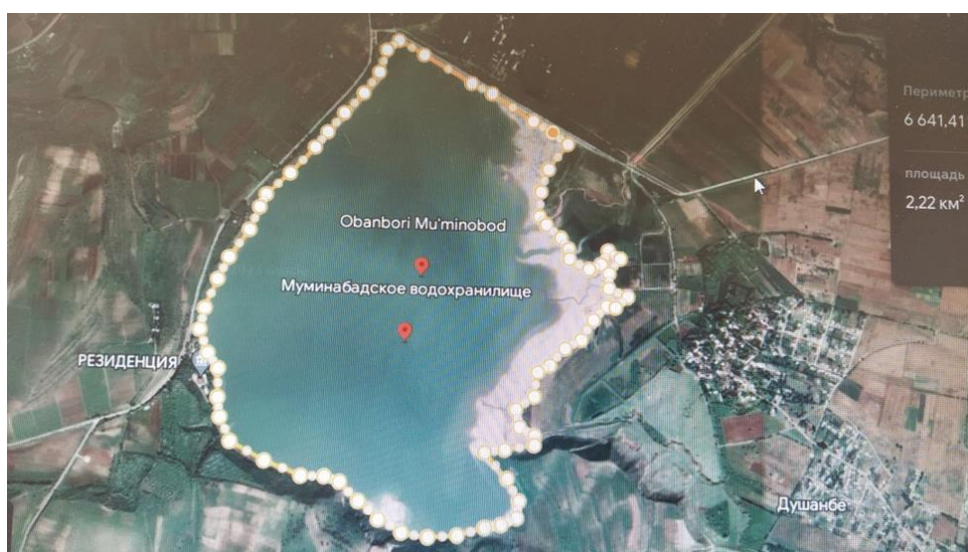


Рисунок 1 – Муминабадское водохранилище

Термический режим Муминабадского водохранилища в основном зависит от температуры воздуха. Температура в поверхностных слоях воды в июле–августе достигает +26+27 °С. Суточные колебания температуры в поверхностных и придонных слоях воды выражены более значительно в летний период и несколько слабее в остальные времена года. Разница температуры поверхностных и придонных слоев воды в течение года составляет 1.5–2.5 °С. Необходимо отметить, что водохранилище полностью не замерзает, но в холодные зимы изредка наблюдается образование тонкого ледяного покрова.

Потенциал солнечной энергии в Таджикистане

По результатам исследования специалистов НАН Таджикистана среднее значение мощности солнечного облучения (p) для Таджикистана равно 202.2 Вт/м² [6]. При общей площади территории Таджикистана 143.1 тыс. км², это дает общую среднегодовую мощность 28 934 820 МВт.

Из общей площади территории Таджикистана 93% - горы, остальные 7% составляет равнина. Это говорит о том, что только в пределах 0.5-1% (при 1% 14 310 000 м²) всей территории существует возможность использовать под гелиоустановки площади, которые не подлежат застройке и не используются в сельском хозяйстве. При полном покрытии 14 310 000 м² территории теоретическая среднегодовая мощность получится 57 812 400 кВт. Если эти показатели сравнить с потенциальными гидроэнергетическими ресурсами Таджикистана 32 628 000 кВт [5], тогда превосходство переходит на сторону солнечной энергии, а именно в 1.77 раза.

Расчет мощности плавучей СЭС (ПСЭС)

В настоящее время для забора воды с водохранилища работают 12 насосов с общей установленной мощностью 3 842 кВт, т.е. предполагаемая электрическая нагрузка составляет около 4 000 кВт. В настоящее время насосные станции питаются от электрических сетей Кулябского региона.

Согласно [3] общее горизонтальное солнечное излучение этой местности составляет 1745.2 кВт-ч на квадратный метр в год, а общее наклонное облучение под углом 32° 1979 кВт-ч/м² год. Как уже отметили, общая площадь поверхности водохранилища составляет 2 220 000 м².

При полном использовании данной площади (S) получаем потенциальную мощность (P_{пот.})

$$P_{\text{пот.}} = S \cdot p = 448\,884 \text{ кВт.}$$

Учитывая, что по объективным причинам невозможно полностью покрывать площадь водохранилища солнечными батареями, предлагаем вариант использовать только 60 % от общей площади (S), тогда получаем следующее значение технической мощности (P_{тех.}):

$$P_{\text{тех.}} = P_{\text{пот.}} \cdot 0.6 = 270\,000 \text{ кВт.}$$

Однако важно отметить, что полное освоение этого технического потенциала (P_{тех.}) возможно только при покрытии данной площади солнечными батареями со 100 %-ными к.п.д. (η). В реальности имеется возможность устанавливать солнечные панели с к.п.д. 20 %, тогда получим располагаемую мощность установки (P_{расп.}).

$$P_{\text{расп.}} = P_{\text{тех.}} \cdot \eta = 54\,000 \text{ кВт.}$$

Напомним, что общая мощность насосов составляет 4 000 кВт.

Если принимать продолжительность солнечного излучения (t) в этом регионе 2700 часов/год, тогда годовая выработка электроэнергии (E) получится

$$E = P_{\text{расп.}} \cdot t = 145\,800\,000 \text{ кВт.ч.}$$

Как видно из расчета, использование почти половины площади водохранилища может полностью обеспечить потребность всех насосов энергией. В зависимости от электрической нагрузки насосов можно выбрать количество панелей, понтонов, аккумуляторов, контроллеров, инверторов, объем кабельной продукции и другого вспомогательного оборудования.

Плавучая СЭС состоит из следующих компонентов (рис 2):

1. Солнечные батареи, которые непосредственно генерируют электрический ток постоянного напряжения.
2. Сетевые инверторы постоянный ток преобразуют в ток переменный.
3. Система мониторинга отслеживает параметры работы солнечной электростанции (вспомогательные).
4. Понтоны и металлоконструкции, на которых крепятся солнечные батареи.
5. Централизованная линия электропередачи (в качестве резервного питания).
6. Потребители мощности (солнечные насосы).

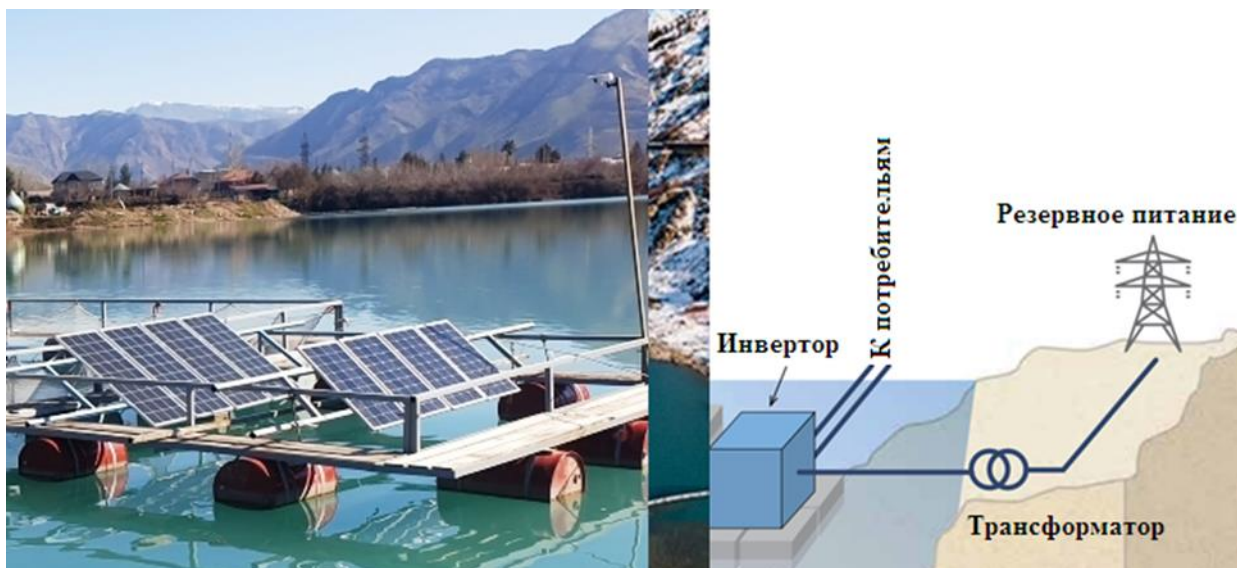


Рисунок 2 – Схематическое изображение плавучей СЭС и её основные компоненты

Оценка эффективности перехода электроснабжения от централизованной на автономное.

Солнечная электростанция эффективно работает при низких температурах, но их эффективность заметно снижается, если панель нагревается выше определенной температуры за счет тепла, поднимающегося от земли. Поскольку поверхность воды не нагревается до температур, которые могут быть на поверхности земли летом, расчетная эффективность плавучей электростанции выше, чем у наземной системы [6]. Плавучие солнечные станции располагают несколькими основными преимуществами. Первое заключается в более эффективной выработке энергии, и связано оно с работой в более прохладных условиях, так как они устанавливаются прямо на поверхности воды.

Основным механизмом охлаждения солнечных панелей является конвекция, а воздушные потоки над водой, как правило, холодные, что позволяет держать температуру панелей на низкой отметке, тем самым увеличивая эффективность и, как следствие, выработку энергии. Есть и другие важные преимущества, одним из которых является радиационный баланс. Альбеде воды, равно как и альбеде солнечных панелей, достаточно низкое. Под альбеде мы понимаем отношение объема отражаемой от поверхности радиации к объёму поглощаемой. Когда солнечные панели устанавливаются на земле (а альбеде земли достаточно высоко), общее альбеде данного участка меняется в сторону уменьшения количества отражённой землёй радиации. Однако при установке солнечных станций на поверхности воды такого не происходит, так как уровень альбеде, воды и панелей низок и находится приблизительно на уровне 5%. Это и называется радиационным балансом. Таким образом, важным фактором для плавучих станций является то, что они не меняют альбеде того места, где установлены. Другим преимуществом является экономия воды. Использование плавучих станций сокращает уровень испарения, что может быть использовано в местах с острой нехваткой воды. Также к плюсам можно отнести упрощённую процедуру очистки панелей в связи с непосредственной близостью к воде. Мы также можем утверждать, что панели, установленные на воде, подвергаются меньшему количеству термических циклов. Представим солнечную панель, установленную в пустыне. Днём там довольно тепло, а ночью холодно. Такой термический цикл сокращает срок службы панели. Вода же выполняет функцию теплоотвода от генерирующих устройств, следовательно, станция не подвергается такому эффекту.

Если средневзвешенный удельный расход электроэнергии насосными станциями на перекачку одного кубометра воды принять 1.09 кВт·ч, а среднее потребление энергии взять 9500 тыс. кВт·ч на один гектар в вегетационный период, тогда на 690 га земли расходуется примерно 6 555 000 кВт·ч электроэнергии.

Разница между производством электроэнергии ($E_{пр.}$) и потреблением насосов ($E_{пот. н.с.}$) получается

$$\Delta E = E_{пр} - E_{пот. н.с} = 139\,245\,000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Учитывая расход на собственное потребление, излишек электрической энергии можно подавать по существующей линии электропередачи населению Муминабадского района. В районе проживают около 20 000 семей. При средней потребности домохозяйства в 2 кВт, суммарная нагрузка по населению составляет 40 000 кВт. Тогда общая нагрузка с учетом потребности общественных учреждений района, которая оценивается в 20 % от потребности населения, составляет 48 000 кВт.

При установленной мощности плавучей СЭС в 54 000 кВт, требуемые капитальные вложения на строительство составляют 81 000 000 \$US, а ежегодные эксплуатационные расходы оцениваются в 2 430 000 \$US. Стоимость одного кВт на строительство СЭС приняли 1500 \$US. Себестоимость электроэнергии при этом получается 2.0 цента/кВт·ч.

Заключение

Предварительные исследования показывают, что альтернативным вариантом для электроснабжения насосных станций машинного орошения в Южных водохозяйственных системах страны может стать использование солнечной энергии путем строительства солнечных электрических станций, при этом достаточно эффективно использовать поверхности вод естественных и искусственных водоемов. Озера и реки воды, которых замерзают, не пригодны к установкам плавучих СЭС. Пример использования Муминабадского ирригационного водохранилища является одним из первоначальных вариантов реализации данной идеи.

Литература

1. Ахмедов Х.М., Хулми М.Г., Расулов С. Анализ состояния и перспектив использования солнечных водяных насосов для орошения и водоснабжения Каратага // Изв. НАНТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук, 2021, № 3 (184), с.156-164.
2. Бойко Е.Г. Плавучие солнечные электростанции. [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/29378/Plavuchie_solnechnye_ehlektrostantsii.pdf?sequence=1
3. Глобальный Солнечный Атлас [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://globalsolaratlas.info/>
4. Илолов М., Расулов С., Рахматов Дж.Ш. Плавучие фотовольтаические электростанции (FPV): технико-экономический потенциал водоемов Таджикистана. // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития физики, техники и технологии полупроводников», 2021, -с. 20-31.
5. Киргизов А.К. Развитие и оптимизация режимов электроэнергетической системы с распределенными возобновляемыми источниками энергии методами искусственного интеллекта (на примере Республики Таджикистан) // дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук – Новосибирск, 2017. – 189 с.
6. Петров Г.Н., Ахмедов Х.М., Илолов М., Кодоров А.С., Расулов С., Рахматов Дж. Схема энергетического освоения водных ресурсов реки Каратаг // Изв. НАНТ, Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук, 2020, №3 - с.143-151.

7. Петров Г.Н., Ахмедов Х.М., Кабутов К., Каримов Х.С. Общая оценка ситуации в энергетике в мире и Таджикистане // Изв.АН РТ. Отд. физ-мат., хим., геол. и техн. наук. 2009, №2 (135), с. 101-111.

8. Таджикистан экспресс – оценка и анализ пробелов [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.undp.org> .

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

TJ	RU	EN
Расулов Сабур	Расулов Сабур	Rasulov Sabur
номзади илмҳои иктисод	кандидат экономических наук	candidate of economical sciences
Ходими пешбари илмии Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави АМИТ	Ведущий научный сотрудник Центра инновационного развития науки и новых технологий НАНТ	Researcher of the Center for innovative development of sciences and new technologies NAST
<i>sabur.rasulov@mail.ru</i>		
TJ	RU	EN
Юсуфбеков Наримон Шодихонович	Юсуфбеков Наримон Шодихонович	Yusufbekov Narimon Shodikhonovich
Ходими илмии Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави АМИТ	Научный сотрудник Центра инновационного развития науки и новых технологий НАНТ	Researcher of the Center for innovative development of sciences and new technologies NAST
<i>nyusufbekov@gmail.com</i>		
TJ	RU	EN
Кодиров Анвар Саидкулович	Кодиров Анвар Саидкулович	Kodirov Anvar Saidkulovich
номзади илмҳои техникӣ	кандидат технических наук	candidate of technical sciences
Директори Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави АМИТ	Директор Центра инновационного развития науки и новых технологий НАНТ	Director of the Center for innovative development of sciences and new technologies NAST
as.kodirov@gmail.com		
TJ	RU	EN
Рахматов Джамшед Шавкатович	Рахматов Джамшед Шавкатович	Rahmatov Jamshed Shavqatovich
Муовини директори Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави АМИТ	Заместитель директора Центра инновационного развития науки и новых технологий НАНТ	Deputy director of the Center for innovative development of sciences and new technologies NAST
<i>jamesd007@rambler.ru</i>		
TJ	RU	EN
Кулулов Махмадилло Абдуллоевич	Кулулов Махмадилло Абдуллоевич	Kululov Mahmaddillo Abdulloevich
Ходими илмии Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави АМИТ	Научный сотрудник Центра инновационного развития науки и новых технологий НАНТ	Researcher of the Center for innovative development of sciences and new technologies NAST
cidsnt@mail.ru		

УДК 502.174.3

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СВОБОДНОПОТОЧНОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ РЕКИ ЗАРАВШАН

Шоёкубов Ш.Ш., Ботуров К., Алидодов Т.М., Хомидзода И. С., Валиев Дж. Ш.

Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН Таджикистана

В работе исследован свободнопоточный гидроэнергетический потенциал реки Заравшана при использовании поплавковых речных электростанций (ПРЭС) с галоидными гидротурбинами Горлова. Расчитаны минимальная мощность отдельных поплавковых ГЭС в двух участках реки Зарафшон и показан суммарный годовая выработка электроэнергии общей линии.

Ключевые слова: Свободнопоточный, поплавокная электростанция, галоидная гидротурбина Горлова, гидроэнергетический потенциал, формула Дарси–Вейсбах.

ПОТЕНСИАЛИ ЭНЕРГИЯИ ОЗОДЧАРАЁНИ ДАРЁИ ЗАРАФШОН

Шоёкубов Ш.Ш., Ботуров Қ., Алидодов Т.М., Хомидзода И. С., Валиев Ҷ. Ш.

Дар ин мақола иқтидори гидроэнергетикии озодчараёни дарёи Зарафшон бо истифода аз нерӯгоҳҳои барқии озодшинокунандаи дарёӣ (НБОШ) бо гидротурбинаҳои галоедии Горлов омӯхта шудааст. Иқтидори ҳаҷди ақали нерӯгоҳҳои алоҳидаи озодшинокунанда дар ду қитъаи дарёи Зарафшон ҳисоб карда шуда, ҳаҷми умумии солони тавлиди нерӯи барқи ҳагги умумӣ нишон дода шудааст.

Калидвожаҳо: Озодчараён, нерӯгоҳи барқии шинокунанда, турбинаи гелоедии Горлов, зарфияти гидроэнергетикӣ, формулаи Дарси-Вейсбах.

FREE-FLOW HYDROPOWER POTENTIAL OF THE ZARAFSHAN RIVER

Shoyukubov Sh.Sh., Boturov K., Alidodov T.M., Homidzoda I. S., Valiev J. Sh.

In this paper, the free-flowing hydropower potential of the Zarafshan river was studied using float-operated river power plants with Gorlov's halide hydroturbines. The minimum capacity of individual float HPPs in two sections of the Zarafshan river is calculated and the total annual electricity generation of the total line is shown.

Key words: free flow, float power plant, Gorlov hydrohalide turbine, hydro energypotential, Darcy–Weisbach formula.

Введение

В структуре возобновляемых энергоресурсов весьма перспективными энергоносителями являются речные потоки, способные развивать наибольшую для возобновляемых источников удельную мощность. Самым стабильным и независимым от капризов природы методом получения электроэнергии, по сравнению с гелио и ветроэнергетикой является бесплотинная технология извлечения энергии, получившая на Западе термин “свободнопоточная гидроэнергетика”, которая устраняет нужды создания деривационных сооружений для перекрытия воды, затапливающих обширное пространство.

Большие и средние несудоходные горные реки обладают очень большим энергетическим потенциалом. Согласно официальным данным гидрогеографической сети Республики Таджикистан, в стране имеется более 25 тысяч средних и малых рек с общей протяженностью 69,2 тысяч километров. Средняя плотность речной сети Таджикистана составляет около 0,6 км/км²[1]. Перепад рек на каждом километре в среднем составляет от 4 до 11 и более метров, а скорость течения – соответственно от 1 до 6 и более метров в секунду.

Потенциал большой гидроэнергетики Таджикистана составляет 528 млрд. кВт, а малой — 184,4 млрд. кВт [1,2], и эти отрасли изучены достаточно хорошо. Однако этого нельзя сказать о свободнопоточной микрогидроэнергетике. На сегодняшний день отсутствуют соответствующие методики исследования этой энергетической отрасли. В Советском союзе, она практически не разрабатывалась, так как считалась малоэффективной.

Согласно критерию Стокса средняя вычисленная скорость в реках с ламинарными течениями составляет 0,01-1 м/сек., а в реках с турбулентными потоками от 1м/сек. до 6-7 м/ сек. и боле [3]. Следует отметить, что все реки Таджикистана в связи со сложностью рельефа республики, относятся к рекам с турбулентными потоками.

Поплавковая свободнопоточная гидроэлектростанция состоит из поплавка катамаранного типа, на котором смонтирована турбина, связанная с генератором на постоянных магнитах.

Турбина. Последние 10 лет для выработки электроэнергии свободного потока реки используются турбины профессора Горлова со специальной геометрией поперечного сечения лопасти. Это сечение характеризуется по западному стандарту “NASA 0020, аналогичному аэродинамическому профилю крыла самолета Боинг-727”. Геликоидная турбина имеет 3 спиральные лопасти и под действием потока воды линейная скорость лопасти становится в 2-3 раза больше скорости течения. Коэффициент полезного действия турбины достигает 35 процентов, она проста в изготовлении и, в отличие от многотонных металлических турбин, имеет легкий вес[4]. Легкая «спиральность» лопастей устраняет вибрацию во время вращения и обеспечивает максимальный начальный крутящий момент. Испытания данной турбины проводились в лаборатории гидродинамики

университета штата Мичиган, США и показали, что турбины Горлова способны работать в потоке воды даже при минимальной скорости около 1 м/сек, при этом коэффициент полезного действия турбины остается 35-ти процентным [4,5].

Генератор. Турбина связана с тихоходным генератором с постоянным магнитом нового поколения из сплава Fe, В и Nd (железо, бор и неодим), Такая компоновка хорошо зарекомендовала себя, так как не требует мультипликатора (повышающего редуктора). При этом безщеточный генератор с постоянными магнитами имеет постоянный КПД при любой частоте вращения роторного вала.

Свободнопоточная электростанция закрепляется по берегам гибким стальным тросом. Выход генератора осуществляется с помощью силового многожильного кабеля вдоль стального троса с правого или левого берега реки. Поплавковая электростанция, в отличие от ранее существующих с жестким креплением, имеет абсолютно гибкую трансмиссию с береговыми устройствами. Силовой кабель подключается к инверторному блоку для стабилизации выходных электрических параметров, далее инверторный блок подключается к потребительской нагрузке (рис.1). Многочисленные поплавокковые свободнопоточные ГЭС параллельно подключаются к общей линии вдоль реки и, таким образом, составляют единую энергетическую систему с многочисленными гидроэнергетическими установками.



Рис.1 – Блок схема свободнопоточной речной ГЭС: 1- плавящая часть, 2- инвертор, 3- нагрузка

Теоретический расчет и его обсуждение.

Если выразить кинетическую энергию потока воды как движущееся тело массой m и скоростью v :

$$E = \frac{1}{2} mv^2$$

то мощность потока определяется как:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{\rho S l v^2}{2t} = \frac{1}{2} \rho S v^3, \quad (1)$$

где P – мощность, Вт; ρ –плотность воды, кг/м³; S –площадь поперечного сечения потока реки, м²; l – длина пробега потока за время t , м; v_{cp} –средняя скорость течения воды, м/с (в естественных речных турбулентных потоках распределение скорости на вертикалях примерно следует параболическому закону) [3].

Согласно формуле (1) мощность вырабатываемой гидроэлектростанции будет

$$P = \frac{1}{2} \rho S_k v_{cp}^3 \eta, \quad (2)$$

где η – КПД установки в целом S_k активная площадь турбины, которая должна составлять не более 40% от минимальной площади поперечного сечения потока реки.

Эффективная площадь турбины - есть площадь водного сечения потока реки, перекрываемая продольным сечением турбины. Согласно с нашими измерениями, с учетом сезонного изменения расхода воды в горных реках, коэффициент перекрытия для турбины Горлова без сезонной её замены достигает до 40%. Сезонное увеличение расхода воды в реках одновременно способствует росту скорости потока, глубины и площади водного сечения (табл. 1). При сезонном росте расхода воды, приводящем к увеличению глубины потока в электроустановках, для получения большей электроэнергии используются турбины с увеличенным диаметром. В свободнопоточных гидроэлектростанциях часто используют сменные турбины, условно называемые «сезонными». Зависимость сезонного увеличения глубины потока от расхода воды реки Зарафшан, измеренная на гидропосте «Дупули» показана на рис. 2.

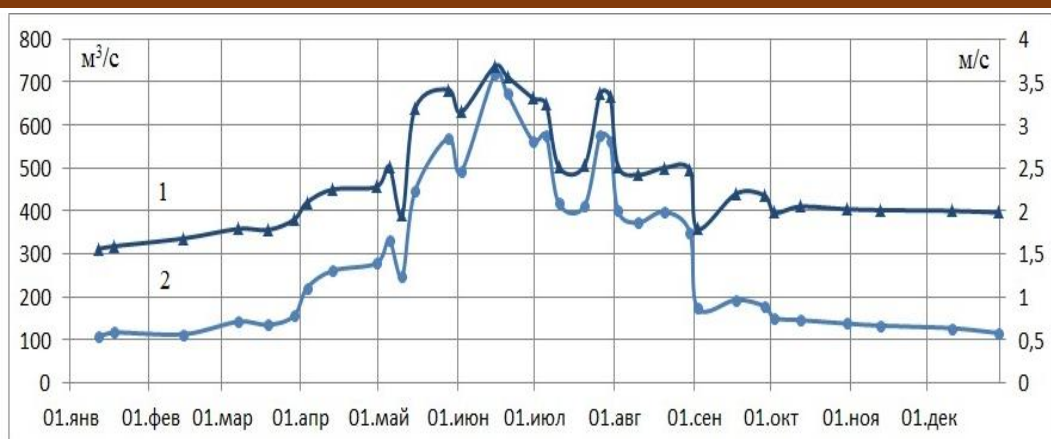


Рисунок 2 – Зависимость скорости потока от расхода воды р. Зарафшана, гидропост Дупули. 1- скорость, 2- расход воды

Таблица 1 – Гидравлические данные р. Зарафшан 2007 г. мост. Дупули

№ п/п	Дата	Расход воды (м³/сек)	Площадь водного сечения (м²)	Сред. скорость (м/сек)	Макс. скорость, (м/сек)	Ширина реки (м)	Глубина реки, (м)
1	12-01	116	62.0	1.68	3.00	51.1	2.30
2	18-01	107	68.7	1.56	2.22	52.0	2.30
3	14-02	117	73.4	1.59	2.22	50.0	2.32
4	07-03	107	66.2	1.62	2.13	46.0	2.24
5	19-03	113	67.4	1.68	2.22	48.0	2.26
6	29-03	142	79.3	1.79	2.40	50.0	2.46
7	03-04	135	76.0	1.78	2.40	50.0	2.51
8	13-04	156	82.2	1.90	2.45	50.0	2.60
9	30-04	221	105	2.10	2.68	50.0	3.00
10	05-05	261	116	2.25	2.86	50.0	3.20
11	10-05	278	122	2.28	2.86	52.0	3.50
12	15-05	331	132	2.51	3.14	52.0	3.20
13	28-05	248	127	1.95	2.50	52.0	4.50
14	02-06	446	140	3.19	4.01	52.0	3.44
15	15-06	570	167	3.41	4.15	52.0	3.66
16	20-06	492	156	3.15	3.97	52.0	4.16
17	30-06	718	195	3.68	4.20	52.0	4.00
18	05-07	672	189	3.56	4.02	52.0	4.76
19	10-07	562	170	3.31	4.06	52.0	4.60
20	20-07	576	178	3.24	4.15	52.0	4.26
21	26-07	417	166	2.51	3.23	52.0	4.37
22	30-07	412	163	2.53	4.11	52.0	4.12
23	02-08	574	171	3.36	4.06	52.0	4.33
24	10-08	562	169	3.33	3.28	52.0	4.25
25	20-08	400	159	2.52	3.09	52.0	4.10
26	30-08	373	154	2.42	3.23	52.0	4.00
27	02-09	398	159	2.50	3.05	52.0	4.04
28	17-09	350	141	2.48	2.31	52.0	3.83
29	28-09	173	96.9	1.79	2.77	52.0	3.02
30	02-10	193	87.9	2.20	2.40	48.3	2.82
31	12-10	178	81.8	2.18	2.68	44.0	2.70
32	30-10	151	76.3	1.98	3.14	44.0	2.54
33	12-11	146	71.2	2.05	3.44	42.7	2.46
34	10-12	133	67.4	2.01	3.20	52.0	2.40
35	28-12	127	63.7	2.00	3.10	52.0	2.36
Среднее значение		308	118.5	2.40	3.11	50.55	3.30

Река Зарафшан формируется в бассейне между Зеравшанским и Туркестанским хребтами на высоте 2775 м [6]. Начальный участок течения длиной около 300 км протекает в узкой и глубокой долине, причем на протяжении верхних 200 км река носит название Матча. При вычислении свободнопоточного гидроэнергетического ресурса реки Зарафшана с учетом минимального расхода воды, минимальной глубины и минимальной площади поперечного сечения (пригодности участков

реки) получилось два пригодных участка. Отдельно для реки Матча и притоков Зеравшана: Искандердарьи, Ягноба, Фандарьи и Могиёндарьи расчет не проводился. Для расчета стабильной и безотказной работы поплавковых ГЭС мы брали минимальный расход воды в двух участках данной реки. Протяжённость участка реки Зарафшан между пунктами Айни-Урметан составляет 39 км, участок Урметан -Могиёндарья- граница Узбекистан 112 км.

Среднегодовые расходы воды, измеренные 2007 году, составляют для поста Дупули около 308 м³/с, а для поста Могиён ~336 м³/с.

К сожалению, сегодня отсутствует единая универсальная формула, с помощью которой можно было бы рассчитать, хотя бы среднюю расходную скорость и ее изменение в зависимости от вариаций расхода воды в турбулентных потоках реки. Есть приближенные формулы, как то эмпирическая формула Шези или её модификации, например, формула Дарси–Вейсбах [3]:

$$v_{cp} = \sqrt{\frac{8gRI}{\lambda}},$$

где g – ускорение силы тяжести, R – гидравлический радиус, равный отношению площади поперечного сечения потока к его смоченному периметру, I – градиент давления, λ – коэффициент гидравлического сопротивления.

Экспериментальные расчеты

При увеличении расхода воды наблюдается небольшой рост средней скорости (рис. 2). В качестве примера можно привести измеренные данные на постах Дупули и Могиён, иллюстрирующие изменения в течение года гидравлических параметров реки Зарафшан:

Пост Дупули, 2007 г.

$$\begin{array}{lll} 1. Q=107 \text{ м}^3/\text{с}, & S=62,0 \text{ м}^2, & v_{cp}=1,56 \text{ м/с.} \\ 2. Q=718 \text{ м}^3/\text{с}, & S=195 \text{ м}^2, & v_{cp}=3,68 \text{ м/с,} \end{array}$$

Пост Могиён, 2007 г.

$$\begin{array}{lll} 1. Q=116 \text{ м}^3/\text{с}, & S=69,0 \text{ м}^2, & v_{cp}=1,94 \text{ м/с.} \\ 2. Q=758 \text{ м}^3/\text{с}, & S=196 \text{ м}^2, & v_{cp}=3,89 \text{ м/с,} \end{array}$$

Нетрудно заметить, что с возрастанием количества воды в реке чуть более 6 раз, средняя скорость увеличится только в 2 и в 2,35 раза. Такой незначительный диапазон изменения скорости потока воды в реках не вызывает затруднения для современных инверторов для стабилизации выходных электрических параметров.

С помощью формулы 2 находим мощность поплавковых гидроустановок для обоих участков по отдельности. При этом используем измеренные данные, полученные на постах Дупули и Могиён (Табл.1). Отметим, что таблица с данными Могиён, куда входят средняя минимальная скорость течения потока, средняя площадь водного потока, минимальная глубина реки с учетом коэффициента перекрытия и КПД самой ГЭС, из-за большого сходства с данным поста Дупули в нашей работе не приведена. С учетом такой близости гидравлических параметров, на участках Дупули и Могиён на плавающих электростанциях устанавливаются одинаковые гидротурбины с общей активной площадью 24м².

Для первого участка: $P_{cp} = 0,5\rho S k v_{cp}^3 \eta = 500 \text{ кг/м}^3 * 24 \text{ м}^2 * (2,4 \text{ м/сек})^3 * 0,324 = 53747 \text{ кг*м}^2/\text{сек}^3 = 53747$ ватт. $P_{cp} = 54000 \text{ ватт} = 54 \text{ кВт}$.

Таким же образом для второго участка: $P_{мин} = 97,5 \text{ кВт}$.

Суммарную мощность гидроэнергетических установок находим с учетом их расположения через каждые 100 метров и параллельно подключения к общей электролинии. Промежуточное 100 метровое расстояние найдено с учетом общего усредненного перепада реки на протяжении всей исследуемой длины реки.

Для первого участка количество поплавковых электростанции на длине 39 километров будет 390 штук, соответственно, средняя ожидаемая мощность:

$$P_{cp} = 54 \times 390 = 21,0 \text{ МВт.}$$

Для второго участка, количество этих станции на длине 1120 километров реки составит 1120 штук, общая средняя ожидаемая мощность:

$$P_{cp} = 97,5 \times 1120 = 109 \text{ МВт}$$

Суммарная средняя мощность для турбин с минимальными диаметрами $P_{общ} = 130 \text{ МВт}$. Годовая выработка электроэнергии энергосистемы из поплавковых гидроэлектростанций, параллельно подключенных в общей линии вдоль реки Зарафшан, составит $E = 130 \text{ МВт} * (365 \text{ сут.} * 24 \text{ час}) = 130 \text{ МВт} * 8760 \text{ час} = 114 \text{ ГВт*час}$.

Заключение

В работе исследован гидроэнергетический потенциал реки Зарафшан, с целью использования свободнопоточных поплавковых гидроэлектростанций на основе галоидной гидротурбины Горлова. С учетом сезонных изменений гидропараметров, таких как расход воды, площадь водного сечения, глубины и средней скорости потока воды на участках Дупули и Могиён, рассчитаны усреднённая мощность поплавковых гидроэлектростанций на отдельных участках. Показаны суммарная

усреднённая мощность параллельно подключенных к общей линии гидроэлектростанций вдоль реки Зарафшан. Расчитанная годовая выработка электроэнергии энергосистемы составила $E = 1138,8$ ГВт*час.

По сравнению с большими и средними гидроэлектростанциями с деривационными сооружениями, свободнопоточные поплавковые гидроэлектростанции для местных потребителей не требуют больших подстанций для повышения и понижения напряжений. А также не требуют больших строительных затрат. Система надёжна и очень проста в эксплуатации.

Литература

1. Водные ресурсы Таджикистана. Академия наук Республики Таджикистан, Душанбе: ООО «Ому», 2003, 110с.
2. Ш.Ш.Шоёкубов, М.Нарзиев, И.Т.Ходжахонов, Ш. Шоёкубов, Ф.М.Мирзоев. Эффективность свободнопоточной микроэнергетики в реках Таджикистана. Известия АН РТ, 2012, №3, (148), с.112-119.
3. И. И. Агроскин, Г. Т. Дмитриев, Ф. И. Пикалов. Гидравлика. М.: Госэнергоиздат, 1954, 484 с.
4. А.М. Gorlov, Development of the helical reaction hydraulic turbine, PIMIME Department North eastern University, Boston, MA 02115, August, 1998, 53p.
5. Y. Takamatsu, A. Furukawa, K. Okuma, K. Takenouchi; Experimental Studies on a Preferable Blade Profile of Darrieus-type Cross-flow Water Turbine. JSME International Journal, Vol. 34, No. 2, 1991, 9p.
6. А. М. Прохоров, Большая советская энциклопедия в 30 т. -3-е издания. Москва. 1978 г.

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

TJ	RU	EN
Шоёкубов Шоаюб Шосиддиқович	Шоёкубов Шоаюб Шосиддиқович	Shoyokubov Shoayub Shosiddikovich
номзади илмҳои физикаю математика, ходими пешбари илмӣ	кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник	Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher
Институти Физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ	Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН Таджикистана	Physics-Technical's Institute. S.U. Umarov of the National Academy of Sciences of Tajikistan,
E-mail: shoayub@shohruch.com		
TJ	RU	EN
Ботуров Қодир	Ботуров Қодир	Boturov Kodir
номзади илмҳои физикаю математика, роҳбари МОТМБЭ	кандидат физико-математических наук, руководитель	Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the CSRRES
Институти Физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ	Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН Таджикистана	Physics-Technical's Institute. S.U. Umarov of the National Academy of Sciences of Tajikistan,
E-mail: boturov.kodir@mail.ru		
TJ	RU	EN
Алидодов Тутишо Мералишоевич	Алидодов Тутишо Мералишоевич	Alidodov Tutishho Meralishoevich
номзади илмҳои физикаю математика, ходими пешбари илмӣ	кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник	Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher
Институти Физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ	Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН Таджикистана	Physics-Technical's Institute. S.U. Umarov of the National Academy of Sciences of Tajikistan,
E-mail: t.alidodov@gmail.com		
TJ	RU	EN
Ҳомидзода Иброҳим Саидхоҷа	Хомидзода Иброҳим Саидхоҷа	Homidzoda Ibrohim Saidhocha
ходими илмӣ	научный сотрудник	researcher
Институти Физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ	Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН Таджикистана	Physics-Technical's Institute. S.U. Umarov of the National Academy of Sciences of Tajikistan,
E-mail: rypiy-73-73@mail.ru		
TJ	RU	EN
Валиев Чамшед Шарифович	Валиев Дҷамшед Шарифович	Valiev Jamshed Sharifovych
муҳандиси пешбар	ведущий инженер	leading engineer
Институти Физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ	Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН Таджикистана	Physics-Technical's Institute. S.U. Umarov of the National Academy of Sciences of Tajikistan

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН С УЧЕТОМ ВВОДА ДВУХ АГРЕГАТОВ РОГУНСКОЙ ГЭС

Махмадҷонов Ф.Д., Исмоилов Ф.О., Джамолзода Б.С., Расулов А.М.

Выполнено моделирование и анализ динамической устойчивости узла Рогунской ГЭС путем рассмотрения однофазного короткого замыкания с успешным и неуспешным действием однофазного АПВ и отключением одного генератора Рогунской гидроэлектростанции. Создана имитационная модель энергосистемы Республики Таджикистан с учетом ввода двух агрегатов Рогунской ГЭС. Результаты исследования показали, что при коротких замыканиях в линии Рогун – Душанбе напряжением 500 кВ автоматика Нурекской ГЭС надежно контролирует режим работы энергосистемы Таджикистана. Особое внимание при моделировании уделено линии связи Рогун – Душанбе напряжением 500 кВ, так как в настоящее время вся вырабатываемая мощность Рогунской ГЭС передается по данной линии. Исследовано успешное ОАПВ, под действием которой устойчивость Рогунского узла не нарушается и асинхронный режим гидрогенераторов Рогунской гидроэлектростанции не наблюдается. Расчет и анализ выполнены для зимнего максимального режима с использованием реально установленных параметров защиты и автоматики.

Ключевые слова: устойчивость энергосистемы, автоматика энергосистем, короткое замыкание.

ТАДҚИҚИ УСТУВОРИИ ДИНАМИКӢИ СИСТЕМАИ ЭНЕРГЕТИКӢИ ТОҶИКИСТОН БО НАЗАРДОШТИ БА ИСТИФОДА ДОДАНИ ДУ АГРЕГАТИ НОБ РОҒУН

Маҳмадҷонов Ф.Д., Исмоилов Ф.О., Ҷамолзода Б.С., Расулов А.М.

Дар мақолаи мазкур устувории динамикии китъаи НОБ Роғун ҳангоми расиши қутоҳи якфаза ва амали муваффақ ва номуваффақи дастгоҳи пайвасти такрорӣи автоматӣ бо ҳомӯш шудани яке аз агрегатҳои НОБ Роғун таҳлил ва баррасӣи қарда мешавад. Модели имитатсионии системаи энергетикӣи Ҷумҳурии Тоҷикистон бо назардошти роҳандозии ду агрегати НОБ Роғун сохта шудааст. Натиҷаи тадқиқот нишон дод, ки ҳангоми расишҳои қутоҳ дар хати интиқоли барқи Роғун – Душанбе шиддати 500 кВ системаи автоматии НОБ Роғун бо эътимод қори системаи энергетикӣро таъмин менамояд. Ҳангоми моделсозӣ ба хати алоқавии Роғун – Душанбе шиддати 500 кВ, ки тавоноии асосӣ аз НОБ Роғун бо он интиқол қарда мешавад, диққати махсус дода шудааст. Қори муваффақи пайвасти такрорӣи автоматӣи якфаза, ки дар натиҷа устувории қисмати электрикӣи НОБ Роғун дар схемаи электрикӣи системаи энергетикӣи нигоҳ дошта мешавад, тадқиқот гузаронида шудааст. Ҳисоб ва таҳлили речаҳои максималӣ бо истифодаи параметрҳои реалии ҳимояҳо ва автоматика таҷҳизоти энергетикӣ иҷро қарда шудааст.

Калидвожаҳо: устувории системаи энергетикӣ, автоматикаи системаи энергетикӣ, расиши қутоҳ.

STUDY OF THE DYNAMIC STABILITY OF THE ENERGY SYSTEM OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN, TAKING INTO ACCOUNT THE COMMISSIONING OF TWO UNITS OF THE ROGUN HPP

Makhmadjonov F.D., Ismoilov F.O., Jamolzoda B.S., Rasulov A.M.

Modeling and analysis of the dynamic stability of the Rogun hydroelectric power station unit was carried out by considering a single-phase short circuit with the successful and unsuccessful action of a single-phase automatic recloser and shutdown of one generator of the Rogun hydroelectric power station. A simulation model of the energy system of the Republic of Tajikistan has been created, taking into account the commissioning of two units of the Rogun HPP. The results of the study showed that during short circuits in the Rogun-Dushanbe line with a voltage of 500 kV, the automation of the Nurek hydroelectric power station reliably controls the operating mode of the energy system of Tajikistan. Particular attention in the modeling was paid to the Rogun-Dushanbe communication line with a voltage of 500 kV, since currently all the generated power of the Rogun HPP is transmitted through this line. A successful OAPV has been studied, under the influence of which the stability of the Rogun node is not disrupted and the asynchronous mode of hydrogenerators of the Rogun hydroelectric power station is not observed. Calculation and analysis were performed for the winter maximum mode using actually established protection and automation parameters.

Key words: power system stability, power system automation, short circuit.

Нурекская гидроэлектростанция (ГЭС) с 1979 года снабжает надежной электроэнергией потребителей энергосистемы Республики Таджикистан. В основном вырабатываемая электрическая энергия передается в энергосистему посредством линии электропередачи 500 и 220 кВ [1]. В настоящее время данная гидроэлектростанция реконструируется и в после окончания работ в первом и втором этапе мощность станции достигнет 3300 МВт.

В 2018 году был введен в эксплуатацию первый агрегат Рогунской ГЭС и была построена двухцепная линия электропередачи напряжением 500 кВ от Рогунской ГЭС до подстанции Душанбе -500 протяженностью 100 км. В этом направлении в 2019 году был введен в эксплуатацию второй агрегат, мощность которого также в настоящее время передается по данным линиям на подстанцию Душанбе-500 [2]. После завершения строительных работ Рогунская ГЭС станет мощнейшей станцией в Каскаде Вахшской ГЭС на реке Вахш с 6 агрегатами и установленной мощностью каждого агрегата 600 МВт с годовой выработкой электроэнергии в 17 млрд. кВт/час [3].

Для увеличения надежности передачи вырабатываемой мощности Рогунской ГЭС в конверторную подстанцию «Сангтуда-500» и далее для передачи постоянного тока по проекту CASA-1000 в настоящее время ведутся строительные работы одной цепи линии электропередачи 500 кВ

Рогун-Сангтуда протяженностью 124 км. Для устойчивой параллельной работы энергосистемы Таджикистана, а также развития рынка между энергосистемами стран Центральной Азии при поддержке Азиатского банка развития идет реализация проекта «Переподключению к энергосистемам Центральной Азии», в котором предусмотрены настройки противоаварийной автоматики для энергосистемы Таджикистана и Узбекистана, а также подключение линии 220-500 кВ, которая ранее была отключена.

На рис. 1 приведена принципиальная схема линии связи 220 и 500 кВ между подстанциями Южной, Северной и Центральной частями энергосистемы Таджикистана.

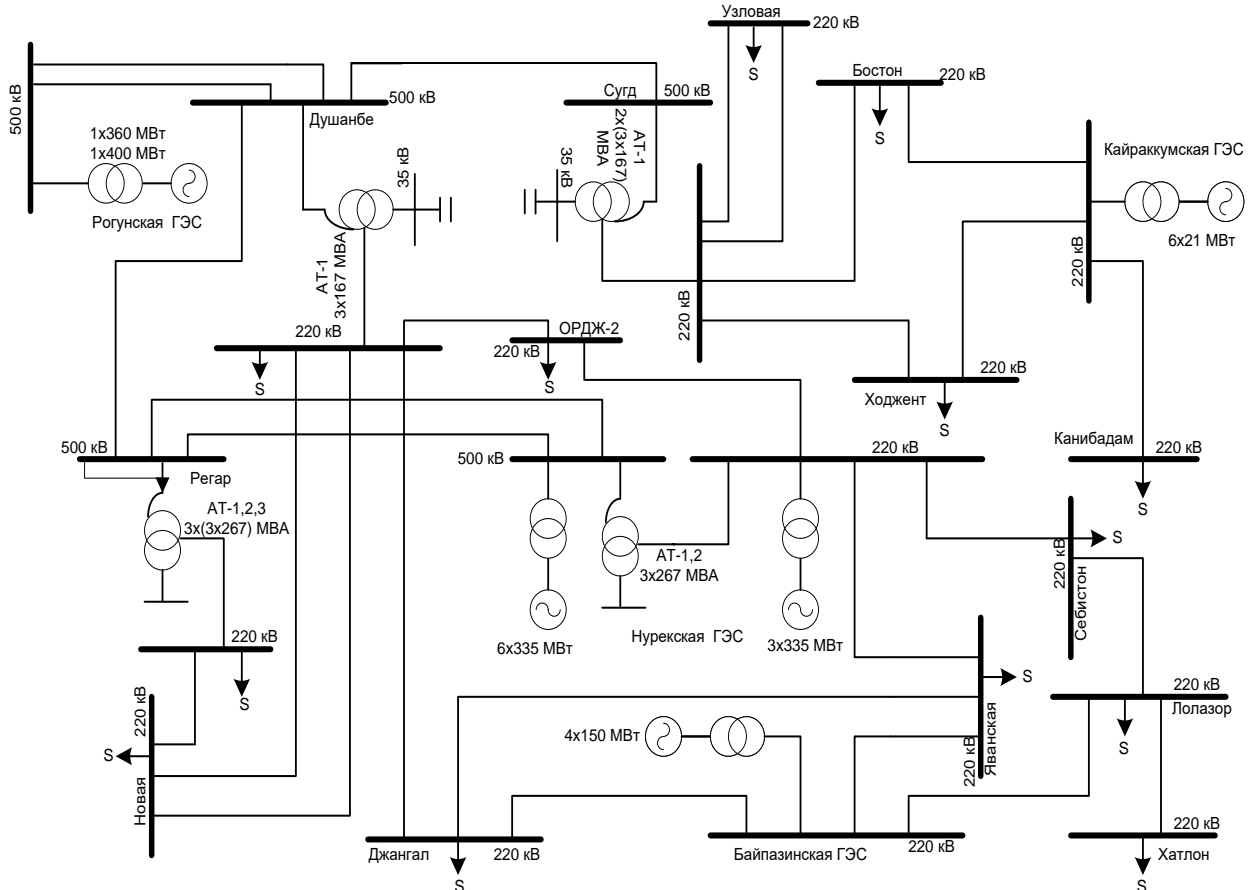


Рисунок 1 – Принципиальная схема линии связи 220 и 500 кВ между подстанциями Южной, Северной и Центральной частями энергосистемы Таджикистана

С использованием действующей модели энергосистемы для расчета и анализа установившихся и переходных режимов энергосистемы Таджикистана [4] в работе использовался промышленный пакет программного комплекса (ПК) PSCAD, с помощью которого была рассмотрена динамическая устойчивость Рогунского узла энергосистемы.

Решена поставленная задача. Фрагмент модели Рогунского узла приведен на рисунке 2.

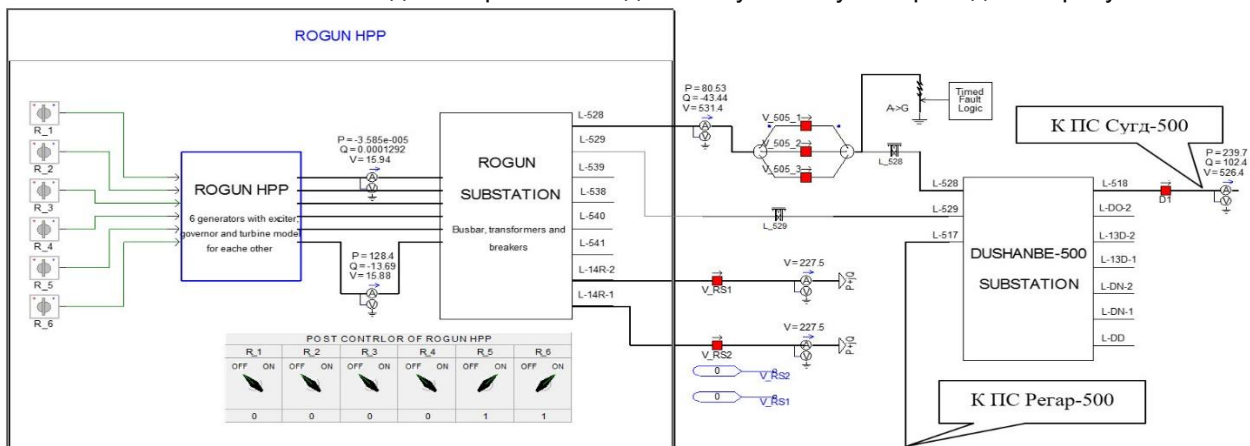


Рисунок 2 – Фрагмент модели узла Рогунской ГЭС и ПС Душанбе -500

ПК PSCAD имеет особенность того, что до создания соответствующего возмущения тщательно анализирует исходное состояние модели и сравнивает текущие значения с реальными данными,

позволяет пользователю убедиться о полном запуске агрегатов и оценивать внешние характеристики генераторов и остальные вращающиеся механизмы нагрузки [4,5]. К примеру, это понимается так, что до возникновения возмущения все параметры энергосистемы соответствуют диапазону допустимых значений, запуск агрегатов и процессы их синхронизации завершены, напряжения в узлах схемы соответствуют номинальным значениям, а также перетоки активной и реактивной мощности по линиям электропередачи соответствуют заданным значениям.

С целью достижения нормальной работы модели возмущения создаются с 40-й секунды моделирования, чтобы убедиться в соответствии параметров модели ближе к реальным параметрам энергосистемы.

В качестве исследуемого режима выбран режим зимнего максимума - наиболее тяжёлые с точки зрения переходных режимов [6,7,8]. Нагрузочный режим модели настроен по данным и результатам экспериментальных контрольных замеров на ПС Душанбе-500 энергосистемы Республики Таджикистан в зимнем максимальном режиме, данные приведены в табл. 1 [9,10].

Таблица 1 – Зимний максимальный режим (18.12.2019 года)

Наименование подстанции	Напряжение на шинах, кВ			Нагрузка на стороне ВН					
				АТ-1			АТ-2		
	500 кВ	220 кВ	35 кВ	I, А	P, МВт	Q, МВАр	I, А	P, МВт	Q, МВАр
Душанбе-500	491	229	32	102	18	91	-	-	-
Регар-500	494	229	36	279	212	76	279	212	76
Сугд-500	468	219	34	424	338	31	422	334	35

При моделировании объектов энергосистемы важную роль играют способы ввода исходных данных и их значение близкое к реальным. При настройке параметров модели использованы реальные исходные данные устройств и системы, участвующие в ходе исследования, такие как временные параметры устройств релейной защиты и автоматики, которые установлены в рассматриваемых объектах, (табл. 2), а также нормативные возмущения, которые вероятно могут возникать в рассматриваемой схеме [11,12].

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

№ п/н	Аварийные возмущения	Событие при моделировании процесса	Время начала возмущения (с)
1.	Однофазное КЗ на землю вблизи шин Рогунской ГЭС-14 на ВЛ-500 кВ Рогун-Душанбе (Л-528, Л-529), отключаемое основными защитами с успешным АПВ	Возникновение однофазного КЗ.	50,00
		Срабатывание основной защиты линии со стороны Рогунской ГЭС	50,052
		Отключение выключателей 500 кВ В-505 и ВП-2.	50,083
		Включение выключателей 500 кВ V1_539 на ПС 500 кВ– Рогун и В-5041, В-5042 при работе АПВ	51,02
		Ликвидация короткого замыкания.	51,02
2.	Однофазное КЗ на землю на ВЛ-500 кВ Рогун-Душанбе (Л-528, Л-529), отключаемое основными защитами с неуспешным АПВ	Возникновение однофазного КЗ.	50,00
		Срабатывание основной защиты линии со стороны Рогунской ГЭС.	50,052
		Отключение выключателей 500 кВ V1_539 и В-5041, В-5042.	50,083
		Включение выключателей 500 кВ V1_539 на ПС 500 кВ– Рогун и В-5041, В-5042 при работе АПВ	51,072
		Срабатывание основной защиты линии со стороны Рогунской ГЭС.	51,135
		Отключение выключателей 500 кВ V1_539 и В-5041, В-5042.	51,166
		Ликвидация короткого замыкания – полное отключение ЛЭП Л-528	51,166
3.	Отключение одного агрегата Рогунской ГЭС-14	Отключение генератора Г-6 по командам противоаварийной автоматики или защитой.	50,00

На рисунках 3 и 4 показаны результаты моделирования однофазного короткого замыкания с успешным и неуспешным действием АПВ линии Рогун - Душанбе напряжением 500 кВ.

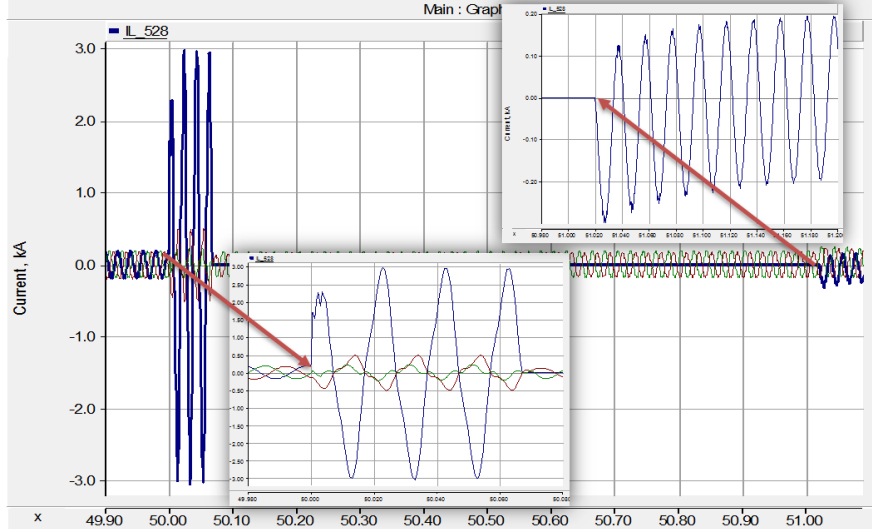


Рисунок 3 – Иллюстрация результатов моделирования однофазного КЗ на ЛЭП Рогун-Душанбе с последующим отключением и успешным действием АПВ

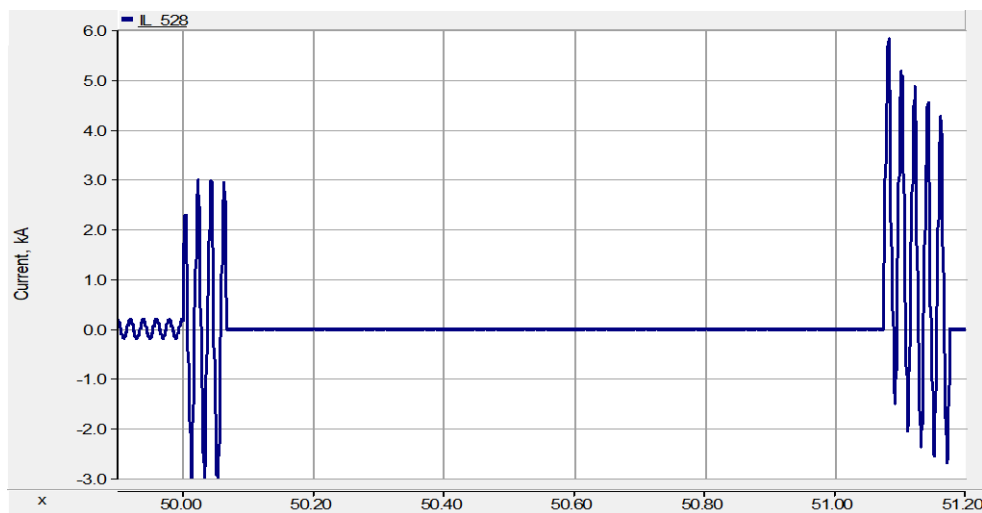


Рисунок 4 – Иллюстрация результатов моделирования однофазного КЗ на ЛЭП Рогун-Душанбе с последующим отключением и неуспешным действием АПВ

На рисунке 5 показана выработка активной мощности Нурекской и Рогунской гидроэлектростанций при отключении одной цепи линии Рогун-Душанбе напряжением 500 кВ.

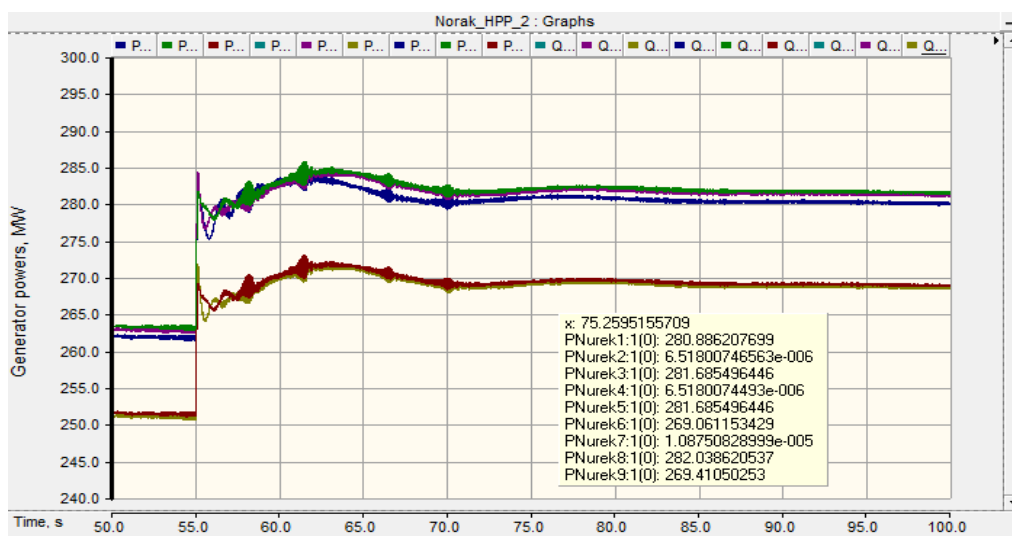


Рисунок 5 – Иллюстрация результатов моделирования выработки мощности агрегатов Нурекской ГЭС при отключении одной цепи линии Рогун-Душанбе

На рисунке 6 показана выработка активной мощности Рогунской гидроэлектростанции при отключении одного агрегата Рогунской ГЭС. Также на рисунке №7 показано изменение частоты энергосистемы Республики Таджикистан во время исследования однофазного КЗ на линии Рогун-Душанбе с успешным действием АПВ.

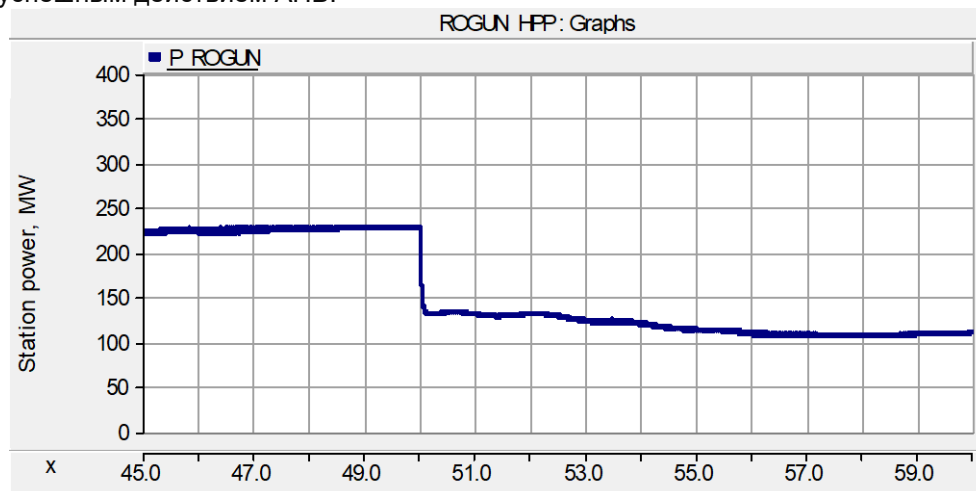


Рисунок 6 – Иллюстрация результатов моделирования выработки мощности агрегатов Рогунской ГЭС при отключении одного агрегата Рогунской ГЭС

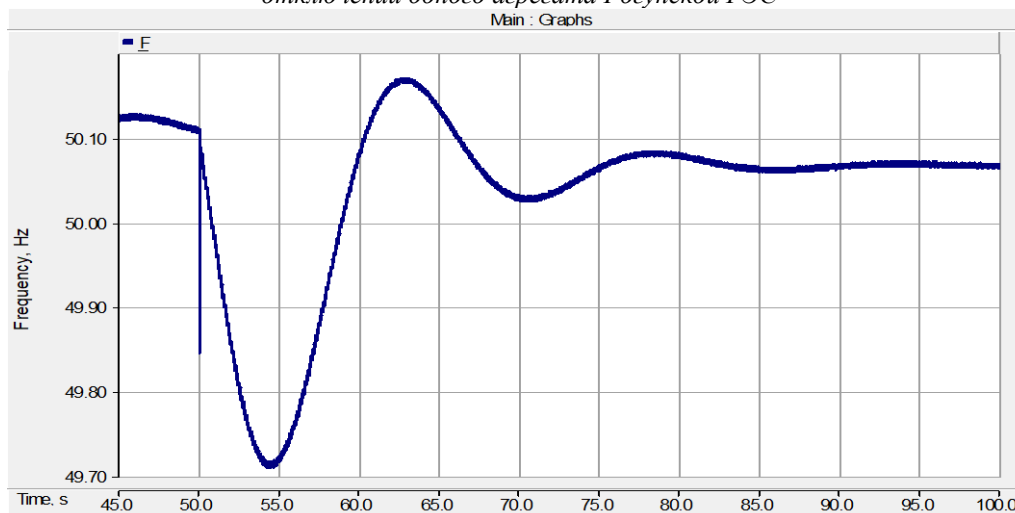


Рисунок 7 – Иллюстрация результатов моделирования изменения частоты энергосистемы при исследовании однофазного КЗ на линии Рогун-Душанбе напряжением 500 кВ

Выполнены моделирование и анализ динамической устойчивости узла Рогунской ГЭС путем рассмотрения однофазного короткого замыкания на линии Рогун-Душанбе напряжением 500 кВ с успешным и неуспешным действием АПВ и отключением одного агрегата Рогунской гидроэлектростанции. В зависимости от уровня воды на водохранилище в настоящее время выработка активной мощности на Рогунской ГЭС выполняется двумя агрегатами (№5 и №6), мощность каждого из которых составляет 120 МВт. По увеличению объема воды на водохранилище мощность агрегатов возможно увеличить до 380-400 МВт. Также в этом направлении необходимо отметить, что после получения номинального уровня воды в водохранилище Рогунской ГЭС появляется возможность использования мощности агрегатов до 600 МВт.

Выводы

Разработана модель энергосистемы Республики Таджикистан с учетом ввода двух агрегатов Рогунской гидроэлектростанции по реальной схеме сети и исходных параметров. Исследование динамической устойчивости энергосистемы Республики Таджикистан выполнено путем анализа однофазного КЗ на линии 500 кВ Рогун-Душанбе с успешным и неуспешным действием устройства АПВ.

Иллюстрации результатов моделирования показывают, что в случае возникновения возмущения динамическая устойчивость основного узла энергосистемы не нарушается и Нурекская гидроэлектростанция покрывает появившийся дефицит активной мощности в энергосистеме.

Проведение подобных исследований способствует правильному выбору настройки систем противоаварийной автоматики энергосистемы, в которой в настоящее время ведутся работы по

проектированию систем противоаварийной автоматики энергосистемы, работающей параллельно с энергосистемами стран Центральной Азии.

Литература

1. Савченко Н.Г. Строительство Нурекской ГЭС.-М.: «Типография Момент», 2013.-616 с.
2. Информационный сайт Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.mewr.tj/>.
3. Савченко Н.Г. Рогунская ГЭС. Жемчужина Вахшского каскада. Кн.1: Начало.-М.: Спецкнига. 2012.
4. Б.М. Мирзозода, А.М. Расулов, Б.Ф. Ибрагимов, М.М. Махмадсаидзода. Компьютерная модель для расчета и анализа установившихся и переходных режимов энергосистемы Таджикистана. Свидетельство о регистрации научных работ, литературы и культуры. Дата регистрации 16.03.2023, №158
5. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем/под ред. Л.А. Жукова. М.: Энергия, 1979.
6. Надтока И.И., Васильев П.А., Махмадджонов Ф.Д. Моделирование переходных процессов и анализ динамической устойчивости энергосистемы Республики Таджикистан// Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. -2015. -№3. – С. 50-53.
7. Надтока И.И., Махмадджонов Ф.Д. Анализ динамической устойчивости энергосистемы Таджикистана с учетом ввода Душанбинской ТЭЦ-2// сб. материалов конф., г. Новочеркасск, 14-16 дек. 2014 г. /Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т им. М.И. Платова. – Новочеркасск: Лик, 2014. С. 39-39.
8. Фишов А.Г., Касобов Л.С. Постановка задачи управления переходными режимами для обеспечения устойчивости Нурекской ГЭС путем отключения генераторов// Изв. Томского политехнического ун-та. Энергетика. 2009. Т.315, №4. С.46-51.
9. Расулов, А. М. Анализ динамической устойчивости в районе Нурекской ГЭС энергосистемы Таджикистана / А. М. Расулов // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тезисы докладов Двадцать восьмой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов, Москва, 17–19 марта 2022 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью “Центр полиграфических услуг “РАДУГА”, 2022.
10. Арцишевский Я.Л., Гиёев Б.М. Эффективность автоматической частотной разгрузки с передачей команд на отключение электроприемников 0,4 кВ // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2017. Т. 60. № 6. С. 37-44.
11. СТО 59012820.29.020.002-2012. Релейная защита и автоматика. Взаимодействие субъектов электроэнергетики потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и организации эксплуатации.
12. Гиёев Б.М., Расулов А.М., Ибрагимов Б.Ф. Анализ возможностей современных вычислительных моделирующих комплексов для решения электротехнических задач / Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 4(56). – С. 6-13

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

TJ	RU	EN
Махмадҷонон Фирӯз Додарҷононович н.и.т.	Махмадҷонон Фирӯз Додарҷононович к.т.н.	Makhmadjonov Firuz Dodarjonovich Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими firuz_7773@mail.ru	TTU named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Исмоилов Фирдавс Олимшоевич н.и.т.	Исмоилов Фирдавс Олимшоевич к.т.н.	Ismoilov Firdavs Olimshoevich Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими ismoilovFO@yandex.com	TTU named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Джамолзода Бехрӯзи Саъдонхуча н.и.т.	Джамолзода Бехрӯзи Саъдонхуча к.т.н.	Dzhamolzoda Behruzi Sadonkhuja Candidate of technical sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими beha-90@mail.ru	TTU named after Academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Расулов Абдувакил Маҳдиевич унвонҷӯ	Расулов Абдувакил Маҳдиевич соискатель	Rasulov Abduvakil Mahdievich Postgraduate student
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими r.abduvakil@gmail.com	TTU named after Academician M.S. Osimi

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ УСТАНОВЛЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА

Ганиев З.С.

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе

В работе изложены преимущества применения комплекса ВИЭ в качестве источников электрической энергии в децентрализованных электрических сетях. Предложена методика выбора оптимальных мощностей источников ЭЭ энергокомплекса, таких как ВЭС, СЭС и МГЭС. Для выбора наилучшего варианта мощности использован итерационный метод с использованием одного из технико-экономических параметров – графика нагрузки – коэффициент формы. Приведены численные расчеты выбора номинальных установленных мощностей источников энергокомплекса в составе ВЭС, СЭС и МГЭС.

Ключевые слова: методика, алгоритм, оптимальный, установленная мощность, энергокомплекс, ВЭС, СЭС, МГЭС, итерационный метод.

УСУЛИ ИНТИХОБИ ОПТИМАЛИИ ИҚТИДОРҶОИ МУҚАРРАРШУДАИ ОПТИМАЛИИ МАНБАЪҶОИ ЭНЕРГИЯИ ЭЛЕКТРИКИИ КОМПЛЕКСИ ЭНЕРГЕТИКӢ

Ганиев З.С.

Дар мақола бартариҳои истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия ҳамчун манбаи энергияи электрикӣ дар шабакаҳои барқии ғайримарказонидашуда нишон дода шудааст. Усули интиҳоби иқтидорҳои оптималии манбаъҳои энергияи энергетикӣ дар комплекси энергетикӣ, аз қабилӣ нерӯгоҳҳои барқӣ – бодӣ, нерӯгоҳҳои офтобӣ ва барқи обии хурд пешниҳод шудааст. Барои интиҳоби беҳтарин варианти манбаъ усули итератсионӣ бо истифода аз яке аз параметрҳои техникӣ – иқтисодии графикаи бор - коэффициентҳои шакл истифода шуд. Ҳисобҳои ададӣ барои интиҳоби иқтидорҳои номиналии муқарраршудаи манбаъҳои комплекси энергетикӣ, аз қабилӣ нерӯгоҳҳои барқӣ – бодӣ, офтобӣ ва барқи обии хурд оварда шудаанд.

Калидвожаҳо: усул, алгоритм, оптималӣ, иқтидори муқарраршуда, комплекси энергетикӣ, нерӯгоҳи барқӣ – бодӣ, нерӯгоҳи офтобӣ, нерӯгоҳи барқи обии хурд, усули итератсионӣ.

METHODOLOGY FOR SELECTING THE OPTIMUM INSTALLED CAPACITY OF ELECTRIC ENERGY SOURCES OF THE ENERGY COMPLEX

Ganiev Z.S.

The paper outlines the advantages of using a renewable energy complex as a source of electrical energy in decentralized electrical networks. A methodology has been proposed for selecting the optimal capacities of EE sources in the energy complex, such as wind power plants, solar power plants and small hydroelectric power plants. To select the best power option, an iterative method was used using one of the technical and economic parameters of the load curve - the shape factor. Numerical calculations are given for the choice of nominal installed capacities of the energy complex sources as part of wind farms, solar power plants and small hydroelectric power stations.

Key words: methodology, algorithm, optimal, installed capacity, energy complex, wind power plant, solar power plant, small hydroelectric power station, iterative method.

Введение

В настоящее время в большинстве развитых стран мира особое внимание уделяется использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Исходя из этого, многие ученые во всем мире ведут исследования для перехода от традиционных видов к использованию возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра, солнца, гидроэнергия малых рек и других видов источников энергии подобного типа [1 – 6]. Большое внимание к ВИЭ связано с тем, что с одной стороны, запасы топливно-энергетических источников ограничены, с другой стороны, потенциальные возможности применения ВИЭ огромны. Особую актуальность применения таких видов энергии приобретают те электроэнергетические системы (ЭЭС), имеющие большой дефицит мощности в определенные сезоны года [7]. Например, в ЭЭС большой долей гидроэлектростанций (ГЭС), генерируемая мощность которых очень сильно зависит от полноводности рек. Также использование ВИЭ целесообразно в децентрализованных электрических сетях, которые изолировано работают от энергосистемы [1 – 4, 8]. Примером таких ЭЭС можно назвать энергосистему Республики Таджикистан (РТ) [9 – 14].

Несмотря на развитие ЭЭС РТ в последние годы по-прежнему в энергосистеме существуют электрические сети, которые работают изолировано от системы. При этом в таких труднодоступных районах имеются хорошие возможности создания электрических станций (ЭС) на основе ВИЭ, особенно энергия ветра, солнца и малых рек. Примером таких районов в РТ являются территории высокогорья Памира [11 – 14].

Постановка задачи. В качестве объекта исследования выбираем энергокомплекс, содержащий в своём составе следующие источники электроэнергии: солнечную электростанцию (СЭС), ветровую электростанцию (ВЭС) и малую гидроэлектростанцию (МГЭС) (рисунок 1). Все источники работают на общую нагрузку, при этом приоритет отдается на максимальное использование энергии солнца и ветра, а гидроэнергия малых рек аккумулируется на верхнем бьефе МГЭС и используется при нехватке выработки электроэнергии (ЭЭ) за счет СЭС и ВЭС. Для правильного

расчета и поддержания требуемого уровня частоты необходимо иметь первоначальные исходные данные: установленная мощность источников; максимальная потребляемая мощность нагрузки; суточный график выработки ЭЭ источников и потребляемой мощности нагрузки и т.п.

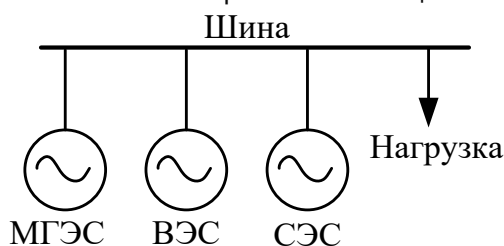


Рисунок 1 - Объект исследования

Для подробного анализа и пояснения методики используем типичные графики нагрузки потребителей и графики выработки каждого участника источников ЭЭ.

Выбираются в качестве графика нагрузки потребители коммунально-бытового назначения. Известно, что у потребителей такого типа нагрузки, в основном, являются бытовые электроприёмники (ЭП) и, как обычно, режимы их работы различны. Они меняются в зависимости от назначения и использования этих приборов в домохозяйстве. На характер графика нагрузки существенно влияет способ приготовления пищи. В качестве примера приведём суточный график нагрузки такого рода потребителей (рисунок 2).

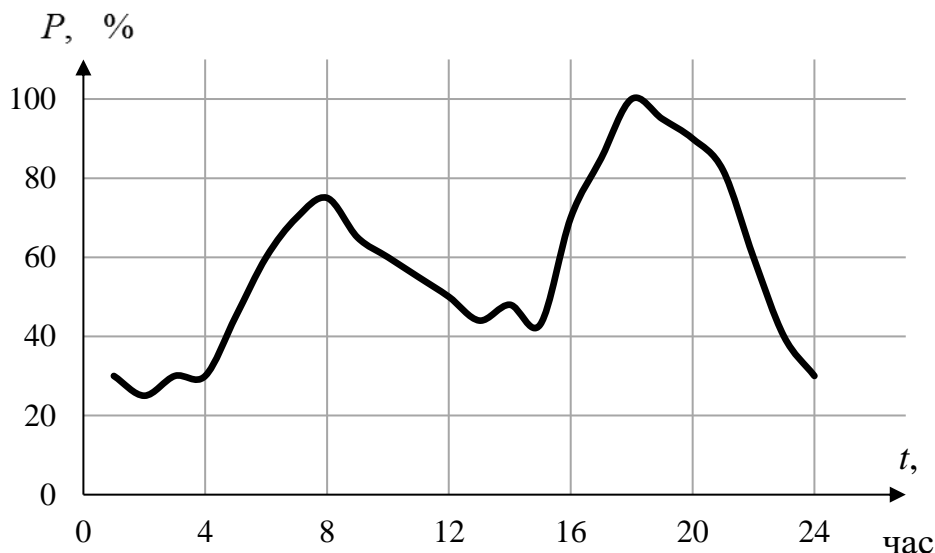


Рисунок 2 - Суточный график нагрузки потребителей на примере жилого дома

Заполнение суточного графика нагрузки, также и его формы, изменяется в широких пределах. При расчетах, проектировании и эксплуатации ЭЭС в основном используют не сами графики нагрузок, а их расчетные величины и коэффициенты, характеризующие эти графики нагрузок. Исходя из этого, необходимо учитывать основные расчётные величины и коэффициенты, характеризующие графики нагрузок, такие как: коэффициенты использования активной мощности ЭП ($K_{и}$), включение ЭП ($K_{в}$), формы ЭП ($K_{ф}$), заполнение ЭП ($K_{з}$) и другие.

Зная график изменения нагрузки, легко можно определить среднее (1) и среднеквадратическое (2) значения мощности в течение суток, то есть:

$$P_{\text{ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^{24} P_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^{24} t_i} \quad (1)$$

$$P_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{24} P_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^{24} t_i}} \quad (2)$$

Степень неравномерности графика нагрузки определяется коэффициентом заполнения (K_3):

$$K_3 = \frac{P_{\text{cp}}}{P_{\text{max}}} \quad (3)$$

Для графика нагрузки отдельного ЭП, работающего в повторно-кратковременном режиме, используется коэффициент включения (K_B), который объясняет характер технологического процесса. Данный коэффициент характеризует отношение времени работы ЭП ко времени цикла:

$$K_B = \frac{t_p}{t_{\text{ц}}} \quad (4)$$

где, t_p – время работы ЭП [час]; $t_{\text{ц}} = t_p + t_n$ – время цикла [час]; t_n – время паузы [час].

Коэффициент использования ($K_{\text{И}}$) группы ЭП объясняет отношение среднего значения потребленной активной мощности группой ЭП (P_c) за наиболее загруженный период к их активной номинальной мощности (P_n):

$$K_{\text{И}} = \frac{P_{\text{cp}}}{P_n} \quad (5)$$

Коэффициент формы ($K_{\text{Ф}}$) определяется отношением среднеквадратичной мощности ЭП к среднему значению нагрузки и характеризует неравномерности графика нагрузки:

$$K_{\text{Ф}} = \frac{P_{\text{ск}}}{P_{\text{cp}}} \quad (6)$$

Рассмотрим выработку электроэнергии различными ВИЭ.

Выработка электрической энергии на ВЭС в основном зависит от энергии ветра, которая характеризуется скоростью, являющейся случайной переменной величиной.

Основными параметрами, определяющими изменения графика выработки ВЭС являются: среднегодовая скорость ветра, годовой и суточный ход ветра, повторяемость скоростей, типы и параметры функций распределения скоростей ветра, удельная мощность и удельная энергия ветра, ветроэнергетические ресурсы региона и другие [2]. С учетом перечисленных критериев точный и типичный график выработки ЭЭ ВЭС невозможно определить. На рисунке 3 приведен суточный график нагрузки ВЭС, который меняется хаотично (по хаотичному закону).

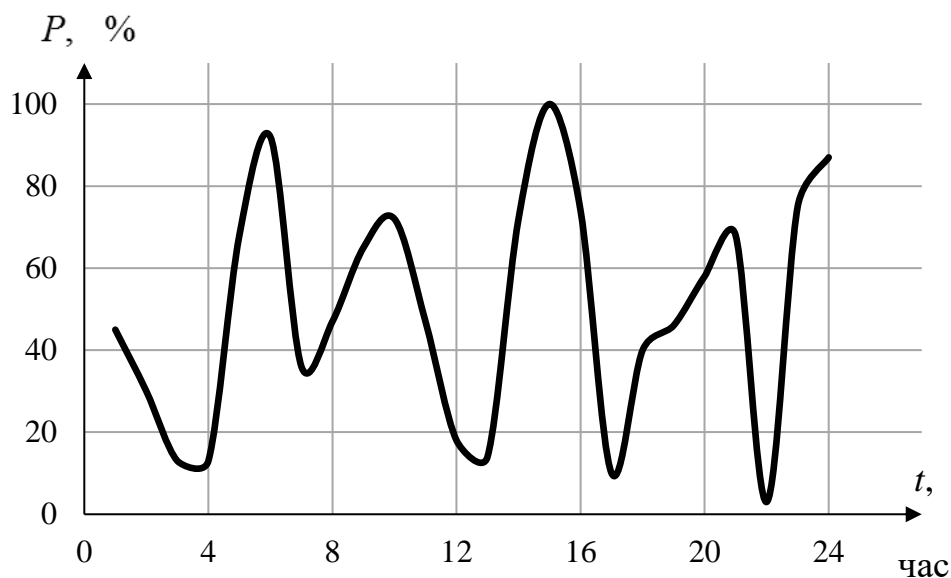


Рисунок 3 - Суточный график выработки ВЭС

Выработка электрической энергии на СЭС в основном зависит от солнечного света, поэтому генерируемая мощность в течение дня является переменной. Типичный график выработки СЭС приведен на рисунке 4.

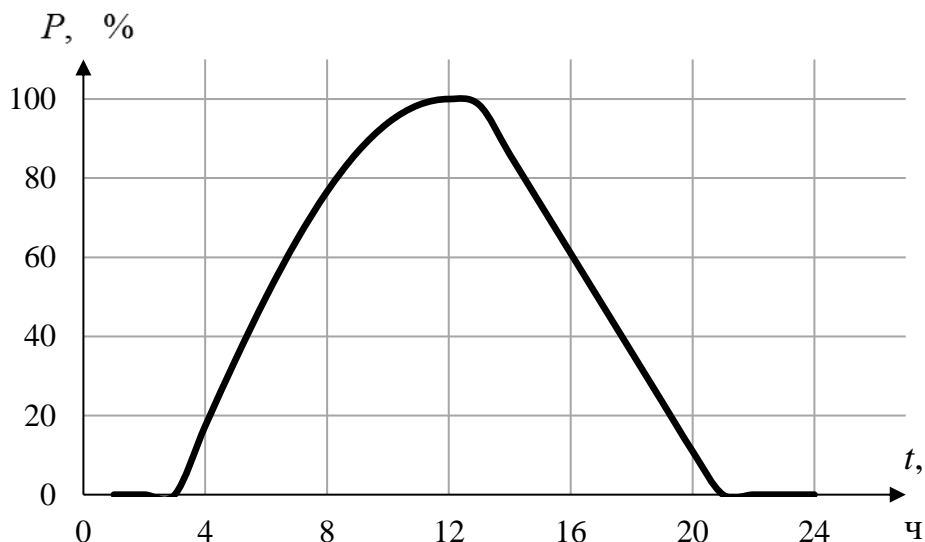


Рисунок 4 - Суточный график выработки СЭС

Нехватку электроэнергии при обеспечении потребителей за счет ВЭС и СЭС должна компенсировать МГЭС. При дефиците ЭЭ в энергокомплексе МГЭС будет генерировать ЭЭ, а при избытке мощности будет запасать энергию воды на верхнем бьефе. Исходя из этого, легко можно определить график работы МГЭС, зная графики выработки СЭС и ВЭС и график нагрузки потребителей:

$$P_{\text{МГЭС}}^{i-j} = P_{\text{СЭС}}^{i-j} + P_{\text{ВЭС}}^{i-j} - P_{\text{нагр.}}^{i-j} \quad (7)$$

где, $P_{\text{МГЭС}}^{i-j}$; $P_{\text{СЭС}}^{i-j}$; $P_{\text{ВЭС}}^{i-j}$; $P_{\text{нагр.}}^{i-j}$ – соответственно мощности МГЭС, СЭС, ВЭС и нагрузки на интервале $i-j$.

Для полной иллюстрации процесса выбора установленных мощностей участников энергокомплекса принимаем, что установленная мощность ВЭС составляет 100 кВт, СЭС – 100 кВт, а максимальная мощность нагрузки составляет 200 кВт. В результате расчета получим суточный график нагрузки МГЭС, который показан на рисунке 5.

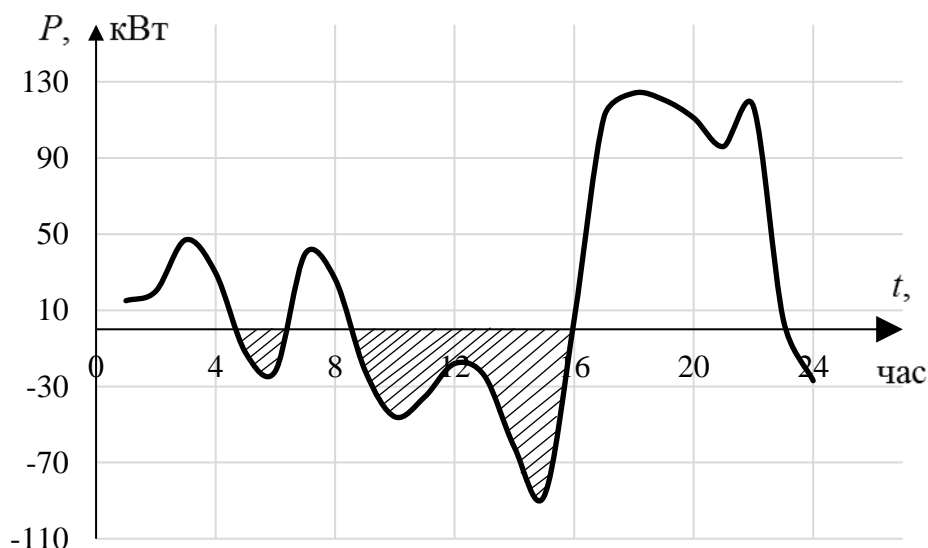


Рисунок 5 - Суточный график выработки МГЭС

Как видно из графика, в интервалах времени 5 – 6 и 9 – 16 генерируемая мощность МГЭС имеет отрицательное значение. Это означает, что на этих интервалах необходимо уменьшить генерируемую мощность отключением части солнечных панелей или ветрогенераторов, что неэффективно с экономической точки зрения. Поэтому необходимо найти более рациональные варианты для правильного и оптимального выбора установленной мощности всех источников ЭЭ.

При выборе номинальной мощности источников ЭЭ учитываем один из основных коэффициентов графика нагрузки – коэффициента формы, порядок определения которого приведен

выше (6). Методика поиска оптимальной установленной мощности источников энергокомплекса итерационным методом приведена ниже.

Алгоритм выбора оптимальных установленных мощностей электростанции (ВЭС, СЭС и МГЭС) энергокомплекса. Для правильного и оптимального выбора установленной мощности источников электрической энергии, входящих в состав энергокомплекса, автор разработал алгоритм расчета, который приведен на рисунке 6. Суть алгоритма заключается в следующем. Пусть в произвольном децентрализованном районе, в котором имеется возможность установить источники электрической энергии (ИЭЭ), как солнечная (СЭС), ветровая электростанция (ВЭС) и малая – гидроэлектростанция (МГЭС). Для правильного и оптимального выбора номинальной установленной мощности источников необходимы исходные данные о возможности установки того или иного вида станции. Если известен характер нагрузки и график её изменения в разные времена года, а также технические возможности по проектированию и построению ИЭЭ, алгоритм даёт возможность правильного и оптимального выбора установленной мощности станции. При расчете необходимо учитывать потери активной мощности в электрических сетях. После обработки исходных данных и определении возможного варианта установленной мощности источников необходимо принимать во внимание следующее условие:

$$P_{\text{ном.уст.}} \leq P_{\text{тех.возм.}} \quad (8)$$

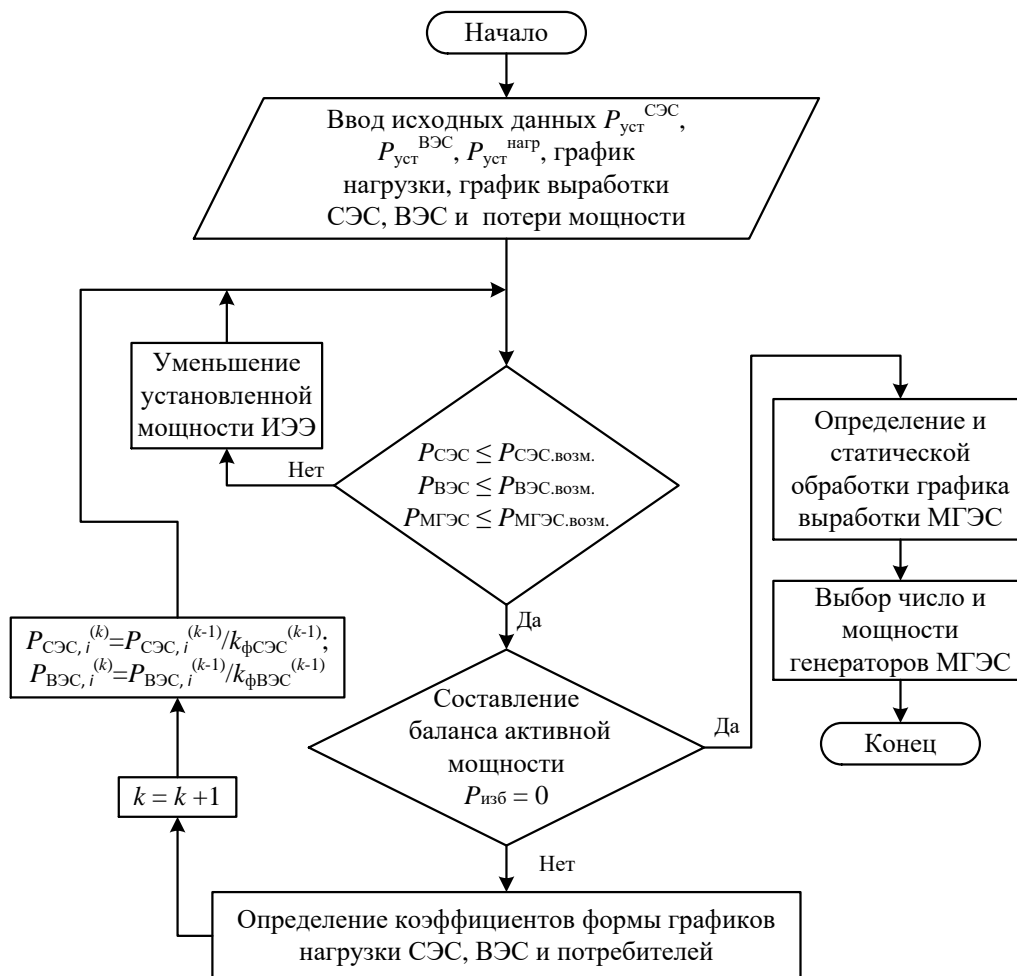


Рисунок 6 - Алгоритм оптимального выбора установленных мощностей электростанции (ВЭС, СЭС и МГЭС) энергокомплекса итерационным методом

После чего, при известном значении потребляемой мощности нагрузки и генерируемой мощности в любой момент времени составляется баланс активной мощности. Формула баланса мощности с учётом потерь электроэнергии в сети:

$$\left\{ \begin{aligned} \int_0^k (P_{\text{ВЭС}}(t) + P_{\text{СЭС}}(t)) dt &= \int_0^k (P_{\text{нагр}}(t)) dt + \int_0^k (\Delta P_{\text{потерь}}(t)) dt - \int_0^k (P_{\text{МГЭС}}(t)) dt; \\ \int_0^k P_{\text{ЭК}}(t) dt &= \int_0^k (P_{\text{МГЭС}}(t)) dt + \int_0^k (P_{\text{СЭС}}(t)) dt + \int_0^k (P_{\text{ВЭС}}(t)) dt - \int_0^k (P_{\text{нагр}}(t)) dt - \int_0^k (\Delta P_{\text{потерь}}(t)) dt \end{aligned} \right. \quad (9)$$

При расчёте необходимо учитывать, что на каждой момент времени условие

$$P_{МГЭС}^i = P_{СЭС}^i + P_{ВЭС}^i - P_{нагр.}^i - \Delta P_{пот.}^i \geq 0 \quad (10)$$

должно выполняться.

Если условие (8) не выполняется, тогда необходимо уменьшить установленную мощность источников электрической энергии и расчет заново повторяется. При выполнении условия (8) составляется уравнение баланса мощностей в соответствии с уравнением (9). При выполнении условия (10) необходимо учитывать, что при расчёте выбора мощности источников приоритет отдаётся на максимальное использование генерируемых мощностей СЭС и ВЭС, так как при этом на верхнем бьефе происходит запасание воды для выработки мощности для МГЭС. Необходимо отметить, что в соответствии с (10) мощность МГЭС не может быть меньше нуля.

Если выполняется условие (9), тогда необходимо определить и сделать статистическую обработку графика нагрузки МГЭС и выбрать оптимальный вариант количества и мощности её генераторов. При невыполнении условия (9) необходимо определить оптимальную установленную мощность СЭС и ВЭС. Поиск наилучшего варианта установленной мощности выполняется с помощью одного из основных технико-экономических показателей графиков нагрузки, то есть коэффициента формы, порядок расчёта которого приведен выше (формула 6). Зная график выработки СЭС и ВЭС, легко можно определить коэффициент формы соответственно, получим новое значение установленной мощности СЭС и ВЭС:

$$\begin{cases} P_{СЭСi}^{k+1} = \frac{P_{СЭСi}^k}{k_{\Phi.СЭС}^k}; \\ P_{ВЭСi}^{k+1} = \frac{P_{ВЭСi}^k}{k_{\Phi.ВЭС}^k} \end{cases} \quad (11)$$

и расчет заново выполняется. Итерационный процесс продолжается до того момента, пока не будут выполнены условия (9) и (10). При выполнении условий (9) и (10) расчет закончивается.

В соответствии с разработанной методикой определения установленной мощности станции автором был создан «Программный комплекс для оптимального выбора установленных мощностей электростанции (ВЭС, СЭС и МГЭС) энергокомплекса итерационным методом» (регистрационный номер программы для ЭВМ в «Реестре программ для ЭВМ» №2023669848, 21 сентября 2023 г.) [15].

В качестве примера приводим результаты расчета выбора оптимальной мощности по разработанной программе. В качестве исходных данных выбираем номинальную мощность участников энергокомплекса и принимаем что $P_{СЭС}^{уст} = 100$ кВт; $P_{ВЭС}^{уст} = 100$ кВт; $P_{нагр.}^{max} = 200$ кВт.

Окно ввода информации на программе приведено на рисунке 7.

Результаты расчета программы для первой и пятой итераций приведены соответственно на рисунках 8 и 9.

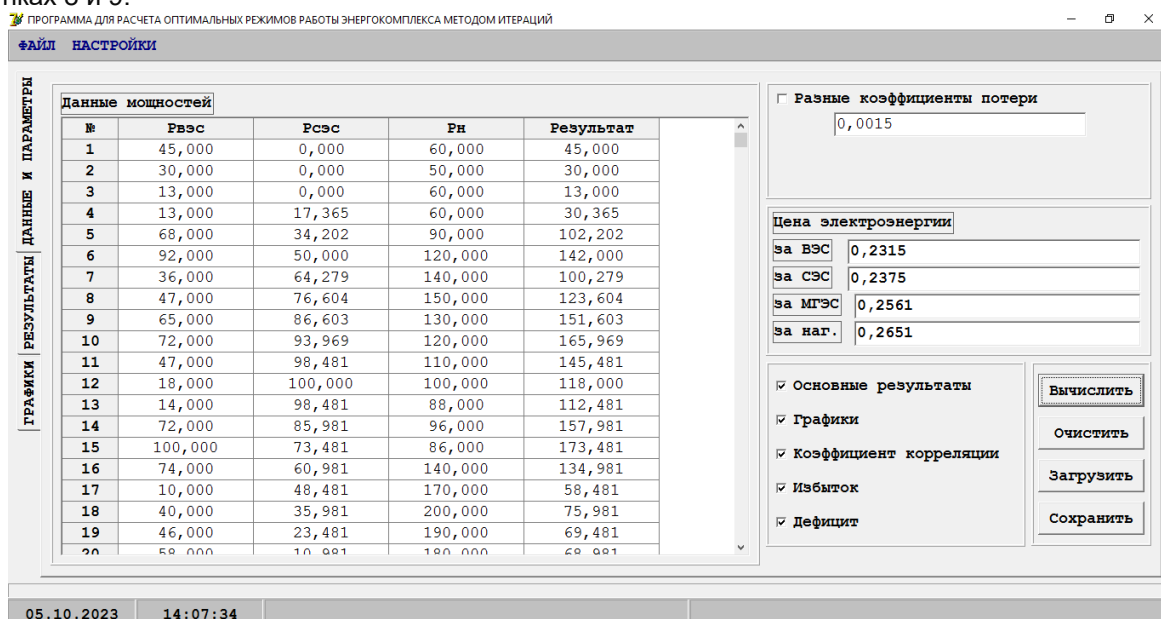


Рисунок 7 - Окно ввода исходных данных программы для оптимального выбора установленных мощностей электростанции

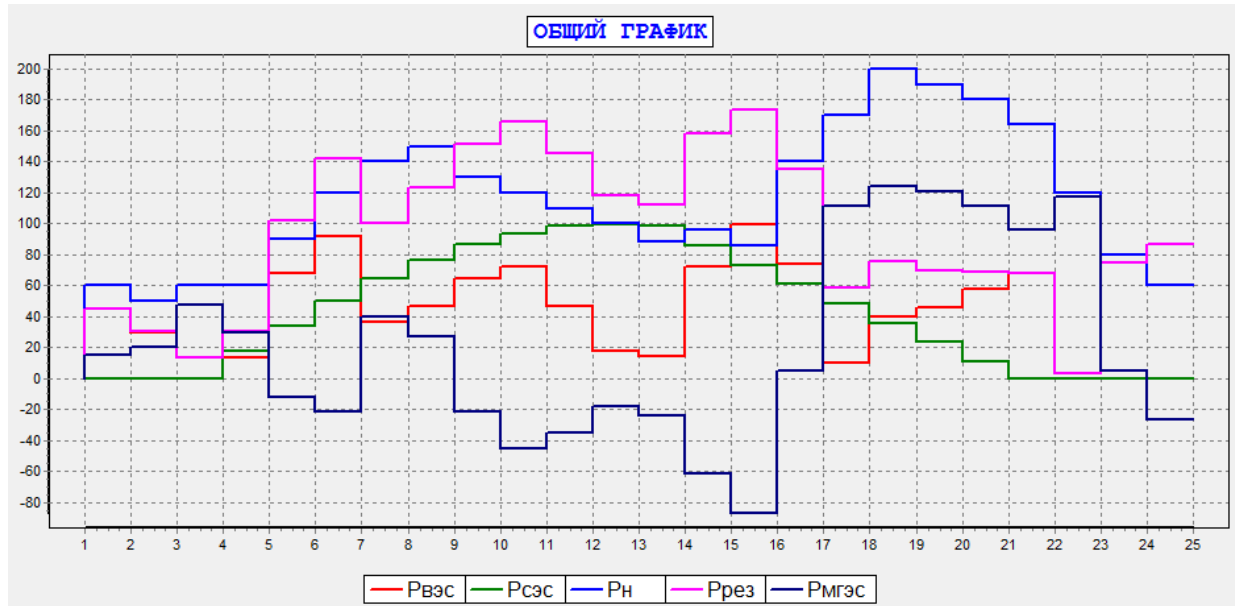


Рисунок 8 - Графики выработки ИЭЭ (СЭС, ВЭС и МГЭС) и нагрузки потребителей на первой итерации

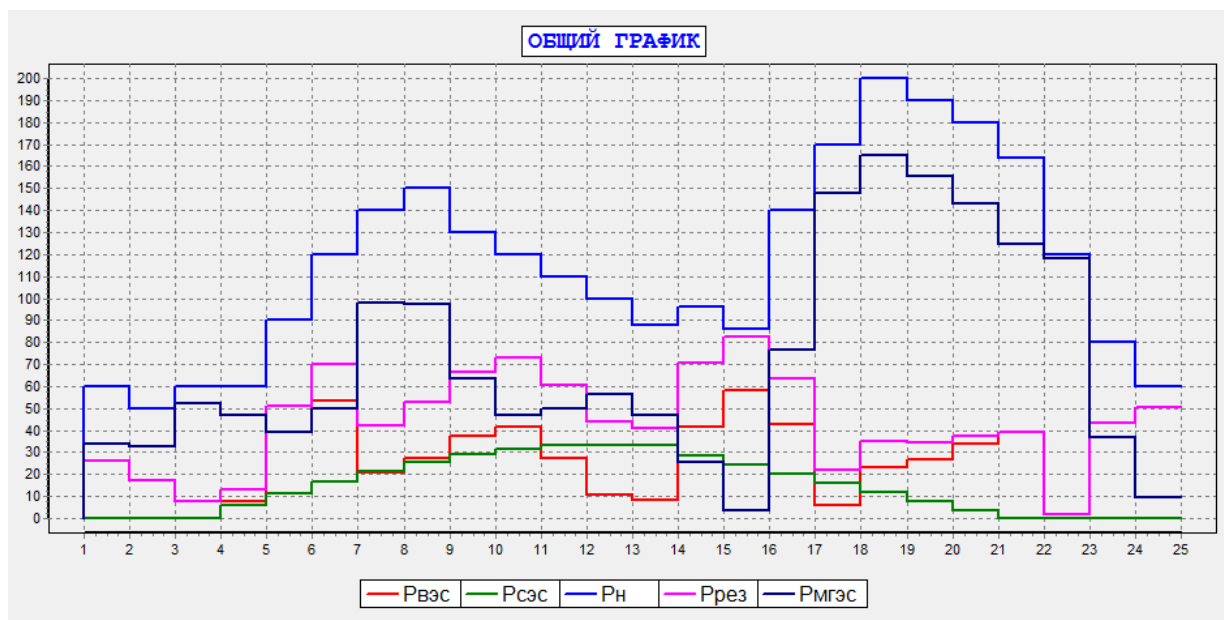


Рисунок 9 - Графики выработки ИЭЭ (СЭС, ВЭС и МГЭС) и нагрузки потребителей на пятой итерации

Результаты произведённого расчёта показывают, что на пятой итерации максимальная установленная мощность ВЭС, СЭС и МГЭС соответственно равнялись - 60 кВт, 35 кВт и 165 кВт.

Выводы

1. Показаны преимущества применения ВИЭ в качестве источников электрической энергии в децентрализованных электрических сетях. Показано, что в таких сетях целесообразно применять энергокомплекс с источниками ЭЭ как ВЭС, СЭС и МГЭС.
2. Предложена разработанная методика выбора оптимальных мощностей источников ЭЭ энергокомплекса. Для выбора наилучшего варианта мощности использован итерационный метод с использованием одного из технико-экономических параметров графика нагрузки – коэффициента формы.
3. В качестве примера приведены результаты тестирования расчёта выбора номинальных мощностей СЭС, ВЭС и МГЭС в программном комплексе.

Литература

1. Григораш О.В., Степура Ю.П., Сулейманов Р.А. и др. Возобновляемые источники электроэнергии. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 272 с.
2. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие / Б.В. Лукин, И.О. Муравлев, И.А. Плотников – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 128 с.

3. Григораш О.В. Автономные гибридные электростанции / О.В. Григораш // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 124(10). – С. 1 – 12.
4. Григораш О.В. Автономные системы электроснабжения на возобновляемых источниках энергии / О.В. Григораш // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 93(09). – С. 1 – 13.
5. Григораш О.В. Классификация и основные способы построения солнечных электростанций / О.В. Григораш // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – №124(10). – С. 1 – 14.
6. Охоткин Г.П. Методика расчета мощности солнечных электростанций / Г.П. Охоткин // Вестник Чувашского университета. – 2013. – №3. – С. 222 – 230.
7. Самади Ш.Д., Ганиев З.С., Назиров Х.Б. Причины дефицита электроэнергии в энергосистеме и роль Рогунской гидроэлектростанции в достижении энергетической безопасности Республики Таджикистан / Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2021. № 2 (54).
8. Руди Д. Ю. Алгоритм расчёта системы автономного питания на основе ВЭУ и солнечной энергетики / Д. Ю. Руди, Н. В. Шарков, Н. Г. Демидова, Т. В. Бубенчикова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 22.3 (126.3). — С. 43-46. — URL: <https://moluch.ru/archive/126/35131/> (дата обращения: 02.04.2023).
9. Ахмедов Х.М., Салиев М.А., Джураев Э. Расчёт параметров автономной солнечной электрической станции для загородного дома / Х.М. Ахмедов, М.А. Салиев, Э. Джураев // Доклады академик АН Республики Таджикистан: Серия Энергетика. – 2018. – том 61, №4 – С. 366 – 372.
10. Назиров Х.Б., Абдулкеримов С.А., Ганиев З.С., Джураев Ш.Д., Ахъев Д.С. Оценка режима работы инверторов солнечных электростанций с точки зрения обеспечения качества электроэнергии / Электротехнические системы и комплексы. 2023. № 1 (58). С. 31-38.
11. Ганиев З.С., Самади Ш.Д., Содиков М.Х., Каримов Р.И. К вопросу об использовании солнечных энергоустановок в условиях Республики Таджикистан / Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2019. № 3 (47). С. 32-40.
12. Манусов В.З., Ганиев З.С., Султонов Ш.М. Оценка доступности энергетических ресурсов за счет солнечной радиации в Республике Таджикистан / Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2018. № 1. С. 174-177.
13. Киргизов А.К., Ганиев З.С., Джалилов Р.А. Влияние местности на определение потенциала возобновляемых источников энергии / Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. № 1 (41). С. 34-46.
14. Манусов В.З., Ганиев З.С., Ахъев Д.С. Обоснование использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии для покрытия дефицита мощности в Республике Таджикистан / Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2017. № 1-2. С. 139-142.
15. Джураев Ш.Д., Бобоев Ш.А., Назиров Х.Б., Абдулкеримов С.А., Ганиев З.С. Программа для оптимального выбора установленных мощностей электростанции (ВЭС, СЭС и МГЭС) энергокомплекса итерационным методом/ Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023669848, 21.09.2023. Заявка № 2023668688 от 11.09.2023.

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

TJ	RU	EN
Ганиев Зокирзон Султонович	Ганиев Зокирджон Султонович	Ganiev Zokirjon Sultonovich
Муаллими калони кафедраи «Электроэнергетика»	Старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика»	senior lecturer in the Department of Electric Power Engineering
Филиали Донишгоҳи миллии тадқиқотии "МЭИ" дар ш. Душанбе	Филиал «НИУ «МЭИ» в г. Душанбе	Branch of the National Research University MPEI in Dushanbe
zoko1981@mail.ru.		

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОГУНСКОЙ ГЭС В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Раджабов М.Ш.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан

В статье приведен анализ режимов работы введенной в эксплуатацию в первой очереди Рогунской ГЭС. Приведена роль ГЭС в энергетических системах, также возможные режимы ГЭС в системе. Значимость Рогунской ГЭС в ЭЭС Республики Таджикистан, параметры введенных в эксплуатацию электротехнологических оборудования. Показаны расходы воды Рогунской ГЭС в разные годы после введения в эксплуатацию, заполнение и сработка водохранилища. Приведен график выработки мощности Рогунской ГЭС.

Ключевые слова: Рогунская ГЭС, расход воды, режим работы, выработка электроэнергии.

ТАҲЛИЛИ РЕҶАҶОИ КОРИИ НЕРУГОҶИ БАҶӢ ОБИИ РОҒУН ДАР СИСТЕМАИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИИ ТОҶИКИСТОН

Раҷабов М.Ш.

Дар мақола таҳлили реҷаҷои кори навбати якуми НБО Роғун оварда шудааст. Нақши НБО дар системаҳои энергетикӣ, инчунин реҷаҷои имконпазири нуругоҷҳои обӣ дар системаи энергетикӣ оварда шудаанд. Аҳамияти НБО Роғун дар системаи энергетикӣи Ҷумҳурии Тоҷикистон, параметрҳои таҷҳизоти электрикӣ ва технологияи ба кор андохташуда. Сарфи об дар НБО Роғун дар солҳои гуногуни баъди ба кор андохтан, пур кардан ва кашидани обанбор нишон дода шудааст. Графики истеҳсоли таваҳои дар Роғун оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: НБО Роғун, сарфи об, реҷаҷои корӣ, истеҳсоли энергияи электрикӣ.

ANALYSIS OF OPERATING MODES OF THE ROGUN HPP IN THE ELECTRIC POWER SYSTEM OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Rajabov M.Sh.

The article provides an analysis of the operating modes of the commissioned first stage of the Rogun HPP. The role of hydroelectric power stations in energy systems is given, as well as possible modes of hydroelectric power stations in the system. The significance of the Rogun HPP in the EPS of the Republic of Tajikistan, the parameters of the electrical technological equipment put into operation. The water consumption of the Rogun HPP in different years after commissioning, filling and drawdown of the reservoir are shown. The power generation schedule of the Rogun HPP is given.

Key words: Rogun HPP, water consumption, operating mode, electricity generation.

Введение

Гидроэнергетика является крупнейшим возобновляемым источником производства электроэнергии в мире, на ее долю приходится около 16% мирового производства электроэнергии и 61% возобновляемых источников энергии [1], а также ключевым компонентом водно-энергетической связи. Производство гидроэлектроэнергии во многом зависит от природных условий, которая может либо сократить выработку электроэнергии в маловодные годы, либо вызвать большие потери воды в холостую в многоводные годы. Кроме того, на производство гидроэлектроэнергии также влияют другие конкурирующие водопользователи, такие как ирригация, бытовое и промышленное водоснабжение, а также сохранение экосистем. Несмотря на то, что динамический и нелинейный характер гидроэнергетики в таких явлениях, как потери на испарение и закономерности изменения гидравлического напора, хорошо понятен и учитывается в гидрологических исследованиях, за некоторыми исключениями, модели энергетических систем неспособны учитывать целостное влияние гидрометеорологической изменчивости на объемную мощность системы. Модели энергетических систем обычно работают в предположении гидрологической стационарности [2], игнорируя изменчивость и неопределенность водных ресурсов, лежащих в основе гидрологических моделей.

Как известно, основная доля электроэнергии в Таджикистане вырабатывается на ГЭС, которые сосредоточены на реках, Вахш, Сырдарья и Варзоб. На реке Сырдарья построена одна, Кайракумская ГЭС мощностью 126 МВт с долей выработки 4 % от суммарной электроэнергии в республике. На реке Варзоб построены три ГЭС (Варзобская ГЭС-1,2,3), суммарной мощностью 27,42 МВт и с долей выработки электроэнергии 0,5 %. На реке Вахш действуют гидростанции суммарной установленной мощностью 5535 МВт.

Эффективность использования гидроресурсов при регулировании речного стока во многом зависит от знания его особенностей и характеристик, поэтому гидрология является частью гидроэнергетики. Она помогает правильно определять характеристики стоки и водно-энергетические параметры режима работы ГЭС. Подробная информация по каскаду ГЭС на реке Вахш приведены в [3,4]

Объект исследования

Рогунская ГЭС была спроектирована ещё в период Советского Союза в 1950-х - 1960-х годах, в рамках плана развития центрально-азиатского региона, который, в настоящее время разделился на несколько независимых государств. Проект Рогунской ГЭС является как многоцелевой проект по

выработке электроэнергии, регулировании стока реки Вахш, борьбы с наводнениями и контроля за речными отложениями.

Рогунской ГЭС, представляет собой земляную, камено-набросную плотину высотой 335 метров, с отметкой гребня плотины на отметке 1300 метров над уровнем моря (м.н.у.м), с водохранилищем, где уровень воды, так называемый «нормальный подпорный уровень» (НПУ) расположен на отметке 1290 м.н.у.м. [5]. Водоохранилище Рогунской ГЭС будет иметь годовое регулирование стока, которое может запастись большим объемом воды в летнее время и сбрасывать в зимнее время.

Рогунская ГЭС с установленной мощностью 3600 МВт станет самой мощной ГЭС в Таджикистане, со среднегодовой выработкой электроэнергии 13,1 млрд. кВт·ч. Рогунская ГЭС является наиболее крупным на р. Вахш, обеспечивающий наиболее эффективную работу всего Вахшского каскада [6]. С вводом этой станции на полную мощность возможно практически полное освоение водно-энергетического потенциала всей реки Вахш, а также зарегулирование стока реки Амударья.

На сегодняшний день введено в эксплуатацию два гидроагрегата Рогунской ГЭС. Первый агрегат (ГА №6) мощностью 360 МВт был введен в эксплуатацию 16 ноября 2018 года, второй (ГА №5), мощностью 400 МВт 9 сентября 2019 года.

В связи с большим диапазоном напоров, при которых работают агрегаты ГЭС в период строительства и временной эксплуатации, изменяющегося от 80 м при пуске первых агрегатов (УВБ 1055,00 м) до 320 м (НПУ 1290,00 м), выполняется поэтапный ввода гидроэнергетического оборудования.

Введённые в эксплуатацию первые две агрегаты (ГА №6 и №5) работают на пониженном напоре (от 80 до 120 м) с временными рабочими колесами и временными генераторами на отметке УВБ 1055 м. При напорах от 120 до 185 м выполняется замена временных рабочих колес на постоянные с продолжением работы временных генераторов.

При достижении напора 185 м (УВБ 1165 м) планируется пуск агрегатов № 4 и 3 с установкой постоянных рабочих колес и генераторов с частотой вращения 166,7 об/мин, работающие от постоянного водоприемника с пониженным порогом на отм. 1152,000 м.

При достижении напора 200 м (УВБ 1185 м) производится пуск агрегатов № 2 и 1 с установкой постоянных рабочих колес и генераторов с частотой вращения 166,7 об/мин, работающие от постоянного водоприемника с нормальным порогом входа на отм. 1172 м.

На Рогунской ГЭС по схеме блок генератор-трансформатор введены в эксплуатацию два трансформатора мощностью 700МВА, напряжением 525/15,75кВ. Также установлены две группы однофазных автотрансформаторов 3х167 МВА, напряжением 500/220кВ, введена расщепительная 220кВ с двумя отходящими линиями на районную подстанцию Рогун 220/110/35кВ.

Выдача мощности на данный момент при работе первых двух агрегатов выполняются по двумя ВЛ 500кВ на ПС «Душанбе-500» и двумя ВЛ 220кВ на ПС 220/110/35кВ «Рогун».

Режимы ГЭС в энергетической системе

Задачи управления режимами гидроэнергетических систем являются комплексными и должны учитывать многообразие критериев эффективности режимов работы. Режим работы ГЭС как отдельной, так и их каскадов, как правило, участвуют в энергосистеме не отдельно, а совместно с другими видами станций. Так, в зависимости от характера покрытия графика нагрузки энергосистемы - участие ГЭС может находиться в разной ее части: базисной, полупиковой или пиковой части [7,8].

В этих условиях основными энергетическими и режимными функциями ГЭС на сегодняшний день стало приниматься [8]:

- участие в покрытии пиковой части графиков нагрузки объединенных энергосистем;
- регулирование частоты и мощности в энергосистемах и перетоков мощности по межсистемным линиям электропередачи;
- выполнение роли аварийного и нагрузочного резерва энергосистемы, в случае выхода из работы генерирующего оборудования и линий электропередачи, а также в случаях неплановых набросов нагрузки.

Задача оптимального управления режимами энергосистем с большим количеством ГЭС делится на две подзадачи. Первая – оптимизация долгосрочных режимов ГЭС. Вторая оптимизация краткосрочных режимов ГЭС. Оптимизация режимов энергетических систем является одной из основных функций определяющей эффективность работы энергетических систем. Наличие ГЭС в энергосистеме значительно усложняет задачу определения оптимального суточного режима работы энергосистемы. Это связано с учетом интегральных ограничений в форме равенств по суточному или недельному расходованию воды на каждой ГЭС, что значительно усложняет расчеты суточного режима энергосистемы.

Оптимизация долгосрочных режимов включает в себя нахождение оптимальных режимов работы ГЭС для всего цикла регулирования. Определяется режим использования водно-энергетических ресурсов водохранилищ, по которым определяется графики сброски и наполнения

водохранилищ. На основании этих расчетов определяются гидроресурсы для краткосрочных периодов. Сначала разрабатываются долгосрочные режимы работы ГЭС, где определяется оптимальное распределение гидроресурсов за весь период регулирования. Назначаются оптимальные режимы ГЭС в энергосистеме в долгосрочном периоде (год, несколько лет), а затем эти данные используются в определении оптимальных краткосрочных режимов ГЭС в энергосистеме. Например, если ГЭС имеет водохранилище с годовым регулированием стока, то должны быть определены ограничения по расходу воды за месяц, неделю, сутки [7].

Оптимизация краткосрочных режимов необходима для определения, как правило, суточных режимов ГЭС в энергосистеме. При этом определяется оптимальная загрузка станции по часам суток с учетом ограничения по расходам воды за сутки, а также решаются задачи внутростанционной оптимизации, а именно: выбор оптимального числа и состава работающего на ГЭС оборудования (гидроагрегатов) в рамках определенного оптимального суточного режима ГЭС и оптимальное распределение мощности станции между работающими агрегатами.

Основной задачей при назначении режимов для станций годичного и сезонного регулирования в зимний период является обязательная предполоводная сработка водохранилищ до УМО для высвобождения полезной ёмкости водохранилища и принятия избыточного стока в период половодья.

Функции гидроэлектростанций в системе различны и зависят они от технических возможностей станций. Основными из них являются [9,10]:

1. Выдача рабочей мощности и энергии в требуемом по балансу ОЭС режиме. Суточный график нагрузки содержит три зоны: пиковая, полупиковая и базовая. Значит и рабочая мощность может быть: базовой, то есть неизменной в течение определённого интервала времени (например, за сутки); полупиковой с изменением рабочей мощности до 20%; пиковой – изменение мощности зависит от переменного режима нагрузки потребителей.

2. Обеспечение резерва активной мощности. Эта функция необходима для надежного электроснабжения потребителей. Резерв может располагаться как на включенном, но недогруженном генерирующем оборудовании, так и на отключенном от сети.

3. Выдача реактивной мощности.

4. Обеспечение резерва реактивной мощности. Регулирование реактивной мощности осуществляется как за счет гидроагрегатов в генераторном режиме, так и за счет их перевода в режим синхронного компенсатора при наличии конструктивной и технической возможностей.

5. Поддержание качества электроэнергии по частоте.

6. Регулирование напряжение на шинах станции.

Ниже приведена графики расхода воды на выработку электроэнергии, расходы на холостые сбросы и расходы на Рогунской ГЭС в целом для 2019, 2020 и 2021 годов рис. 1,2,3.

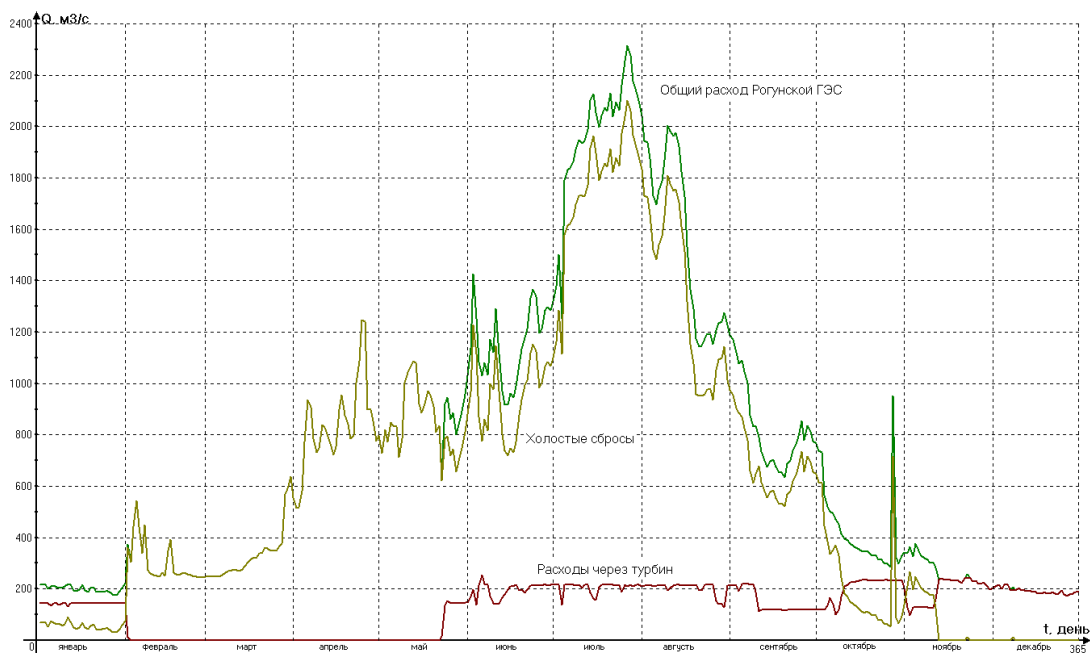


Рисунок 1 – Расходы Рогунской ГЭС в 2019 году.

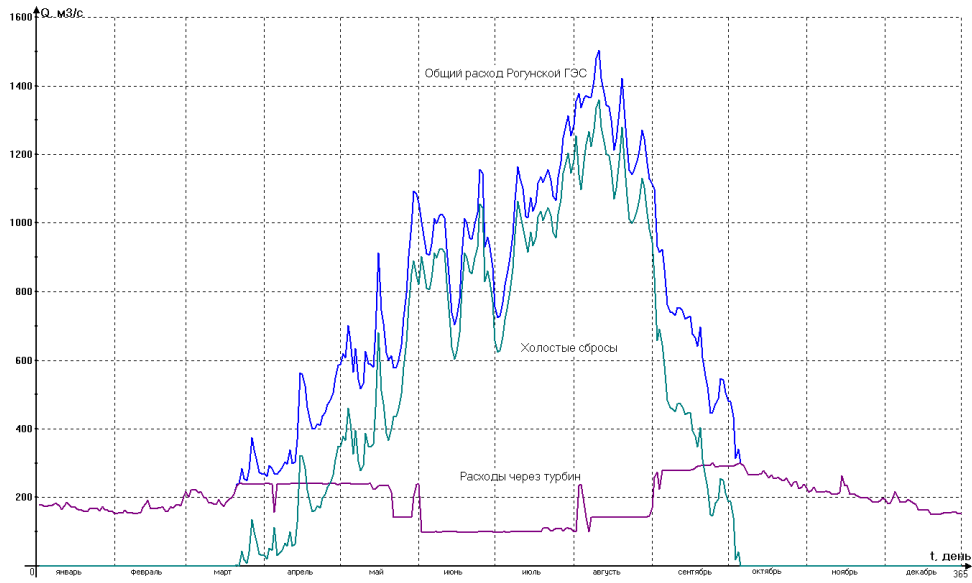


Рисунок 2 – Расходы Рогунской ГЭС в 2020 году

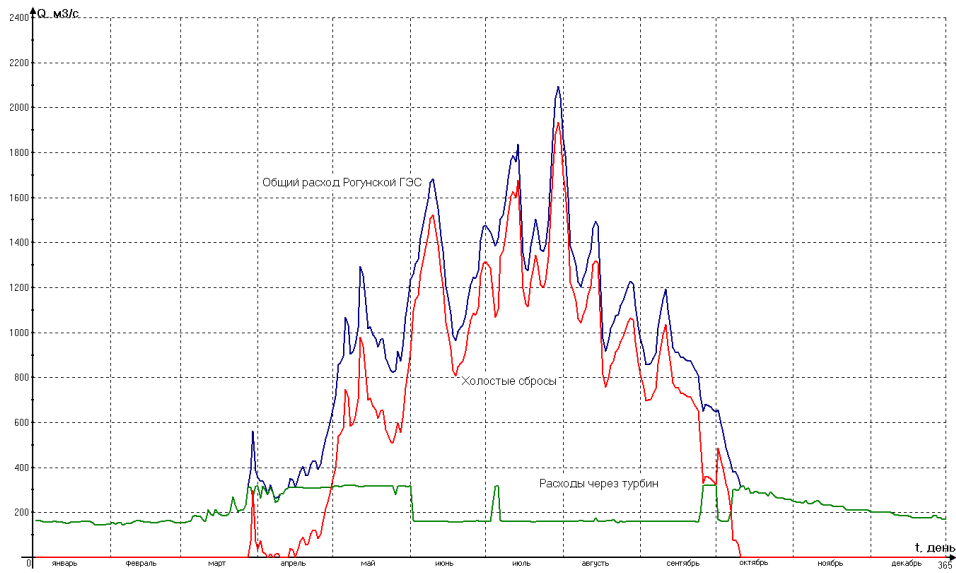


Рисунок 3. Расходы Рогунской ГЭС в 2021 году

На рис. 4 показаны расходы воды на Рогунской ГЭС с 2019 по 2022 гг.

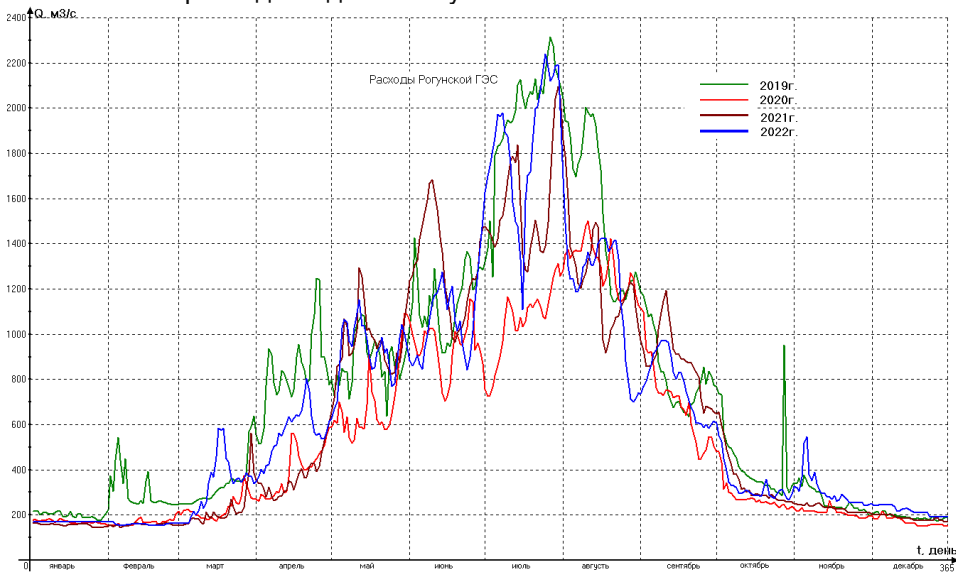


Рисунок 4. Расходы воды на Рогунской ГЭС с 2019 по 2022 гг.

Заполнение водохранилища Рогунской ГЭС на данный момент зависит от уровня строящейся плотины. При высоте плотины до 1065 м.н.у.м., выполнялась наполнение водохранилища до отметки верхнего бьефа 1055 м.н.у.м., что являлась пусковой отметкой для ввода в эксплуатацию первых двух гидроагрегатов станции, оборудованных временными колесами. Примерно после 2 года эксплуатации ГЭС уровень верхнего бьефа водохранилища поднимается до 1070 м.н.у.м., при высоте плотины 1100 м.н.у.м.

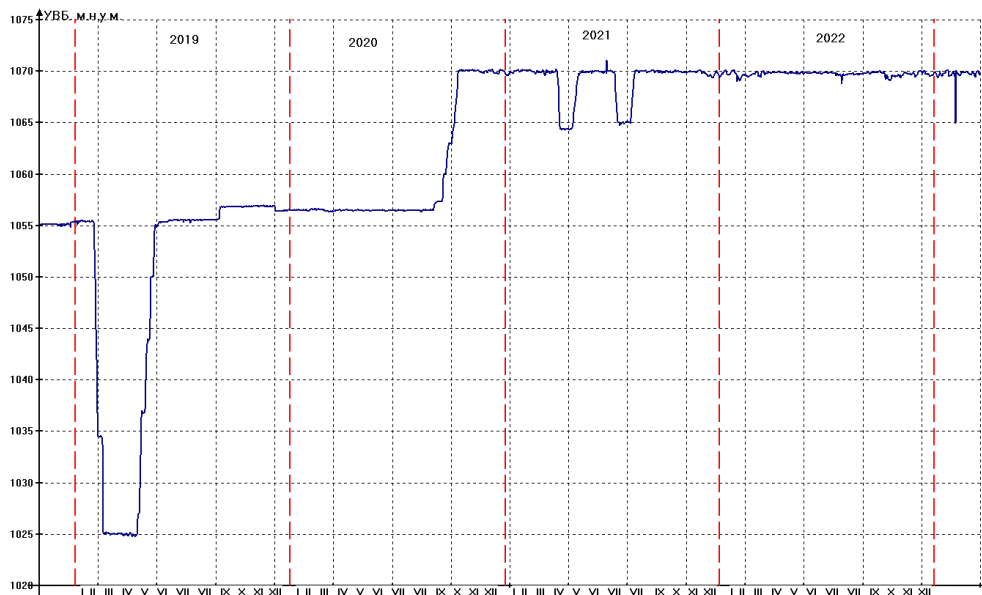


Рисунок 5. Заполнение водохранилища Рогунской ГЭС.

График выработки мощности Рогунской ГЭС приведена на рис. 6. При работе на низких напорах, доля выработки электроэнергии Рогунской ГЭС составляет около 7,5 % от общей выработки электроэнергии в Республике Таджикистан.

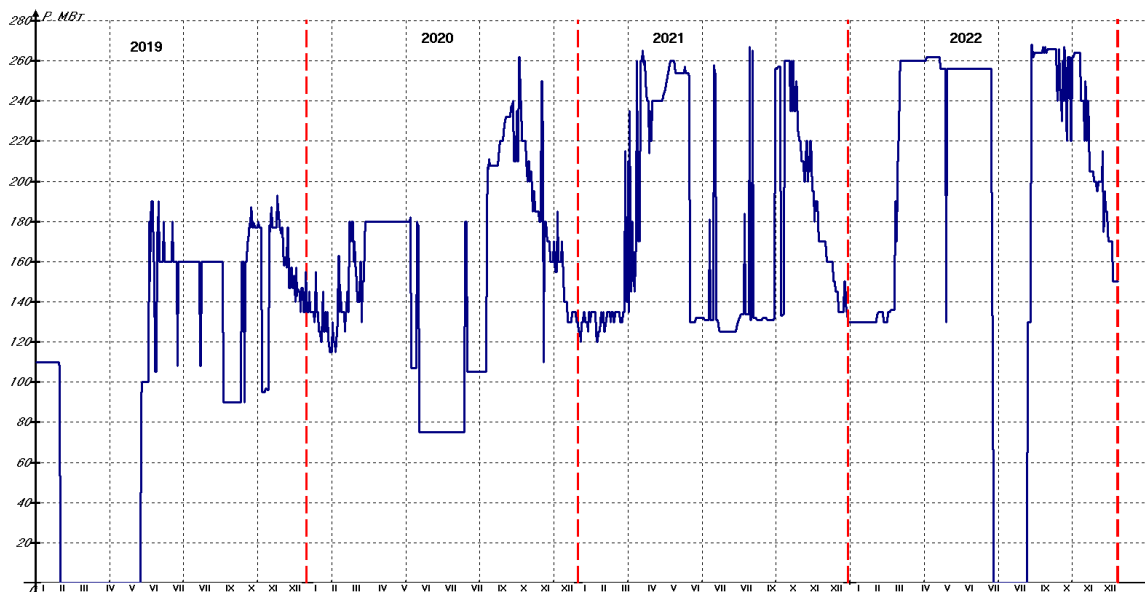


Рисунок 6. Выработка мощности Рогунской ГЭС

Заключение

Таким образом, введенная в эксплуатацию первая очередь строительства Рогунской ГЭС позволила увеличить выработку электроэнергии в Республике почти на 8%. На данный момент идет строительство плотины, подготовка к вводу в эксплуатацию третьего гидроагрегата (ГА №4), и параллельное заполнение водохранилища. По мере заполнения водохранилища, т.е., повышением уровня верхнего бьефа на ГЭС повышается напор, что приведет к увеличению выработки мощности. После ввода на полную мощность Рогунская ГЭС способствует снижению дефицита электроэнергии в зимнее периоде также позволяет экспортировать электрическую энергию в соседние страны, таким как Афганистан и Пакистан в летнем периоде в большом объеме. Водоохранилище Рогунской ГЭС с годовым регулированием стока реки позволяет повысить эффективность функционирования каскада

ГЭС на реке Вахш, рационально использовать водные ресурсы бассейна. Особенно оптимальное управление долгосрочными и краткосрочными режимами Рогунской и Нурекской ГЭС позволяет увеличить выработку электроэнергии для ГЭС всего каскада. Кроме того, водохранилище Рогунской ГЭС располагаясь перед Нурекской ГЭС, удерживает наносы, тем самым смягчает процесс заиления водохранилища Нурекской ГЭС. Это позволяет сохранить полезный объем водохранилища Нурекской ГЭС.

Литература

1. International Hydropower Association (ИНА). Hydropower Status Report 2021. 2021. www.hydropower.org.
2. National Renewable Energy Laboratory. Hydropower Modeling Challenges. Golden, CO 80401: 2017
3. Анализ режимов работы водохранилищ гидроэлектростанций работающих в каскаде / М.Ш. Раджабов, Х.И. Усмонов, Ш.М. Султонов У.У. Косимов // Политехнический вестник. Серия: Серия Инженерные исследования. №4 (60), 2022. –Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2022. – С.52-58, ISSN 2520-2227
4. Оптимальное управление режимами ГЭС в электроэнергетических системах / Монография // Секретарев Ю.А., Султонов Ш.М. - Душанбе: ТТУ имени академика М.С. Осими, 2020. 144 стр. УДК 621.311, ББК 31.2, ISBN 978-99975-1-240-6
5. Исследования ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС / Фаза II - Том. 3 – Глава 5: Исследования по моделированию эксплуатации водохранилища, ОАХК «Барки Точик», Отчет №: Р.002378 RP40 Ред. Д, Август 2014
6. Гидроэнергетика: учебное пособие / Т.А. Филиппова, М.Ш. Мисриханов, Ю.М. Сидоркин, А.Г. Русина.- 2-е изд., перераб. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2012. -620 с.
7. Гидроэнергетические установки / Султонов Ш.М. // Учебное пособие. – Душанбе, ТТУ имени академика М.С. Осими, 2021. – 168с.
8. Худжасаидов, Д.Х. Анализ и планирование режимов электроэнергетической системы с каскадом гидроэлектростанций (на примере электроэнергетической системы Памира) / Д.Х. Худжасаидов: дис. ... канд. Техн. Наук: 05.14.02. – Новосибирск, 2018. – 183 с
9. Совбан Е.А. Разработка методики управления режимами объединенной электроэнергетической системы в условиях неопределенности баланса: дис.. канд. техн. наук : 05.14.02 / Совбан Е.А.; науч. рук. А. Г. Русина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 2019. – 170 с.
10. Гидроэнергетика / учебник для вузов // А.Ю. Александровский, М.И. Кнеллер, Д.Н. Коробова и др. ; Под ред. В.И. Обрезкова. - 2-е изд. перераб и доп. -М.: Энергоатомиздат, 1988.- 512с.
11. Исследования ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС. Фаза II: определение вариантов плотины. Том 1, ОАХК «Барки Точик», Отчет №: Р.002378 RP58 Ред. Г, Июнь 2014.

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

TJ	RU	EN
Рачабов Мирзошариф Шарифович	Раджабов Мирзошариф Шарифович	Rajabov Mirzosharif Sharifovich
Доктор PhD	Доктор PhD	Doctor PhD
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
e-mail: m.sharif95@mail.ru		

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ

Саидмуродов¹ Б.Р., Зюзев¹ А.М., Вохидов² М.М., Люханов¹ Е.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина¹
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан²

Энергопотребление в электроплавильных печах играет критическую роль в эффективности и стабильности производственных процессов в металлургической и металлообрабатывающей промышленности. В работе представлен анализ и обзор современных научных исследований в области оперативного прогнозирования энергопотребления в дуговых печах, с использованием методов машинного обучения.

Ключевые слова: Энергопотребление, металлургическое предприятие, прогнозирование, машинное обучение, нейронные сети, электроэнергетическая система, электродуговые печи.

ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ УСУЛҶОИ ОМУЗИШИ МОШИНАВӢ БАРОИ ФАВРАН ПЕШГУИНАМУДАНИ ЭНЕРГИЯТАЪМИНКУНИИ КУРАҶОИ КАМОНӢ

Саидмуродов Б.Р., Зюзев А.М., Вохидов М.М., Люханов Е.А.

Электротӓминкунӣ дар кураҷои гудозандаи электрикӣ оид ба самаранокии раванди мунтазами истеҳсолот, саноати металлургӣ ва коркарди металл нақши критикиро мебозад. Дар мақола равандҳои таҳлил ва инкишофи тадқиқотҳои муосири илмӣ дар самти фавран пешгуинамудани электротӓминкунӣ дар кураҷои камонӣ, бо истифода аз усулҳои омузиши мошинавӣ дида баромадашудааст.

Калимаҳои калидӣ: электротӓминкунӣ, корхонаҳои металлургӣ, пешгуӣ, омузиши мошинавӣ, шабакаҳои нейронӣ, шабакаҳои электроэнергетикӣ, кураҷои электрикии камонӣ.

COMPARATIVE ANALYSIS FOR OPERATIONAL FORECASTING OF ENERGY CONSUMPTION OF ARC FURNACES MACHINE LEARNING METHODS

Saidmurodov B.R., Zyuzev A.M., Vakhitov M.M., Lyukhanov E.A.

Energy consumption in electric melting furnaces plays a critical role in the efficiency and stability of production processes in the metallurgical and metalworking industries. The paper presents an analysis and review of modern scientific research in the field of operational forecasting of energy consumption in arc furnaces, using machine learning methods.

Key words: Energy consumption, metallurgical enterprise, forecasting, machine learning, neural networks, electric power system, electric arc furnaces.

Введение

Современная металлургическая и металлообрабатывающая индустрия тесно переплетена с неотъемлемой потребностью в эффективных и надежных производственных процессах. Специфически, электроплавильные печи стали неотъемлемой частью этой промышленной машины, играя ключевую роль в достижении высокой эффективности. Прогнозирование электроэнергии, необходимой для работы этих печей, становится все более важной задачей в управлении производственными процессами [1-9].

Подчеркнуть актуальность исследуемой проблематики в контексте прогнозирования энергопотребления в металлургической отрасли является необходимостью. Это имеет стратегическое значение для улучшения экономической эффективности производства, где каждый затратный киловатт имеет значение. С учетом сложности этой задачи и множества влияющих факторов необходимо постоянно совершенствовать методы прогнозирования, обеспечивая высокую точность и надежность. Это позволит металлургическим предприятиям укрепить свою конкурентоспособность и устойчивость на рынке.

Подчеркнутая актуальность данной темы служит мотивацией для проведения исследования.

Главная цель данного исследования заключается в анализе и обзоре современных научных исследований, связанных с оперативным прогнозированием энергопотребления в дуговых печах, с целью выявления перспективных направлений развития и совершенствования данной области.

Обзор методов прогнозирования энергопотребления ЭДП

В [9] на основе данных предприятия Štore Steel, одном из крупнейших производителей листовой пружинной стали в Центральной Европе, смоделирована электродуговая печь (ЭДП). После на основе данных этой модели производилось прогнозирование энергопотребления (ЭЭ) на различных этапах ее работы с помощью использования методов машинного обучения [10].

Исследование [9] включает в себя 3 248 технологических циклов (загрузка исходного сырья до получения готового металла) предприятия Štore Steel, произведенных в 2018 году. В работе в качестве более значимых факторов, влияющих на энергопотребление ЭДП учитываются: кокс, извести и

доломит, типы стального лома, потребление кислорода и природного газа во время плавления. В качестве менее значимых факторов учитываются ремонт ЭДП и ее технологические задержки, описанные в [2-8].

Для получения модели прогнозирования энергопотребления в [9] были использованы два метода: линейная регрессия [11] и генетическое программирование [12]. В [9] показано, что в результате применения моделей прогнозирования на основе методов линейной регрессии и генетического программирования средний расход электроэнергии с учетом ремонтных и технологических задержек может быть снижен на 1,04% и 1,16% соответственно.

Стоит отметить, что при использовании методов машинного обучения для решения задачи прогнозирования энергопотребления ЭДП помимо входных факторов указанных в [9] также есть другие факторы, для которых необходимо установление корреляции с выходными данными. В контексте указанной задачи, для моделирования потребления электроэнергии в электродуговой печи, необходимо учитывать ряд других важных параметров [2,3,5-8]. Эти параметры охватывают широкий спектр характеристик, начиная от таких основных факторов, как мощность, напряжение и тип электродов, и заканчивая деталями, такими как скорость нагрева, давление газовой среды (при необходимости) и специальные требования, связанные с уникальными условиями производства.

В [13] на основе данных ПАО "Электрометаллургический завод "Днепроспецсталь" имени А. М. Кузьмина, разработана модель прогнозирования потребления электроэнергии металлургического предприятия.

В [13] для разработки модели прогнозирования потребления ЭЭ применялась искусственная нейронная сеть в программном комплексе MATLAB, которая состоит из двух этапов. На первом этапе в результате серии экспериментов была определена оптимальная архитектура и алгоритм обучения нейронной сети. На втором этапе была выявлена зависимость ошибки загрузки графиков моделирования от влияния графиков суточного потребления.

В [13] учтены потребления ЭЭ всех ЭДП и в отличие от [9] дополнительно учтены ряд других менее значимых факторов: уровень освещенности, продолжительность дня, день недели, переходы от зимнего к летнему времени и обратно, наличие чрезвычайных событий, стихийные бедствия, массовые простои, а также факторы, влияющие на изменение потребления в соответствии с данными, полученными из обработки статистики потребления.

Авторы [13] на основе выполненного прогноза учитывают фактические и оптимальные режимы работы энергосистем, а также оцениваются качественные параметры (надежность, качество электроэнергии и т. д.).

В крупных энергоемких отраслях доля электроэнергетических счетов в стоимости производства может достигать десятков процентов. Например, в металлургическом производстве этот показатель может варьироваться в диапазоне 11%–30% [14], и в условиях рыночной экономики это определяет конкурентоспособность предприятия [13].

Прогнозирование потребления ЭЭ на металлургических предприятиях имеет большое значение для экономической эффективности производства. В [15-20], подчеркивается сложность задачи управления потребления ЭЭ в данной отрасли и важность индивидуального подхода к моделированию.

Важно отметить, что существующие методы имеют свои ограничения, такие как необходимость постоянного обновления моделей и требование точных данных для работы, особенно при нелинейных зависимостях между переменными. Эти аспекты являются вызовами, которые требуют дополнительных исследований и усовершенствования существующих методов.

В [13] для разработки модели прогнозирования были использованы алгоритмы обучения нейронных сетей, доступных в пакете Neural Network Toolbox программного комплекса MATLAB со средой графического моделирования Simulink. В качестве модели была выбрана искусственная нейронная сеть с архитектурой прямого распространения данных (Feedforward) и обратного распространения ошибки (Backpropagation). Обучение модели проводилось с использованием алгоритма Левенберга-Марквардта с учетом байесовской регуляризации и метода сопряженных градиентов [17, 21].

Как показано в [13], сравнение моделей прогнозирования на основе различных архитектур искусственных нейронных сетей, показало, что сеть с LSTM памятью (Long Short-Term Memory) предоставляет наилучшие результаты. Максимальная ошибка прогноза этой сети составила 2,59% от модуля в течение 24 часов рабочего дня, что эквивалентно 1 069,76 МВт в абсолютных значениях.

Таким образом, в [13] показана эффективность сетей с LSTM памятью в задаче прогнозирования электропотребления и сравнение различных алгоритмов обучения для повышения точности прогноза.

Важно отметить, что при разработке модели оперативного прогнозирования энергопотребления дуговых печей с использованием методов машинного обучения возникает ряд ключевых задач [9, 13,18], которые представлены в виде схемы на рисунке 1.

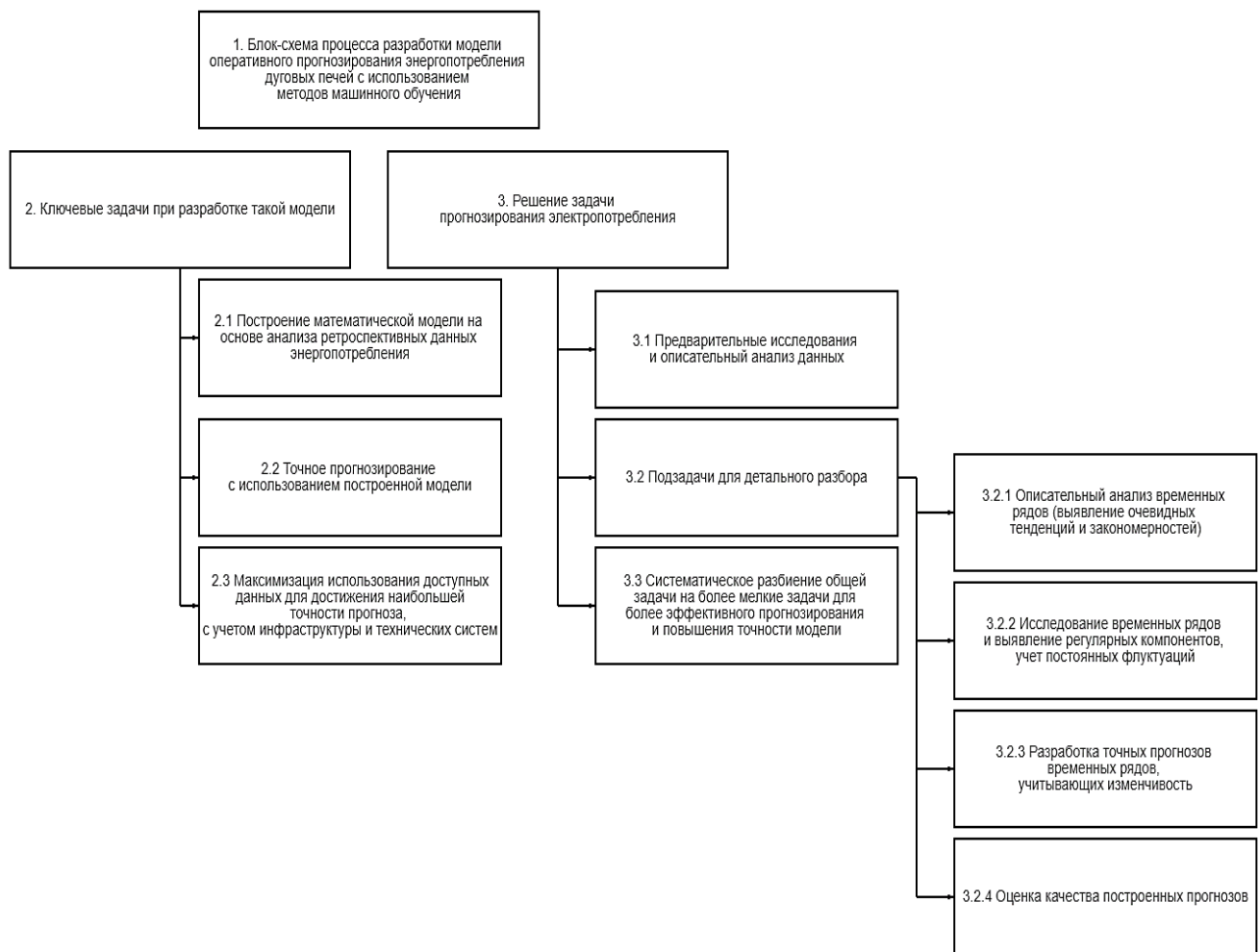


Рисунок 1 – Блок-схема процесса разработки модели оперативного прогнозирования энергопотребления дуговых печей с использованием методов машинного обучения

В таблице 1 представлено сравнение трех моделей машинного обучения: Линейной Регрессии, Генетического Программирования и LSTM (Long Short-Term Memory).

Таблица 1 – Сравнение моделей машинного обучения

Модель	Описание	Плюсы	Минусы
Линейная Регрессия	Метод машинного обучения, ищущий линейную зависимость между входными признаками и целевой переменной.	<ul style="list-style-type: none"> - Простота и интерпретируемость. - Быстрая обучение и прогнозирование. - Подходит для задачи регрессии, когда целевая переменная числовая. 	<ul style="list-style-type: none"> - Подходит только для линейных зависимостей. - Ограниченная способность обработки сложных данных. - Требуется предположения о линейной зависимости.
Генетическое Программирование	Эволюционный метод для создания программ, решающих задачи машинного обучения или оптимизации.	<ul style="list-style-type: none"> - Способность находить сложные и неочевидные решения. - Автоматическое создание программ без необходимости вручную определять структуру. - Применимо для разнообразных задач, включая символьную регрессию и оптимизацию. 	<ul style="list-style-type: none"> - Требуется больших вычислительных ресурсов. - Может быть сложно интерпретировать полученные программы. - Сложность настройки параметров и генетических операторов.

Модель	Описание	Плюсы	Минусы
LSTM (Long Short-Term Memory)	Рекуррентная нейронная сеть, спроектированная для обработки последовательных данных.	<ul style="list-style-type: none"> - Способность улавливать долгосрочные зависимости в данных. - Подходит для задач временных рядов, обработки текста и других последовательных данных. - Поддерживает обратное распространение ошибки на длинные временные интервалы. 	<ul style="list-style-type: none"> - Требует большое количество данных для обучения, чтобы избежать переобучения. - Более сложное обучение и настройка параметров по сравнению с классическими методами. - Может иметь тенденцию к забыванию отдаленных зависимостей при долгой последовательности данных.

Заключение

В настоящей статье был проведен обзор современных исследований и методов, связанных с оперативным прогнозированием энергопотребления в металлургической промышленности с использованием методов машинного обучения. Энергопотребление в этой отрасли играет критическую роль в производственных процессах, и точное прогнозирование становится ключевым фактором для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий.

Результаты анализа литературы показывает несколько важных аспектов:

1. В металлургической промышленности существует большое количество параметров и факторов, которые могут повлиять на потребление электроэнергии. Это включает в себя условия производства, климатические изменения, состояние оборудования и другие внешние воздействия.

2. Машинное обучение предоставляет эффективные инструменты: Методы машинного обучения, такие как нейронные сети LSTM памятью и алгоритмы оптимизации, позволяют разрабатывать модели для точного прогнозирования сложных кривых энергопотребления. Сравнительный анализ алгоритмов показывает, что сети с LSTM памятью демонстрируют высокую точность.

3. Оптимизация управления энергопотреблением: Прогнозы энергопотребления на предприятиях могут быть использованы для оптимизации управления энергосистемами. Это может привести к снижению затрат и повышению эффективности производства.

4. Вызовы и направления для будущих исследований: несмотря на значительные достижения, существуют вызовы, такие как необходимость постоянного обновления моделей и требование точных данных. Дальнейшие исследования могут быть направлены на улучшение моделей, интеграцию дополнительных факторов и адаптацию методов к изменяющимся условиям.

Благодарность

Искренне благодарим Исмоила Назримадовича Одинаева за ценные замечания и качественное редактирование текста, что существенно улучшило читаемость и лаконичность статьи. Также выражаем глубокую признательность Муродбеку Холназаровичу Сафаралиеву за предоставление доступа к необходимым данным и информационным ресурсам, что позволило провести более глубокий анализ исследования.

Литература

1. Ю.М. Миронов, А.Н. Миронова. Повышение экономической эффективности дуговых сталеплавильных печей с помощью оптимизации их энергопотребления. Электротехника и электроэнергия. Вестник Чувашского университета. 2018 №3.
2. Stopar, K.; Kovačič, M.; Kitak, P.; Pihler, J. Electric arc modeling of the EAF using differential evolution algorithm. Mater. Manuf. Process. 2017, 32, 1189–1200.
3. Тунк, М.; Камдали, У.; Арасил, Г. Энергетический анализ работы электродуговой печи на сталелитейной компании в Турции. Металлург 2015, 59, 489–497
4. Шурыгин Ю. А. Аппаратный комплекс регулирования режимов дуговых электропечей //Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи. – 2016.
5. Макаров А. Н. Расчет и анализ взаимосвязи кпд и расположения дуг с электропотреблением в дуговых сталеплавильных печах малой и большой вместимости часть 2. Расчет и анализ взаимосвязи расположения дуг, стен и электропотребления //Металлург. – 2019. – №. 5.
6. Андреев С. М. и др. Разработка концепции экстремальной нечеткой системы автоматической оптимизации управления энергетическим режимом выплавки стали в ДСП //Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. ГИ Носова. – 2011.
7. Богданов С. П. Расчет дуговых сталеплавильных печей: методические указания. Санкт-Петербург: Издательство СПбГТИ (ТУ) //Санкт-Петербург: Издательство СПбГТИ (ТУ). – 2006.
8. Корнилов Г. П., Шулепов П. А. Анализ фактического КПД электродуговой сталеплавильной печи //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2017.
9. Ковачич, М., Стопар, К., Вертник, Р., Шарлер, Б. Комплексное моделирование потребления электроэнергии в электродуговой печи: пилотное исследование. Energies 2019 - 12 (2142)

10. Полищук О. А., Мартыничева а. Д., ЕГОРОВ П. Д. Машинное обучение как современный подход к анализу данных //Известия Юго-Западный государственный университет. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2022.

11. Лисяк М. В. Применение генетического программирования для решения задачи символьной регрессии //Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2010. – Т. 108. – №. 7. – С. 60-67.

12. Митяков С. Н., Митяков Е. С. Машинное обучение в задачах исследования инновационных процессов //Журнал прикладных исследований. – 2020. – Т. 1. – №. 4. – С. 6-13

13. Bakurova, A., Yus'kiv, O., Shyrokograd, D., Tereschenko, E., & Riabenko, A. The development of energy consumption forecasting model for a metallurgical enterprise. Conferences 107, 05004 (2021)

14. S.G. Kiyko, Science and technology of the Air Force of the Armed Forces. 2020

15. С.К. Belt, "Energy Management for the Metals Industry" (CRC Press, New York, 2017).

16. M. Schulze, H. Nehler, M. Ottosson, P. Thollander, "Journal of Cleaner Production" 112, 3692 (2016).

17. M.T. Hagan, H.B. Demuth, M.H. Beale, O.D. Jesús, Neural Network Design, 2nd edn. (2014).

18. Phyo P. P., Jeenanunta C. Electricity load forecasting using a deep neural network //Engineering and Applied Science Research. – 2019. – Т. 46. – №. 1. – С. 10-17.

19. D.Y. Goswami, F. Kreith, eds., "Energy Efficiency and Renewable Energy Handbook, 2nd edn." (CRC Press, Boca Raton, 2015), ISBN 9780429103070.

20. C.F. Kutscher, J.B. Milford, F. Kreith, "Principles of Sustainable Energy Systems, 3rd edn." (CRC Press, Boca Raton, 2018), ISBN 9780429485589.

21. E.V. Bodyanskiy, O.G. Rudenko, Iskusstvenny'e nejronny'e seti: arkhitektury, obuchenie, primeneniya (Teletekh, Khar'kov, 2004).

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

TJ	RU	EN
Саидмуродов Бегмурод Рахимбекович	Саидмуродов Бегмурод Рахимбекович	Saidmurodov Begmurod Rahimbekovich
аспиранти кафедраи ҳаракатоварҳои электрикӣ ва автоматикунонии дастгоҳҳои саноатӣ	аспирант кафедраи «Электропривода и автоматизации промышленных установок»	Postgraduate student of the Department of "Electric drive and Automation of industrial installations"
ДФУ ба номи аввалин президенти Россия Б. Н. Ельцин	УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина	UrFU named after the first President of Russia B. N. Yeltsin
Телефон:(+7) 906 811-19-30, E-mail: begmurod1999@mail.ru		
TJ	RU	EN
Зюзов Анатолий Михайлович	Зюзов Анатолий Михайлович	Zyuzev Anatoly Mikhailovich,
д.и.т, дотсент, профессори кафедраи ҳаракатоварҳои электрикӣ ва автоматикунонии дастгоҳҳои саноатӣ	д.т.н., доцент, профессор кафедраи «Электропривода и автоматизации промышленных установок»	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of "Electric Drive and Automation of Industrial Installations"
ДФУ ба номи аввалин президенти Россия Б. Н. Ельцин	УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина	UrFU named after the first President of Russia B. N. Yeltsin
Телефон: (+7) 912 634-83-63, E-mail: a.m.zyuzev@urfu.ru		
TJ	RU	EN
Вохидов Миробид Мирвобидович	Вохидов Миробид Мирвобидович	Vohidov Mirobid Mirvohidovich
н.и.т. и.в. дотсенти кафедраи «Электротаминкунӣ»	к.т.н., и.о. доцента кафедраи «Электроснабжение»	Ph.D., acting Associate Professor, Department of Power Supply
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after Academician M.S. Osimi
Телефон: (+992) 93-565-37-37, E-mail: supergold84@mail.ru		
TJ	RU	EN
Люханов Егор Анатольевич	Люханов Егор Анатольевич	Lyukhanov Egor Anatolievich
Аспиранти кафедраи автоматонии шабакаҳои электрикӣ	аспирант кафедраи «Автоматизированных электрических систем»	Postgraduate student of the Department of "Automated Electrical Systems"
ДФУ ба номи аввалин президенти Россия Б. Н. Ельцин	УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина	UrFU named after the first President of Russia B. N. Yeltsin
Телефон:(+7) 932 614-08-84, E-mail: ealuhanov@yandex.ru		

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

УДК.669.849.3

ТЕРМОДИНАМИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ ОТХОДОВ МЕДНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Мирзажонова С.Б., Рахимов Х.Ш., Хатамкулов В., Мирсоатов Б.У., Мирсоатов С.У.

¹Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

²Горно-металлургический институт, Бустон, Таджикистан

В статье рассматривается состав отходов медно-обогажительной фабрики. Отходы медно-обогажительной фабрики за последние годы заняли несколько гектаров земли, одновременно увеличивается и количественный состав ценных элементов и компонентов. Для извлечения железа был изучен состав химических железосодержащих элементов, было определено, что в хвосте содержится метасиликат железа (II) (FeSiO_3), для восстановления железа проведены эксперименты и изучены термодинамические процессы и кинетика реакции.

Ключевые слова: медь, отходы, кинетика, реакция, металлургическая фабрика, производство, ценные элементы, оксиды железа, сульфиды железа.

ТЕРМОДИНАМИКА И БАРҚАРОРКУНИИ ОҶАН АЗ ПАРТОВАҶОИ КОРХОНАҶОИ БОЙГАРДОНИИ ИСТЕҶСОЛКУНАНДАИ МИС.

Мирзочонова С.Б., Рахимов Х.Ш., Хатамкулов В., Мирсоатов Б.У., Мирсоатов С.У.

Дар мақола таркиби партовҳои корхонаи коркарди мис баррасӣ мешавад, партовҳои корхонаи коркарди мис дар соҳаҳои охири чанд гектар заминро ишғол намуда, дар ҳоле ки таркиби микдори элементу ҷузъҳои пураарзишро доро мебошанд. Барои ҳосил кардани оҳан таркиби элементҳои химиявии оҳандор омӯхта, дар партова микдори метасиликати оҳан (II) (FeSiO_3) муайян карда шуд, барои барқарор кардани оҳан таҷрибаҳо гузаронида, равандҳои термодинамикӣ ва кинетикан гузариши реаксияҳо омӯхта шуданд.

Калимаҳои калидӣ: мис, партовҳо, кинетика, реаксия, корхонаҳои металлургӣ, истеҳсолот, элементҳои қиматбаҳо, оксидҳои оҳан, сульфидҳои оҳан.

THERMODYNAMICS OF IRON RECOVERY FROM WASTE OF COPPER PROCESSING FACTORIES

Mirzazhonova S.B., Rakhimov Kh.Sh., Khatamkulov V., Mirsoatov B.U., Mirsoatov S.U.

The article discusses the composition of the waste of the copper processing plant, the waste of the copper processing plant in recent years has occupied several hectares of land, while the quantitative composition of valuable elements and components is increasing. To extract iron, the composition of chemical iron-containing elements was studied, iron (II) metasilicate (FeSiO_3) was determined in the tail, experiments were carried out to reduce iron, and thermodynamic processes and reaction kinetics were studied.

Key words: copper, waste, kinetics, reaction, metallurgical plant, production, valuable elements, iron oxides, iron sulfides.

В настоящее время основными источниками сырья для производства меди являются руды, концентраты и штейн, шлаки, вторичное металлургическое сырье. Полезные ископаемые делятся на сульфидные, окисленные и смешанные в зависимости от их местонахождения. При содержании меди менее 0,4-43,5 % минералы считаются разбалансированными [1-3]. Производство металлической меди из ее руд уменьшается день ото дня, поэтому необходимо обратить внимание на переработку вторичных материалов. Следует отметить, что в составе медных руд имеется большое количество железа, но на многих промышленных предприятиях, связанных с производством железа, оно не имеет особого значения. В связи с этим актуальна проблема переработки черных отходов медеобогажительной фабрики.

«Мировое производство первичной меди в 1900 году составляло всего 495 тыс. тонн, в 1997 году - 11526 тыс. тонн, а в 2015 году - 22848 тыс. тонн. В период с 1900 по 1960 год производство меди в мире росло на 3,2% ежегодно, с 1960 по 1970 год - 3,4% в год, в 1970-х годах - на 2,6%, в 1980-х годах - на 2,2%, в 1990-х годах - на 3,1%, а в 2000-х годах - на 2,3% в год.» [4,5].

Сульфидный медный концентрат, полученный при обогащении, направляется на медеплавильный завод для пирометаллургической переработки с целью извлечения меди, благородных и редких металлов. В результате обогащения сырья увеличение количества металла в его содержании достигается за счет удаления большей части пустой породы. Отходы медеобогажительной фабрики составляют 459,3 млн тонн, в которых количество меди составляет 0,115% или 530,6 тыс. тонн, золота - 0,209 г/т или 96,3 тонн, серебра - 1,06 г/т или 487,8 тонн [6,7,8].

В настоящее время добыча и переработка полезных ископаемых, извлечение драгоценных металлов является одной из актуальнейших проблем цветной металлургии. Проведен полуквантитативный спектральный анализ отходов медеобогажительной фабрики АО АГМК.

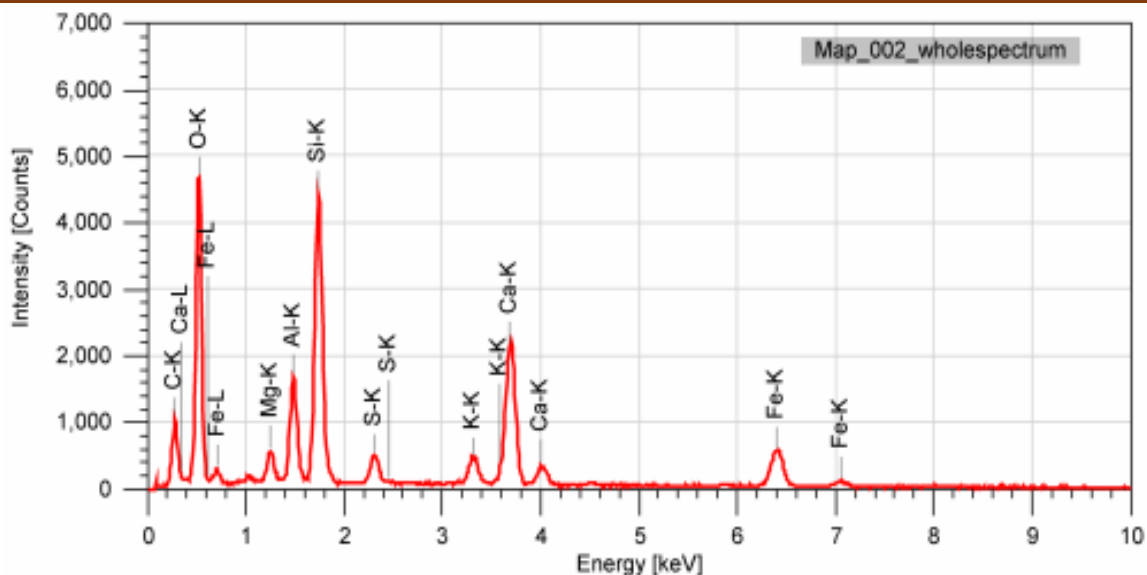


Рисунок 1 – Диаграмма анализа SEM для элементов

Результаты полуколичественного спектрального анализа средней пробы руды представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты полуколичественного спектрального анализа руды

Элементы	Состав, 10 ⁻³ %	Элементы	Состав, 10 ⁻³ %
Барий	7	Никель	50
Бериллий	0,2	Олово	<0,6
Ванадий	>110	Свинец	<1
Висмут	<0,2	Серебро	0,02
Вольфрам	<0,3	Сурьма	5
Галлий	3	Титан	700
Германий	0,5	Хром	15
Кадмий	<0,1	Цинк	20
Кобальт	10	Золото	<0,03
Марганец	150	Ниобий	<0,4
Медь	50	Тантал	<10

После спектрального анализа был изучен химический состав веществ, результаты которого включены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты химического анализа средней пробы руды

Компоненты	Образцы, %	Компоненты	Образцы, %
SiO ₂	39,82	K ₂ O	0,84
Fe ₂ O ₃	11,93	Na ₂ O	1,46
FeO	7,27	Sumum	<0,4
TiO ₂	1,74	S _{sulfid}	0,036
V ₂ O ₅	0,06	SO ₃	<0,01
MnO	0,14	CO ₂	0,22
Al ₂ O ₃	9,44	P ₂ O ₅	0,13
CaO	14,84	H ₂ O	0,2
MgO	10,0	Другие	1,2

Количество железа в образце 13,5%. Сопутствующими полезными компонентами являются диоксид титана - 1,74% и пентаоксид ванадия - 0,06%.

При фазовом анализе изучали фазовый анализ соединений железа и проводили на измельченных отходах размером 0,074 мм, содержания 95-98%, и в таблице 3 приведены результаты фазового анализа средней пробы железной руды.

Таблица 3 – Результаты фазового анализа на железо в образце

Распределение железа в соединении минерала	Анализ хвоста медно-обогащительной фабрики	
	Состав Fe, %	Распределение Fe, %
Железо в соединении карбонатов и в соединении силикатов	0,92	6,81
Железо в соединении магнетита	7,94	58,81
Железо в соединении карбонатов	0,41	3,04

Окончание таблицы 3

Железо в виде гидроксида	0,73	5,41
Железо в соединении гематита	2,67	19,78
Железо в соединении малорастворимых силикатов	0,83	6,15
Всего железа в руде:	13,5	100

Как видно из табл. 3, количество извлеченного магнитной сепарацией железа в пробе хвостов медно-обогатительной фабрики составляет 58,81 %. Гранулометрические показатели дробленой руды до 2,5 - 3 - 0 мм. Исходную руду просеивали крупностью 3-0 мм для уточнения распределения железа по классам крупности.

В процессе обжига смеси отходов обогатительной фабрики и извести в муфельной печи марки (СНОЛ) ПЛ 5/12,5, позволяющая достичь температуру до 1400 оС, протекают следующие химические реакции:



Общее химическое уравнение метасиликата железа (II) с известью выглядит следующим образом:



Термодинамические значения всех веществ, участвующих в реакциях, рассчитаны для стандартных условий, а их начальные значения приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Соответствующие термодинамические величины веществ (при 298 К)

Вещество	FeSiO3	CaO	CaSiO3	FeO
ΔH_0 (кДж/моль)	-1194,9	-635,1	-1635,1	-265
ΔG_0 (кДж/моль)	-1117,5	-603,5	-1549,8	-244
ΔS_0 (Дж/(моль*К))	93,93	38,1	81,92	60,8

Используя значения, приведенные в таблице 5, результаты химических реакций процесса присоединения метасиликата железа (II) с известью были рассчитаны по закону Гесса и представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Значения реакций сульфидирования в стандартных условиях (298 К)

№	Термодинамические величины	FeSiO3 + CaO = CaSiO3 + FeO
1	ΔH_{reak} , кДж/моль	-70,1
2	ΔG_{reak} , кДж/моль	-72,8
3	ΔS_{reak} , Дж/(моль·К)	10,69

Из значений термодинамических расчетов в стандартных условиях можно знать, что исследуемая химическая реакция является экзотермической реакцией, значение ее стандартной энергии Гиббса отрицательно, то есть реакция протекает самопроизвольно при 298 К. Увеличение энтропии наблюдалось у частиц, образовавшихся в исследуемой системе реакции распространения, что отражено в табл. 7.

Таблица 7 – Значения энергий Гиббса реакции присоединения метасиликата железа (II) с известью при различных температурах

№	T, К	T, °С	ΔG^T , кДж/моль	№	T, К	T, °С	ΔG^T , кДж/моль
1	398	125	-184,86	8	1098	825	-192,56
2	498	225	-185,96	9	1198	925	-193,66
3	598	325	-187,06	10	1298	1025	-194,76
4	698	425	-188,16	11	1398	1125	-195,86
5	798	525	-189,26	12	1498	1225	-196,96
6	898	625	-190,36	13	1598	1325	-198,06
7	998	725	-191,46				

Для извлечения оксида железа из хвостов обогатительной фабрики необходимо определить форму железа в сырье. С этой целью в данном исследовании был использован метод количественного анализа. Определено соотношение между процентным содержанием железа и кремния в 100 г сырья и молями: $n_{\text{Fe}}=52,7/56=0,941$ моль, $n_{\text{Si}}=25,42/28=0,907$ моль. Тогда мольное соотношение $n_{\text{Fe}} : n_{\text{Si}}$ составляет 1:1. Это свидетельствует о том, что сочетание железа и кремния, соответствующее данному мольному соотношению, является минералом состава $\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ или FeSiO_3 . В присутствии извести вспенивание осуществлялось соединением FeSiO_3 – железо (II) – метасиликат.

Термодинамические анализы проводились с учетом зависимости изобарно-изотермических потенциалов (свободной энергии Гиббса) от температуры. Изменение свободной энергии Гиббса (ΔG) обычно рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta G_{\text{reak}} = \Delta H_{\text{reak}} - \Delta S_{\text{reak}} T \quad (4)$$

Здесь:

$\Delta H_{\text{реак}}$ – энтальпия соответствующей химической реакции, кДж/моль;
 $\Delta S_{\text{реак}}$ – энтропия соответствующей химической реакции, Дж/(моль·К);
 T - абсолютная температура системы, К.

Уголь БШО2 Ангренского угольного разреза использовался в качестве регенератора после добавления извести к отходам меднообогатительной фабрики и сжигания. Как результат:

Образовавшиеся в результате реакции газы, имеющие восстановительную атмосферу, ускоряют возврат оксида железа в металлическую форму:



В некоторых углеродных областях в реакционной системе образуется цементит (Fe_3C):



Образовавшийся цементит также помогает восстанавливать высшие оксиды до низших оксидов или восстанавливать металлический вид.



Процесс металлизации осуществляется во вращающейся трубчатой печи при температуре 1200°C в течение 2,5 часов. После термообработки 575 г в материале образовалось 311,57 г железа. Железосодержащий металлизированный осадок отделяли магнитной сепарацией. В результате магнитной сепарации получено 350 г богатого концентрата, содержащего 89,03% - 311,57 г железа. Степень металлизации 84,65 % (табл. 8).

Таблица 8 - Состав металлизированных концентратов

№	Tarkib, %						
	Fe _{общий}	Fe _{мет}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	C
1	89,03	84,65	4,90	1,58	3,02	0,42	0,70
2	92,90	88,34	3,65	1,67	0,65	0,16	0,67
3	94,87	90,01	3,02	1,03	0,40	0,11	0,45
4	91,71	89,16	5,10	1,12	0,83	0,21	0,72
5	91,19	89,66	5,63	1,02	0,76	0,25	0,81

В ходе исследования изучали влияние температуры и времени нагрева на уровень металлизации железа, определяли выход концентрата и количество железа в нем. Результаты исследования представлены на рисунке 1.

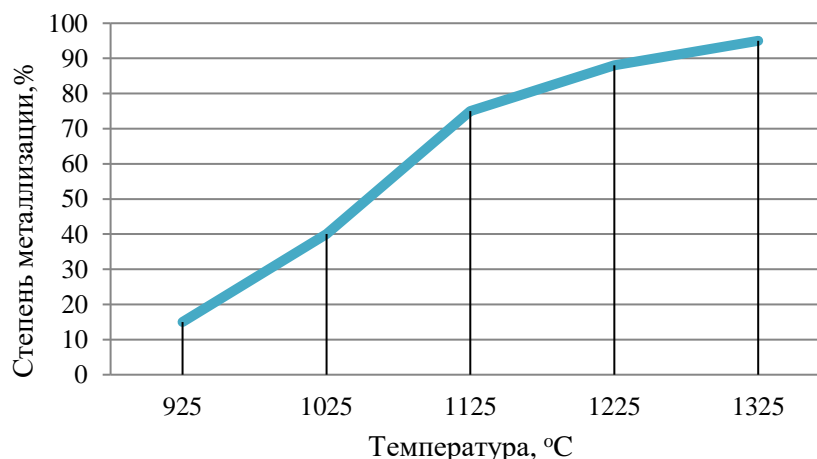


Рисунок 2 – Влияние температуры нагрева на степень металлизации железа

Как видно из данных рис. 2, степень металлизации увеличивается с повышением температуры. Однако скорость протекания реакции восстановления невелика. Эту ситуацию можно объяснить тем, что вновь образовавшееся металлическое железо может снова окисляться. Кроме того, при температурах выше 1250 - 1300°C обращают внимание на снижение уровня металлизации.

ВЫВОД

Установлено, что железо (II)-метасиликат (FeSiO_3), содержащийся в отходах производства меди, для извлечения железа в качестве десульфуратора использовали известь, а в качестве восстановителя добавили углерод. Полученный обжиг направили в магнитный сепаратор и получили обогащенный железом концентрат. Степень металлизации полученного продукта составила 85 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлургия меди. Пер. с англ. под редакцией Л.М. Газарьян, О.Н.Т.И., 1937
2. Thomas G., Ingraham T. R., MacDonald R. I. C. // Canad. Met. Quart., № 3, 1967.

3. Ткаченко О. Б., Цефт А. Л. Труды Института металлургии и обогащения АН Каз. ССР. // Наука, Алмата, 1969.
4. Мировой рынок меди: добыча руды, производство, потребление, мировые цены на медь [Электронный ресурс] // EXPORT.RU мировая экономика[сайт].-Режим доступа: <http://www.ereport.ru/articles/commod/copper.htm>
5. Металлические полезные ископаемые Беларуси [Электронный ресурс] // Мир знаний [сайт]. - Режим доступа:
6. Мирзажонова С.Б., Маткаримов С.Т., Саидова М.С., Боходирова Н.К. Технологии переработки горно-металлургических отходов. Монография – Т.: IMPRESS MEDIA. – 2022. – 136 с.
7. Sanakulov K.S. The scientific and technical basis for processing waste from mining and metallurgical production. - Т.: FAN AN RUz, 405 (2009)
8. Matkarimov S.T., Mirzajonova S.B., Karimova T.P., Saidova M.S., Bakhodirov N.K. Method of Heap Leaching of Copper from Off-Balance Ore Dumps//[Электронный ресурс].-Режим доступа: URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-16-4321-7> (дата обращения 21.10.2021)
9. D. B. Kholikulov, Pilot tests of processing technologies of process solutions of copper production by ozonation. Materials Today: Proceedings, 2021, 45, 4987-4992. doi:10.1016/j.matpr.2021.01.419.
10. I. Umarova, Study of the form of minerals in copper porphyry ores of «Yoshlik-I» deposit. Paper presented at the E3S Web of Conferences, 2021, 304, doi:10.1051/e3sconf/202130402003
11. Sh.T. Khojiev, The technology for the reduction of metal oxides using waste polyethylene materials. METAL 2020 - 29th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings, 2020, 971-978. doi:10.37904/metal.2020.3592 Retrieved from www.scopus.com

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

TJ	RU	EN
Мирзажонова Саодат Бакидҷоновна	Мирзажонова Саодат Бакиджановна	Mirzazonova Saodat Bakidzhanovna
доцент	Доцент	Docent
ДДТТ ба номи Ислои Каримов	ТГТУ имени Ислама Каримова	TSTU named after Islam Karimov
sabi30302@gmail.com .		
TJ	RU	EN
Рахимов Ҳаёткул Шифоқулович	Рахимов Хаёткул Шифоқулович	Rakhimov Khayotkul Shifokulovich
Омӯзгори калон	Старший преподаватель	Senior Lecturer
ДКМТ	ГМИТ	GMIT
hayotrahimi95@mail.ru ;		
TJ	RU	EN
Мирсоатов Сухроб Умидҷон угли	Мирсоатов Сухроб Умиджон угли	Mirsoatov Sukhrob Umidjon ugli
магистрант	магистр	Master
ДДТТ	ТГТУ	TSTU
suxrobmirsaotov@gmail.com .		
TJ	RU	EN
Мирсоатов Бунёд Умидҷон угли	Мирсоатов Бунёд Умиджон угли	Mirsoatov Bunyod Umidjon ugli
магистрант	магистр	Master
ДДТТ ба номи Ислои Каримов	ТГТУ имени Ислама Каримова	TSTU named after Islam Karimov
bmirsatov@gmail.com		
TJ	RU	EN
Хотамқулов Васлиддин Хатамқул угли	Хотамқулов Васлиддин Хатамқул угли	Hotamkulov Vasliddin Khatamkul ugli
магистрант	Магистр	Master
ДДТТ ба номи Ислои Каримов	ТГТУ имени Ислама Каримова	TSTU named after Islam Karimov
sabi30302@gmail.com .		

УДК.676.2.416

ТАДҚИҚОТИ ХОСИЯТҶОИ ФИЗИКӢ ВА МЕХАНИКИИ ҚОҒАЗҶОИ ШИРКАТИ ILIM

Равшанов Д.Ч.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

Дар мақола тадқиқот оиди омӯзиши хосиятҳои физикӣ ва механикии қоғазҳои ширкати ILIM-и Федератсияи Россия оварда шудааст. Мақола характери истеҳсоли дорад. Омӯзиши вазн, ғавсӣ ва мустаҳкамии қоғаз ба мо имконият медиҳад, ки он пешниҳодҳое, ки дар борҷомаи қоғазҳои ширкати ILIM оварда шудааст то кадом дараҷа асосӣ воқеи доранд. Дар истеҳсолоти саноати полиграфӣ, бисёр мавридҳо қоғазҳои лулавиро харидори менамоянд, ки тақрибан вазнашон 500 - 1000 кило бо паҳноияшон 60-108 см. ташкил медиҳад. Дар борҷомаи қоғазӣ мазкуз инчунин вазни як қоғаз дар метри квадратӣ, мисол 70 г/м² оварда шудааст. Ин миқдор қоғаз бояд теъдоди муайяни варақаҳои андозаи стандартиро диҳад. Вале миқдори қоғазҳои андозаи стандартӣ дар ақсар вақтҳо кам ё зиёд мебарояд. Бораи ҳамин омӯзиши хосиятҳои физикӣ ва механикии қоғазҳои гуногун муҳим аст.

Калимаҳои калидӣ: тадқиқот, қоғаз, ғавсӣ, вазн, мустаҳкамӣ, полиграфӣ, ILIM.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУМАГИ ПРОИЗВОДСТВА ILIM

Равшанов Д.Ч.

В статье представлены исследования по изучению физико-механических свойств бумаги производства ILIM РФ. Статья носит производственный характер. Изучение массы, плотности и прочности бумаги позволяет определить, насколько верны предложения, представленные в упаковке бумаги производства ILIM.

В полиграфическом производстве покупают бумагу весом примерно от 500-1000 кг при ширине 60-108 см. Также в упаковке представлена масса одной бумаги на метр квадратный, примером может служить масса бумаги 70 г/м². Из этого количества бумаги должно получиться определенное количество листов стандартного размера. Однако количество бумаги стандартного размера часто больше или меньше. Поэтому важно изучать физико-механические свойства различных бумаг.

Ключевые слова: исследование, бумага, масса, вес, прочность, полиграфия, ILIM.

STUDY OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PAPER MANUFACTURED ILIM

Ravshanov D.C.

The article presents studies on the study of the physical and mechanical properties of paper produced by ILIM RF. The article is of a production nature. Studying the weight, density and strength of the paper allows you to determine how true the proposals presented in the packaging of ILIM paper.

In the printing industry, paper is bought weighing from about 500-1000 kg with a width of 60-108 cm. Also in the package, represent the weight of one paper per square meter, an example is the weight of paper 70 g / m². From this amount of paper, a certain number of sheets of standard size should be obtained. However, the amount of standard size paper is often larger or smaller. Therefore, it is important to study the physical and mechanical properties of various papers.

Key words: research, paper, mass, weight, strength, polygraphy, ILIM.

МУҚАДИММА

Ширкати ILIM - пешоҳанги саноати селюллозаю қоғазӣ Руссия ва пешсафтарин истеҳсолкунандаи қоғаз дар ҷаҳон ба ҳисоб меравад. Дар сохтори ширкати ILIM се комбинати бузурги селлюлозӣ – қоғазӣ ва ду корхонаи муосирӣ гофра ва пажуҳишгоҳи лоиҳавии «Сибгипробум» шомил мебошанд. Корхона дар вилоятҳои Архангелск (ш. Коряжма), Иркутск (Братск, Иркутск Уст–Илимск), Ленинград (Коммунар) ва Москва (Дмитров) ҷойгир аст.

Дар комбинатҳои ширкат 75% қоғазӣ селлюлозавӣ ва 25% картон истеҳсол карда мешавад. Ҳаҷми истеҳсолоти умумии солонаи маҳсулоти ширкат 3,6 миллион тоннаро ташкил медиҳад.

Соли 2014 ширкат татбиқи ду лоиҳаи бузурги сармоягузориро оид ба аз навсозӣ ва сохтмони истеҳсолоти амалкунандаро дар Братск (в.Иркутск) ва Коряжма (в.Архангелск), бо ҳаҷми умумии сармояи 2 млрд доллари ИМА ба сомон расонид. Имрӯзҳо комбинатҳо ба иқтидори лоиҳавӣ баробар шуда бо тавоногии пурра амал намуда истодаанд. Нақшаҳои сармоягузори ширкат то соли 2022 бо рушди дароманокии майдони истеҳсолии амалкунанда на танҳо қисме аз зиёдшавии ҳаҷми истеҳсолот, балки дивенсификатсияи истеҳсолот ва паҳншавии сандуқи маҳсулоти ба ҳисоб меравад [1].

Ҷадвали 1. Маълумоти мухтасар оиди қоғазҳои ширкати ILIM

Тавсифи қоғазӣ офсетӣ	Воҳиди ченак	Қимат
ТАВСИФИ АСОСӢ		
Вазн	г/м ²	50 - 120
Ҳокистарнокӣ	%	12 - 24
Чангнокӣ	дона/м ²	max 80
Намнокӣ	%	4 - 8
ТАВСИФИ СОХТОРӢ		
Зиччӣ	г/см ³	0.75 - 0.85
Ҳамворӣ аз рӯи Бекк	с	min 25 - 30

ТАВСИФИ ОПТИКӢ		
Сефедӣ тибки ISO D65	%	min 82 - 105
Шаффофият	%	75 - 91
ТАВСИФИ МЕХАНИКӢ		
Дарозии қоғаз ба самти мошинӣ	км	3.5 - 4.8
Қувваи кашандагӣ	кг/қувва	11 - 13

Ҷадвали 2. Қоғазҳои офсетии ILIM бо сафедии 105% ва вазни аз 65-120 г/м² дар лӯлаҳо

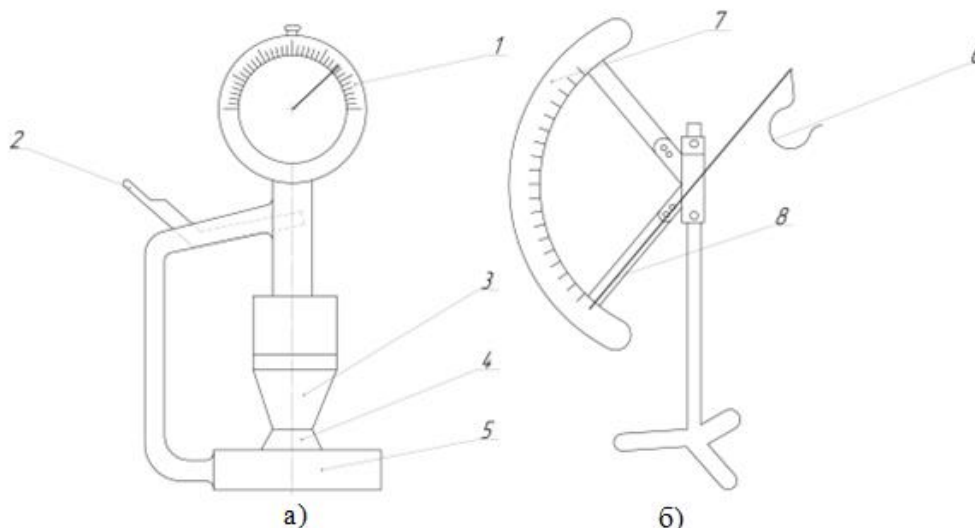
Андозаҳо		Борҷома		Нархи 1 кг
Паҳногӣ	Қутр	намуд	вазн	Сомонӣ
аз 420 то 1550 мм	980 мм 1000 мм 1150 мм	лӯла	аз 300 кг то 1200 кг	А3 12

Таҳияи малакаҳои амалӣ барои муайян намудани хусусиятҳои ченаки асосии қоғаз ва муаррифғари ниҳии сохтори қоғаз ба шумор меравад. Ба нишондиҳандаҳои ченаки тавсифи сохтори қоғаз ё картон, ғафсӣ ва вазни як метри квадратӣ дохил мешавад. Ба нишондиҳандаҳои технологияи ченак, ки бо хосиятҳои сохтор алоқаманди надоранд: паҳноии қоғазҳои лӯлави, андоза (формат) ва варақи печидашудаи қоғаз дохил мешавад [1].

Мақсади тадқиқот - ин омӯзиши хосиятҳои физикӣ ва механикии қоғазҳои ширкати ILIM-и Федератсияи Россия мебошад. Омӯзиши вазн, ғафсӣ ва мустаҳкамии қоғаз ба мо имконият медиҳад, ки он пешниҳодҳое, ки дар борҷомаи қоғазҳои ширкати ILIM оварда шудааст то кадом дараҷа асосӣ воқеи доранд.

Ба ҳайси **объекти тадқиқотӣ** қоғазҳои гуногуни ширкати ILIM Федератсияи Россия, ба монанди ILIM Koryazhma Branch 45 г/м², ILIM Koryazhma Branch 80 г/м² ва ILIM Koryazhma Branch 120 г/м² интихоб карда шуд.

Усул ва тартиби иҷрои кор. Ғафсӣ нишондиҳандаи муҳим ба монанди маводҳои варақавӣ барои қоғаз ва картон буда, аз рӯи он хосиятҳои зиёди онҳо вобастагӣ дорад. Ғафсӣ дар ғафсиченкунак расми 1А (микрометр) муайян карда мешавад ва бо воҳиди ченкунии миллиметр (мм), амиқии то 0.01 мм ифода мегардад. Барои муайян намудани ғафсии қоғаз, қоғазҳо бо андозаи 100 x 100 см бурида мешавад (намуна дар оянда барои муайян кардани вазни 1 м² қоғаз низ истифода мешавад). Андозагирии ғафсӣ дар панҷ ҷойи намуна гузаронида мешавад, сипас ҳисоби миёнаи арифметикӣ - h_{cp} ба ҳисоб гирифта мешавад. Кор дар шароити лабораторӣ гузаронида шуд ва намнокии озмоишгоҳ ба ҳисоб гирифта нашуд. Қоғаз пеш аз кор дар муддати ҳафт шабона рӯз дар ҳарорати 35-40°C барои кам кардани намнокӣ нигоҳ дошта шуд [2].



Расми 1 – а) ғафсиченкунак ТИБ-1., б) тарозуи квадрантӣ

1-кунҷ (осӣ), 2- фишанг, 3-бор (санг), 4-китфи кӯтоҳ, 5-занқир, 6-қабати болоӣ, 7-масолеҳи озмоишӣ, 8-қапаки поёнӣ, 9-винт, 10-тамба, 11-ҷадвали давршакл, 12-ҷадвали нониусӣ

Андозаи як метри квадратии қоғаз ғафсии онро тавсиф мекунад, чунки қоғаз чӣ қадаре, ки ғафс бошад ҳамон қадар вазнин аст (дар шароити мустаҳкамии баробар). Ин нишондиҳандае аст, ки ҳангоми

истифодаи вазни истеъмолии қоғаз бо ба ҳисоб гирифтани шумораи варақаҳои чопӣ ва шумораи нашр истифода бурда мешавад. Бо вазни як метри квадратӣ, инчунин дарозии қоғаз дар лӯларо низ ба ҳисоб гирифтани мумкин аст.

Вазни қоғаз дар метри квадратӣ бо усули баркашии қоғаз муайян мегардад, ки дар кори навбати муайян карда мешавад. Дар амал барои ин тарозуи махсуси квадрантӣ (расми 1Б) ё тарозуи рақамӣ истифода мегарданд. Дар он намунаи қоғаз майдонаш 1м², ки дар зарф ҷойгир карда шудааст, бар кашида мешавад [3].

Вазни қоғаз вобаста ба тамоюли намии қоғаз тағир меёбад. Бинобар ин, муҳим аст, ки барои намнокии стандартии доимӣ санҷиш гузаронида шавад. Агар ин риоя нагардад, он вақт ба хатоги роҳ дода мешавад. Вазни як метри квадратие, ки ҳангоми намнокии қоғаз ба даст омада буд, метавонад ба намнокии стандартӣ оварда шавад, аз рӯи формулаи дар зер овода шуда.

$$M = M' \frac{100 - B'}{100 - B}$$

дар инҷо

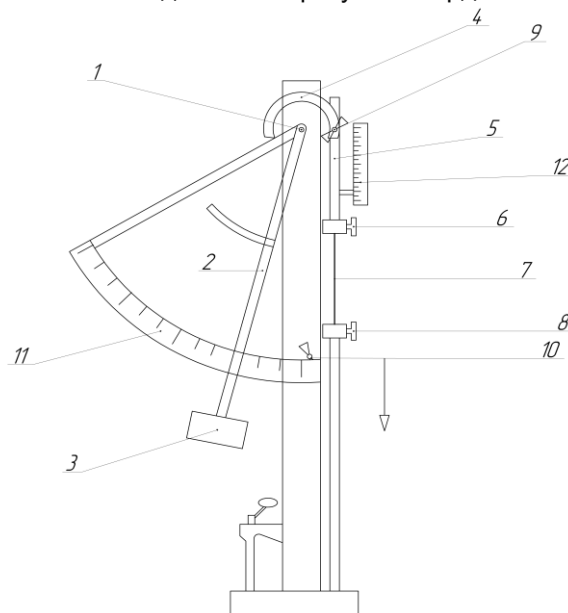
M - Вазни матлуби метри квадратӣ дар намнокии стандартӣ;

M' - Вазни метри квадратӣ ҳангоми намӣ дар вақти ченкунӣ;

B' - намнокии қоғаз дар вақти ченкунӣ;

B - намнокии стандартӣ, қабули баробаршавии 7% [4].

Мустаққами қоғаз дар кандашавӣ ва дарозшавӣ. Омӯзиши мустаққами қоғазҳои мазкур дар кандашавӣ ва дарозшавӣ бо воситаи динамометр муайян карда мешавад, расми 2.



Расми. 2 – Схемаи принсиалии мошини кандакунӣ ФГ-100

1-кунҷ (осӣ), 2- фишанг, 3-бор (санг), 4-китфи кӯтоҳ, 5-занқир, 6-қабати болоӣ, 7-масолеҳи озмоишӣ, 8-қапаки поёнӣ, 9-винт, 10-тамба, 11-ҷадвали даврашакл, 12-ҷадвали нониусӣ

Натиҷаи тадқиқот ва муҳокимаи он. Дар ҷадвали 3 натиҷаи тадқиқотҳо оиди муайян кардани ғавсии қоғазҳои гуногуни ширкати ILIM оварда шудааст.

Ҷадвали 3. Натиҷаи тадқиқотҳо оиди муайян кардани ғавсии қоғазҳои гуногуни ширкати ILIM

№	Ширкати истеҳсолкунандаи қоғаз	Вазнӣ қоғаз	Ғавсии қоғазҳои додашуда аз рӯи стандарт	Натиҷаҳои таҷриба ба ҳисоби миёна	Муқоиса
1.	ILIM Koryazhma Branch, Россия	45 г/м ²	70 мкм	80 мкм	+10 мкм
2.	ILIM Koryazhma Branch, Россия	80 г/м ²	103 мкм	103 мкм	0 мкм
3.	ILIM Koryazhma Branch, Россия	120 г/м ²	150 мкм	160 мкм	+10 мкм

Натиҷа дар ҷадвали 3 аз рӯи ҳисоби миёна ба ҳисоб гирифта шудааст. Натиҷаи тадқиқот нишон дод, ки дар қоғазҳои ширкати истеҳсолкунандаи ILIM Koryazhma Branch 45 г/м² ва ILIM Koryazhma Branch 120 г/м² дар муқоиса бо андозаи стандартӣ дигаргунӣ дида мешавад.

Дар ҷадвали 4 натиҷаи тадқиқотҳо оиди муайян кардани ғавсии қоғазҳои гуногуни ширкати ILIM оварда шудааст.

Ҷадвали 4. Натиҷаи тадқиқотҳо оиди муайян кардани вазни қоғазҳои гуногуни ширкати ILIM

№	Ширкати истеҳсолкунандаи қоғаз	Вазни қоғаз дар борчома	Натиҷаҳои таҷриба	Муқоиса
1.	ILIM Koryazhma Branch, Россия	45 г/м ²	47,5 г/м ²	+2,5 г/м ²
2.	ILIM Koryazhma Branch, Россия	80 г/м ²	80,5 г/м ²	+ 0,5 г/м ²
3.	ILIM Koryazhma Branch, Россия	120 г/м ²	124 г/м ²	+4 г/м ²

Натиҷаи тадқиқот нишон дод, ки дар қоғазҳои ширкати истеҳсолкунандаи ILIM Koryazhma Branch 45 г/м², ILIM Koryazhma Branch 80 г/м² ва ILIM Koryazhma Branch 120 г/м² дар муқоиса бо вазне, ки дар борчома нишон дода шудааст, бо сабабҳои номаълум зиёдшавӣ мушоҳида гардид.

Дар ҷадвали 5 натиҷаи тадқиқотҳо оиди мустаҳкамии қоғазӣ мазкур дар кандашавӣ ва дарозшавии қоғазҳои гуногуни ширкати ILIM оварда шудааст.

Ҷадвали 5. Натиҷаи тадқиқотҳо оиди мустаҳкамии қоғазӣ мазкур дар кандашавӣ ва дарозшавии қоғазҳои гуногуни ширкати ILIM

№	Ширкати истеҳсолкунандаи қоғаз	Вазни қоғаз	Андозаи аввалиндараҷаи қоғаз	Мустаҳкамкунии қоғаз дар кандашавӣ	Андозаи қоғаз баъд аз таҷриба
1.	ILIM Koryazhma Branch, Россия	45 г/м ²	7,5x15мм	553,8 грамм/қувва	7,5x15мм
2.	ILIM Koryazhma Branch, Россия	80 г/м ²	7,5x15мм	1700 грамм/қувва	7,5x15мм
3.	ILIM Koryazhma Branch, Россия	120 г/м ²	7,5x15мм	2601,7 грамм/қувва	7,5x16мм

F=1 кг

Андозаи гирифташуда 7,5x15 мм

Дарозии қоғаз барои кандашавӣ 15 мм

Паҳноии қоғаз барои кандашавӣ 7,5 мм

Натиҷаи тадқиқот нишон дод, ки дар қоғазҳои ширкати истеҳсолкунандаи ILIM Koryazhma Branch 45 г/м², ILIM Koryazhma Branch 80 г/м² ва ILIM Koryazhma Branch 120 г/м² қувваҳои гуногуни мустаҳками мавҷут аст. Инчунин аз натиҷаи тадқиқот маълум мегардад, ки дар қоғазҳои ширкати истеҳсолкунандаи ILIM Koryazhma Branch 120 г/м² андозаи намуна ба дарозии 1мм ёзиш хурд.

Бинобар ин аз натиҷаҳои тадқиқот, чунин хулоса бароварда метавонем, ки қоғаз на ҳамеша бо андозаҳои дар борчомааш нишондашуда мувофиқат мекунад. Ғафсӣ ва мустаҳкамии қоғаз аз вазн ва зичии қоғазҳои додашуда вобастагӣ дорад.

АДАБИЁТ

1. ISO/CD 4046-4 Paper, board, pulps and related terms – Vocabulare- Paper and board grades and converted produc /ISO /TC6 Paper, board and pulps Secretariat: CANADA (SCC) 1998-04.
2. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 2. Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. – СПб: Политехника, 2006.
3. Что полиграфист должен знать о бумаге: [пер. с англ.] Е.Д. Климова – М.: Принт-Медиа центр, 2005.
4. Наумов, В.А. Начала полиграфического материаловедения / В.А. Наумов. – М.: МГУП, 2002.

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

TJ	RU	EN
Равшанов Дилшод Ҷ.	Равшанов Дилшод Ҷ.	Ravshanov Dilshod C.
Н.и.т., дотсент	к.т.н. доцент	Ph.D., associate professor
ДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
e.mail: 234-56-57@mail.ru		

УДК 669.45

МИКРОСТРУКТУРА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА $AlBe1$ С ТАЛЛИЕМ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ИХ ОКИСЛЕНИЙ

Исмонов Р.Д.

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

В статье приведены результаты исследования влияния добавки таллия на микроструктуру и продуктов окислений алюминиевого сплава $AlBe1$. Показано, что добавка легирующего компонента существенно измельчает его микроструктуру. Методом РФА выявлено, что продукты окисления сплавов состоят из оксидов: BeO ; $Al_{2.66}O_4$; Tl_2O_3 .

Ключевые слова: *алюминиевый сплав $AlBe1$, таллий, микроструктура, РФА, продукты окисления.*

МИКРОСОХТИ ДОХИЛИИ ХҶЛАИ АЛЮМИНИИ $AlBe1$ БО ТАЛЛИИ ВА ТАРКИБИ ФАЗАВИИ МАҲСУЛОТИ ОКСИДШАВИИ ОНҶО

Исмонов Р.Д.

Дар мақола натиҷаҳои омӯзиши таъсири иловаҳои таллий ба микросохти дохила ва маҳсулоти оксидшавии хӯлаи алюминийи $AlBe1$ оварда шудааст. Нишон дода шудааст, ки илова намудани компоненти лигарӣ микросохти дохилии онро хеле хурд менамояд. Бо усули дифраксияи рентгенӣ муайян гардид, ки маҳдули оксидшавии хӯлаҳо аз оксидҳои BeO ; $Al_{2.66}O_4$; Tl_2O_3 иборатанд.

Калимаҳои калидӣ: *хӯлаи алюминий $AlBe1$, таллий, микросохти дохилӣ, таҳлили маҳсулоти рентгенӣ (ТМР), маҳсулоти оксидшавӣ.*

MICROSTRUCTURE OF ALUMINUM ALLOY $AlBe1$ WITH THALLIUM AND PHASE COMPOSITION OF THEIR OXIDATION PRODUCTS

Ismonov R.D.

The article presents the results of a study of the effect of thallium additives on the microstructure and oxidation products of aluminum alloy $AlBe1$. It has been shown that the addition of an alloying component significantly refines its microstructure. The X-ray diffraction method revealed that the oxidation products of alloys consist of oxides: BeO ; $Al_{2.66}O_4$; Tl_2O_3 .

Key words: *aluminum alloy $AlBe1$, thallium, microstructure, XRF, oxidation products.*

ВВЕДЕНИЕ

Технический прогресс в ряде важных отраслей промышленности определяется качеством легких сплавов на основе алюминия. Наибольшее применение находят алюминийно-литиевые и алюминийно-бериллиевые сплавы, которые отличаются малым удельным весом, высокой удельной прочностью, способности выдерживать большие температуры, высокой коррозионной стойкостью, теплопроводности и теплостойкости. Эти сплавы в качестве конструкционных материалов широко используются в атомной, ракетной и космической технике, в авиации, электронике и электротехнике [1-4].

Листы из алюминийно-бериллиевых сплавов используются для обшивки фюзеляжей самолетов, обладающих сверхзвуковой скоростью, а также для изготовления оболочек самоуправляемых ракет-снарядов и искусственных спутников Земли. Сплавы алюминия с бериллием, благодаря достаточной прочности, малой способности к рассеянию и почти аморфной структуре, применяется для изготовления реплик в электронной микроскопии [5].

Применение сплавов алюминия с бериллием в космической технике как конструкционный материал даёт значительную экономию в весе по сравнению с сплавами алюминия с магнием, а также чистым бериллием. Обладая целым рядом преимуществ, эти сплавы отличаются заметно меньшей стоимостью, чем стоимость чистого бериллия [1, 2].

Введение небольших количеств бериллия (0,1-1,0%) нашло значительное применение в литых алюминиевых сплавах (они улучшают жидкотекучесть этих сплавов и способствуют измельчению зерна). Добавки бериллия также используются для устранения вредного действия железа. Сплав алюминия с 1 мас.% бериллием ($AlBe1$) являясь эвтектическим составом, также отличается целым рядом уникальных свойств [6]. Изготовленный на основе некондиционного алюминия с повышенным содержанием железа сплав ($AlBe1$), легированный индием, представляет определённый интерес в качестве анодного материала для защиты от коррозии стальных конструкций

Таким образом, цель настоящей работы является исследование влияние добавок таллия на микроструктуру и продуктов окислений алюминиевого сплава $AlBe1$.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Материалом исследования служил литой алюминиевый сплав $AlBe1$. Сплавы для исследования были получены при температурах 750–800 °С в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ. Шихтовку сплавов проводили с учётом угара металлов. Для изучения влияния добавки таллия

на микроструктуру алюминиевого сплава AlBe1 были получены серии сплавов с содержанием таллия в диапазоне 0,01-1,0 мас. % [7, 8].

Микроструктуру алюминиевого сплава AlBe1 с таллием исследовали на световом микроскопе марки БИОМЕД-1 (Украина). Для исследования микроструктуры исследуемых образцов из полученного расплава отливались цилиндрические образцы диаметром 10-16 мм и длиной 5-10 мм. Каждый образец предварительно отшлифовывали, обезжировали спиртом и погружали в 20%-ный водный раствор азотной кислоты. Время травления составляло от 10 до 20 с. После травления микрошлиф промывали в проточной воде и тщательно высушивали прижатием к чистой фильтровальной бумаге.

Результаты исследования микроструктуры сплавов приведены на рисунке 1. Добавка таллия к алюминиевому сплаву способствует измельчению его структурных составляющих. Согласно диаграмме состояния системы Al-Be, структура алюминиевого сплава AlBe1 состоит из фазовых составляющих AlBe. Видно, что добавки таллия, особенно 0,5 мас. % значительно измельчает структурные составляющие исходного сплава AlBe1.

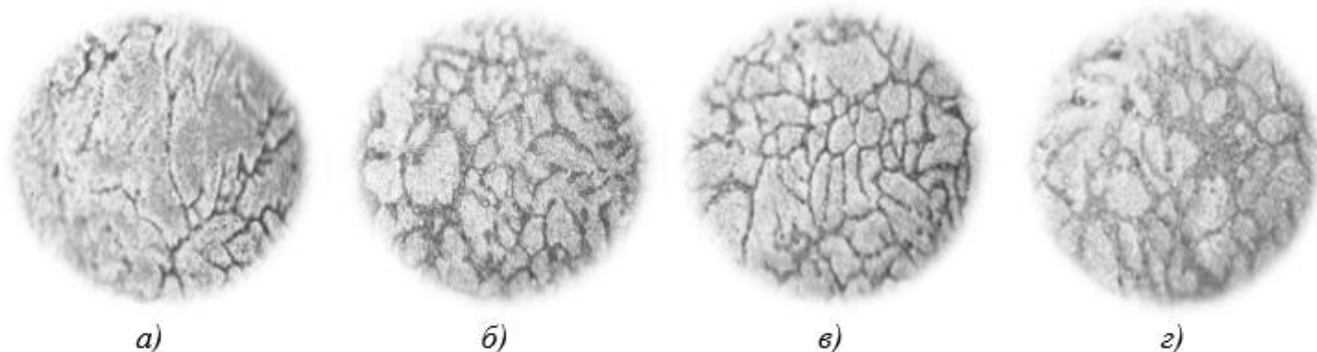


Рис. 1 – Микроструктуры (x500) алюминиевого сплава AlBe1 (а), содержащего таллий, мас. %: 0,05(б); 0,1(в); 0,5(г).

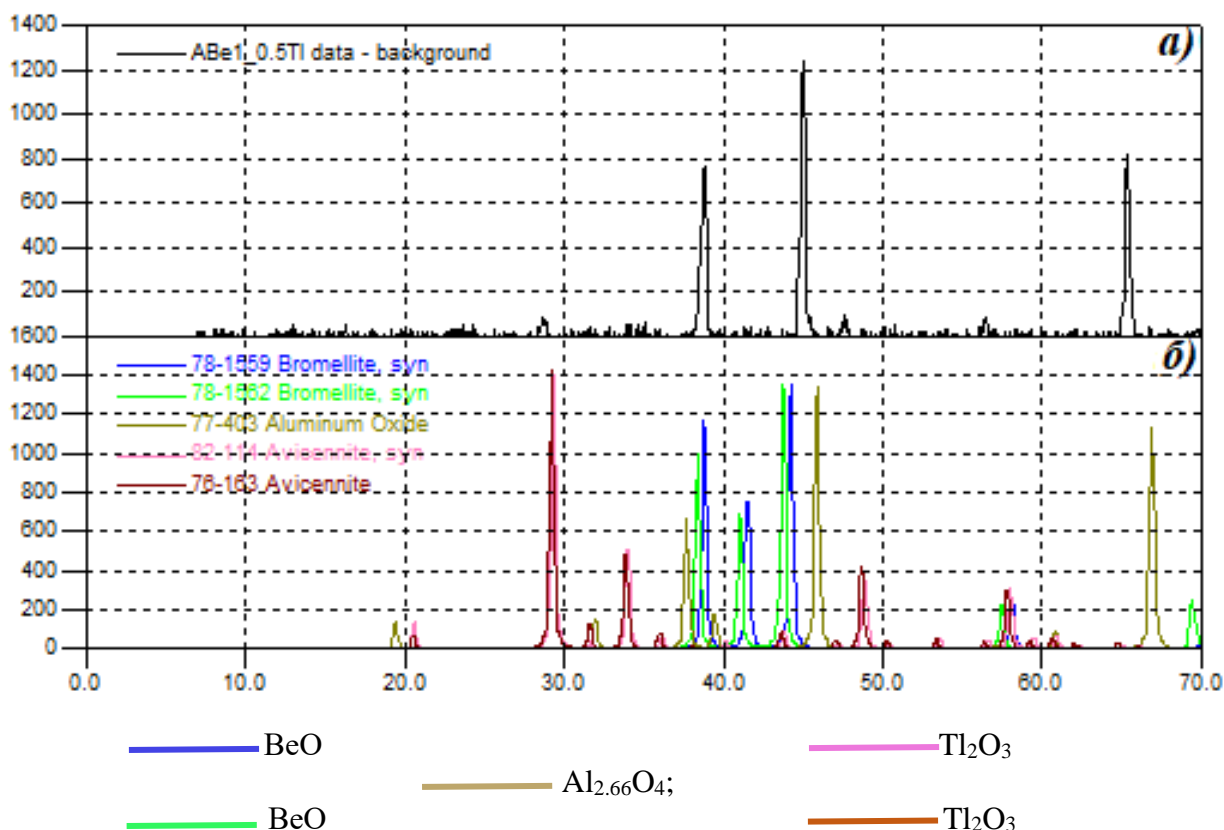


Рис. 2 – Дифрактограммы продуктов окисления алюминиевого сплава AlBe1 (а) и сплава с 0,5 мас.% таллием (б).

Для определения вида и состава кристаллических фаз, присутствующих в природных и синтезированных материалах, широкое распространение находят рентгеновские методы исследования. С помощью рентгенофазового анализа (РФА) исследуется качественный и количественный состав материалов, определяются параметры элементарной ячейки кристаллических веществ, рассматриваются твердые растворы и превращения, которые происходят в материалах под влиянием температуры и давления. Рентгенофазовый анализ выполняется на дифрактометрах общего

назначения типа ДРОН (Россия) с использованием медного монохроматического излучения $\text{Cu K}\alpha$ в угловом диапазоне 2θ от 10° до 40° [9].

Образцы из алюминиевого сплава, содержащего таллий подвергались окислению при температурах 373, 423 и 473К.

По результатам рентгенофазового анализа продуктов окисления алюминиевого сплава с таллием установлено, что при окислении образуются оксиды следующих составов: BeO ; $\text{Al}_{2.66}\text{O}_4$; Tl_2O_3 (рис. 2). Эти щенелообразные оксиды сложного состава не отличаются высокими защитными свойствами и являются причиной роста скорости окисления алюминиевого сплава при легировании её таллием.

ВЫВОДЫ

1. Методом микроструктурного анализа, при увеличении 500 крат установлено влияние добавки таллия на микроструктуру алюминиевого сплава AlBe1 . Установлено, что добавки таллия как модификатора структуры значительно измельчает микроструктуру исходного сплава.

2. Методом РФА установлено, что основными фазами, образующимися при окислении алюминиевого сплава AlBe1 с таллием, являются BeO ; $\text{Al}_{2.66}\text{O}_4$; Tl_2O_3 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Исмонов Р.Д., Ганиев И.Н., Одиназода Х.О, Сафаров А.М. Повышение анодной устойчивости сплава АБ1 ($\text{Al}+1\%\text{Be}$), легированием индием // Вестник ИрГТУ Т.22. №8. 2018. -С. 123-130.
2. Обидов З.Р., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Амонов И.Т. Коррозионно-электрохимические и физико-химические свойства сплава $\text{Al}+2,18\%\text{Fe}$ легированного индием. // Журнал прикладной химии. 2010. №2 Т.83. С. 264-267.
3. Раиса Ф.В., Эмма И.Г. Высокотемпературное окисление металлов и сплавов – Киев: «Наукова Думка». 1980, 292 с.
4. Исмонов Р.Д., Ганиев И.Н., Одиназода Х.О, Сафаров А.М., Алиев Ф.А. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1 с таллием // Вестник КТТУ им. А.Н. Туполева, Том. 78. №2. 2022. -С. 5-9.
5. Шеметев Г.Ф. Алюминиевые сплавы: составы, свойства, применение – Санкт-Петербург: 2012, 155 с.
6. Алюминиевые сплавы (состав, свойства, технология, применение.) Справочник // под общей редакцией И.Н. Фридляндера. Киев: Коминтех. 2005. 365с.
7. Давлатзода Ф.С., Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф., Раджабалиев С.С., Караев П.Н. Влияние титана, ванадия и необия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава AMg2 // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования ТТУ. 2019. №2 (46). С. 67-71.
8. Иброхимов Н.Ф. Влияние скандия, иттрия и церия на микроструктуру и механические свойства алюминиевомагниевого сплава AMg6 // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования ТТУ. 2021. №3 (55). С. 28-31.
9. Васильев Е.К., Нахмансон М.М. Качественный рентгенофазовый анализ. Новосибирск: Наука, 1986, 356 с.

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

TJ	RU	EN
Исмонов Рустам Довудович	Исмонов Рустам Довудович	Ismonov Rustam Dovudovich
н.и.т., и.в. дотсент	к.т.н., и.о. доцента	Ph.D., acting assistant professor
ДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
e.mail: ird-78@mail.ru		
ORCID Id 0000-0002-4990-3687		

УДК 669. 017:536.4

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ И ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АК12М2, МОДИФИЦИРОВАННОГО БАРИЕМ

Зокиров Ф.Ш.

Таджикский технический университет им. М.С. Осими

Термодинамические и теплофизические свойства алюминия и его сплавов являются предметом многочисленных экспериментальных и теоретических исследований. Имеющиеся экспериментальные данные включают измерения теплоемкости, энтальпии, энтропии и энергии Гиббса при нормальном давлении в диапазоне температуры 298,15–800 К. В работе представлены результаты экспериментального определения теплоемкости алюминиевого сплава АК12М2 с барием и расчет температурной зависимости изменений термодинамических функций данных сплавов. Исследования температурной зависимости теплоемкости алюминиевого сплава АК12М2 с барием проводились в режиме «охлаждения» с применением компьютерной техники и программы Sigma Plot 10.0. Установлены полиномы температурной зависимости теплоемкости и изменений термодинамических функций (энтальпии, энтропии и энергии Гиббса) алюминиевого сплава АК12М2 с барием и эталона (Cu марки М00), которые с коэффициентом корреляции $R_{\text{corr.}} = 0,999$ описывают эти изменения. Показано, что с ростом температуры теплоемкость, энтальпия, энтропия сплавов растут, а по мере увеличения концентрации бария в сплаве – уменьшаются. Энергия Гиббса с ростом температуры уменьшается, а от концентрации бария увеличивается.

Ключевые слова: *алюминиевый сплав АК12М2, барий, режим «охлаждения», теплоёмкость, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, температурная зависимость.*

ВОБАСТАГИИ ҲАРОРАТИИ ГАРМИҒУНҶОИШ ВА ТАҒЙИРЁБИИ ФУНКСИЯҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ХҶЛАИ АЛЮМИНИИИ АК12М2 БО БАРИИ МОДИФИКАТСИЯШУДА

Зокиров Ф.Ш.

Хусусиятҳои термодинамикии ва термофизикии алюминийи ва хӯлаҳои он бисёр мавзӯи тадқиқотҳои таҷрибавӣ ва назариявӣ мебошанд. Маълумоти дастраси таҷрибавӣ ченкунии гармиғунҷоиш, энталпия, энтропия ва энергияи Гиббсо дар фишори муқаррарӣ дар диапазони ҳарорати 298,15–800 К. Дар қор натиҷаҳои таҷрибавӣ муайян кардани гармиғунҷоиши хӯлаи алюминийи АК12М2 бо барийи ва ҳисоб кардани вобастагии ҳарорат аз тағйироти функсияҳои термодинамикии ин хӯлаҳо оварда шудааст. Тадқиқотҳои вобастагии ҳарорат аз гармиғунҷоиши хӯлаи алюминийи АК12М2 бо барий дар режими «сардшавӣ» бо истифода аз технологияи компютерӣ ва барномаи Sigma Plot 10.0 гузаронида шуданд. Полиномҳои вобастагии ҳарорат аз гармиғунҷоиш ва тағйироти функсияҳои термодинамикии (энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс)-и хӯлаи алюминийи АК12М2 бо барийи ва стандарт (дараҷаи Cu М00) муқаррар карда шудаанд, ки бо коэффициентҳои коррелятсияи $R_{\text{corr.}}=0,999$ ин тағйиротро тавсиф мекунад. Нишон дода шудааст, ки бо баланд шудани ҳарорат гармиғунҷоиш, энталпия ва энтропияи хӯлаҳо зиёд шуда, баробари зиёд шудани консентратсияи барий дар хӯла онҳо кам мешаванд. Энергияи Гиббс бо афзоиши ҳарорат кам мешавад ва бо консентратсияи барий зиёд мешавад.

Важҳои калидӣ: *хӯлаи алюминийи АК12М2, барий, режими «сардшавӣ», гармиғунҷоиш, энталпия, энтропия, энергияи Гиббс, вобастагии ҳарорат.*

TEMPERATURE DEPENDENCE OF HEAT CAPACITY AND CHANGES IN THERMODYNAMIC FUNCTIONS OF AK12M2 ALUMINUM ALLOY MODIFIED BY BARIUM

Zokirov F.Sh.

Thermodynamic and thermophysical properties of aluminum and its alloys are the subject of numerous experimental and theoretical studies. Available experimental data include measurements of heat capacity, enthalpy, entropy and Gibbs energy at normal pressure in the temperature range 298.15–800 K. The paper presents the results of the experimental determination of the heat capacity of the aluminum alloy AK12M2 with barium and the calculation of the temperature dependence of changes in the thermodynamic functions of these alloys. Studies of the temperature dependence of the heat capacity of the AK12M2 aluminum alloy with barium were carried out in the “cooling” mode using computer technology and the Sigma Plot 10.0 program. Polynomials of the temperature dependence of the heat capacity and changes in the thermodynamic functions (enthalpy, entropy and Gibbs energy) of the aluminum alloy AK12M2 with barium and the standard (Cu grade M00) have been established, which with the correlation coefficient $R_{\text{corr.}}=0.999$ describe these changes. It is shown that with increasing temperature the heat capacity, enthalpy, and entropy of alloys increase, and as the concentration of barium in the alloy increases, they decrease. The Gibbs energy decreases with increasing temperature, and increases with barium concentration.

Key words: *aluminum alloy AK12M2, barium, “cooling” mode, heat capacity, enthalpy, entropy, Gibbs energy, temperature dependence.*

ВВЕДЕНИЕ

Непрерывный технический прогресс в автомобилестроении, тракторостроении и других отраслях народного хозяйства требует значительного увеличения объема производства различных сплавов цветных металлов и повышения их качества. Алюминию и сплавам на его основе принадлежит особое место в выполнении этой задачи. Сравнительно небольшая плотность в сочетании с высокими механическими характеристиками, а также значительные сырьевые ресурсы способствуют широкому внедрению алюминия и его сплавов в различные отрасли промышленности. Алюминиевые сплавы применяют в машиностроении вместо стали, чугуна и других материалов с целью обеспечения снижения удельной металлоемкости конструкций, т.е. отношения массы машины к ее мощности. Как следует из литературных данных, такое развитие сохранится и в будущем [1-3].

Основное преимущество алюминиевого сплава АК12М2 по сравнению с другими сплавами это малый интервал кристаллизации, поэтому в отливках не образуется усадочной пористости. Сплав рекомендуется для изготовления герметичных деталей. Однако в литературе практически отсутствуют экспериментальные данные по теплоемкости этого сплава.

В данной работе приведены результаты экспериментального исследования температурной зависимости удельной теплоемкости и изменения термодинамических функций алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием.

АППАРАТУРА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для измерения удельной теплоёмкости сплавов в широкой области температур используется закон охлаждения Ньютона – Рихмана. Всякое тело, имеющее температуру выше окружающей среды, будет охлаждаться, причем скорость охлаждения зависит от величины теплоёмкости тела.

Если взять два одинаковой формы металлических образца и охлаждать их от одной температуры, то по зависимости температуры образцов от времени (кривым охлаждения) можно найти теплоёмкость одного образца, зная теплоёмкость другого (эталоны).

Количество теплоты δQ , теряемое предварительно нагретым телом массы m при его охлаждении на dT градус, будет

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

где C_p^0 стандартная удельная теплоемкость вещества, при постоянном давлении из которого состоит тело.

Потеря энергии происходит через поверхность тела. Следовательно, можно считать, что количество теплоты δQ_s , теряемое через поверхность тела за время $d\tau$, будет пропорционально времени, площади поверхности S и разности температур тела T и окружающей среды T_0 :

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

Если тело выделяет теплоту так, что температура всех его точек изменяется одинаково, то будет справедливо равенство:

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

Выражение (3) можно представить в виде

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

Полагая, что C_p^0 , α , T и T_0 в малом интервале температур не зависят от координат точек поверхности образца, нагретых до одной температуры, и одинаковой температуры окружающей среды напишем соотношение (4) для двух образцов:

$$C_{p_1}^0 m_1 S_1 \alpha_1 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_1 = C_{p_2}^0 m_2 S_2 \alpha_2 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_2. \quad (5)$$

При использовании этой формулы для двух образцов (эталоны и любого другого), имеющих одинаковые размеры $S_1 = S_2$ и состояния поверхностей предполагают равными их коэффициенты теплоотдачи $\alpha_1 = \alpha_2$:

$$C_{p_1}^0 m_1 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_1 = C_{p_2}^0 m_2 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_2. \quad (6)$$

Следовательно, зная массы образцов m_1 и m_2 , скорости охлаждения эталона $\left(\frac{dT}{d\tau} \right)_1$ и

образцов $\left(\frac{dT}{d\tau} \right)_2$ и удельную теплоемкость $C_{p_1}^0$ эталона, можно вычислить теплоемкость другого

вещества $C_{p_2}^0$:

$$C_{p_2}^0 = \frac{C_{p_1}^0 m_1 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_1}{m_2 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_2}. \quad (7)$$

Целью данной работы является определение температурной зависимости удельной теплоёмкости и изменение термодинамических функций сплава АК12М2, модифицированного барием, по известной удельной теплоёмкости эталонного образца из меди марки (М00).

Для определения теплоемкости строились кривые охлаждения данных образцов. Кривая охлаждения представляет собой зависимость температуры образца от времени при охлаждении его в неподвижном воздухе.

Передача тепла от более нагретого тела к менее нагретому - процесс, стремящийся к установлению термодинамического равновесия в системе, состоящей из огромного числа частиц, то есть это релаксационный процесс, который можно описать во времени экспонентой. В нашем случае нагретое тело передает свое тепло окружающей среде (т.е. телу с бесконечно большой теплоёмкостью). Поэтому температуру окружающей среды можно считать постоянной (T_0). Тогда закон изменения температуры тела от времени τ можно записать в виде $\Delta T = \Delta T_1 e^{-\tau/\tau_1}$, где ΔT - разность температур нагретого тела и окружающей среды; ΔT_1 - разность температур нагретого тела и окружающей среды при $\tau = 0$, τ_1 - постоянная охлаждения, численно равная времени, в течение которого разность температур между нагретым телом и окружающей средой уменьшается в e раз.

Схема установки для измерения теплоемкости твердых тел представлена на рис.1, включающая узлы: электропечь (3) смонтирована на стойке (6), по которой она может перемещаться вверх и вниз (стрелкой показано направление перемещения). Образец (4) и эталон (5) (тоже могут перемещаться) представляют собой цилиндр длиной 30 мм и диаметром 16 мм с высверленными каналами с одного конца, в которые вставлены термопары (4 и 5). Концы термопар подведены к цифровым термометром «Digital Multimeter DI9208L» (7,8 и 9). Электропечь (3) запускается через лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) (1), установив нужную температуру с помощью терморегулятора (2). По показаниям цифровых термометров «Digital Multimeter DI9208L» (7,8 и 9), фиксируется значение начальной температуры. Вдвигаем образец (4) и эталон (5) в электропечь (3), и нагреваем до нужной температуры, контролируя температуру по показаниям цифровых термометров «Digital Multimeter DI9208L» на компьютере (10). Образец (4) и эталон (5) одновременно выдвигаем из электропечи (3) и с этого момента фиксируем температуру. Записываем показания цифрового термометра «Digital Multimeter DI9208L» (7,8 и 9) на компьютер (10) через каждый (5, 10, 20с), до охлаждения температуры образца и эталона ниже 35°С. Точность измерения температуры 0,1 °С.

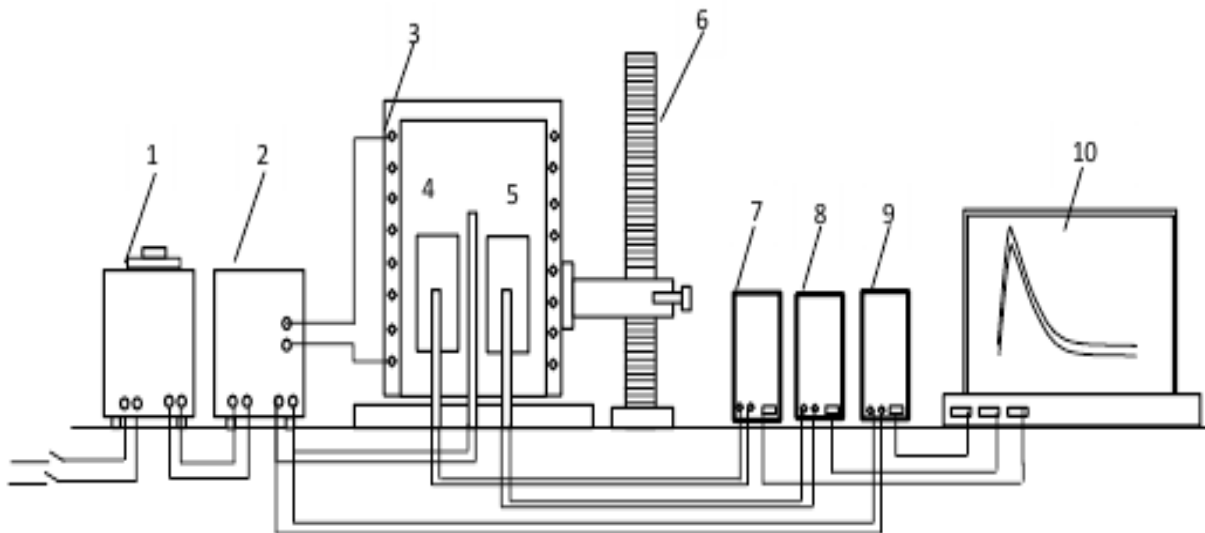


Рисунок 1 - Установка для определения теплоемкости твердых тел в режиме «охлаждения»: 1) автотрансформатор; 2) терморегулятор; 3) электропечь; 4) образец измеряемый; 5) эталон 6) стойка электропечи; 7) цифровой термометр измеряемого образца; 8) цифровой термометр общего назначения; 9) цифровой термометр эталона; 10) регистрационный прибор.

Для приготовления сплавов были использованы алюминий марки А5 (ГОСТ 110669-01), кремний кристаллический (ГОСТ 25347-82); медь марки М09995 (ГОСТ 859-2001) и барий металлический марки ВаМ-1 (ТУ48-4-465-85). Сплавы для исследования были получены в шахтной печи электрического сопротивления типа СШОЛ в интервале температур 750-850. Полученные сплавы выборочно контролировались взвешиванием образцов до и после сплавления, а также химическим анализом. Затем проводилась выборка сплавов и исследовались сплавы, у которых до и после сплавления разница в массе не превышала 1% (отн.). Из полученных в печи СШОЛ сплавов отливались цилиндрические образцы длиной 30 мм и диаметром 16мм.

Теплоёмкость алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием, измеряли в режиме «охлаждения» (при комнатной температуре) по методикам, описанным в работах [4-12]. Для измерения температуры использовали измеритель Digital Multimeter D19208L, который позволял прямой фиксации результатов измерений на компьютере в виде таблиц. Точность измерения температуры составила 0.1°С. Вся обработка результатов измерений производилась с помощью программы MS Excel. Графики строились с помощью программы Sigma Plot. Значения коэффициента корреляции составляли величину $R_{\text{корр}} > 0,999$, подтверждая правильность выбора аппроксимирующей функции.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Экспериментально полученные зависимости температуры образцов алюминиевого сплава АК12М2 с барием от времени охлаждения в разных масштабах представлены на рис. 1 и описываются уравнением вида

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

Дифференцируя уравнение (8) по τ , получаем уравнение для скорости охлаждения:

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

Значения коэффициентов в уравнении (9) для исследованных сплавов приведены в таблице 1. По этому уравнению были вычислены скорости охлаждения образцов алюминиевого сплава АК12М2 с барием, графический вид которых представлен на рис. 2.

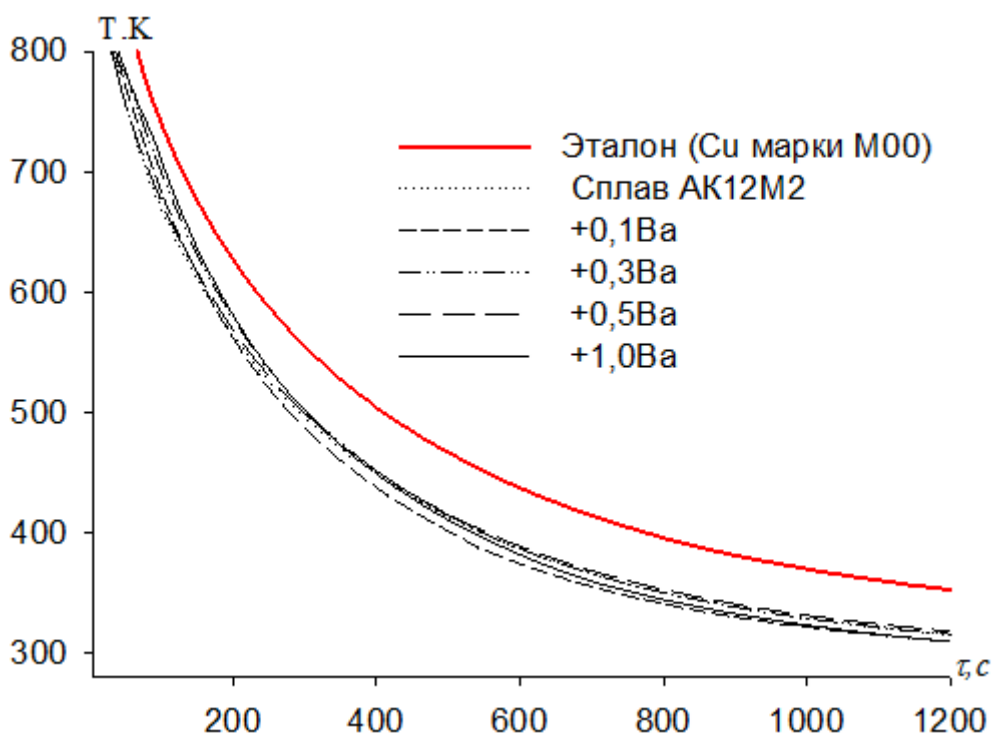


Рисунок 1 – График изменения температуры от времени охлаждения для образцов из алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием, и эталона (М00).

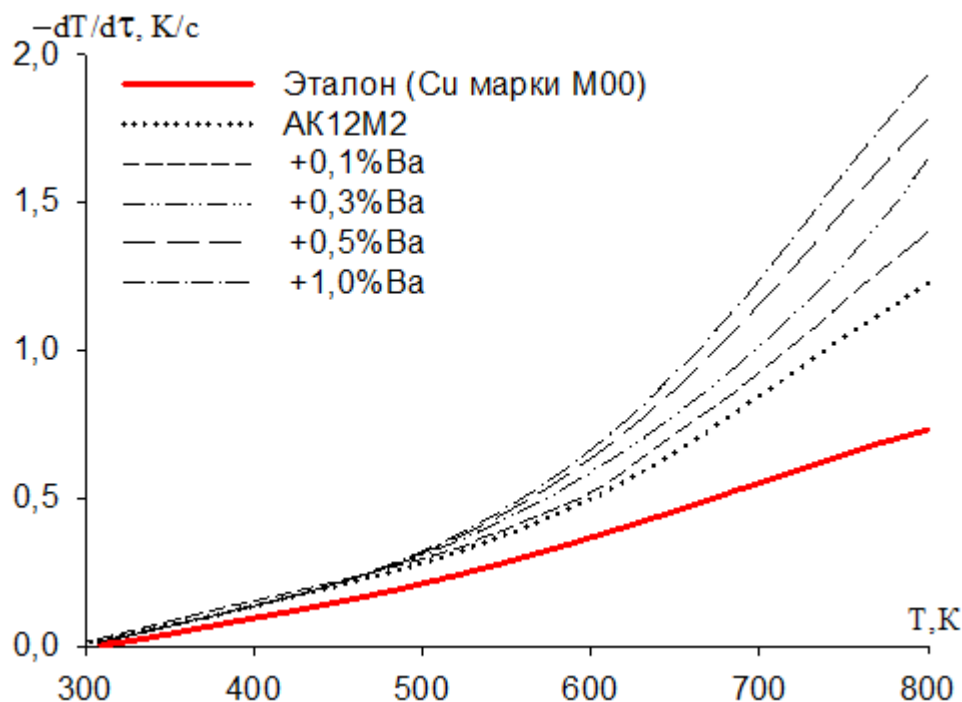


Рисунок 2 – График изменения скорости охлаждения от температуры для образцов из алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием, и эталона (М00).

Таблица 1 – Значения коэффициентов в уравнении (9) для алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием, и эталона (М00)

Содержание бария в сплаве, мас.%	$T_1 - T_0$, К	τ_1 , с	$T_2 - T_0$, К	τ_2 , с	$(T_1 - T_0)/\tau_1$, К/с	$(T_2 - T_0)/\tau_2$, К/с	T_0 , К
0.0	174.73	76.92	424.43	394.99	2.27	1.07	293.76
0.1	220.22	133.70	369.66	388.85	1.65	0.95	292.71
0.3	271.41	164.44	320.55	460.98	1.65	0.70	291.57
0.5	163.22	89.29	419.59	395.05	1.83	1.06	296.85
1.0	166.21	84.75	407.43	389.67	1.96	1.05	297.74
Эталон (Cu марки М00)	277.41	109.73	390.83	543.51	2.53	0.72	308.35

Удельная теплоёмкость сплавов определялась по уравнению (7) с учётом скоростей охлаждения эталона и измеряемого образца.

Используя (7), получены следующие уравнения температурной зависимости удельной теплоёмкости для алюминиевого сплава АК12М2:

$$C_p^{0AK12M2} = 722.7340 + 1,3792T - 1.0663 \cdot 10^{-3}T^2 + 6,9939 \cdot 10^{-7}T^3$$

и сплавов с барием, мас. %:

$$\left. \begin{aligned} 0.1\% : C_p^0 &= 722.04 + 1.38T - 1.07 \cdot 10^{-3}T^2 + 6,99 \cdot 10^{-7}T^3; \\ 0.3\% : C_p^0 &= 775.67 + 1.23T - 8.23 \cdot 10^{-4}T^2 + 5.41 \cdot 10^{-7}T^3; \\ 0.5\% : C_p^0 &= 757.71 + 1.15T - 7.06 \cdot 10^{-4}T^2 + 4.67 \cdot 10^{-7}T^3; \\ 1.0\% : C_p^0 &= 815.82 + 0.79T - 1.15 \cdot 10^{-4}T^2 + 1.06 \cdot 10^{-7}T^3. \end{aligned} \right\} (10)$$

Вычисленные значения C_p для алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием, через 50 К представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Температурная зависимость удельной теплоёмкости (кДж/кг) алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием, и эталона (М00)

Содержание бария в сплаве, мас.%	Т, К					
	300	400	500	600	700	800
0.0	1059.114	1148.044	1232.374	1316.304	1404.034	1499.764
0.1	1058.197	1147.02	1231.219	1314.988	1402.521	1498.012
0.3	1085.624	1171.171	1253.242	1335.083	1419.941	1511.059
0.5	1053.185	1136.514	1216.931	1297.238	1380.237	1468.732
1.0	998.095	1096.08	1177.51	1249.285	1317.290	1386.931
Эталон (Cu марки М00)	384.99	397.66	408.00	416.87	425.10	433.56

Для расчета температурной зависимости изменения энтальпии, энтропии и энергии Гиббса были использованы интегралы от удельной теплоемкости (Дж/кг·К) по уравнениям (11):

$$H^0(T) - H^0(T_0) = H^0(298.15) + \int_{298.15}^T C_p^0(T) dT; \quad S^0(T) - S^0(T_0) = \int_{298.15}^T \frac{C_p^0}{T} dT;$$

$$[G^0(T) - G^0(298.15)] = [H^0(T) - H^0(298.15)] - T[S^0(T) - S^0(298.15)]. \quad (11)$$

Получены следующие уравнения изменения температурной зависимости энтальпии для алюминиевого сплава АК12М2:

$$H^0(T) - H^0(298.15K) = -2681527916 + (722.734T) + (0.6896T^2) - (3.5543 \cdot 10^{-4} T^3) + (1.7485 \cdot 10^{-7} T^4)$$

и сплавов с барием, мас. %:

$$\left. \begin{aligned} 0.1\% : H^0(T) - H^0(298.15K) &= -268479 + (722.0439T) + \\ &+ (0.689T^2) - (3.58 \cdot 10^{-4} T^3) + (1.75 \cdot 10^{-7} T^4); \\ 0.3\% : H^0(T) - H^0(298.15K) &= -270850.353 + (745.667T) + \\ &+ (0.616T^2) - (2.74 \cdot 10^{-4} T^3) + (1.35 \cdot 10^{-7} T^4); \\ 0.5\% : H^0(T) - H^0(298.15K) &= -271829.735 + (757.706T) + \\ &+ (0.577T^2) - (2.35 \cdot 10^{-4} T^3) + (1.17 \cdot 10^{-7} T^4); \\ 1.0\% : H^0(T) - H^0(298.15K) &= -237126.777 + (548.359T) + \\ &+ (1.00565T^2) - (6.69 \cdot 10^{-4} T^3) + (2.51 \cdot 10^{-7} T^4). \end{aligned} \right\}$$

В таблице 3 приведена температурная зависимость изменения энтальпии (кДж/кг) алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием.

Таблица 3 – Изменение температурной зависимости энтальпии (кДж/кг) алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием, и эталона (М00)

Содержание бария в сплаве, мас.%	Т, К					
	300	400	500	600	700	800
Эталон (Cu марки М00)	0.7105	39.86	80.16	121.42	163.52	206.44
0.0	2.5511	113.0055	232.1138	359.6313	495.734	641.0168
0.1	1.9226	112.1947	231.0556	358.2475	493.9323	638.6922
0.3	1.95836	111.8488	230.0957	356.5142	491.2414	634.7397
0.5	2.04629	111.5838	229.2984	355.0432	488.9528	631.4426
1.0	1.84467	106.7047	220.4966	341.9267	470.3084	605.5605

Для изменения температурной зависимости энтропии сплава АК12М2 и сплавов с барием (мас.%) получены следующие уравнения:

$$\text{АК12М2: } S^0(T) - S^0(298.15\text{K}) = -4487.841 + (722.734 \ln T) + \\ + (1.3792T) - (5.3315 \cdot 10^{-4} T^2) + (2.3313 \cdot 10^{-7} T^3),$$

$$0.1\% : S^0(T) - S^0(298.15\text{K}) = -4270.187 + (713.7521 \ln T) + \\ + (0.792T) - (4.325 \cdot 10^{-4} T^2) + (2.12 \cdot 10^{-7} T^3);$$

$$0.3\% : S^0(T) - S^0(298.15\text{K}) = -4482.071 + (722.0439 \ln T) + \\ + (1.3736T) - (5.37 \cdot 10^{-4} T^2) + (2.33 \cdot 10^{-7} T^3);$$

$$0.5\% : S^0(T) - S^0(298.15\text{K}) = -4583.854 + (745.6674 \ln T) + \\ + (1.2314T) - (4.11 \cdot 10^{-4} T^2) + (1.8 \cdot 10^{-7} T^3);$$

$$1.0\% : S^0(T) - S^0(298.15\text{K}) = -3643.583 + (548.359 \ln T) + \\ + (2.0113T) - (1 \cdot 10^{-3} T^2) + (3.35 \cdot 10^{-7} T^3).$$

Температурная зависимость изменения энтропии (кДж/кг·К) для алюминиевого сплава АК12М2 и сплавов с барием представлена на рис. 3.

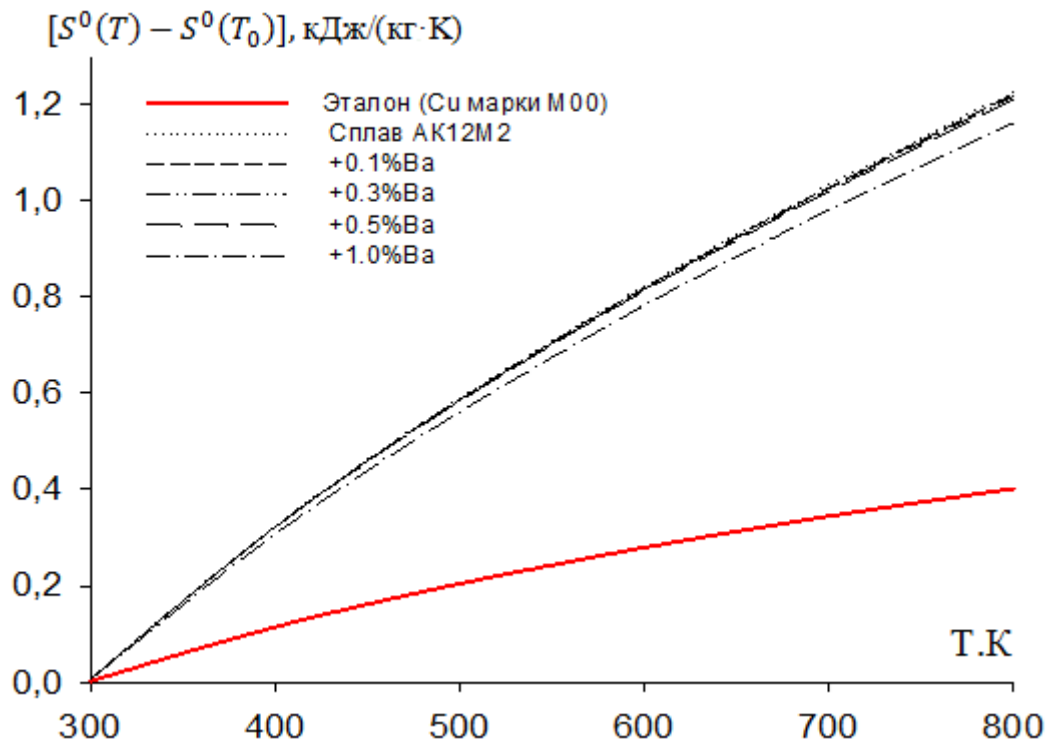


Рисунок 3 – Температурная зависимость изменения энтропии алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием, и эталона (М00).

Изменения температурной зависимости энергии Гиббса для алюминиевого сплава АК12М2 и сплавов с барием (мас.%) имеют следующий вид:

$$\text{АК12М2: } G^0(T) - G^0(298.15\text{K}) = -268152.7916 + (5210.575 \cdot T) - (0.6896 \cdot T^2) + \\ + (1.7772 \cdot 10^{-4} \cdot T^3) - (5.82853 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (722.734 \cdot T(\ln T))$$

$$0.1\% : G^0(T) - G^0(298.15K) = -268479.6 + (5204.115 \cdot T) - (1.3786 \cdot T^2) + (1.79 \cdot 10^{-4} \cdot T^3) - (5.83 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (722.0439 \cdot T(\ln T));$$

$$0.3\% : G^0(T) - G^0(298.15K) = -270850.4 + (5379.791 \cdot T) - (1.2314 \cdot T^2) + (1.37 \cdot 10^{-4} \cdot T^3) - (4.51 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (745.6674 \cdot T(\ln T));$$

$$0.5\% : G^0(T) - G^0(298.15K) = -271829.73 + (5391.83 \cdot T) - (1.1547 \cdot T^2) + (1.18 \cdot 10^{-4} \cdot T^3) - (3.89 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (757.7061 \cdot T(\ln T));$$

$$1.0\% : G^0(T) - G^0(298.15K) = -236981.9 + (4191.942 \cdot T) - (1.00565 \cdot T^2) + (3.35 \cdot 10^{-4} \cdot T^3) - (8.38 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (548.359 \cdot T(\ln T)).$$

Результаты расчета температурной зависимости изменения энергии Гиббса по уравнению (14) представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Температурная зависимость изменения энергии Гиббса (кДж/кг) для алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием, и эталона (М00).

Содержание бария в сплаве, мас. %	Т, К					
	300	400	500	600	700	800
0.0	-0.586	-16.471	-62.447	-133.198	-225.974	-338.876
0.1	-0.923	-6.626	-51.953	-122.472	-215.348	-328.621
0.3	-2.897	-21.903	-69.956	-142.832	-237.734	-352.719
0.5	-0.157	-17.157	-62.771	-132.825	-224.553	-336.028
1.0	-0.0057	-16.158	-59.872	-127.232	-215.480	-322.598
Эталон (Cu марки М00)	-0.0022	-6.107	-22.242	-46.584	-77.902	-115.311

ВЫВОДЫ

Таким образом, исследованием температурной зависимости теплоёмкости алюминиевого сплава АК12М2, модифицированного барием, установлено, что с ростом температуры теплоёмкость, энтальпия, энтропия сплавов растут, а по мере увеличения концентрации бария в сплаве – уменьшаются. Энергия Гиббса с ростом температуры уменьшается, а от концентрации бария – увеличивается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Луц А.Р., Суслина А.А. Алюминий и его сплавы. Самара: СГТУ. 2013. 81с.
2. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение.) Справочник // под общей редакцией И.Н. Фридляндера. Киев: Коминтех. 2005. 365с.
3. Золоторевский В.С., Белов Н.А. Металловедение литейных алюминиевых сплавов. М.: МИСиС. 2005. 376. с.
4. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Махмадуллоев Х.А. Теплофизические и термодинамические свойства сплавов свинца с щелочноземельными металлами. // Германия: Изд. дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 152. с.
5. Ganiev I.N., Mulloeva N.M., Nizomov Z., Obidov F.U. Temperature dependence of the specific heat and thermodynamic functions of alloys of the Pb-Ca system // High Temperature, 2014, vol. 52. Iss. 1. P. 138-140.
6. Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р., Якубов Ю.С., Кабутов К. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплава Al+4,5 %Fe, легированного оловом // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2019. № (1). С. 50-58. DOI: 10.17073/0021-3438-2019-1-50-58.
7. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Сангов М.М., Иброхимов Н.Ф. Влияние кальция на температурную зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АК12М2 // Теплофизика высоких температур. 2018. Т. 56. № 6. С. 867-872. DOI: 10.1134/S0018151X18060093.

8. Ганиев И.Н., Отаджонов С.Э., Иброхимов Н.Ф., Махмудов М. Температурная зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АК1М2, легированного стронцием // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. 2018. Т. 21. № 1. С. 35-42.

9. Ганиев И.Н., Отаджонов С.Э., Иброхимов Н.Ф., Махмудов М. Температурная зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АК1, легированного стронцием // Теплофизика высоких температур. 2019. Т. 57. № 1. С. 22-26.

10. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Низомов З., Ганиева Н.И., Иброхимов С.Ж. Влияние церия на теплофизические свойства сплава АМг2 // Физика металлов и металловедение. 2016. Т.117. №1. С. 53-58.

11. Бердиев А.Э. Ганиев И.Н., Ниёзов Х.Х., Дадаматов Х.Д. Термодинамические функции сплава АК1М2, легированного неодимом // Мат. Межд. научно-техн. конференции «Нефть и газ западной Сибири», посвященной 50-летию Тюменского индустриального института. Тюмень. ТюмГНГУ. 2013. С. 88-93.

12. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах / Справ. изд. М.: Металлургия, 1984. 384с.

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

TJ	RU	EN
Зокиров Фуркатшох Шахриерович	Зокиров Фуркатшох Шахриерович	Zokirov Furkatshoh Shakhrieroovich
номзади илмҳои техники, дотсенти кафедраи “Технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металлбурӣ”	к.т.н., доцент кафедраи «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering Technology, Metal-cutting Machine Tools and Tools
Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. osimi
Zokirov090514@mail.ru		

ТЕХНОЛОГИЯИ КИМИЁВӢ - ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ - CHEMICAL TECHNOLOGY

КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АКРОЛЕИНОВОГО АЛЬДЕГИДА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ОКИСЛЕНИИ НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Назаров Ф.Х.

ТТУ имени академика М.С.Осими

В данной статье приведены результаты исследования качественного и количественного анализа акролеинового альдегида при термическом окислении некоторых растительных масел. Для изучения процесса окисления и образования акролеинового альдегида в растительных маслах мы подвергали растительные масла термической обработке при различных температурах. Для определения акролеинового альдегида использовали метод тонкослойной хроматографии. Таким образом с использованием физико-химических методов исследования нам удалось изучить окисление растительных масел.

Ключевые слова: растительное масло, качественный анализ, количественный анализ, акролеиновый альдегид, термическая обработка, окисление, тонкослойная хроматограмма, хлороформ, точки эквивалентности.

ТАҲЛИЛИ СИФАТИЮ МИҚДОРӢИ АЛДЕГИДИ АКРОЛЕИН ҲАНГОМИ ОКСИДШАВИИ ТЕРМИКИИ БАЪЗЕ РАВҒАНҶОИ РАСТАНӢ

Назаров Ф.Х.

Дар мақолаи мазкур маълумот оид ба таҳлили сифатию миқдори алдегиди акролеин ҳангоми оксидшавии термикии баъзе равғанҳои растанӣ пешниҳод гаштааст. Барои омӯзиши раванди оксидшавӣ ва ҳосилшавии алдегиди акролеин дар равғани растанӣ, равғани растаниро таҳти таъсири ҳароратҳои гуногун коркард намудем. Барои муайян намудани алдегиди акролеин аз усули хроматографияи тунукқабат истифода намудем. Ҳамин тарик, бо истифода аз методҳои таҳлили физикию химиявӣ ба мо муясар гардид, ки оксидшавии равғани растанигиро таҳти таъсири ҳарорат омӯзем.

Калидвожаҳо: равғани растанӣ, таҳлили сифатӣ, таҳлили миқдорӣ, алдегиди акролеин, коркарди термикӣ, оксидшавӣ, хроматографияи тунукқабат, хлороформ, нуқтаи эквивалентӣ.

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ANALYSIS OF ACROLEIC ALDEHYDE in THE THERMAL OXIDATION OF SOME VEGETABLE OILS

Nazarov F.Kh.

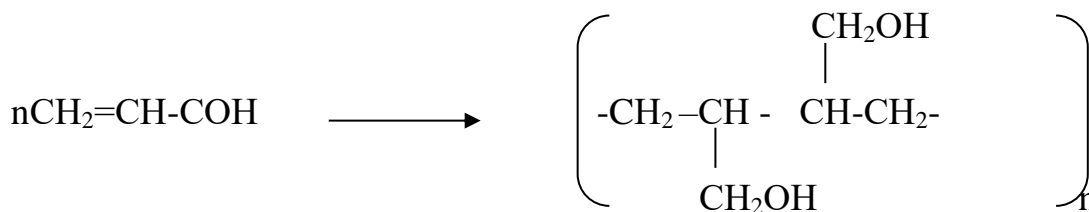
This article presents the results of a study of qualitative and quantitative analysis of acroleic aldehyde during the thermal oxidation of some vegetable oils. We have subjected vegetable oils to heat treatment at various temperatures to study the oxidation process and the formation of acroleic aldehyde in vegetable oils. To determine the acroleic aldehyde, a thin-layer chromatography method was used. In this way, we could study the oxidation of vegetable oils using physicochemical research methods.

Keywords: vegetable oil, qualitative analysis, quantitative analysis, acroleic aldehyde, heat treatment, oxidation, thin-layer chromatogram, chloroform, equivalence points.

В результате изучения окисления растительных масел выявлено, что при их нагревании в составе масел образуется акролеиновый альдегид.

В процессе исследования выявлено, что при нагревании хлопкового и льняного масел происходит разложение жирных кислот. При термическом разложении растительных масел образуются глицерин и высокомолекулярные жирные кислоты [1-3].

Образовавшийся глицерин при нагревании превращается в акролеиновый альдегид. Дальнейшее нагревание масла при температуре 220°C приводит к полимеризации акролеинового альдегида состава растительного масла. Химизм этой реакции можно выразить следующим образом:



Как выявлено, термическое окисление растительных масел протекает в три ступени. В первой глицериды разлагаются на глицерин и высокомолекулярные карбоновые кислоты. Этот процесс способствует повышению кислотного числа исследуемых масел. Дальнейшее нагревание льняного и хлопкового масла способствует превращению глицерина в акролеиновый альдегид. Завершающая ступень - это полимеризация акролеинового альдегида при нагревании масла до 220°C.

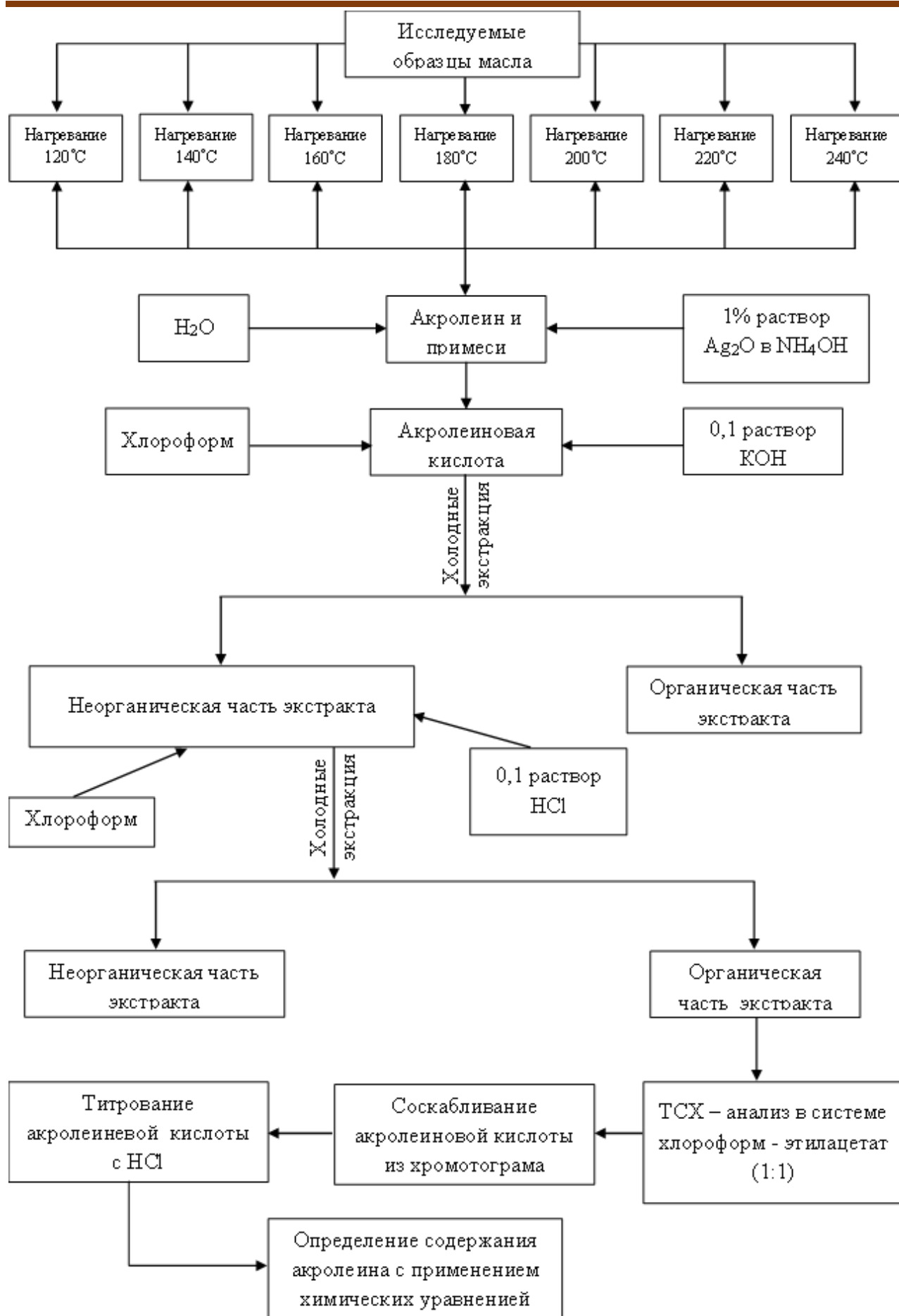


Рисунок 1- Технологическая схема получения и количественного анализа акролеина

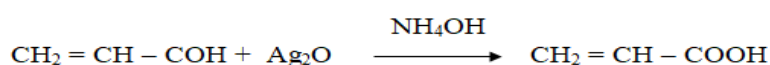
Следует отметить, что при нагревании растительных масел не только изменяется кислотное число, но меняются органолептические свойства растительных масел, а также образуются акролеиновый альдегид и его полимер. Растительные масла, которые подвергались многократному термическому окислению, могут отравить организм человека[4-8].

Принимая во внимание эту проблему, мы разработали эффективный способ количественного анализа акролеинового альдегида. Технология количественного анализа акролеинового альдегида при термическом окислении хлопкового и льняного масел представлена на рисунке 1.

Как видно из экспериментальных исследований (рис. 1), акролеиновый альдегид начинает образовываться при температуре 180°C.

Для определения акролеинового альдегида мы использовали металлическую емкость с трубчатой крышкой, так как акролеиновый альдегид и другие окисленные соединения выделяются из состава масел при термической обработке в виде пара. По этой причине к металлической трубке крышки необходимо подсоединить термостойкую резиновую трубку и перенести ее в емкость, содержащую 1% раствор Ag_2O , приготовленный на водном растворе аммиака.

В результате Ag_2O , приготовленный в NH_4OH взаимодействует с акролеиновым альдегидом, образующимся при термическом окислении исследуемых масел, и превращает акролеиновый альдегид в пропионовую кислоту. Химизм этого процесса можно выразить следующим уравнением:



После выполнения этого действия реакционную смесь обрабатывают 0,1 н раствором КОН. Этот процесс приводит к превращению акролеиновой кислоты в ее калиевую соль:



После того как акролеиновая кислота преобразовалась в соль получившуюся смесь обрабатывают хлороформом. Этот процесс вызывает переход других неорганических соединений смеси из водного раствора в органическую часть раствора (часть хлороформа). Калиевая соль акролеиновой кислоты остается в водной части. После этого водную часть экстракта обрабатывают 0,1 н раствором $NaCl$ до нейтрализации.

Нейтрализацию (точку эквивалентности реакции акролеината калия с соляной кислотой) можно определить с помощью бумажного индикатора «Фенолфталеин».

После кислотного гидролиза $H_2C = CH - COO - K$ она превращается в акролеиновую кислоту и калиевую щелочь. Это превращение приводит к тому, что акролеиновый альдегид становится растворимым в хлороформе. Поэтому холодная экстракция хлороформом вызывает переход акролеиновой кислоты из водного раствора в органическую часть экстракта.

Для хроматографического анализа акролеиновой кислоты необходимо пропарить ее в испарительном роторе до минимального объема. После кипячения раствор аналита подвергают тонкослойной хроматографии. Хроматографический анализ следует проводить в системе хлороформ - этилацетат (1:1).

При проведении исследований использовали хроматографические пластины «Силуфол» (Чехия) и «Мерс» (Германия), покрытые сорбентом из силикагеля. Для получения акролеиновой кислоты брали небольшой вертикальный срез (1-2 см) с участка хроматограммы. Для выявления локализации акролеиновой кислоты поверхность хроматографической пластинки обрабатывали 0,1% раствором бромфенола синего. Анализирующий компонент, которым является акролеиновая кислота, проявляется на поверхности пластины «Мерс» в виде синего пятна.

Здесь следует отметить, что для обработки хроматограммы бромфеноловым синим не обязательно использовать пластину «Силуфол». Причина в том, что пластина из алюминиевой фольги покрыта силикагелем. Алюминиевая фольга реагирует с детектором бромфенолового синего и дает на хроматограмме серо-голубой цвет. Это приводит к тому, что положение акролеиновой кислоты невозможно проследить на поверхности хроматограммы.

Благодаря тому, что хроматографическая пластина «Мерс» изготовлена из стекла и сорбента из силикагеля, этого не происходит. В связи с этим мы рекомендуем использовать пластину «Мерс» при определении коэффициента распределения (R_f) акролеиновой кислоты.

При выполнении этого анализа после определения коэффициента распределения акролеиновой кислоты на поверхность хроматограммы наносится сорбент места обнаружения. Затем сорбент элюируют и полируют. Для элюирования акролеиновой кислоты использовали растворитель хлороформ[9-11].

После элюирования раствор аналита титровали 0,001 н. раствором КОН, приготовленным в изопропиловом спирте (пропанол-2), до точки эквивалентности. После определения количества

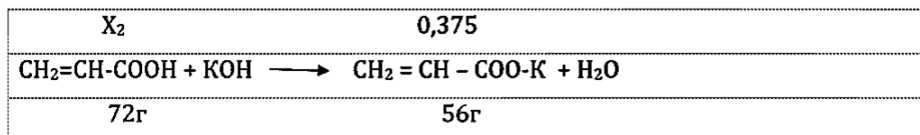
титранта, израсходованного до эквивалентной точки взаимодействия калиевой щелочи с акролеиновой кислотой, определяли массу титранта по следующей формуле:

$$T = \frac{N \cdot \Xi}{1000} \quad (1)$$

где:

- T – титр раствора (мг/см³);
- N – концентрация титранта (0,001н КОН);
- Ξ – эквивалент титранта.

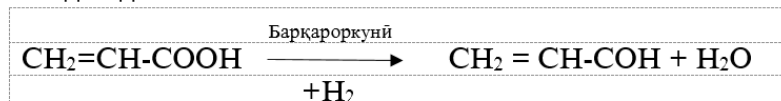
После определения массы титранта составили реакцию взаимодействия титранта с акролеиновой кислотой. С помощью математических уравнений была определена масса исследуемого вещества.



$$X_2 \text{ ————— } 0,375г$$

$$72г \text{ ————— } 56г \quad X = \frac{72 \cdot 0,375}{56} = 0,482$$

С помощью уравнения было определено, что масса акролеиновой кислоты в реакционной смеси составляет 0,482г. При восстановлении этого количества акролеиновой кислоты мы определим массу акролеинового альдегида.



$$0,482г \text{ ————— } X_2$$

$$72г \text{ ————— } 54г \quad X = \frac{54 \cdot 0,482}{72} = 0,361г$$

Для определения массы акролеиновой кислоты сначала определили объем 0,001н спиртового раствора гидроксида калия, расходуемого на титрование кислоты. После вычисляли массу, содержащую в пошедшем объеме. Используя массу гидроксида калия согласно реакции взаимодействия гидроксида калия с анализирующей кислотой, вычисляли массу акролеиновой кислоты. Учитывая определяемую массу с использованием уравнений реакции серебряного зеркала, вычислили массу акролеинового альдегида. Учитывая массу исследуемого растительного масла вычислили массовую долю (в %) акролеинового альдегида, образовавшегося в результате термического окисления, полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Количественный анализ акролеинового альдегида при термическом окислении растительных масел

Образцы масла	Содержание акролеина (%) в образцах масел при нагревании, °С									
	20	120	140	160	180	200	220	240	260	280
Хлопковое масло (А)	-	сл	0,17	0,89	1,56	3,86	5,72	3,17	1,54	0,17
Хлопковое масло (В)	-	сл	0,18	0,92	1,59	3,80	5,96	3,19	1,36	0,16
Хлопковое масло (С)	-	сл	0,17	0,91	1,56	3,82	5,42	3,21	1,51	0,15
Льняное масло (D)	-	сл	0,18	0,90	1,55	3,81	5,66	3,26	1,48	0,1515

Из представленных результатов видно, что при 120°С в нагретом масле не наблюдается выделение акролеинового альдегида.

В образцах масел, которые были подвергнуты нагреванию в течение 20 минут при температурах 140-220°C, наблюдается заметный темп выделения акролеинового альдегида.

Таким образом, с применением физико-химических методов анализа нам удалось изучить окисление растительных масел под действием различных температур на примере образцов хлопкового и льняного масел, которые входят в основной рацион населения Республики Таджикистан.

Выявлено, что при термическом окислении растительных масел выделяется токсичный акролеин, повышающий ПДК в 10 раз и больше.

Учитывая это, нами разработан новый способ количественного анализа акролеина, который в будущем можно использовать для определения ПДК акролеина в помещении. Также этот метод можно применять в проведении аналогичных исследований в области экологии и химии окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махмудова Т.М. Автореферат диссертации на тему «Физико-химические аспекты технологии регенерации и утилизации некоторых технических и пищевых масел с использованием местных бентонитов Республики Таджикистан.-Душанбе 2020.60С.
2. Иброгимов, Д.Э. Физико-химические аспекты технологии получения биодизеля на основе масла семян *Egusa sativa* Mill/ Д.Э. Иброгимов, Ф.Д. Ибрагимов, Т.М. Махмудова// Вестник Таджикского национального университета (ISSN-2413-452X.) – 2019.- №3 –С. 179-185.
3. Б.Бобранский. Количественный анализ органических соединений. Госхимиздат. – Москва. 1961, с 85.
4. А.Е. Шарапов Масличные растения маслообразовательных процессов.- Л.: Из-во АН СССР, 1968, 580с.
5. Акаева, Т.К. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч. 1: Технология получения растительных масел: учеб. пособие / Т.К. Акаева, С.Н. Петрова. - Иваново: ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2007. - 124 с.
6. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия, 1976
7. В.В.Арасимович, А.И.Ермаков и др. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат. Ленинград. 1978, 430 с.
8. В.В.Полевой, Г.Б.Максимова. Методы биохимического анализа растений. – Л.: Из-во ЛГУ. 1978, 192 с.
9. Голдовский А. М. Теоретические основы производства растительных масел. — М.; Л., 1958. — 446 с.
10. Д.Э. Иброгимов, А.Ш. Махмудов, Т.М. Махмудова Характеристика физико-химических константов хлопкового масла некоторых сортов хлопчатника, выращиваемых в Таджикистане [Текст]/ // Политехнический вестник серия: Интеллект, Инновации, Инвестиции – Душанбе: Шинос, -2018. -№1(41). – С.28-36.
11. И.А.Снегерва. - Современные методы исследования качества пищевых продуктов. – М., 1976, с. 47-103.
12. И.Б.Репицкая и др. - Избранные методы синтеза органических соединений. –Новосибирск: «Новосибирский университет», 2000, 284 с.
13. И.М.Хайс, К.Мацек. Хроматография на бумаге. Иностранная литература. – Москва. 1962, с 550.

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

TJ	RU	EN
Назаров Фирдавс Хоркашевич	Назаров Фирдавс Хоркашевич	Nazarov Firdavs Khorkashevich
унвонҷӯ	соискатель	degree applicant
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими	Таджикский технический университет имени акажемика М.С. Осими	Tajik technical University by name of academic M.S. Osimy
e. mail: n.firdavs1987@gmail.com		

УДК 541.48/.486; 544.31.031: 546.65

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЛОГЕНИДОВ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИРОДЫ 3d – ЭЛЕМЕНТОВ (III)

Насриддинов С.К.

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими,

Полуэмпирическими и расчётными методами получены и/или уточнены термодинамические свойства – энтальпия образования, энтропия и теплоемкость галогенидов 3d -элементов (III). Проведён системный анализ и установлена закономерность в изменениях термодинамических свойств галогенидов 3d - элементов (III) в зависимости от природы катионов и анионов, с учётом особенности электронного строения, спин - и орбитальных моментов количества движения катионов 3d – элементов (III). Закономерности в изменениях свойств галогенидов 3d - элементов (III) в зависимости от природы катионов имеют сложный характер и разделяются на, так называемые, «подгруппы», 3d - элементов (III) с проявлением «тетрад-эффект»-а, более характерное для лантаноидов. Галогениды хрома (III) и меди (III) выпадают из установленной закономерности, обусловленным частичным (Cr) или полным (Cu) заполнением 3d – орбиталей электронами. Полученные сведения пополняют банк термодинамических величин новыми данными для галогенидов 3d - элементов (III) и способствуют научно обоснованному применению их в прикладных целях.

Ключевые слова: галогениды, 3d-элементы (III), термодинамические свойства, закономерность, «тетрад-эффект».

ХОСИЯТҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИ ГАЛОГЕНИДҲО ВА ТАҒЙИРЁБИИ ОНҲО ВОБАСТА БА ТАБИАТИ 3d – ЭЛЕМЕНТҲО (III)

Насриддинов С. Қ.

Бо истифода аз усулҳои нимэмпирикӣ ва таҳлили пурраи хосиятҳои термодинамикӣ – энтальпияи ҳосилшавӣ, энтропия ва гармиғунҷоиши галогенидҳои 3d-элементҳои (III) ба даст оварда шудаанд. Таҳлили системавӣ гузаронида шуд, ва қонуниятҳои дар тағйирёбии хосиятҳои термодинамикии галогенидҳои 3d – элементҳои (III) вобаста ба табиати катионҳо, бо назардошти хусусиятҳои сохти электронӣ, спин ва моменти орбиталии микдори ҳаракати катионҳои 3d - элементҳои (III)-ро ба назар мегирад. Қонуниятҳои дар тағйирёбии хосиятҳои галогенидҳои 3d - элементҳои (III) –и вобаста аз табиати катионҳо характери мураккаб доранд ва ба ном «зергурӯҳҳо» бо зухуроти «тетрад – эффект», ки ба лантаноидҳо бештар хос аст ҷудо мешаванд. Галогенидҳои хром (III) ва мис (III) ба қонуниятҳои муайяншуда дохил намешаванд, қисман (Cr) ` ё пурра (Cu) пуршавии 3d – орбиталҳо бо электронҳо ба амал меояд. Маълумотҳои ба даст овардашуда қиматҳои бузургҳои термодинамикиро барои галогенидҳои 3d – элементҳо бо қиматҳои нав пурратар мегардонад ва барои истифодаи онҳо дар мақсадҳои табиқшаванда мусоидат мекунад.

Калимаҳои калидӣ: галогенидҳо, 3d – элементҳои (III), хосиятҳои термодинамикӣ, «тетрад - эффект»

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF HALIDES AND THEIR CHANGES DEPENDING ON THE NATURE OF 3D ELEMENTS (III)

Nasriddinov S.K.

Using semi-empirical and computational methods, the thermodynamic properties - enthalpy of formation, entropy and heat capacity of halides of 3d elements (III) - were obtained and/or refined. A system analysis was carried out and a pattern was established in changes in the thermodynamic properties of halides of 3d elements (III) depending on the nature of cations and anions, taking into account the peculiarities of the electronic structure, spin and orbital angular momentum of cations of 3d elements (III).

The patterns in changes in the properties of halides of 3d elements (III), depending on the nature of the cations, are complex and are divided into so-called “subgroups” of 3d elements (III) with the manifestation of the “tetrad effect”, which is more typical for lanthanides. Chromium (III) and copper (III) halides fall out of the established pattern, due to partial (Cr) or complete (Cu) filling of the 3d orbitals with electrons. The information obtained will replenish the bank of thermodynamic quantities with new data for halides of 3d elements (III) and contribute to their scientifically based use for applied purposes.

Key words: halides, 3d elements (III), thermodynamic characteristics, patterns of change, “tetrad effect”.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивные исследования в области галогенсодержащих соединений, в частности для переходных металлов, обусловлены прогрессом и удовлетворением потребностей современных отраслей техники и технологии, разработкой новых и усовершенствованием существующих способов получения материалов. Проводятся фундаментальные исследования строения, свойств и реакционной способности атомарного и ионизированного галогена, гидро-галогенид-анионов, колебательно-возбуждённых эксимерных галогенидов.

Целью работы является установление закономерности изменения термодинамических свойств галогенидов 3d-переходных элементов в зависимости от природы катионов и анионов.

Определение закономерности в изменениях физико-химических характеристик сходных соединений в пределах групп, периодов или семейств имеет важное фундаментально-практическое значение и способствует подбору рациональных условий получения, состава соединений и материалов с заранее заданными характеристиками. Исследователи проявляют особый интерес к галогенидам 3d–элементов с различной степенью окисления [1-4] в связи с широким их применением в современных областях химической технологии. Недостаточное или отсутствие сведений о термодинамических свойствах некоторых галогенидов, особенно бромидов и иодидов 3d–элементов

(+III) не позволяет проводить системный анализ и установить закономерности их изменения в пределах сходных групп соединений.

Особенности закономерности в изменениях свойств, в том числе термодинамических, в зависимости от природы переходных элементов среды сходных соединений обусловлено электронным строением переходных металлов [5-7]. Характерные особенности этой закономерности ярко проявляется для соединений 4f- элементов в виде, так называемых «тетрад-эффект»-а, «дабл-дабл-эффект»-а и «гадолиниевое излома» [8,9]. Природа проявления «тетрад-эффект»-а в закономерности изменения физико-химических лантаноидов и их соединений в пределах всей группы остаётся дискуссионным.

Авторами работ [10,11] разработан полуэмпирический метод, который учитывает влияние 4f-электронов (N_f), спиновых (S) и орбитальных (L) угловых моментов количества движения на основные состояния ионов лантанидов. Им предложено следующее корреляционное уравнение

$$A_{Ln} = A_{La} + \alpha N_f + \beta S + \gamma'_{(1-6)} (\gamma''_{(8-13)}) L \quad (1)$$

Метод нами успешно применён для определения закономерности термодинамических свойств гидридных соединений 4f- элементов изменения, в зависимости от их порядкового номера [12,13].

В работе [14] нами изучено термическое разложение кристаллогидрата дифторидов кобальта методом тензиметрии с мембранным нуль – манометром и определено их термодинамические характеристики. В работах [15,16] полуэмпирическим методом [10,11] (по уравнению 1) определены и/или уточнены термодинамические характеристики галогенидов всего ряда 3d-элементов в степени окисления (+II). Взаимосогласованные со справочными [17,18] сведений термодинамических характеристик галогенидов 3d-элементов (II) свидетельствуют о правомочность метода и достоверности результатов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Настоящая работа является продолжением серии исследований [12-16] по системному анализу термодинамических свойств галогенидных соединений 3d- элементов (II) и 4f- элементов (III). В ней приведены результаты определения и/или уточнения термодинамических свойств галогенидов 3d-элементов в степени окисления (III), закономерности их изменения в зависимости от природы компонентов системы в пределах групп и семейств.

Индивидуальные характеристические сведения электронного строения атомов 3d- элементов, необходимые для расчётов, приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Общие сведения электронного строения атомов 3d-элементов

Характеристики элементов	№	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Символ	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
	3d	1	2	3	5	5	6	7	8	10	10
	4s	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2
	Терм	$^2D_{1/2}$	3F_1	$^4F_{3/2}$	7S_3	$^8S_{3/2}$	6D_4	$^4F_{1/2}$	8F_4	$^2S_{1/2}$	1S_0
	ΣL	2	3	3	0	0	2	3	3	0	0
ΣS	0,5	1,0	1,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0	

Имеющиеся сведения о термодинамических характеристиках галогенидов 3d-элементы (III) [1-4, 17,18] обобщены в таблице 2. Анализ сведений показывает о значительном расхождении данных или их отсутствии, особенно для галогенидов 3d-элементы (III), с позволением, второй «подгруппы» (Mn- Zn), имеющие электронную конфигурацию $[Ar]3d^{(6+x)}4s^2$.

Определение и/или уточнение термодинамических свойств галогенидов 3d- элементов (III) произведено полуэмпирическим методом, разработанным авторами работ [10,11] по корреляционному уравнению (1). В качестве «опорных» величин использованы термодинамические характеристики галогенидов (III) Sc, Mn и Zn, атомы, которых имеют следующие электронные конфигурации $[Ar]4s^2d^1$, $[Ar]4s^2d^5$ и $[Ar]4s^2d^{10}$, соответственно. Существование соединений Zn^{+3} не установлено, поэтому их можно считать гипотетическими, образование комплексных соединений $Cu+3$ отмечено в ([6], с.327).

Отсутствующие в литературе сведений о термодинамических свойствах «опорных» соединений оценены нами методом сравнительного расчёта [19]. Допущено, что изменение в свойствах соединений в зависимости от числа 3d – электронов имеет линейный характер. Допущение основано на частичном (для Mn) или полном заполнении (для Zn) 3d-орбиталей электронами, по аналогии для соединений 4f- элементов La, Gd и Lu [12,13,15,16].

Таблица 2. - Термодинамические свойства галогенидов 3d-элементов (III):
 (а) – литература [1-4,17,18],(б)– расчёт; $\Delta_f H^0_{298}$, кДж/моль; S^0 и C_p^0 , Дж/моль К,
 *- оценочные, Zn**гипотетически

M		Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn**	
№		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
MF ₃	- Δ _f H	a	1648.9 1631.5	1434.3 1376	-	1155.7 1159.0	1071.1 1070.0	999.9 1042.0	783.2 779.0 861±10	-	-	-
		б	1631.5	1376	1263.9	1152.0	1071.0	999.9	906.5	790.7	494.1	492*
	S ⁰	a	75.3 92.1	87.8 83.0	96.9	94.1 93.9	97.1 97.0	98.0	93.0	-	-	-
		б	92.1	90.2	91.2	95.1	97.1	98	98.9	99.9	102.1	102*
	C _p	a	82.2	92.0	90.4	78.7	-	-	-	-	-	-
		б	82.2	80.8	80.1	78.3	80.8*	78.8	78.9	79.1	78.9	79.4*
MCl ₃	- Δ _f H	a	918.8 925.1	722.8 720.9	581.6	571.1 556.5	-	399.5	-	-	-	-
		б	925,1	670.7	633.7	620.0	740*	523.0	396.0	359	350.0	555*
	S ⁰	a	104.6 126±10	87.9 139.7	131.0	124.7 123.0	-	142.3	-	-	-	-
		б	126.0	139.7	142.8	120.1	120*	142.3	154.9	157.9	135.1	135*
	C _p	a	92.0 91.7	97.2	93.2	91.8	-	94.9 96.7	-	-	-	-
		б	92	93.1	93.7	95.1	93.1*	94.6	94.5	94.3	94.4	94*
MBr ₃	- Δ _f H	a	743.1	548,5	446.0	400.0	-	268.2	-	-	-	-
		б	743.1	529,8	464.7	394.4	418*	268.2	262.3	244.4	305.1	329*
	S ⁰	a	155.0	176,6	142.0	160.0	-	-	-	-	-	-
		б	155	165,9	166.5	158.1	158*	158.4	158.8	159.2	160.1	160*
	C _p	a	-	101,7	-	-	-	-	-	-	-	-
		б	98.5*	93.5	91.0	83.6	93.5*	88.3	90.5	92.8	95.0	97.4
MI ₃	- Δ _f H	a	-	357.3 357.0	272.3	205.4 205.0	-	-	-	-	-	-
		б	550*	342.7	283.3	248.6	253*	-	-	-	-	-
	S ⁰	a	-	192.5	-	-	-	-	-	-	-	-
		б	200*	192.4	191.4	190.0	195*	-	-	-	-	-
	C _p	a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		б	105*	94.0	88.5	82.5	94.0*	-	-	-	-	-

Полученные сведения позволили рассчитать величины коэффициентов корреляционного уравнения (1), которые приведенные в таблице 3. Значения коэффициентов (таблица 3) показывают о долевом участии компонента уравнения (1) на определяемую термодинамическую характеристику галогенидов 3d- элементов (III).

Таблица 3 – Значения коэффициентов уравнения (1)

MHal ₃	Функция	α	β	γ'	γ''	MHal ₃	Функция	А	β	γ'
MF ₃	-Δ _f H ⁰ ₂₉₈	-113,9	3,64	-10,4	22,3	MBr ₃	-Δ _f H ⁰ ₂₉₈	-41.4	-47.2	-27.7
	S ⁰ ₂₉₈	0,99	0,02	-1,3	-0,04		S ⁰ ₂₉₈	0.5	0.2	3.25
	C _p ⁰	-0,28	-0,84	-17,7	0		C _p ⁰	-0.11	-4.7	-30.7
MCl ₃	-Δ _f H ⁰ ₂₉₈	-37.01	-0.02	-60.1	-90	MI ₃	-Δ _f H ⁰ ₂₉₈	-55	8.8	-29.5
	S ⁰ ₂₉₈	3.04	0.08	4.05	9.65		S ⁰ ₂₉₈	-20	38	-0.68
	C _p ⁰	0.21	0.68	-20.8	0.14		C _p ⁰	-10.5	10	-19.3

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Совпадение, в целом, расчётных и справочных данных свидетельствуют о достоверности полученных результатов и правомочности примененного полуэмпирического метода [10,11] по определению термодинамических характеристик других малоизученных или гипотетических галогенидов 3d- элементов (III). Значительное расхождение справочных и расчётных значений Δ(-Δ_fH⁰₂₉₈) наблюдается для CoF₃, равное 47; ±50 для хлоридов Ti, V, Cr; 123 для FeCl₃ и 43 для CrI₃; по

$\Delta(S^\circ)=24,5$ для VBr_3 . Величина энтальпии образования фторида кобальта (III) $\Delta_f H_{0,CoF_3(cr)}^\circ = -861 \pm 10$ кДж/моль приведена при отличающихся условиях [1].

Полученные наиболее полные и взаимосогласованные сведения о термодинамических свойствах галогенидов 3d – элементов (III) (таблица 2) позволили установить характерные особенности закономерности изменения свойств в ряду сходных галогенидов в зависимости от природы катионов, которые изображены на рисунках 1-2.

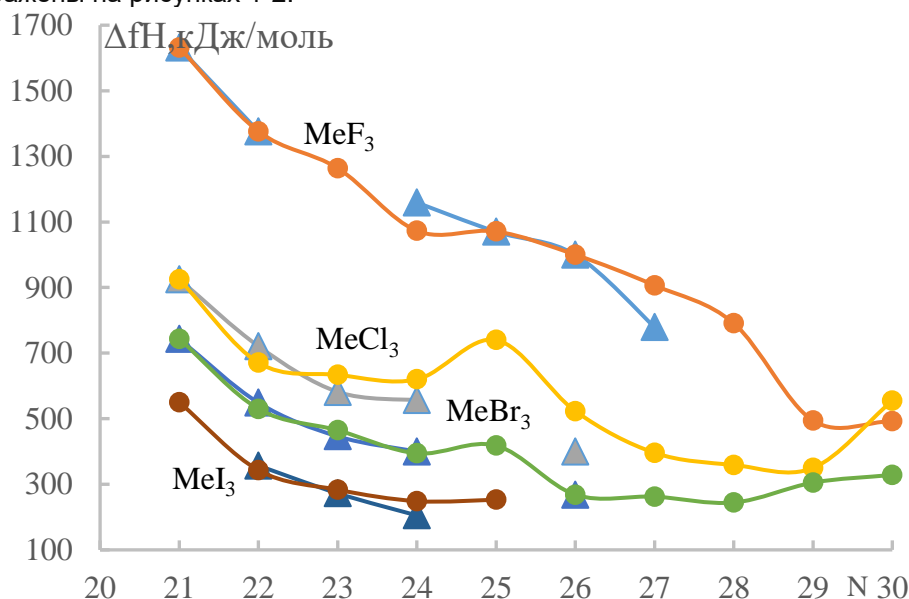


Рисунок 1 – Графики зависимости энтальпии образования MF_3 (а), MCl_3 (б), MBr_3 (в) и MI_3 (г) от природы (N) элементов: (• - расчёт; Δ - литература).

Из рисунка 1 видно, что с ростом порядкового номера 3d-элементов наблюдается разделение кривых по «подгруппам» у марганца (известное как «тетрад-эффект» для 4f-элементов), уменьшение энтальпии образования галогенидов и их сходимость у соединений меди, независимо от природы анионов.

Для хлоридов (III) Cr и Cu отклонение от общей закономерности, связано со сходством их электронного строения – сближением энергии орбиталей по мере заполнения электронами и возможностью перехода электронов с 4s - на 3d-орбитали.

Графики закономерности изменения энтропии галогенидов 3d-элементов (III) в зависимости от порядкового номера элементов приведены на рисунке 2.

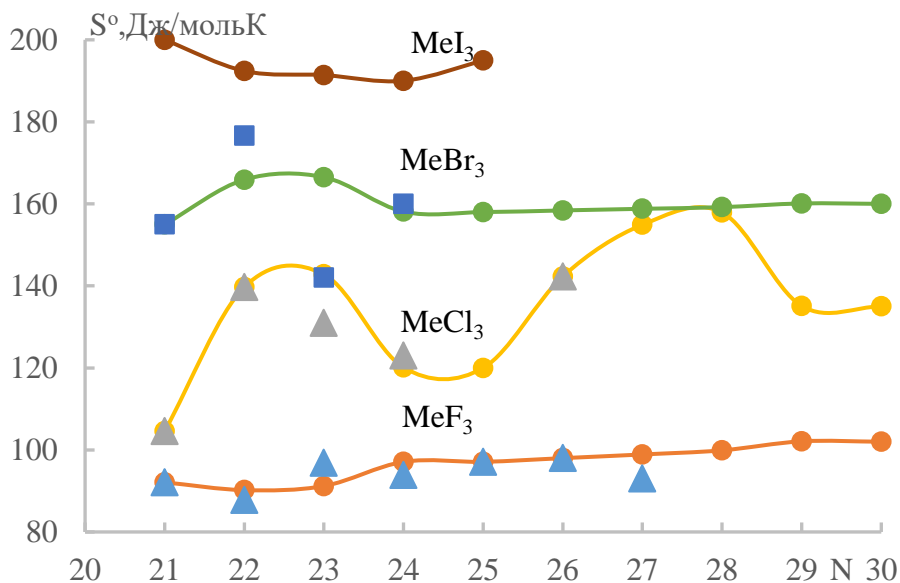


Рисунок 2. Графики зависимости энтропии MF_3 (а), MCl_3 (б), MBr_3 (в) и MI_3 (г) от природы (N) 3d-элементов (• - расчёт, Δ - литература).

Из рисунка 2 наблюдается незначительное отклонение от линейного характера закономерности изменения энтропии для всех галогенидов первой «подгруппы» 3d-элементов (III). Явное проявление «тетрад-эффект»-а в данной закономерности наблюдается только для хлоридов 3d-элементов (III).

ВЫВОДЫ

1. Показана возможность и правомочность применения полуэмпирического метода [10,11] для расчёта различных свойств соединений 3d –металлов. Полученные сведения о термодинамических свойствах галогенидов 3d – элементов (III).

2. Получены наиболее полные сведения о термодинамических свойствах галогенидов 3d – элементов (III), которые пополнят банк термодинамических величин новыми данными.

3. Установленные закономерности изменения термодинамических свойств галогенидов 3d – элементов (III) в зависимости от их природы имеют сложный характер с проявлением «тетрад-эффект»-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин М.И., Чилингаров Н.С., Алиханян А.С. //Журн. неорган. химии. 2019. Т.64. №3. С.302-307.
2. Nikitin M.I., Chilingarov N.S., Alikhanyan A.S. //Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2019. V.64. №3. P. 377-382.
3. Аристова Н.М., Белов Г.В. //Журн. физ. химии. 2015. Т.89, №7. С.1053-1057.
4. Aristova N.M., Belov G.V. //Russian Journal of Physical Chemistry. 2015. V. 89. №7. P. 1127-1130.
5. Аристова Н.М., Белов Г.В. //Журн. физ. химии. 2015. Т.89. №6. С.921-926.
6. Aristova N.M., Belov G.V. //Russian Journal of Physical Chemistry. 2015. V.89. №6. P. 947-951.
7. Никитин М.И., Малкерова И.П., Каюмова Д.Б. Алиханян А.С. // Журн. неорган. химии. 2021. Т.66. № 7. С.900-906.
8. Nikitin M.I., Malkerova I.P., Kayumova D.B., Alikhanyan A.S. Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2021.V.66. №6. P. 1011-1016.
9. Соколовская Е.М., Вовченко Г.Д., Третьяков Ю.Д. Общая химия. М.: Изд. МГУ, 1975. 702 с.
10. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. М.: Мир, 1969. ч.3, 592 с.
11. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. М.: Высш. шк.; 2004. 527 с.
12. Ионова Г.В., Вохмин В.Г., Спицын В.И. Закономерности изменения свойств лантанидов и актинидов. М.: Наука, 1990. 240 с.
13. Костромина Н.А. Комплексоны редкоземельных элементов. М.: Наука, 1989. 219 с.
14. Полуэктов Н.С., Мешкова С.Б., Коровин Ю.В., Оксиденко И.И. // Докл. АН СССР. 1982. Т. 266. №5. С.1157 – 1159.
15. Мешкова, З.Б., Полуэктов Н.С., Топилова З.М., Данилкович М.М. //Коорд. химия. 1986. Т. 12. Вып. 4. С. 481 – 484.
16. Гафуров Б.А., Мирсаидов И.У., Насруллоев Х., Мирсаидов У. // Журн. физ. химии. 2014. Т.88. №7-8. С.1103-1107.
17. Mirsaidov U.M., Gafurov B.A., Mirsaidov I.U., Badalov A. // Universal Journal of Chemistry. № 4. P. 20 - 24. doi: 10.13189/ujc.2016.040103.
18. 14. Насриддинов С.К., Бадалов А.Б., Исломов М.С. // Вестник СПбГУ. Физика. Химия. 2016. Т. 3(61). Вып.4. С.435 – 442.
19. 15. Насриддинов С.К., Бадалов А. // Вестник СПбГУ. Физика. Химия. 2018. Т.5(63). Вып.1. С.59-67. [https:// doi.org/](https://doi.org/)
20. 16. Насриддинов С.К. Получение, термическое разложение и термодинамические характеристики дифторидных соединений 3d-элементов (Mn, Co и Ni): Дис. ... канд. хим. наук. Душанбе.: Таджикский национальный университет, 2018, 126 с.
21. Термические константы веществ. Справочник в десяти выпусках (под ред. акад. В.П. Глушко). / М.: АН СССР. ВИНТИ. НВТ.(1975-1982).
22. Волков А.Н., Жарский И.М. Большой химический справочник. / Минск: Современная школа, 2005. 608 с.
23. Киреев В.А. Методы практических расчётов в термодинамике химических реакций. /М.: Химия, 1975. 536 с.

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

TJ	RU	EN
Насриддинов Субхиддин Қамарович	Насриддинов Субхиддин Камарович	Nasriddinov Subhiddin Kamarovich
номзади илмҳои химия,	кандидат химических наук,	Candidate of Chemical Sciences,
ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ	ТТУ имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S.Osimi
E-mail: subhiddin@mail.ru .		

НАҚЛИЁТ - ТРАНСПОРТ - TRANSPORT

УДК: 519.1: 519.2: 519.6: 519.8 (0,75):656.073.72

ПРОСТОЕ ДВУХТОЧЕЧНОЕ ЭНТРОПИЙНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВАДС

Умирзоков А.М.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Статья посвящена вопросу повышения эффективности функционирования системы ВАДС применением простого двухточечного энтропийного моделирования, построенного на базе классической статистики Больцмана-Гиббса-Шеннона. Чтобы охватить большое число неуправляемых элементов при моделировании коммуникационной системы (например, системы ВАДС), необходимо деформировать энтропию Больцмана-Гиббса-Шеннона таким образом, чтобы она давала характерный для неё степенной закон Парето распределения вероятности состояний.

В данной работе предлагается энтропийный подход для оценки функционирования системы ВАДС в горных условиях, теоретическую базу которого составляет формализм неаддитивной статистики Цаллиса, которая как раз и предназначена для описания коллективного (комплексного) влияния элементов сложной коммуникационной системы ВАДС на формирование ее эффективности.

Ключевые слова: Система ВАДС, эффективность, энтропия, статистика Цаллиса, двухточечное моделирование, множитель Лагранжа, аддитивность, экстенсивность

МОДЕЛСОЗИИ ЭНТРОПИИ СОДДАИ ДУНУҚТАГИИ АМАЛИ СИСТЕМАИ РАМ

Умирзоқов А.М.

Мақола ба масъалаи баланд бардоштани самаранокии амали системаи РАМ бо истифодабарии моделсозии соддаи дунуқтагии энтропӣ, ки дар базаи омори классикии Болсман-Гиббс-Шеннон тартиб дода шудааст, равона гаштааст. Муқаррар карда шудааст, ки барои фаро гирифтани шумораи зиёди элементҳои идоранашаванда ҳангоми моделсозии системаи коммуникасионӣ (масалан система РАМ) бояд энтропияи Болсман-Гиббс-Шеннон ба тавре деформатсия карда шавад, ки он бо қонуни нишондиҳандагии тавсифии Парето нисбат ба тақсимшавии эҳтимолии ҳолатҳо ифода шавад.

Дар қори мазкуртарзи баҳодиҳии энтропиягии амали системаи РАМ дар шароити қуҳсор пешниҳод гардидааст, ки базаи назариявии онро формализми омори ғайриаддитивӣ ташкил медиҳад ва он маҳз барои ифода намуда таъсири комплексии элементҳои системаи мураккаби коммуникасионӣ барои ташаккул додани самаранокии он равона шудааст.

Калимаҳои калидӣ: Системаи РАМ, самаранокиӣ, энтропия, омори Тсаллис, моделсозии дунуқтагӣ, зарбишавандаи Лагранж, аддитивӣ, экстенсивӣ

SIMPLE TWO-POINT ENTROPY MODELING OF DCRE SYSTEM FUNCTIONING

Umirzokov A.M.

The article is devoted to the issue of increasing the efficiency of the functioning of the DCRE system using a simple two-point entropy modeling based on the classical statistics of Boltzmann-Gibbs-Shannon. In order to cover a large number of uncontrolled elements when modeling a communication system (for example, a DCRE system), it is necessary to deform the Boltzmann-Gibbs-Shannon entropy in such a way that it gives its characteristic Pareto power law of the probability distribution of states.

This paper proposes an entropy approach for evaluating the functioning of the DCRE system in mountainous conditions, the theoretical basis of which is the formalism of non-additive Tsallis statistics, which is designed to describe the collective (complex) influence of the elements of a complex DCRE communication system on the formation of its effectiveness.

Keywords: DCRE system, efficiency, entropy, Tsallis statistics, two-point simulation, Lagrange multiplier, additivity, extensiveness

ВВЕДЕНИЕ

Для исследования эффективности функционирования системы ВАДС можно пользоваться энтропийным моделированием, построенного на базе классической статистики Больцмана-Гиббса-Шеннона. При этом функционирование системы ВАДС при строительстве горных ГТС следует рассматривать как коммуникационную систему, состоящую из достаточно большого числа однотипных элементов: водителей, автомобилей и маршрутов движения (дорожных участков). Для дальнейших расчетов необходимо разбить территорию строительства ГТС (в данном случае ДАО «Основное строительство» ОАО «Рогунская ГЭС») на определенные коммуникационные единицы или зоны с горными карьерами. Каждую такую условную зону обслуживает определенное число автомобилей и водителей, которую принято называть истоками. Истоки принято обозначать индексом i , который указывает на номер зоны с расположением на ней карьеров. Индексом j обозначен номер зоны с фиксированным числом карьеров, называемой стоком и характеризующейся объемом грузоперевозок, в соответствии с которыми для обслуживания каждого карьера выделяется определенное число автомобилей. Номера зоны могут принимать: $i=1, \dots, n$ и $j=1, \dots, m$.

Все истоки и стоки связаны между собой коммуникациями, причём такая связь для каждой пары (i, j) единственная, и для неё известны некоторые характеристики ε_{ij} (так называемые обобщённые затраты, в качестве которых могут выступать стоимости перевозок, время передвижения, географическое расстояние и т.д.) [4]. В случае равновероятности реализации выбора элементом системы той или иной пары (i, j) . Хотя, для стохастической системы в реальных условиях, реализация

выбора элементом системы той или иной пары (i, j) далека от равновероятности. Для упрощенных систем с равновероятностной реализацией выбора элементом системы той или иной пары транспортная задача, связанная с оценкой эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях, сводится к установлению наиболее вероятного распределения поездок (потока) между пунктами i и j.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Матрица потоков транспорта $X = \{x_{ij}\}$ из истоков истоков i в стоки j (из карьеров в отвал), при $x_{ij} > 0$ должны удовлетворять ограничениям:

$$\frac{1}{N} \sum_{j=1}^m x_{ij} = q_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{ij} = r_i, \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

Здесь $Q_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} = Nq_i$ – заданный «объем» источника, измеренный в элементах системы (например, полное число ездов автомобилей между зонами i и j); $\sum_{i,j} x_{ij}$ – объем перевозимого груза из зоны i в j; $R_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} = Nr_i$ – объем стока.

Дополнительное ограничение к ограничениям (21) и (22)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \varepsilon_{ij} = N\langle\varepsilon\rangle, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

где $\langle\varepsilon\rangle$ – средние обобщенные затраты на перевозку горной массы; $N\langle\varepsilon\rangle$ – полные транспортные затраты.

Транспортная модель, связанная с функционированием системы ВАДС в горных условиях при строительстве ГТС, сводится к задаче о нахождении

$$\max_{x_{ij}} \ln W(\{x_{ij}\}), \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} = N, \quad x_{ij} > 0, \quad (4)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = Ns_i, \quad (1) \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} = Nr_i, \quad (2) \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \varepsilon_{ij} = N\langle\varepsilon\rangle. \quad (3) \quad (5)$$

Равновесная матрица потоков, решающая эту задачу, имеет вид [3]

$$(x_{ij})^{eq} = \alpha_i \beta_j s_i r_j \exp(-\beta \varepsilon_{ij}), \quad (6)$$

где α_i и β_j – коэффициенты:

$$\alpha_i \equiv \frac{\exp(-1 - \lambda_i^{(1)})}{s_i} = N \left[\sum_{j=1}^m \beta_j r_j \exp(-\beta \varepsilon_{ij}) \right]^{-1}, \quad (7)$$

$$\beta_j \equiv \frac{\exp(-\lambda_j^{(2)})}{r_j} = N \left[\sum_{i=1}^n \alpha_i s_i \exp(-\beta \varepsilon_{ij}) \right]^{-1}. \quad (8)$$

Здесь $\lambda_i^{(1)}$ и $\lambda_j^{(2)}$ – наборы множителей Лагранжа, связанные с балансовыми ограничениями (5) для источников и для стоков; β – множитель Лагранжа, соответствующий ограничению по затратам (5⁽³⁾).

Логарифм количества состояний (26) системы ВАДС получен на основе формулы Стирлинга $\ln x_{ij}! = x_{ij} \ln x_{ij} - x_{ij} + x_{ij} (\ln x_{ij} - 1)$ т. е.

$$\begin{aligned} \ln W(\{x_{ij}\}) &= \ln N! + N - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \ln x_{ij} = (\ln N! + N - N \ln N) - \\ &- N \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} = \ln N! + N - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \ln x_{ij} = \\ &= (\ln N! + N - N \ln N) + SN, \end{aligned} \quad (9)$$

где $p_{ij} = \frac{x_{ij}}{N}$ – величины, которые могут интерпретироваться в качестве распределения вероятностей.

В качестве подходящей меры энтропии вероятностного распределения для поиска равновесного состояния системы ВАДС вполне может быть использована величина

$$S = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}. \quad (10)$$

Поскольку S и $\ln W$ линейно зависимы, то максимизация энтропии S при ограничениях (5) (записанных в виде условий для p_{ij}) приводит к нахождению наиболее вероятной матрицы потоков $\{x_{ij}\}^{eq}$.

Следует отметить, что использование энтропии S для поиска $(p_{ij})^{eq}$ является более предпочтительным, поскольку при этом не используется приближенная формула Стирлинга, и оценка p_{ij} по максимуму энтропии S даёт, по меньшей мере, возможность последовательно анализировать сложные транспортные системы [3]. Другими преимуществами энтропийного двухточечного моделирования транспортных процессов являются ее простота, а также то, что в ходе максимизации энтропии можно достичь более адекватных результатов, нежели обычный статистический анализ при построении динамических моделей оценки эффективности функционирования системы ВАДС.

Энтропийная транспортная модель, основанная на максимизации деформированной энтропии Цаллиса. Исходя из того, что все истоки i ($i=1, \dots, n$) и стоки j ($j=1, \dots, m$) связаны между собой коммуникациями и предполагая, что эта связь для каждой пары (i, j) единственная с известной характеристикой коммуникации ε_{ij} .

Основополагающая гипотеза, при построении энтропийных коммуникационных моделей вообще, а в частности для разработки подобной модели для оценки функционирования системы ВАДС заключается в том, что устойчивое равновесное состояние $(p_{ij})^{eq}$ соответствует максимизации энтропии системы.

Для того чтобы охватить при моделировании коммуникационной системы (например, системы ВАДС) большое число неуправляемых элементов, необходимо деформировать энтропию Больцмана-Гиббса-Шеннона таким образом, чтобы она давала характерный для неё степенной закон Парето распределения вероятности состояний [6]. Далее мы будем исходить из следующего представления энтропии Цаллиса в двухиндексном случае:

$$S_q \equiv k \frac{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} (1 - p_{ij}^{q-1}))}{(q-1)} = -k \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij}^q \ln_q p_{ij} = -k \langle \ln_q p_{ij} \rangle_q, \quad (11)$$

Для системы ВАДС поиск ее устойчивого или равновесного остояния функционирования сводится к решению задачи, связанной с определением распределения вероятностей p_{ij} , которое бы обеспечивало

$$\max_{p_{ij}} (-k \langle \ln_q p_{ij} \rangle_q), \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} = 1, \quad p_{ij} \geq 1, \quad i \in S, \quad j \in R \quad (12)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n p_{ij} = r_i, \quad \sum_{j=1}^m p_{ij} = s_i, \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij}^q \varepsilon_{ij} = E_q, \quad (13)$$

где ε_{ij} – величина, характеризующая меру сопротивления передвижению автомобиля между истоком i и стоком j . При оценке или исследовании эффективности функционирования системы ВАДС в качестве величины ε_{ij} могут быть рассмотрены такие показатели как: расстояние за езду, геометрия дороги в плане и профиле, неровность дороги, абразивность дорожного полотна, толстый слой абразивной грязи на поверхности дороги после обильных осадков, высота н.у.м., агрессивная езда, связанная с недостаточностью мастерства управления автомобилем, ограниченная обзорность и видимость в горных условиях, несоответствие технического состояния автомобиля его агрегатов и систем требованиям ТУ, время передвижения, затраты на передвижение, или, что часто бывает более эффективным, взвешенная комбинация подобных факторов.

Совместность функционирования системы ВАДС возможна при условии

$$\sum_{i=1}^n s_i = \sum_{j=1}^m r_j = 1, \quad (34)$$

где $\sum_{i=1}^n s_i$ и $\sum_{j=1}^m r_j$ – суммарное число автомобилей, выезжающих из зоны i и въезжающих в зону j , соответственно.

После максимизации функционала можно получить максимизирующую q -энтропию $S_q = -k \langle \ln_q p_{ij} \rangle_q$ матрицу $\{p_{ij}\}$

$$L_q(p, \lambda, \beta) \equiv -k \langle \ln_q p_{ij} \rangle_q + \sum_{i=1}^n \lambda_i^{(1)} (s_i - \sum_{j=1}^m p_{ij}) + \sum_{j=1}^m \lambda_j^{(2)} (r_j - \sum_{i=1}^n p_{ij}) + \beta (E_q - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \varepsilon_{ij} p_{ij}^q), \quad (35)$$

где $\lambda_i^{(1)}$, $\lambda_j^{(2)}$ и β - множители Лагранжа.

Как следует из последнего максимум выражения $L_q(p, \lambda, \beta)$ в основном зависит от p_{ij} . Следовательно, дифференцируя $L_q(p, \lambda, \beta)$ по p_{ij} , получим

$$\frac{\partial}{\partial p_{ij}} L_q(p, \lambda, \beta) = -\frac{qk}{q-1} p_{ij}^{q-1} + \frac{k}{q-1} - \lambda_i^{(1)} - \lambda_j^{(2)} - \beta q \varepsilon_{ij} p_{ij}^{q-1} = 0 \quad (36)$$

$i=1, 2 \dots n$ и $j=1, 2 \dots m$.

Откуда

$$\left(\frac{1}{q}\right)^{\frac{1}{1-q}} \left(1 + (1-q) \frac{1}{k} (\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})\right)^{\frac{1}{1-q}} (p_{ij})^{eq} = \left(1 + (1-q)(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij})\right)^{\frac{1}{1-q}},$$

С учетом деформированного логарифма $\log_q x \equiv \frac{x^{1-q} - 1}{1-q}$ ($x \in \mathbb{R}^+$; $q \in \mathbb{R}$),

обратная функция к которому представляет собой экспоненту Цаллиса

$$\exp_q x \equiv [1 + (1-q)x]_+^{\frac{1}{1-q}} \quad (x \in \mathbb{R}; q \in \mathbb{R})$$

Получим

$$\left(\frac{1}{q}\right)^{\frac{1}{1-q}} \exp_q \left[\frac{1}{k} (\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})\right] (p_{ij})^{eq} = \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}). \quad (37)$$

$$(p_{ij})^{eq} = Z_{ij}^{-1} \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}), \quad (38)$$

где

$$Z_{ij} = \left(\frac{1}{q}\right)^{\frac{1}{1-q}} \left(1 + (1-q) \frac{1}{k} (\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})\right)^{\frac{1}{1-q}} = \left(\frac{1}{q}\right)^{\frac{1}{1-q}} \exp_q \left[\frac{1}{k} (\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})\right]. \quad (39)$$

При $q > 0$, условие $p_{ij} \geq 0$, т.е. неотрицательности распределения вероятностей выполняется автоматически. Далее с учетом понятия q -деформированного произведения двух положительных величин и свойства $1/\exp_q x = \exp_{2-q}(-x)$ деформированной экспоненты

$$\exp_{2-q}[-(\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})/k] = \exp_{2-q}(-\lambda_i^{(1)}/k) \otimes_{2-q} \exp_{2-q}(-\lambda_j^{(2)}/k).$$

Уравнение (38) для равновесного распределения вероятности можно переписывать в виде

$$\begin{aligned} (p_{ij})^{eq} &= q^{\frac{1}{1-q}} \exp_{2-q}[-(\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})/k] \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}) = \\ &= q^{\frac{1}{1-q}} [\exp_{2-q}(-\lambda_i^{(1)}/k) \otimes_{2-q} \exp_{2-q}(-\lambda_j^{(2)}/k)] \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}). \end{aligned} \quad (40)$$

Коэффициенты $\lambda_i^{(1)}$ и $\lambda_j^{(2)}$ определяются путем подстановки уравнения (40) в (33)

$$r_j = q^{\frac{1}{1-q}} \sum_{i=1}^n [\exp_{2-q}(-\lambda_i^{(1)}/k) \otimes_{2-q} \exp_{2-q}(-\lambda_j^{(2)}/k)] \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}), \quad (41)$$

$$s_i = q^{\frac{1}{1-q}} \sum_{j=1}^m [\exp_{2-q}(-\lambda_i^{(1)}/k) \otimes_{2-q} \exp_{2-q}(-\lambda_j^{(2)}/k)] \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}). \quad (42)$$

Введем калибровочные коэффициенты

$$\alpha_i(q) = \frac{\exp_{2-q}(-\lambda_i^{(1)}/k)}{s_i} = \frac{1}{s_i} [1 - k^{-1}(q-1)\lambda_i^{(1)}]_+^{\frac{1}{q-1}}, \quad (43)$$

$$\beta_j(q) = \frac{\exp_{2-q}(-\lambda_j^{(2)}/k)}{r_j} = \frac{1}{r_j} [1 - k^{-1}(q-1)\lambda_j^{(2)}]_+^{\frac{1}{q-1}}. \quad (44)$$

С учетом введенных калибровочных коэффициентов равновесное распределение вероятности выражается уравнением

$$(p_{ij})^{eq} = q^{\frac{1}{1-q}} r_j s_i [\alpha_i \otimes_{2-q} \beta_j] \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}), \quad (45)$$

где $\alpha_i \otimes_q \beta_j = [\alpha_i^{1-q} + \beta_j^{1-q} - 1]_+^{\frac{1}{1-q}}$,

$$\exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}) = (1 - k^{-1}(1-q)\beta\epsilon_{ij})_+^{\frac{1}{1-q}}. \quad (46)$$

Для определения калибровочных коэффициентов α_i и β_j в соответствии с выражениями (41) и (42) имеем следующие уравнения

$$q^{\frac{1}{q-1}} = \sum_{i=1}^n [\beta_j(q) \otimes_{2-q} \alpha_i(q)] s_i \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}); \quad (47)$$

$$q^{\frac{1}{q-1}} = \sum_{j=1}^m [\alpha_i(q) \otimes_{2-q} \beta_j(q)] r_j \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}). \quad (48)$$

В последних уравнениях $i=1, \dots, n$ и $j=1, \dots, m$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения численных значений калибровочных коэффициентов α_i и β_j при использовании деформированной энтропии Цаллиса для моделирования эффективности функционирования системы ВАДС, точно также как и в традиционном случае, определяются на основе

специальных процедур согласно методике, изложенной в [5 и 14]. При этом множитель Лагранжа β может быть определен обычными методами калибровки, так как значение величины \mathcal{E} неизвестно априори.

Далее, подставляя распределение (38) в (31), находим экстремальное (равновесное) значение q -энтропии, т.е.

$$S_q = \frac{k}{q-1} \left\{ 1 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{p_{ij} Z_{ij}^{1-q}}{1-k^{-1} (1-q) \beta \varepsilon_{ij}} \right\} =$$

$$= \beta \left\{ \frac{k}{\beta(q-1)} (1 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} Z_{ij}^{1-q}) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m \frac{p_{ij} Z_{ij}^{1-q} \varepsilon_{ij}}{1-k^{-1} (1-q) \beta \varepsilon_{ij}} \right\} =$$

$$= \beta \left\{ \frac{k}{\beta(q-1)} (1 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} Z_{ij}^{1-q}) + \mathcal{E}_q \right\} = \beta (\mathcal{E}_q - \mathcal{F}_q). \quad (49)$$

$$\text{Здесь } \mathcal{F}_q = \frac{k}{\beta(q-1)} (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} Z_{ij}^{1-q} - 1). \quad (50)$$

Последнее соотношение (50) есть выражение деформированной свободной энергии Гельмгольца для неаддитивной системы ВАДС. Из выражения (49) с учетом соотношения (50) вытекают известные дифференциальные соотношения равновесной энтропии

$$\mathcal{F}_q = \mathcal{E}_q - \frac{S_q}{\beta}; \quad \beta = \frac{\partial S_q}{\partial \mathcal{E}_q}; \quad \mathcal{E}_q = \frac{\partial(\beta \mathcal{F}_q)}{\partial \beta}. \quad (51)$$

С учетом выражений (38 и 39) соотношение (50) примет следующий эквивалентный вид

$$\mathcal{F}_q(\lambda^{(1)}, \lambda^{(2)}, \beta) = \frac{k}{\beta(q-1)} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Z_{ij}^{-q} \exp_q(-\beta \varepsilon_{ij}/k) - 1 \right) =$$

$$= \frac{1}{\beta q} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} (\lambda^{(1)} + \lambda^{(2)} - k) = \frac{1}{\beta q} (\sum_{i=1}^n \lambda_i^{(1)} s_i + \lambda_j^{(2)} r_j - k). \quad (52)$$

На основе последнего выражения получим

$$\frac{\partial(\beta \mathcal{F}_q)}{\partial \lambda_i^{(1)}} = \frac{1}{q} s_i, \quad \frac{\partial(\beta \mathcal{F}_q)}{\partial \lambda_j^{(2)}} = \frac{1}{q} r_j. \quad (53)$$

Анализируя последние уравнения следует отметить, что их левые части заданы, а свободная энергия $F_q(\lambda^{(1)}, \lambda^{(2)}, \beta)$ определяемая из выражения (52), особым образом зависит от $\lambda_i^{(1)}$ и $\lambda_j^{(2)}$. Следовательно, соотношения (53) можно рассматривать как точную форму системы уравнений для определения коэффициентов Лагранжа λ .

Вторая вариация функционала (35) определяется из выражения

$$\delta^2 \mathcal{L} = -kq \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [1 - (1-q) \beta \varepsilon_{ij}] p_{ij}^{q-2} \delta^2 p_{ij} \right\}. \quad (54)$$

Из второй вариации функционала (54) следует, что экстремум соответствует максимуму и минимуму рассматриваемого функционала соответственно при $q > 0$ ($\delta^2 \mathcal{L} < 0$) и $q < 0$ ($\delta^2 \mathcal{L} > 0$). Таким образом, распределение (38) максимизирует или минимизирует энтропию Цаллиса (31).

ВЫВОДЫ

В настоящее время при исследовании самых различных по своей природе, сложности, многокритериальности и т.п. систем применяется энтропийный подход, который базируется на статистике Гиббса-Больцмана. Примером таких систем может быть система транспортных коммуникаций, электроснабжения, стандартизации и др. [3-5,16]. Энтропийный подход для подобных исследований базируется на статистике Гиббса-Больцмана, основу которого составляет гипотеза о том, что состояние устойчивого равновесного состояния в системе достигается при максимуме характеризующей её классической энтропии Больцмана-Гиббса-Шеннона при выполнении некоторых дополнительных условий, учитывающих конечность ресурса, содержащегося в системе. Впервые концепция энтропии для исследования транспортных процессов при определении наиболее вероятного распределения поездок между зонами (i, j) (при однородной цели поездок, при заданных объёмах выездов, въездов и фиксированных полных затратах) была сформулирована в работе [2]. В настоящее время существует огромное количество различных по сложности моделей, основанных на этом подходе.

В данной работе впервые исследованы возможности энтропийного подхода для оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях эксплуатации. В свою очередь

функционирование системы ВАДС в горных условиях эксплуатации характеризуется как стохастический процесс, имеющий марковский характер, а гипотеза перемешивания, дополненная предположением о бесконечном числе степеней свободы, приводит к каноническому (экспоненциальному) распределению вероятности состояний Больцмана-Гиббса-Шеннона, из которого следует свойство аддитивности экстенсивных переменных, в частности энтропии.

Следует отметить, что функционирование системы ВАДС характеризуется более сложным (неэкстенсивным) поведением. Для этой системы характерна относительно слабая хаотизация фазового пространства, при которой экспоненциально быстрое перемешивание приобретает другой (во многих случаях степенной) характер, причём её поведение зачастую определяется практически недостижимыми состояниями. Другими словами, система ВАДС, как и любая транспортная система, относится к категории сложных (аномальных) систем [6], в которых наблюдается сильное взаимодействие между отдельными её элементами, немарковость динамического процесса, чем обусловлена, в конечном счёте, нарушение аддитивности энтропии. Именно в силу перечисленных причин моделирование эффективности функционирования системы ВАДС на основе классической энтропии Больцмана-Гиббса-Шеннона не является вполне адекватным.

Принимая во внимание вышеизложенные аргументы, в данной работе предлагается энтропийный подход для оценки функционирования системы ВАДС в горных условиях, теоретическую базу которого составляет формализм неаддитивной статистики Цаллиса [17,18], которая как раз и предназначена для описания коллективного (комплексного) влияния элементов сложной коммуникационной системы ВАДС на формирование её эффективности.

Установлено, что при функционировании системы ВАДС в горных карьерных условиях, наиболее вероятное распределение поездов большегрузных автомобилей-самосвалов, моделируемое в рамках деформированной статистики Цаллиса, определяется обобщёнными соотношениями, почти такими же по структуре, как и в случае транспортной модели, описанной в [3,4] и основанной на классической статистике Больцмана-Гиббса-Шеннона. При условии $q \rightarrow 1$ эти соотношения полностью эквивалентны традиционным. Вместе с тем развитый подход позволяет сконструировать энтропийные модели более сложных транспортных систем (например, модели оценки эффективности системы ВАДС в горных карьерных условиях при строительстве ГТС), для которых характерна относительно слабая хаотизация фазового пространства и которым присуще не экспоненциальное, а степенное поведение, известное как закон Парето (закон, определяющий степенное распределение вероятности реализаций состояния системы). Для подобных аномальных систем имеет место сильное взаимодействие между отдельными их элементами, немарковость динамических процессов, эрмитарность (запаздывающая причинно-следственная связь), что приводит в конечном счёте к нарушению гипотезы полного перемешивания [6]. Хотя в работе построена только простая модель для одноцелевых поездов и для однородной группы автомобилей, предложенный в ней метод может быть использован для конструирования более адекватных энтропийных транспортных моделей распределения, в которых учитывается ряд дополнительных специфических факторов, таких как наличие корреспонденции между парой (i, j) , расщепление маршрутов, расщепление типов коммуникаций, поведенческие гипотезы и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wilson, A.J. Entropy maximizing models in the theory of trip distributions, mode split and route split/A.J. Wilson // J. Transp. Econ. Policy, 1969. V. 3. P. 108-126.
2. Wilson, A.J. A statistical theory of spatial distribution models/ A.J. Wilson // Transp. Res, 1967. V.1. P. 253-269.
3. Вильсон, А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем/. А. Дж. Вильсон.– М.: Наука. 1978. –247 с.
4. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: Учебное пособие / А.В. Гасников и др. Под ред. А.В. Гасникова. М.: МЦНМО. 2012.–376 с.
5. Fang, S.C. Entropy optimization and mathematical programming/ S.C. Fang, J.R. Rajasekera, H.-S.J. Tsao// Kluwer Academic Publisher. 1997.–
6. Олемской, А.И. Синергетика сложных систем: Феноменология и статистическая теория/ А.И. Олемской –М.: КРАСАНД, 2009. –384 с.
7. Reed W. J. On Pareto's law and the determinants of Pareto exponents/ W.J. Reed//J. Income Distribution. 2004, –V. 13. –P.7-17.
8. Tsallis, C. Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics/ C.J. Tsallis// Stat.Phys, 1988. – V. 52. – P. 479-487.
9. Curado, E.M.F., Tsallis C. Generalized statistical mechanics: connection with thermodynamics/ E.M.F. Curado, C. Tsallis // J. Phys, 1991. –A 24.– P. L69-72.
10. Nonextensive statistical mechanics and thermodynamics: Bibliography / URL: <http://tsallis.cat.cbpf.br/biblio.htm>.

11. Schwammle, V. Two-parameter generalization of the logarithm and exponential functions and Boltzmann-Gibbs-Shannon entropy / V.Schwammle, C.Tsallis // URL: <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0703792>.
12. Tsallis, C. The role of constraints within generalized Nonextensive statistics/ C. Tsallis, R.S. Mendes, A.R. Plastino // Physica A, 1998. –V. 261. –P. 534-554.
13. Хакен, Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам/Г. Хакен. – М.: Мир, 1991. – 240 с.
14. Шелейховский, Г.В. Композиция городского плана как проблема транспорта/ Г.В. Шелейховский. – М.: ГИПРОГОР, 1946. –129 с.
15. Брэгман, Л.Д. Доказательство сходимости метода Шелейховского для задачи с транспортными ограничениями/ Л.Д. Брэгман// ЖВ и МФ.–1967. –№ 1.– С.147-156.
16. Nesterov, Y. Static equilibrium in congested transportation networks /Nesterov, Y., A. de Palma // Networks and Spatial Economics, 2003. –V. 3. –P. 371–395.
17. Martinez S., Nicolas F., Pennini F., Plastino A. Tsallis' entropy maximization procedure revisited/S. Martinez, F. Nicolas, F. Pennini, A. Plastino // Physica A, 2000. –V. 286. –P. 489-502.
18. Dynamical foundations of nonextensive statistical mechanics. Preprint. 2001. URL: <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0105374>.

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., дотсенти кафедраи «Истифодабарии нақлиёти автомобилӣ»	к.т.н., доцент кафедри «Эксплуатация автомобильного транспорта»	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Operation of Road Transport"
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими	Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
e-mail: ahmad.umirzokov@mail.ru		
ORCID: 0000-0002-9966-2359		

УДК: 669.018.24

ОСОБЕННОСТИ ФРАКТОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЧУГУНОВ В УСЛОВИЯХ КОНТАКТНОГО ИЗНОСА И УДАРНОГО ИЗГИБА

Ясинов Ш.М.¹, Умирзоков А.М.²

¹ Таджикский аграрный университет им. Ш. Шотемура

² Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими

Статья посвящена фрактографическому исследованию особенности разрушения марганцевых антифрикционных чугунов в условиях контактного износа и ударного изгиба, характерного для деталей почвообрабатывающих машин. Анализированы причины и механизмы возникновения дефектов деталей машин с целью принятия соответствующих мер по предотвращению возможных отказов.

Представлены результаты исследования поверхности трения чугунов с различной структурой с помощью растрового микроскопа. Установлено, что наибольшее влияние на строение поверхностей трения оказывает введение свинца, обуславливающего резкое уменьшение степени пластической деформации поверхностного слоя сопряжений.

Ключевые слова: чугун, износ, трение, сельскохозяйственные машины, поверхность трения, свинец, фазовый состав, ударный изгиб, фрактографическое исследование.

ХУСУСИЯТҲОИ ХОСИ ТАДҚИҚОТИ ФРАКТОГРАФИИ НУКСОНҲОИ ЧУЯНҲОИ БА ХУРДАШАВӢ ТОБОВАР ДАР ШАРОИТИ ХУРДАШАВИИ КОНТАКТӢ ВА ТОБХУРИИ ЗАРБАГӢ

Ясинов Ш.М.¹, Умирзоков А.М.²

Мақолаи мазкур ба тадқиқоти фрактографии нуқсонҳои чуянон маргандори ба хурдашавӣ тобовар дар шароити хурдашавии контактӣ ва тобхурии зарбагӣ, ки барои чузҳои мошинҳои коркарди хок хос шастанд, бахшида шудааст. Сабабҳои механизми пайдоиши нуқсонҳои чузҳои мошинҳои коркарди хок ба мақсади қабули чораҳои зарурӣ ва пешгирӣ намудани рақуноҳои имконпазир таҳлил карда шудааст.

Натиҷаҳои тадқиқот оид ба хурдашавии сатҳҳои соиши чянҳо дорои сохторҳои гуногун бо ёрии заррабини растрӣ пешниҳод шудааст.

Муқаррар карда шудааст, ки иловаи қурғошин ба сохтори сатҳи соиш таъсири назаррас мерасонад ва боиси косташавии деформатсияи пластикии қабати бологии пайвастиги мегардад.

Калимаҳои калидӣ: чуян, хурдашавӣ, соиш, мошинҳои коркарди хок, сатҳи соиш, қурғошин, таркиби фазагӣ, тобхурии зарбагӣ, тадқиқоти фрактографӣ.

FEATURES OF FRACTOGRAPHIC STUDY OF DESTRUCTION OF WEAR-RESISTANT CAST IRONS UNDER CONTACT WEAR AND IMPACT BENDING

¹Yasinov Sh.M., ²Umirzokov A.M.

The article is devoted to the fractographic study of the features of the destruction of manganese antifriction cast irons under conditions of contact wear and impact bending, characteristic of the details of tillage machines. The causes and mechanisms of defects in machine parts are analyzed in order to take appropriate measures to prevent possible failures. The results of the investigation of the friction surface of cast iron with different structures using a scanning microscope are presented. It is established that the introduction of lead has the greatest influence on the structure of the friction surfaces, which causes a sharp decrease in the degree of plastic deformation of the surface layer of the interfaces.

Keywords: cast iron, wear, friction, agricultural machinery, friction surface, lead, phase composition, impact bending, fractographic study.

ВВЕДЕНИЕ

Потери работоспособности машин и оборудования, в основном, обусловлены износом трущихся деталей сопряжений, для замены и восстановления которых требуются огромные материальные и денежные затраты, при этом затраты на восстановление работоспособности в разы превышает стоимости их изготовления.

Наибольшая интенсивность изнашивания наблюдается в узлах трения почвообрабатывающих машин и оборудования, тракторов и автомобилей, а также в подшипниках скольжения катков литейного конвейера алюминиевого производства и т.д. Бистроизнашиваемые детали машин способствуют снижению их надежности, качества технологических процессов и производительности труда.

В условиях Республики Таджикистан, характеризующейся высокой запыленностью среды эксплуатации с абразивными частицами, основным компонентом пыли является кварц, твердость которого в 3 ... 10 раз превосходит твердость чугунных деталей машин.

Основным загрязнителем воздуха является пыль, образующаяся при выполнении операций почвообрабатывающими машинами, в связи с воздействием на почву рабочих органов сельскохозяйственных агрегатов. По данным гидрометеослужбы Республики Таджикистан, в период пыльных бурь - «афганцев» пылесодержание воздуха достигает до 2 г/м³.

Следовательно, разработка и исследование антифрикционных чугунов для трущихся деталей машин, эксплуатируемых в жарких и запыленных условиях республики и удовлетворяющих требованиям конкурентоспособности с точки зрения современного представления о материаловедении – науки о трении и износе, является весьма актуальной задачей, решение которой имеет важное научное и практическое значение.

Долговечность больших и сложных технических систем, куда относятся большинство из почвообрабатывающих машин, тракторы и автомобили, зависит от свойств материалов и точности изготовления узлов и деталей, что в свою очередь определяется качеством исходных материалов [1, 2].

Для изготовления деталей и узлов трения почвообрабатывающих машин нередко разрабатывают и применяют антифрикционные марганцовистые чугуны, обладающие высокой износостойкостью и достаточной прочностью даже в условиях абразивной среды.

Требуемые свойства для деталей и узлов почвообрабатывающих машин в соответствии с назначением не одинаковы, поэтому эти свойства достигаются путем введения различных добавок, например, меди и свинца.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Известны восемь причин потери работоспособности почвообрабатывающих машин, тракторов и автомобилей, а также их агрегатов, систем и сопряжений: трение, коррозия, усталость, граничная смазка, образование отложений, эрозия, кавитация и электрический разряд. Возникновение этих явлений обусловлено действием различных сил, в том числе действием химически активных соединений, факторами окружающей среды (температурой, влажностью, запыленностью, солнечной радиацией и др.), протекающих во времени. Эти причины могут быть обнаружены соответствующими методами анализа и измерений, по результатам которых, как правило, предпринимают те или иные меры для предотвращения возможных отказов. Наиболее часто появление дефектов в деталях почвообрабатывающих машин, тракторов и автомобилей возникает в результате таких механизмов износа как трение, коррозия, усталость и режим граничного смазывания. Последний из них обусловлен адгезией и износом трения скольжения. Основные причины и механизмы возникновения дефектов в деталях машин представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Основные причины и механизмы возникновения дефектов деталей машин

Основные причины и механизмы	Действующая сила	Активные соединения	Среда	Температура	Время
Трение	Изнашивание свободными частицами		Твердые частицы (абразивы), небольшой клиренс	Смазка	Общее число оборотов или общая длина пройденного пути
Коррозия	Стирание	Коррозионно-активный газ или жидкость	Металлические поверхности	Уравнение Аррениуса	Общее время воздействия
Усталость	Динамические напряжения сдвига		Гидродинамический контакт или др. повторяющиеся контакты		Общее количество 10х циклов
Граничная смазка (адгезия)	Нагрузка (вязкость и скорость)		Недостаточная смазка	Трение из-за непосредственного контакта металлов	Длительность контакта
Образование отложений	Статическое электричество	Дисперсия и коалесценция	На грани насыщения	Температурный цикл	Длительность диффузионного переноса
Эрозия	Импульс частицы		Скорость газа или жидкости		Совокупное воздействие
Кавитация	Ударная волна				Частота возникновения ударных волн
Электрический разряд	Импульс искры или взрыва		Ток по валу	Быстрый нагрев	Общее число взрывов за единицу времени

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЯ

Испытание разрушения износостойких чугунов в условиях контактного износа и ударного изгиба сводится к износу и деформации поверхностного слоя чугунных изделий.

Исследование поверхности трения чугунов с помощью растрового микроскопа (рис.1) свидетельствует о том, что на поверхности разрушения после определенной наработки наблюдаются участки расслоения материала, а также вырывы, что связано со схватыванием поверхностей (пары трения). Кроме того, на поверхности разрушения видны карбиды и их следы, что указывает на значительную роль карбидной фазы в процессах трения и износа.

Следует отметить, что размер участков вырывов в результате схватывания поверхностей трения составляет около 200 мкм (рис.1). На поверхности участков вырывов видны графитные пластинки и их следы.

В перлитном чугуне пластическая деформация поверхностного слоя проходит более равномерно (рис 2). Размеры участков расслоения (деструкции) поверхностного слоя соответствует размерам участков перлита и ограничены расстоянием между фосфидами.



Рисунок 1—Поверхность трения

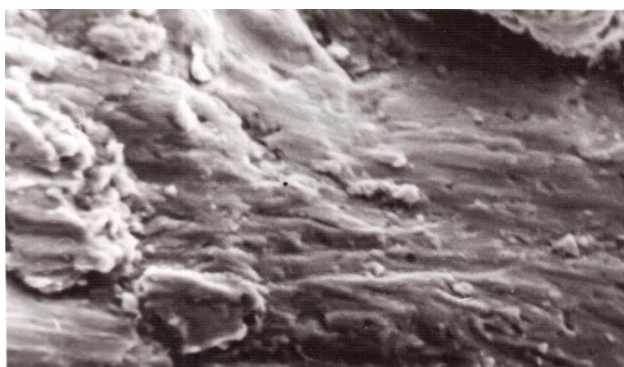


Рисунок 2—Расслоение поверхностного слоя перлитного чугуна

Изучение поверхности трения чугунов со структурой аустенита показало высокую степень неоднородности деформации поверхностного слоя (рис.3). Размер участков вырывов при схватывании значительно меньше, чем в ферритно-перлитном чугуне и варьирует в пределах от 20 до 30 мкм.

Величина участков расслоения после пластической деформации ограничивается расстоянием между эвтектическими колониями карбидов (рис.3) и находится в пределах от 2 до 10 мкм (рис. 4). На поверхности трения видны участки графита и их следы.

Наибольшее влияние на строение поверхностей трения оказывает введение свинца, при котором резко уменьшается степень пластической деформации поверхностного слоя (рис. 4).

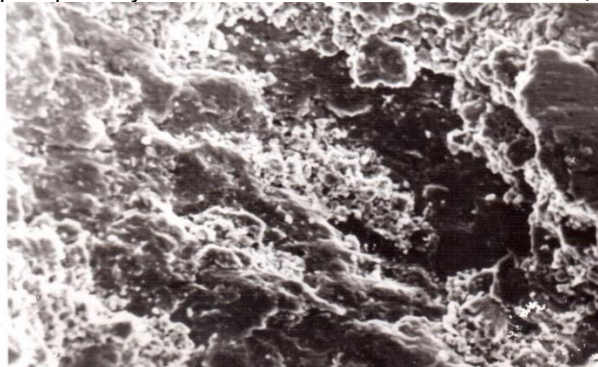


Рисунок 3 – Поверхность трения чугунов с со структурой аустенита

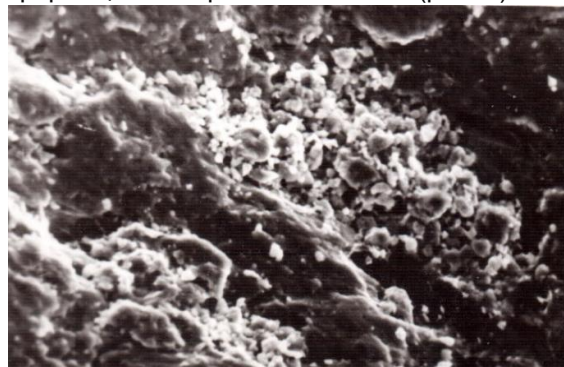


Рисунок 4 – Поверхность трения чугуна с доважкой свинца

Уменьшается глубина бороздок, они становятся менее выраженными. Участки вырывов в результате схватывания также имеют меньшую глубину (рис. 5). Расслоение (деструкция материала) поверхностного слоя происходит в меньшей степени, чем в чугуне без свинца (рис. 6). Размеры участков расслоения ограничивается расстоянием между карбидами. Следует отметить, что в чугуне с 0,5% свинца, кроме прямого влияния свинца на характер износа поверхностей трения оказывает также влияние и то, что графит имеет округлую форму (рис. 5).

Увеличение добавок свинца до 3% оказывает положительное влияние на износостойкость чугуна. На поверхностях трения появление крупных участков вырывов не наблюдается, расслоение поверхностного слоя происходит в значительно меньшей степени, чем у чугунов с другими составами (рис.7).



Рисунок 5 – Поверхность трения чугунов с со структурой аустенита

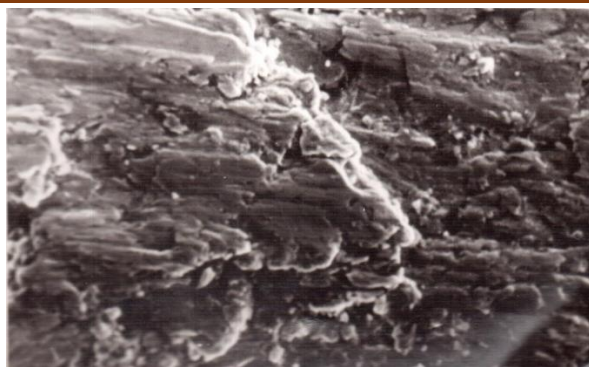


Рисунок 6 – Поверхность трения чугуна с довавкой свинца

Происходит также резкое уменьшение на поверхности трения количества карбидов и их следов. Участки расслоения неоднородны по размерам, что указывает на то, что процесс деструкции поверхностного слоя происходит в течение длительного времени. Степень пластической деформации поверхностного слоя характеризуется уменьшением глубины бороздок, а поверхности трения, в основном, гладкие, на них не наблюдается наличие карбидов и их следов.

В чугуне с добавками меди деформация поверхностного слоя происходит равномерно, степень деформации меньше, чем у чугунов без меди (рис. 8). На поверхности трения нет карбидов и их следов, что указывает на роли межфазных границ карбид-матрица в процессах деформации и разрушения поверхностного слоя.

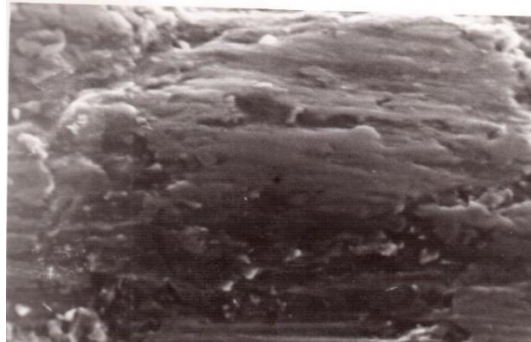


Рисунок 7 – Поверхность трения чугунов с добавкой свинца до 3%

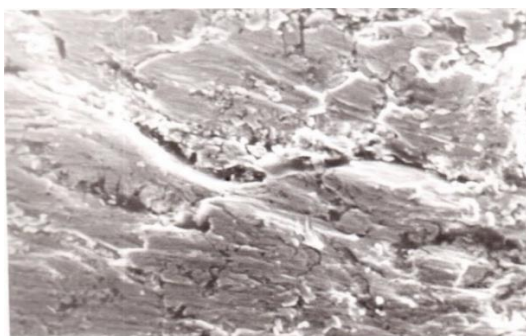


Рисунок 8 – Поверхность трения чугуна с довавкой меди

В чугуне с добавками меди образования вырывов в результате схватывания на поверхности износа не наблюдается.

Особый интерес в установлении износостойкости чугуна представляет фрактографические исследования образцов, испытанных на ударный изгиб. Разрушение чугунов происходит в основном по механизму транкристаллитного скола (рис. 9). На отдельных участках скола встречаются карбиды и их следы (рис. 10).



Рисунок 9 – Транкристаллитный механизм скола

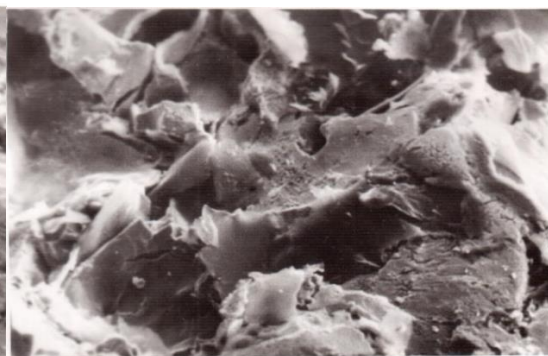


Рисунок 10 – Поверхность трения с образцами карбида и их следов

Следует отметить, что наряду с участками скола, характеризующимися наличием ручьев (рис. 11) в изломе, встречаются участки гладкого расслоения, а также интеркристаллитного разрушения, размер которых соответствует величине графитных включений. Кроме того, на поверхности излома имеются и участки, образование которых связано с разрушением по поверхности раздела свинец-матрица (рис. 12). Размеры этих участков соответствуют величине включений свинца в структуре чугуна. При этом размеры фасеток скола в аустенитном чугуне соответствует размеру зерен аустенита.

Таким образом, микромеханизм разрушения исследуемых чугунов при идентичных условиях нагружения определяются их структурой и фазовым составом. В условиях трения скольжения свинец изменяет физические условия взаимодействия поверхностей трения, способствует равномерному протеканию пластической деформации на поверхности, задерживает процессы расслоения материала поверхностного слоя. Роль межфазных границ карбид-матрица при разрушении в условиях трения и ударного изгиба чугуна с добавками свинца значительно уменьшается. Положительное влияние свинца на свойства чугуна обусловлено также его модифицирующим влиянием, изменением формы графитовых включений.

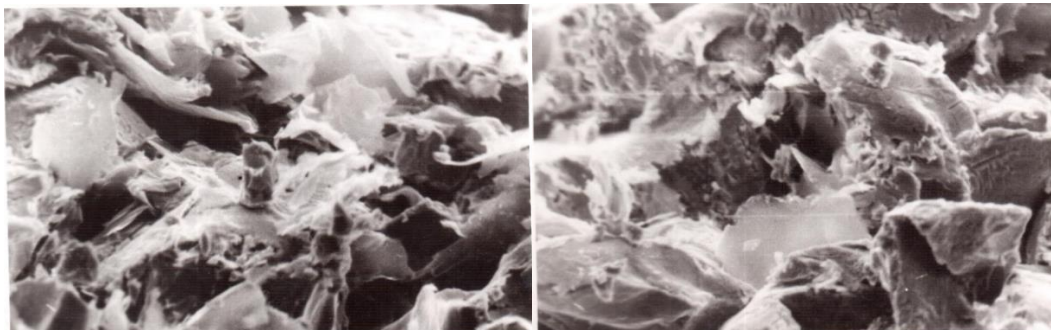


Рисунок 11 – Поверхность трения с ручьями в изломе

Рисунок 12 – Разрушение по поверхности раздела свинец-матрица

Свинец при наличии достаточного количества углерода и кремния в чугуне при температуре выше линии ликвидус способствует интенсивному процессу выделения графита. Углерод, выделившийся из остаточной жидкости между линиями ликвидус и солидус, образует карбиды. Последнее будет происходить и в процессе рекристаллизации, т.к. адсорбированный свинец препятствует атомам углерода диффундировать на поверхность графита. Присадка свинца до 3% способствует за время кристаллизации чугуна выделению значительного количества графита глобулярной формы. Кроме того, можно предположить, что в процессе трения имеет место $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение, в результате которого выделяющийся углерод будет диффундировать только на поверхность карбидов.

На самом деле процесс будет происходить иначе, графит, находящийся в зоне трения, в результате разрушения оголится с одной стороны одновременно из-за повышения температуры в локальных зонах произойдет коагуляция свинца и переход его в жидкое состояние. Тогда свободный углерод беспрепятственно будет диффундировать на поверхность графита и способствовать процессу уменьшения износа трущихся поверхностей.

Характеристики поверхностей трения чугунов, исследованных с помощью растрового микроскопа, представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики чугунов по результатам исследования на растровом микроскопе

Чугун	Увеличение	Структурные составляющие	Объект исследования
Серый, СЧ15	X500	Перлит-графит-фосфиды	Поверхность трения скольжения при наличии абразива
Серый, СЧ18	X1000	Аустенит-карбиды-графит-мартенсит	Поверхность трения скольжения при наличии абразива
Аустенитный, АСЧ5	X500	Аустенит-карбиды-графит-мартенсит	Поверхность трения скольжения при наличии абразива
Аустенитный, АСЧ5	X1000	Аустенит-карбиды-графит-мартенсит	Поверхность трения скольжения при наличии абразива
Аустенитный со свинцом 0,5 %	X2000	Аустенит-карбиды-графит-мартенсит	Поверхность трения скольжения при наличии абразива
Аустенитный со свинцом 0,5 %	X1000	Аустенит-карбиды-графит-мартенсит	Поверхность трения скольжения при наличии абразива
Аустенитный со свинцом 0,5 %	X1000	Аустенит-карбиды-графит-мартенсит	Поверхность трения скольжения при наличии абразива
Аустенитный с медью 2,5 %	X500	Аустенит-карбиды-графит-мартенсит	Поверхность трения скольжения при наличии абразива
Аустенитный с медью 2,5 %	X1000	Аустенит-карбиды-графит-мартенсит	Поверхность трения скольжения при наличии абразива
Аустенитный со свинцом 3 %	X1000	Аустенит-карбиды-графит-мартенсит	Поверхность излома образца на изгиб при ударе
Аустенитный со свинцом 3 %	X500	Аустенит-карбиды-графит-мартенсит	Поверхность излома образца на изгиб при ударе
Аустенитный со свинцом 3 %	X1000	Аустенит-карбиды-графит-мартенсит	Поверхность излома образца на изгиб при ударе

ВЫВОДЫ

В данной работе был проведен сравнительный фрактографический анализ изломов чугуновых образцов, подвергнутых кратковременным испытаниям на воздухе и длительным испытаниям в агрессивной среде, в том числе в среде с высоким уровнем запыленности. Было установлено положительное влияние на характер разрушения образцов в агрессивной среде добавок свинца. Результаты, полученные в ходе данной работы, подтверждают не только идею о ведущей роли свинца в замедленном разрушении антифрикционных марганцовистых чугунов в агрессивной среде, но и представление о механизмах трения. Введение свинца повышает сопротивление чугунов изнашиванию и в тоже время способствует резкому уменьшению степени пластической деформации поверхностного слоя сопряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов, Е.Н. Материалы – основа любого дела/Е.Н. Каблов//Деловая слава России, 2013.–№2(40).– С. 4-9.
2. Каблов, Е.Н. Из чего сделать будущее? Материалы нового поколения, технологии их создания и переработки – основа инноваций/Е.Н. Каблов // Крылья Родины, 2016. – №5. – С. 8-18.
3. ГОСТ 7769-82. Чугун легированный для отливок со специальными свойствами. – М.: Издательство стандартов, 1982. –16 с.
4. Григоренко, В.Б. Применение растровой микроскопии для изучения начальных стадий разрушения/В.Б. Григоренко, Л.В. Морозова//Авиационные материалы и технологии, 2018. – №1 (50). – С. 77-87.
5. Григоренко, В.Б. Применение фрактографического анализа для определения причин разрушения изделий из Труды ВИАМ, 2018. – №8 (68). – С. 98-111.
6. Крутикова, И.А. Анализ влияния различных факторов на замедленное разрушение крепежных соединений конструкций/ И.А. Крутикова, Л.М. Панфилова Л.М., Л.А. Смирнов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова, 2012. – №2. – С. 68-74.
7. Тетюева, Т. В. Закономерности повреждаемости низколегированной стали в коррозионно-активных сероводородсодержащих средах/ Т.В. Тетюева // ФХММ, 1990. – №2. – С. 27-33.
8. Екобори, Т. Физика и механика разрушения и прочности твердых тел: пер. с англ./Т. Екобори. – М.: Металлургия, 1971. – 280 с.
9. Энгель, Л. Растровая электронная микроскопия. Разрушение/Л. Энгель, Г. Клингеле. – М.: Металлургия, 1986. – 230 с.
10. Muser, M. Fractography and mechanism of hydrogen cracking – the fisheye concept/M. Muser, V. Schmidt// Proc. 6th Internat. Conf. on Fracture, 1984. – Vol. 4. – P. 24-26.
11. Asahi, H. Hydrogen trapping behavior in vanadium-added steels/H. Asahi, D. Hirakami and S. Yamasaki // ISIJ International, 2003. –Vol. 43, №4. –P. 527-533.
12. Yamasaki, S. Nippon Steel Tech/S. Yamasaki, Masubuki, Toshimi T. Report. 1999. July, №80. P. 50-55.
13. Namimura, Y. Development of steels for high-strength bolts with excellent delayed fracture resistance/Y. Namimura//Wire J. Int, 2003. – Vol. 36, N 1. – P. 62-67.
14. . Иванова, В.С. Природа усталости металлов/ В.С. Иванова, В.Ф. Терентьев. – М.: Металлургия, 1975. – 456 с.
15. Забильский, В.В. Фрактографическое и акустико-эмиссионное наблюдение зарождения интеркристаллитной трещины при замедленном разрушении/В.В. Забильский, О.А. Бартенев, В.В. Величко, С.М. Полонская//ФММ, 1986. – Т. 62, вып. 4. – С. 793-800.

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

TJ	RU	EN
Ясинов Шамсидин Маматович	Ясинов Шамсидин Маматович	Yasinov Shamsidin Mamatovich
Омузгори калони кафедраи «Хизматрасонии техникӣ ва таъмири мошинҳо»	Старший преподаватель кафедры «Техническое обслуживание и ремонт машин»	Senior Lecturer at the Department of Technical Maintenance and car repairs"
Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шотемур	Таджикский аграрный университет имени Ш.Шотемура	Tajik Agrarian University named after Sh. Shotemur
E-mail: yasinovs47@mail.ru тел. +992 918624165		
TJ	RU	EN
Умирзоков Аҳмад Маллабоевич	Умирзоков Аҳмад Маллабоевич	Umirzokov Ahmad Mallaboevich
Дотсенти кафедраи «Истифодабарии нақлиёти автомобилӣ»	Доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»	Senior teacher of the Department "Operation of Road Transport"
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: ahmad.umirzokov@mail.ru тел. +992 911016096, +992 908877007		

УДК 656. 338:656.072+577.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА НА РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Сайдализода А.С., Саидзода М.Р.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В данной статье рассмотрено моделирование транспортного потенциала на развитие транспортно-технологических систем и влияние на окружающую среду. Также исследуются различные методы моделирования данного потенциала.

Ключевые слова: моделирование, транспортный потенциал, обслуживание, развития транспорта, размещение транспортно-технологической системы.

МОДЕЛКУНОНИИ ПОТЕНСИАЛИ НАҚЛИЁТӢ БАРОИ РУШДИ СИСТЕМАҶОИ НАҚЛИЁТӢ-ТЕХНОЛОҶӢ БО МУҲИТИ ЗИСТ

Сайдализода А.С., Саидзода М.Р.

Дар ин мақола моделсозии иқтисодии нақлиётӣ барои рушди системаҳои нақлиётӣ ва технологӣ ва таъсир ба муҳити зист баррасӣ мешавад. Усулҳои гуногуни моделсозии ин потенциал низ омӯхта мешаванд.

Калидвожаҳо: моделсозӣ, иқтисодии нақлиётӣ, хизматрасонӣ, рушди нақлиёт, ҷойгиркунии системаи нақлиётӣ ва технологӣ.

MODELING TRANSPORT POTENTIAL FOR THE DEVELOPMENT OF TRANSPORT TECHNOLOGICAL SYSTEMS AND THE ENVIRONMENT

Saidalizoda A.S., Saidzoda M.R.

This article discusses the modeling of transport potential for the development of transport and technological systems and the impact on the environment. Various methods for modeling this potential are also being explored.

Keywords: modeling, transport potential, services, transport development, placement of the transport and technological system.

ВВЕДЕНИЕ

В городском развитии Республики Таджикистан наблюдается важная тенденция - увеличение пропускной способности и строительство новых автодорог временно решает проблему на дорогах, но затем новые дороги также становятся перегруженными. Важно разработать новую концепцию устойчивой транспортной системы города, изменить транспортную политику. Усовершенствованная транспортная инфраструктура, включая автомобильные дороги и железные дороги, обеспечивает надежность и высокую проходимость транспорта, способствуя развитию транспортных технологий.

II. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Несмотря на то, что исследования в области моделирования транспортного потенциала на оптимизации ТТС с окружающей средой проводятся во многих странах мира, в Таджикистане пока не было опубликовано значительного количества научных работ по данной теме.

В статье "Моделирование процесса управления устойчивостью транспортного предприятия" (Е.В. Табачникова, опубликованной в журнале Вестник АГТУ. Сер. Экономика. 2017, №2), исследуется модель управления устойчивостью АТП.

Работа Полтавская Ю.О. Моделирование процессов взаимодействия элементов транспортно-технологической системы региона/ Ю.О. Полтавская, А.П. Хоменко, О.Д. Толстых // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. –№ 4 (68), посвящено вопросу процессов взаимодействия элементов транспортно-технологической системы региона. Авторы статьи пришли к заключению, что представленная характеристика уровней взаимодействия раскрывает взаимосвязь материальных элементов ТТС между собой, с внешней средой, а также с экономикой региона и непроизводственными секторами деятельности.

Статья "Математическое моделирование системы управления грузоперевозками на основе технологии GPS" (К.Т. Фирстова, 2016) рассматривается использование GPS-технологий для оптимизации процессов управления грузоперевозками.

Таким образом, в российской литературе существует значительное количество исследований по моделированию транспортного потенциала на развитие ТТС с ОС.

Также в работах зарубежных ученых: Susan A. Shaheen (Университете Беркли) исследованы проблемы транспорта, Moshe Givoni (Технион, Израиль), исследованы устойчивая мобильность и инновации в области транспорта, Karen Trautenberg-Frick (Университете Мерсера, США) влияние устойчивого транспорта на городскую среду, Brian D. Taylor (Университете Калифорния, Лос-Анджелес), урбанистики и планирования городов, Kevin J. Krizek (Университет Колорадо Боулдер), связь между устойчивым транспортом и городским развитием и Cornie Huizenga (Европы (SLoCaT)) исследуются проблемы устойчивого транспорта.

III. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для изучения взаимосвязи факторов, влияющих на моделирование транспортного потенциала и его воздействия на развитие транспортно-технологических систем и окружающую среду, были проведены исследования с применением системного подхода. Эта теория представлена на рисунке 1. В процессе исследования были выявлены современные причины и стимулы, которые влияют на разработку требований к развитию транспортной системы, транспортной инфраструктуры и дорожного движения. Это позволяет предложить новую модель взаимодействующих подсистем, которая будет основой для формирования требований к современной транспортной системе.

Для исследования и моделирования влияния транспортного потенциала на развитие транспортно-технологических систем и окружающую среду, наиболее эффективным подходом является системный подход. Использование системного подхода для изучения транспортного процесса и безопасности дорожного движения показало, что дорожно-транспортные происшествия являются результатом комбинации нескольких причин, и трудно определить главную причину или оценить вклад каждой из них, так как безопасность дорожного движения обеспечивается надежным функционированием всей транспортной системы.

Структурная модель влияния потенциала на развитие ТТС и ОС может быть представлена следующим образом:



Рис. 1 – Структурная модель влияния потенциала на развитие ТТС и ОС

Многие авторы рассматривают человеческий фактор в рамках водителя (В), который считается причиной около 90% дорожно-транспортных происшествий из-за несоблюдения правил дорожного движения. Таким образом, система ВАДС (В - водитель, А - автомобиль, Д - дорога, С - среда) представляет собой модель взаимодействующих факторов.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа транспортного потенциала и его влияния на ТТС и ОС нужны оптимизационные методы моделирования: модели сетевого и транспортного планирования, модели исследований в области политики и эскизные модели планирования, которые важны при определении транспортного спроса и предложения.

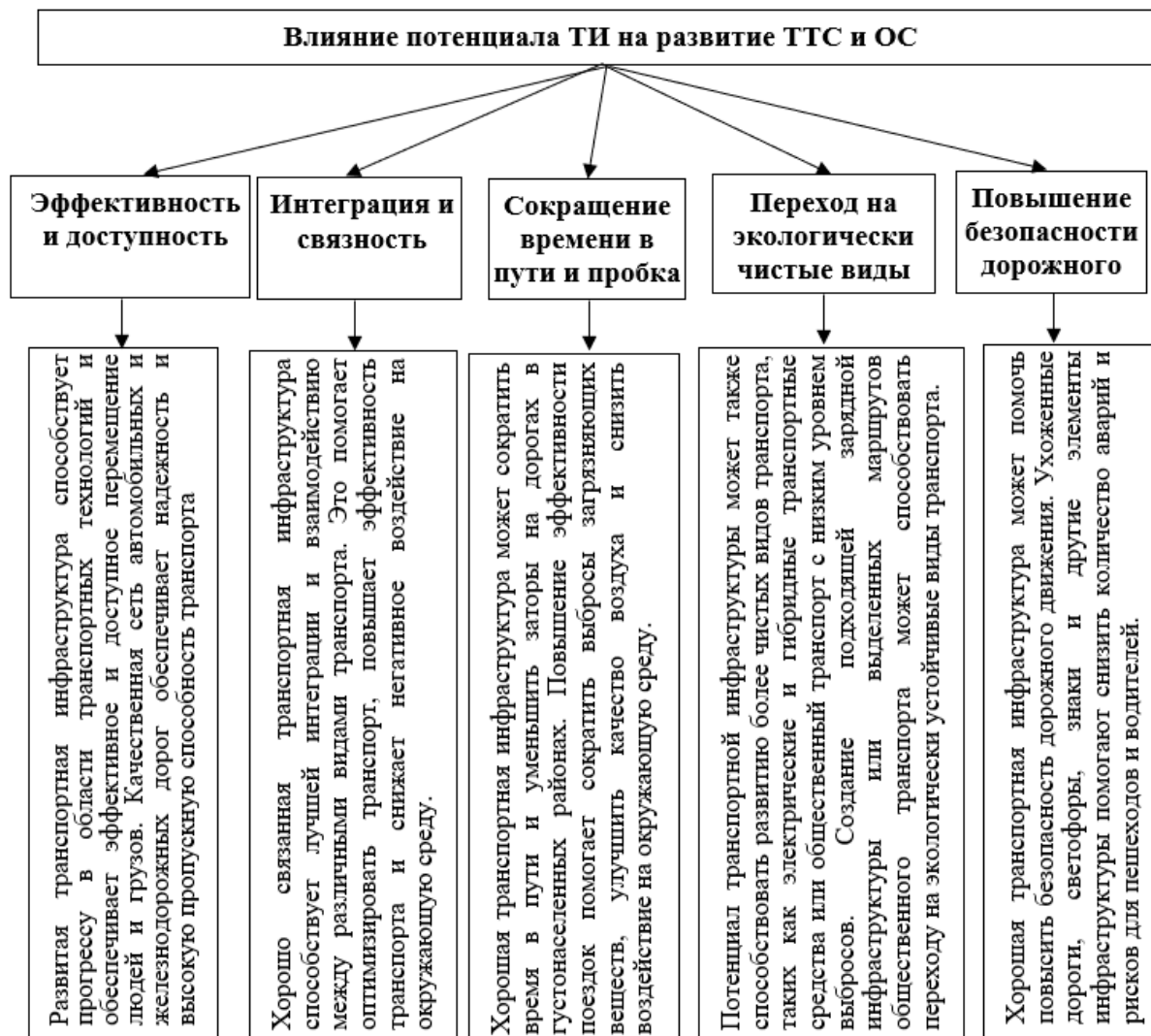


Рис. 2 – Влияние потенциал ТИ на развитие ТТС и ОС

Исследование проблемы транспорта показывает, что существуют следующие причины: отсутствие интегрированного подхода к городскому транспорту, нехватка финансирования городского транспорта, отсутствие законодательных требований к ОДД, недостаточное регулирование спроса на личный автотранспорт и применение интеллектуальных транспортных систем. Многие города не имеют стратегических планов для улучшения безопасности пешеходов и общественного транспорта, не используют современные системы мониторинга дорожного движения или не обновляют необходимые инфраструктурные системы.

Оптимизация развития и позиционирования ТТС играет важную роль в устойчивом развитии и снижении негативного воздействия на окружающую среду. Некоторые ключевые аспекты оптимизации и их влияние на ОС: [2, 3, 4, 5, 6].

V. ОБЗОР ВОЗМОЖНЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ

При моделировании влияния транспортного потенциала на развитие ТТС и ОС важно уделять внимание следующим ключевым аспектам: местные организации, которые занимаются конкретными видами градостроительной деятельности, заинтересованные стороны, чья деятельность, интересы, потребности и ценности прямо зависят от вопросов городского развития, где автомобили имеют приоритет, в условиях растущего автотранспортного потока.

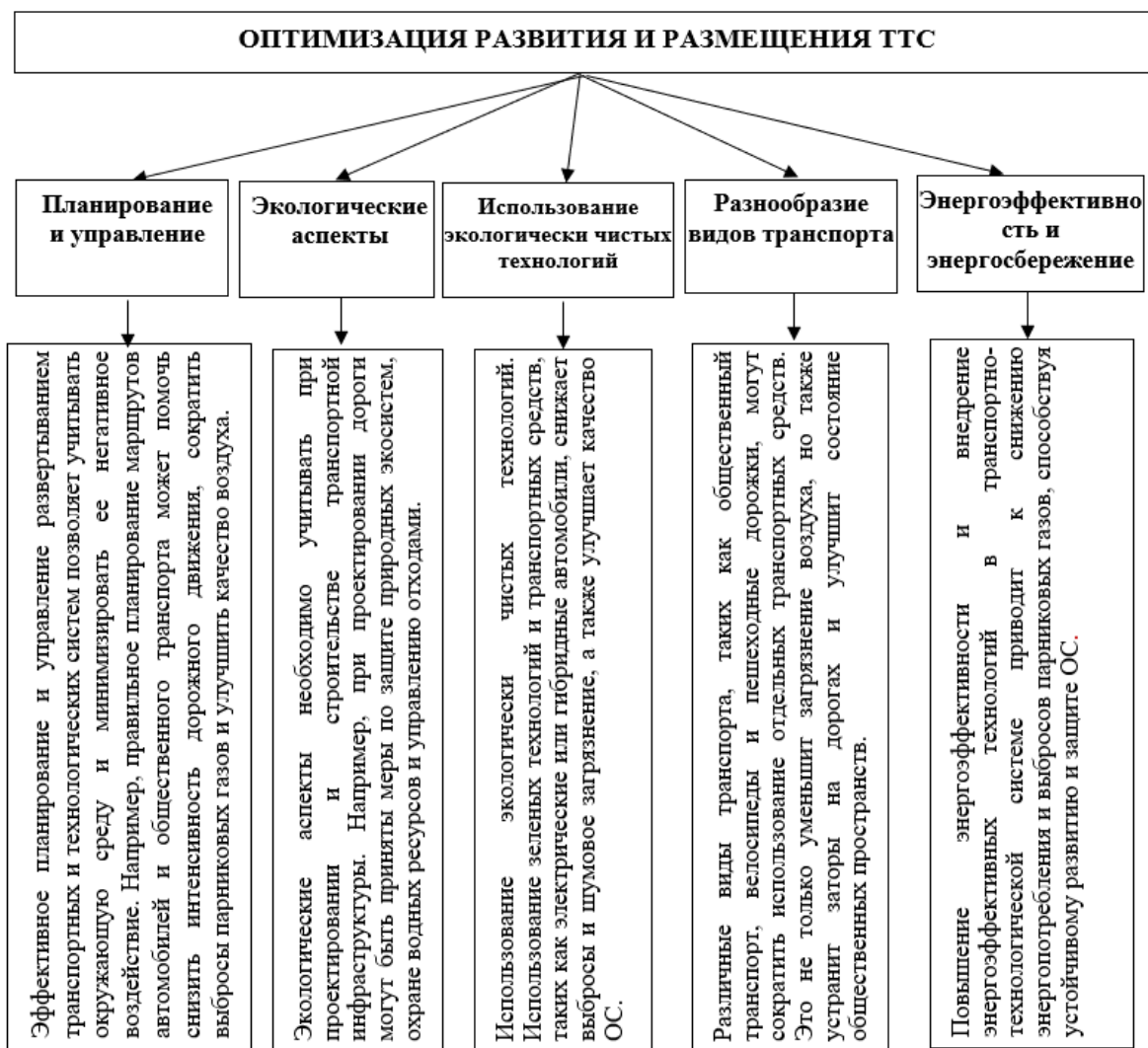


Рис. 3 – Оптимизация развития и размещения ТТС

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показывают, что участники дорожного движения играют важную роль в обеспечении безопасности на дороге. Важно разработать концептуальную модель системы на основе спроса и предложений, которая позволит оценить устойчивость транспортных систем и определить перспективы ее развития.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедева О.А., Крипак М.Н. Развитие городских грузовых систем с учетом концепции городского планирования // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2016. Т. 1, № 1. С. 244–247.
2. Крипак М.Н., Колесник А.И. Проблемы и перспективы развития транспортной инфраструктуры в современных городах // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2014. Т. 1, № 1. С. 194–198.
3. Дагдьян В.А. Транспортная система и транспортная инфраструктура как главное звено производственной системы // Наука и современность. 2016, № 49. С. 65–69.
4. Копылова Т.А. Виды взаимодействия городского общественного пассажирского и личного транспорта // Теория современного города: прошлое, настоящее, будущее: материалы Всероссийской научной конференции с Международным участием. 2016. С. 143–145.
5. Фохаков А.С. Научно-прикладные аспекты обеспечения устойчивого развития транспортно-технологических систем обслуживания населения горных регионов Таджикистана. / Дис. на соис. уч. степ. д.т.н. / Фохаков А.С. Душанбе, 2020г.-350с.
6. Фохаков А.С. Новые информационные технологии на автомобильном транспорте [Текст] / А.С. Фохаков, Н.Ш. Мирзоева, У.Дж. Джалилов // Известия Академии наук Республики Таджикистан (научно-теоретический журнал). –Душанбе, 2018. -№1(249). -С.99-102.

7. Фохаков А.С. Оценка положительных и отрицательных факторов влияния развития автомобилизации в горном регионе и воздействия их на окружающую среду [Текст] / А.С. Фохаков, П.С. Хужаев, А.А. Сайдалиев // Бюллетень науки и практики. -2018. -Т.4. -№12. - С.355-367. 30.

8. Фохаков А.С. Экологические проблемы взаимодействия транспортно-технологических систем с окружающей средой [Текст] / А.С. Фохаков, З.В. Кобулиев, Р.К. Раджабов, П.С. Хужаев // Бюллетень науки и практики. -2019. -Т.5. -№2. -С.117-126.

9. Фохаков А.С. Транспортно-технологическая система обслуживания и влияние ее на окружающую среду [Текст] / А.С. Фохаков, З.В. Кобулиев, П.С. Хужаев, А.А. Сайдалиев // Бюллетень науки и практики. -2019. -Т.5. -№1. -С.193-202.

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

TJ	RU	EN
Сайдализода Абдурауф Сайдали д.и.т., дотсент	Сайдализода Абдурауф Сайдали д.т.н., доцент	Saidalizoda Abdurauf Saidali Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. osimi
	e. mail: fohakov68@mail.ru	
TJ	RU	EN
Саидзода Муҳаммад Раҳим	Саидзода Мухаммад Рахим	Saidzoda Muhammad Rahim
Муовини декан оид ба таълими факултети иқтисодиёти соҳаҳо ва идора	Заместитель декана по учебной работе факультета отраслевой экономики и управления	Deputy Dean for Academic Affairs of the Faculty of Industrial Economics and Management
Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S. osimi
	e. mail: muhammadjon_R@mail.ru	

УДК-656. 338:656.072+577.4

ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Сайдализода А.С., Маджидзода Т.С., Саидзода М.Р.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье рассматриваются особенности формирования и развития транспортно-технологической системы с окружающей средой.

Исследованы специфические особенности и аспекты транспортно-технологической системы с окружающей средой в Республики Таджикистан.

Выявлены приоритетные задачи формирования и развития транспортно-технологической системы Республики Таджикистан, создание и реализация стратегий и мероприятий, направленных на достижение этих целей.

Ключевые слова: транспорт, транспортное обслуживание, транспортная инфраструктура, транспортные сети, устойчивое развитие транспорта, экологические требования, экологическое сознание, размещение транспортно-технологической системы.

ХУСУСИЯТҶОИ ХОСИ ТАШАККУЛ ВА РУШДИ СИСТЕМАИ НАҚЛИЁТӢ-ТЕХНОЛОҶӢ БО МУҲИТИ ЗИСТ

Сайдализода А.С., Маджидзода Т.С., Саидзода М.Р.

Дар мақола хусусиятҳои ташаккул ва рушди системаи нақлиёти ва технологӣ бо муҳити зист баррасӣ карда мешавад. Хусусиятҳо ва ҷанбаҳои мушаххаси системаи нақлиёти технологӣ бо муҳити зист дар Ҷумҳурии Тоҷикистон омӯхта шудааст.

Вазифаҳои афзалиятноки ташаккул ва рушди системаи нақлиёти технологӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон, таҳия ва татбиқи стратегияҳо ва ҷорабиниҳо барои ноил шудан ба ин ҳадафҳо муайян карда шуданд.

Вожаҳои калидӣ: нақлиёт, хизматрасониҳои нақлиётӣ, инфрасохтори нақлиётӣ, шабакаҳои нақлиётӣ, рушди устувори нақлиёт, талаботи экологӣ, шуури экологӣ, ҷойгиркунии системаи нақлиётӣ ва технологӣ.

TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEM AND THEIR INTERACTIONS WITH THE ENVIRONMENT

Saidalizoda A.S., Majidzoda T.S., Saidzoda M.R.

The article discusses the features of the formation and development of the transport and technological system with the environment.

The specific features and aspects of the transport and technological system with the environment in the Republic of Tajikistan have been studied.

The priority tasks of the formation and development of the transport and technological system of the Republic of Tajikistan, the creation and implementation of strategies and activities aimed at achieving these goals have been identified.

Keywords: transport, transport services, transport infrastructure, transport networks, sustainable transport development, environmental requirements, environmental consciousness, placement of the transport and technological system.

ВВЕДЕНИЕ

Транспортно-технологическая система и ее взаимодействия с окружающей средой имеют огромное влияние на окружающую среду и экологии в Республики Таджикистане. Взаимосвязь между транспортно-технологическими системами и окружающей средой показано в рисунке 1.

Для снижения отрицательного влияния транспортно-технологической системы на окружающую среду предпринимаются следующие меры [1, 2]:

- Развитие экологически чистых видов транспорта, таких как электромобили и гибридные транспортные средства.
- Внедрение эффективных технологий и систем управления для улучшения энергоэффективности и снижения выбросов загрязняющих веществ.
- Содействие использованию общественного транспорта и развитию инфраструктуры для пешеходов и велосипедистов.
- Применение строгих экологических стандартов и нормативов для транспортной системы.
- Продвижение сотрудничества между государственными органами, бизнесом и общественностью для разработки и реализации устойчивых транспортных решений.
- Регулярный мониторинг и оценка воздействия транспортной системы на окружающую среду и принятие соответствующих мер для сокращения негативных последствий.

Целью таких мер является достижение баланса между транспортными потребностями и сохранением окружающей среды, а также обеспечение устойчивого развития и благополучия человека на нашей планете.



Рис. 1 – Взаимосвязь между транспортно-технологическими системами и окружающей средой

Для уменьшения влияния транспортно-технологической системы на экологию можно предпринять следующие меры [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]:

1. Переход к экологически чистым видам транспорта: Поддержка и стимулирование использования электромобилей, гибридных автомобилей и других транспортных средств, работающих на возобновляемых источниках энергии, поможет снизить выбросы вредных веществ в атмосферу и уменьшить загрязнение воздуха.

2. Развитие общественного транспорта: Инвестиции в развитие сетей общественного транспорта, улучшение качества и доступности общественных перевозок, а также создание интегрированных транспортных систем позволят сократить использование личного автотранспорта и сократить проблемы с пробками и загрязнением.

3. Совершенствование транспортной инфраструктуры: Разработка умной и инновационной транспортной инфраструктуры с использованием современных технологий управления транспортными потоками, оптимизацией маршрутов и сокращением затрат ресурсов помогут снизить влияние на окружающую среду.

4. Энергоэффективность транспортных средств: Продвижение и применение технологий, направленных на улучшение энергоэффективности транспортных средств, таких как системы рекуперации энергии торможения, энергосберегающие двигатели и дизайн снижения воздушного сопротивления, способствуют уменьшению потребления топлива и эмиссии выбросов.

5. Развитие альтернативных видов транспорта: Поддержка использования велосипедов, пешеходных зон, каршеринга, ридшеринга и других альтернативных видов транспорта помогает снизить использование личных автомобилей и уменьшить загрязнение воздуха.

6. Принципы экологичного дизайна и строительства: При проектировании и строительстве транспортной инфраструктуры должны учитываться принципы экологичного дизайна, такие как

использование устойчивых материалов, расхода ресурсов минимизация и уменьшение негативного влияния на природу и живые организмы.

7. Сервисы совместного использования: Продвижение и развитие сервисов совместного использования транспорта, таких как каршеринг и ридшеринг, позволяет уменьшить количество автомобилей на дорогах и сократить выбросы загрязняющих веществ.

8. Экологическое образование и сознание: Проведение информационных кампаний, образовательных программ и социальных инициатив способствует более экологически осознанному обращению с транспортом и поддержанию экологических стандартов.

Реализация этих мер позволит уменьшить воздействие транспортно-технологической системы на окружающую среду и содействовать достижению устойчивого развития.

Горные дороги Республики Таджикистан имеют несколько специфических особенностей, связанных с горным рельефом и климатическими условиями. Как использовать горные дороги и состояние зависит в основном от погодных и климатических условий¹. **Вот некоторые из них [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]:**

1. Высокая горная местность: Большая часть территории Таджикистана занята горы, включая Памирский хребет, где находится Хребет Мира, один из самых высоких дорог в мире. Это создает сложности в строительстве и обслуживании дорог в горных условиях.

2. Сложные климатические условия: В горах Республики Таджикистан климат разнообразен. Зимы могут быть снежными и холодными, а лето - жаркими и сухими. Автомобильные дороги должны быть спроектированы для освоения этих условий, включая снежные свали и ледяные участки.

3. Преодоление высоких перевалов: Горные дороги Таджикистана часто пролегают через высокогорные перевалы, такие как перевал Кулма на высоте 4 655 метров над уровнем моря. Это требует строительства и обслуживания дорог с учетом высокой высоты и сложных условий в таких районах.

4. Одинаковая ширина дорог: В некоторых участках горных дорог ширина может быть ограничена из-за горных обрывов и крутых склонов. Это может создавать трудности при движении больших транспортных средств.

5. Аварийные ситуации: Горные дороги подвержены опасности обвалов, сходов снежных лавин и земляных оползней. Правительство и службы безопасности стремятся предотвращать такие ситуации и обеспечить безопасность дорожного движения.

Учитывая эти специфические особенности, строительство, обслуживание и безопасность горных дорог в Таджикистане представляют собой сложную задачу, требующую специальных усилий и инфраструктуры для обеспечения безопасного и эффективного движения.

В то же время высотная зона, включает более низкую температуру воздуха при 0,5 °С, имеют высоту 100 м. В Республике Таджикистан наблюдаются значительные колебания в дневную температуру.

Высота над уровнем моря может оказывать влияние на мощность двигателя автомобиля из-за изменения атмосферного давления и уровня доступного кислорода. Вот некоторые основные факторы, которые следует учитывать:

1. Плотность воздуха: С увеличением высоты над уровнем моря плотность воздуха снижается. Это связано с тем, что при более низком атмосферном давлении воздух становится менее плотным. Плотность воздуха является важным фактором для работы двигателя, так как определяет количество доступного кислорода для сгорания топлива. Снижение плотности воздуха на больших высотах над уровнем моря приводит к уменьшению количества кислорода и, следовательно, может снижать мощность двигателя.

2. Возможное снижение давления наддува: Некоторые автомобили, особенно с турбонаддувом, могут использовать дополнительный воздух под давлением для увеличения мощности двигателя. При увеличении высоты над уровнем моря атмосферное давление снижается, и это может привести к снижению давления наддува и ухудшению производительности двигателя.

3. Необходимость перенастройки системы: Для компенсации изменений в условиях работы на больших высотах над уровнем моря, некоторые двигатели и системы управления двигателем могут автоматически перенастраиваться. Например, электронные системы впрыска топлива и зажигания могут изменять параметры работы для обеспечения нормальной мощности и эффективности двигателя.

Важно отметить, что влияние высоты над уровнем моря на мощность двигателя автомобиля может быть разным в зависимости от типа двигателя, настроек, технических характеристик и других факторов. Поэтому, при планировании поездки в горные регионы, рекомендуется учитывать высоту и возможные изменения производительности автомобиля.

При перевозке пассажиров и грузов на высоте 2000 метров и более над уровнем моря, функциональных напряжение и время реакции водителей возрастают, это влияет на уровень безопасности движения и ТТС. В зависимости от высоты уровня моря и местоположения, различия в горном хребте, условиях работы водителя и движения автомобилей очень разные. Классификация

¹ Градостроительные нормы и правила Республики Таджикистан (ГНиП РТ 23-01-2018) «Строительная климатология» // Комитет по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан - Душанбе.

отдельных участков горных районов, которые направлены на разработку мер по повышению эффективности транспортных и эксплуатационных качеств, помимо названия типа горного рельефа, как дополнительного критерия включает сложности компонентов условий для вождения и водителя.

Специфические особенности и формирование транспортно-технологической системы горных дорог связаны с учетом особенностей горной местности и условий эксплуатации. Ниже перечислены некоторые из них [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]:

1. Крутые склоны и повороты: Горные дороги часто имеют крутые склоны и извилистые повороты, вызванные рельефом гор. При планировании и строительстве дорог необходимо учитывать эти особенности, чтобы обеспечить безопасное движение и устойчивость дорожного покрытия.

2. Инженерные сооружения: Горные дороги могут требовать строительства инженерных сооружений, таких как туннели, мосты, устойчивые насыпи, которые помогают преодолевать преграды и обеспечивать проходимость дорог в горных условиях.

3. Активные геологические процессы: Горные районы подвержены активным геологическим процессам, таким как обвалы, сходы лавин, оползни и землетрясения. При формировании транспортно-технологической системы горных дорог необходимо учитывать эти факторы и принимать меры для защиты от возможных опасностей.

4. Высота над уровнем моря: Горные дороги часто расположены на больших высотах над уровнем моря. Это может оказывать влияние на производительность двигателей транспортных средств, на работу электроники, а также на комфорт и безопасность пассажиров. Планирование и обслуживание горных дорог должно учитывать эти особенности.

5. Сложные погодные условия: Горные дороги часто подвержены сильным ветрам, падению снега, гололеду и другим сложным погодным условиям. Это требует специальных мер безопасности и средств обслуживания дорог во время плохой погоды.

6. Туризм и рекреация: Горные районы часто привлекают туристов и любителей активного отдыха. Формирование транспортно-технологической системы горных дорог должно учитывать потребности туристов, включая создание инфраструктуры, обеспечение безопасности и доступности популярных туристических мест.

Управление и формирование транспортно-технологической системы горных дорог требует учета всех этих особенностей и разработки соответствующих инженерных и технологических решений для обеспечения безопасности и эффективности транспорта в горных регионах.

Таблица 1. Геологические факторы и явления на автомобильных дорогах Таджикистана².

Геологические факторы и явления	Камнепады, обвалы	Оползневые явления	Заносы, снежные лавины	Просадочные явления	Гололёд	Селевые выносы	Всего
Протяженность, км	323,7	198,5	168,2	119,7	106,6	66,9	983,6
В % от общей протяженности участка дороги	32,9	20,2	17,2	12,1	10,8	6,8	100,0
В % от общей протяженности участка дороги (4770 км)	6,78	4,16	3,53	2,51	2,23	1,4	20,6

Для повышения надежности и достоверности информации, мы анализируем большой объем величины опасностей территориальной инфраструктуры горных районов Республики Таджикистан, используя уравнение Лоренса. Они охватывают степень концентрации риска в транспортной сети, а также показывают, что некоторые общие риски приходится на определенную часть территории горных регионов Республики Таджикистан.

ВЫВОДЫ

Выявлены факторы взаимодействия между транспортно-технологической системой и окружающей средой, предложены основные его аспекты.

Предлагаются меры по снижению отрицательного влияния транспортно-технологической системы на окружающую среду.

Горные дороги Республики Таджикистан имеют специфические особенности, связанные с горным рельефом и климатическими условиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фохаков А.С. Эффективность транспортного обслуживания населения горного региона в условиях рыночной экономики (на примере Республики Таджикистан). / Дис. на соис. уч. степ. к.э.н. / Фохаков А.С. Душанбе, 2004г.

2. Фохаков А.С. Научно-прикладные аспекты обеспечения устойчивого развития транспортно-технологических систем обслуживания населения горных регионов Таджикистана. / Дис. на соис. уч. степ. д.т.н. / Фохаков А.С. Душанбе, 2020г.-350с.

²Составлено автором: по материалам Министерства транспорта Республики Таджикистан

3. Фохаков А.С. Влияние факторов и выбор критериев эксплуатации автомобилей, работающих в условиях горных регионов Республики Таджикистан [Текст] / А.С. Фохаков, К.Р. Ашуров // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. -2017. -№2-9. -С.115-120.

4. . Фохаков А.С. Характерные особенности горного региона, формирование и развитие его транспортной системы [Текст] / А.С. Фохаков, К.Р. Ашуров // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - 2017. -№2-6. -С.80-86.

5. Фохаков А.С. Оценка влияния динамики автомобилизации на экологическую обстановку города Душанбе [Текст] / М.Ю. Юнусов, А.С. Фохаков, Б.Ж. Мажитов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. -2018. -Т.1. -№3(43). -С.59-67.

6. Фохаков А.С. Новые информационные технологии на автомобильном транспорте [Текст] / А.С. Фохаков, Н.Ш. Мирзоева, У.Дж. Джалилов // Известия Академии наук Республики Таджикистан (научно-теоретический журнал). –Душанбе, 2018. -№1(249). -С.99-102.

7. Фохаков А.С. Экологические аспекты перспективы применения альтернативных топлив в транспортном секторе Республики Таджикистан [Текст] / Д.Э. Ибрагимов, А.С. Фохаков, Т.М. Махмудова // Вестник ТНУ. –Душанбе, 2019. -№2. -С.87-94.

8. Фохаков А.С. Оценка положительных и отрицательных факторов влияния развития автомобилизации в горном регионе и воздействия их на окружающую среду [Текст] / А.С. Фохаков, П.С. Хужаев, А.А. Сайдалиев // Бюллетень науки и практики. -2018. -Т.4. -№12. - С.355-367. 30.

9. Фохаков А.С. Экологические проблемы взаимодействия транспортно-технологических систем с окружающей средой [Текст] / А.С. Фохаков, З.В. Кобулиев, Р.К. Раджабов, П.С. Хужаев // Бюллетень науки и практики. -2019. -Т.5. -№2. -С.117-126.

10. Фохаков А.С. Транспортно-технологическая система обслуживания и влияние ее на окружающую среду [Текст] / А.С. Фохаков, З.В. Кобулиев, П.С. Хужаев, А.А. Сайдалиев // Бюллетень науки и практики. -2019. -Т.5. -№1. -С.193-202.

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

TJ	RU	EN
Сайдализода Абдурауф Сайдали д.и.т., дотсент, аъзо-кор. Академии муҳандисии Ҷумҳурии Тоҷикистон, сардори Раёсати таълими ДТТ ба номи акад. М.С. Осими	Сайдализода Абдурауф Сайдали д.т.н., доцент, член-кор. Инженерной академии Республики Таджикистан, начальник Учебного управления ТТУ им. акад. М.С. Осими	Saidalizoda Abdurauf Saidali Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member Engineering Academy of the Republic of Tajikistan, Head of the Educational Department of the TTU named after acad. M.S. Osimi
Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: fohakov68@mail.ru	Tajik Technical University named after Academician M.S. osimi
TJ	RU	EN
Мачидзода Тоҳир Саид н.и.т., дотсент, муовини аввал, муовини ректор оид ба таълими ректори ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ	Маджидзода Тоҳир Саид к.т.н., доцент, первый проректор, проректор по учебной части ТТУ им. акад. М.С. Осими	Majidzoda Tohir Said Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, First Deputy, Deputy Rector for Academic Affairs of TTU named after. acad. M.S. Oshimi
Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: tohir@ttu.tj	Tajik Technical University named after Academician M.S. osimi
TJ	RU	EN
Саидзода Муҳаммад Раҳим Ассистенти кафедраи ташкили интиқол ва идора дар нақлиёт, муовини декан оид ба таълими факултети иқтисодиёти соҳаҳо ва идора	Саидзода Муҳаммад Раҳим Ассистент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте», заместитель декана по учебной работе факультета отраслевой экономики и управления	Saidzoda Muhammad Rahim Assistant of the Department of Organization of Transportation and Transport Management, Deputy Dean for Academic Affairs of the Faculty of Industrial Economics and Management
Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими e. mail: muhammadjon_R@mail.ru	Tajik Technical University named after Academician M.S. osimi

СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ - СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА - CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

УДК 624.014.15 (575.3)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ГЛИЕЖА ФАН-ЯГНОБСКОГО И АНГРЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПУЦЦОЛАНОВЫХ ЦЕМЕНТОВ

Саидзода Дж.Х., Мирджамолов А.М., Саидов Х.Х.

В данной работе рассматривается влияние добавок глиежей Фан-Ягнобского и Ангреновского месторождений на физико-механические свойства пуццолановых цементов, производимых из местного сырья Республики Таджикистан. Введенные в портландцементный клинкер активных минеральных добавок в виде глиежа Фан-Ягнобского месторождения и хорошо изученного Ангреновского опока как эталон придают портландцементу ряд ценных свойств, которые имеют важное значение при применении его в гидротехнических сооружениях, а именно: улучшают удобообрабатываемость, понижают теплоту гидратации, термическую усадку, понижают водопроницаемость, повышают стойкость против действия сульфатных вод, улучшают пластичность, ослабляют реакцию между щелочами и заполнителями, уменьшают склонность к расслаиванию и выщелачиванию.

Ключевые слова: клинкер, портландцемент, глиеж, минеральные добавки, пуццолановые цементы, сульфатостойкость, прочность, затворение, месторождения.

ТАДҚИҚОТИ ТАЪСИРИ ИЛОВАГИҶОИ ГЛИЕЖИ КОНИ ФОН-ЯҒНОБ ВА АНГРЕН БА ХОСИЯТҶОИ ФИЗИКИЮ-МЕХАНИКИИ СЕМЕНТҶОИ ПУТСОЛАНӢ

Саидзода Ҷ.Ҳ., Мирҷамолов А.М., Саидов Х.Х.

Дар кори мазкур таъсири иловагиҳои глиежи кони Фан-Ягноб ва Ангрени ба хосиятҳои физикию механикии сементҳои путсоланӣ, ки аз ашӯи хоми маҳаллии Ҷумҳурии Тоҷикистон истеҳсол шудаанд, дида шудааст. Иловагиҳои минералии фаъоли глиежи Фан-Ягноб ва опокҳои хуб омехташудаи Ангрени ба клинкер воридшуда, ба портландсемент як қатор хосиятҳои заруриро медиҳанд, ки дар вақти истифодабарии онҳо дар иншоотҳои гидротехники аҳамияти муҳимро доранд, аз ҷумла: коркарди осони онро беҳтар мегардонад, ҳарорати гидрататсионӣ ва шиниши термикиро паст мегардонад, обгузарониро кам мекунад, ба таъсири обҳои сульфатӣ тобовариро зиёд мекунад, ёзандагиро беҳтар мегардонад, реаксияи байни ишқор ва пурқунандаҳоро суст мекунад, майли қабатгиршавӣ ва ишқорониро кам мекунад.

Ключевые слова: клинкер, портландцемент, глиеж, иловагиҳои минералӣ, сементҳои путсоланӣ, тобоварӣ ба сульфат, мустаҳкамӣ, бо об омехтакунӣ, қонҷо.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ADDITIVES OF GLIEZH FAN-YAGNOBSKY AND ANGRENSKY DEPOSITS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF POZZOLANIC CEMENTS

Saidzoda J.H., Mirjamolov A. M., Saidov Kh.H.

This paper examines the effect of additives of gliezh from the Fan-Yagnob and Angren deposits on the physical and mechanical properties of pozzolanic cements produced from local raw materials of the Republic of Tajikistan. The active mineral additives introduced into Portland cement clinker in the form of gliezh of the Fan-Yagnob deposit and the well-studied Angren opoka as a standard give Portland cement a number of valuable properties that are important when it is used in hydraulic structures, namely: improve workability, reduce the heat of hydration, thermal shrinkage, reduce water permeability, increase resistance to sulfate waters, improve plasticity, weaken the reaction between alkalis and aggregates, reduce the tendency to delamination and leaching.

Key words: clinker, portland cement, gliezh, mineral additives, pozzolanic cements, sulfate resistance, strength, mixing, deposits.

ВВЕДЕНИЕ

Гидравлические добавки высокого качества придают портландцементу ряд ценных свойств, которые имеют важное значение при применении его в гидротехнических сооружениях, а именно: улучшают удобообрабатываемость, понижают теплоту гидратации, термическую усадку, понижают водопроницаемость, повышают стойкость против действия сульфатных вод, улучшают пластичность, ослабляют реакцию между щелочами и заполнителями, уменьшают склонность к расслаиванию и выщелачиванию [7].

В. Н. Юнг [11] указывает, что пуццолановые цементы состоят в основном из тонкомолотого цементного клинкера (50-70%). Поэтому при затворении его водой в первые периоды схватывания и твердения в нем в основном происходят те же процессы, что и в чистом портландцементе. Скорость гидратации будет несколько иной. Наличие в твердом продукте большого количества (30-50%) мельчайших частиц гидравлической добавки ведет к тому, что клинкерные частицы реагируют с водой быстрее чистого клинкера. Ускоряющее действие гидравлической добавки объясняется тем, что частицы добавки, располагаясь между отдельными зернами клинкера, разъединяют их друг от друга и этим облегчают доступ воды к ним. Кроме того, гидравлическая добавка, вступая в химическое взаимодействие с гидратом окиси кальция, выводит его из сферы реакции и ускоряет гидролитическую диссоциацию C_3S .

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При твердении пуццоланового цемента активное вещество гидравлической добавки вступает в химическое взаимодействие с продуктом гидратации цементного клинкера, с гидратом окиси кальция. В результате свободная известь в пуццолановых цементах полностью связана, поэтому выщелачиваемость уменьшается и цемент приобретает достаточную сульфатостойкость.

Однако высокой сульфатостойкостью обладают не все пуццолановые цементы. Это зависит от следующих факторов:

1. Активности добавки и отношения в ней активного кремнезема к активному глинозему;
2. Минералогического состава клинкера;
3. Соотношения между гидравлической добавкой и клинкером.

Установлено, что сульфатостойкость пуццоланового портландцемента будет выше: а) чем больше активного кремнезема и чем меньше активного содержится в гидравлической добавке; б) чем больше относительное содержание в готовом продукте; в) чем меньше содержит клинкер трехкальциевого силиката и, в особенности трёхкальциевого алюмината.

Известно, что в практике применения цементов в строительстве важную роль играет первоначальная прочность цемента. Недостатком пуццолановых цементов является пониженная первоначальная прочность по сравнению с портландцементом.

С увеличением срока твердения (к шести месяцам или одному году) прочность пуццолановых цементов независимо от минералогического состава, цементного клинкера выравнивается.

В данном исследовании использовались следующие основные материалы:

- клинкер Душанбинского цементного завода;
- двухводный гипс Душанбинского месторождения;
- лесс Душанбинского месторождения;
- глиежи Фан-Ягнобского и Ангрэнского месторождений.

При испытании в трамбованных образцах по стандарту на пуццолановые портландцементы, приготовленные на нормальном цементном клинкере, уже к 7-28 дням твердения приобретают прочность исходного портландцемента.

Исследования по влиянию различных добавок на физико-механические свойства портландцемента производились по методике, предложенной Канцепольским И.С. [4] и Киндом В.А. [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения работы были изготовлены стандартные образцы из нижеуказанных пуццолановых цементов. Были приготовлены составы пуццолановых цементов, характеризуемые данными таблицы 1.

Результаты испытания пуццолановых портландцементов показаны в таблице 2.

Таблица 1 – Наименование составов

№№ п/п	Состав в процентах				
	Клинкер	Гипс двухводный	Лесс	Глиеж Фан-Ягнобский	Глиеж Ангрэнский
1	96	4	-	-	-
2	86	4	10	-	-
3	76	4	-	20	-
4	66	4	-	30	-
5	56	4	-	40	-
6	46	4	-	50	-
7	76	4	-	-	20
8	66	4	-	-	30
9	56	4	-	-	40
10	46	4	-	-	50

ОБСУЖДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Добавка глиежа Фан-Ягнобского месторождения от 20 до 50% увеличивает водопотребность теста от 0 до 2% по отношению к исходному клинкеру, а глиеж Ангрэнского месторождения от 30 до 50% увеличивает водопотребность от 0 до 3%.

Добавки разных количеств глиежей Фан-Ягнобского и Ангрэнского месторождений к клинкеру мало отражаются на сроках его схватывания. При этом пробы на равномерность изменения объема во всех случаях дают положительные результаты.

Таблица 2– Относительное нарастание прочности пуццолановых портландцементов с добавкой глиежей Фан-Ягнобского и Ангренского месторождений, прочность в 28 - дней (Возраст принята за 100%)

№№ п/п	Наименование добавки	Состав в процентах				Предел прочности при сжатии в процентах по отношению к прочности в 28-дневном возрасте					Предел прочности при растяжении в процентах по отношению к прочности в 28- дневном возрасте				
		Клинкер	Гипс двуводн.	Лесс	Добав- ка	7-дней	28-дней	3-м-ца	6-м- цев	1-год	7-дней	28- дней	3-м-ца	6-м- цев	1-год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
А	Глиеж Фан- Ягнобского месторождения	96	4	-	-	83,7	100	108,5	108,7	-	79,2	100	110,2	130,5	-
		76	4	-	20	92,3	100	106,0	128,2	-	80,3	100	112,5	112,5	-
		66	4	-	30	101,5	100	120,2	135,5	-	96,5	100	132,0	132	-
		56	4	-	40	100,2	100	108,5	123,5	-	93,6	100	103,2	131	-
В	Глиеж Фан- Ягнобского месторождения	96	4	-	-	62,8	100	113,2	113,2	120	87,6	100	118,2	130,5	133
		86	4	10	-	92,5	100	118,1	122	134	82,8	100	108,2	114,5	124,5
		76	4	-	20	77,4	100	112,5	122	122,5	73,4	100	109,0	110,2	137,5
		66	4	-	30	83,8	100	103	113	123,0	76,0	100	109,0	117	119,5
		56	4	-	40	71,4	100	106,5	107	119,3	81,5	100	102,0	109,5	133,5
		46	4	-	50	46,3	100	115,2	122	122	78,4	100	110,5	112	121,5
Б	Глиеж Фан- Ягнобского месторождения	96	4	-	-	98,3	100	119,5	121	-	-	-	-	-	-
		86	4	10	-	89,7	100	125,5	130	-	-	-	-	-	-
		66	4	-	30	67,5	100	113,2	125,5	-	-	-	-	-	-
		56	4	-	40	73	100	121,2	133	-	-	-	-	-	-
		46	4	-	50	67,2	100	125,5	139,2	-	-	-	-	-	-
А	Глиеж Ангренский	96	4	-	-	82,2	100	108,5	109,0	-	79,5	100	110,5	131,1	-
		66	4	-	30	97	100	104,2	120	-	76,3	100	105,5	104,8	-
		56	4	-	40	72	100	105,0	115,5	-	74,0	100	123	133,5	-
Б	Глиеж Ангренский	96	4	-	-	82,8	100	101,5	102	-	93,6	100	110,5	131,1	-
		66	4	-	30	89,7	100	104,5	113,5	-	83,6	100	105,5	104,8	-
		56	4	-	40	101,5	100	127	129,5	-	85,6	100	123	133,5	-
Г	Глиеж Ангренский	96	4	-	-	81,3	100	107,2	108,5	-	81,9	100	107,0	109,5	-
		76	4	-	20	79,5	100	111,8	115,1	-	77,6	100	105,5	106,5	-
		66	4	-	30	68,8	100	103	110,0	-	82,5	100	106,5	108,5	-
		56	4	-	40	78,3	100	106,2	108,5	-	96,5	100	120,5	128,5	-

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА

При сравнении результатов физико-механического испытания пуццолановых портландцементов с добавкой глиежей Фан-Ягнобского и Ангреновского месторождений следует, что добавка глиежа Фан-Ягнобского месторождения дает больший процент нарастания прочности, а именно:

- при добавке 30%, прочность в 28-дневном возрасте соответствует для Фан-Ягнобского глиежа: на сжатие - 92-103%, на растяжение 96-102%;

к 6-месяцам: на сжатие - 95-114%, на растяжение 93-100%;

для Ангреновского глиежа: на сжатие - 88-99%, на растяжение 93-119%;

к 6-месяцам хранения: на сжатие - 104-110%, на растяжение 82-106%;

- при добавке 40 и 50%, прочность составляет:

для Фан-Ягнобского глиежа: на сжатие - 92-113%, на растяжение 96-100%;

при хранении в течение 6 месяцев: на сжатие - 97-107%, на растяжение - 82-100%;

для Ангреновского глиежа: на сжатие - 80-91%, на растяжение - 86-115%;

- при хранении в течение 6-месяцев: при сжатии - 97-102%, при растяжении - 87-108%;

Результаты испытаний свидетельствуют о том, что портландцемент с добавкой Фан-Ягнобского глиежа дает большой процент нарастания физико-механической прочности и соответствует всем требованиям ГОСТа при использовании в гидротехнических сооружениях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Добавка 20% глиежа Фан-Ягнобского месторождения к исходному клинкеру существенно не отражается на его начальной прочности, марка при этом не снижается. К шести месяцам прочность пуццоланового цемента достигает 114% по отношению к прочности исходного клинкера и 120 % к прочности портландцемента, вырабатываемого Душанбинским цементным заводом на основе этого клинкера;

2. Добавка 30% глиежа Фан-Ягнобского месторождения к исходному клинкеру не снижает марки цемента, а к 6 месяцам набирает прочность 95-114% по отношению к прочности исходного клинкера и 100-111% к прочности портландцемента;

3. При добавке 40% глиежа Фан-Ягнобского месторождения прочность на сжатие в 28-дневном возрасте составляет 90-113%, а к 6 месяцам 97 до 106% от прочности исходного клинкера и 107-114% к прочности портландцемента;

4. При добавке 50% глиежа Фан-Ягнобского месторождения прочность на сжатие в 28-дневном возрасте составляет 90-92%, а к 6 месяцам 97-105% к прочности исходного клинкера и 102-107% от прочности портландцемента;

5. При добавке 20, 30 и 40% глиежа Ангреновского месторождения прочность на сжатие составляет от 80 до 99% исходного клинкера, а к 6- месяцам прочность достигает прочности исходного клинкера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блэнке Р., Кеннеди Г. – «Технология цемента и бетона» Промстройиздат 1957 год.
2. Галкина Г. В. и Милоградская А. И., «Пробужденный бетон на основе горелых пород и извести». Труды Института химии АН УзССР, 4. 63, 1953 год.
3. ГОСТ 4798 —49 «Бетон гидротехнический».
4. Канцпольский И.С., Мьякинченко М. И., Галкина Г.В., Жабицкий М.С., Сборник, «Цементы на местном сырье», АН УзССР, 5, 1959 год.
5. Кинд В.А. – «Специальные цементы», М, 1932 год.
6. Кинд В.В. – «Действие на цементы растворов серноокислых солей, близких по концентрации к природным водам, содержащим эти соли». Пуццолановые цементы. Труды комиссия по добавкам. Ленинград 1936 год.
7. Коган Л.С., Рушук М.Г. «Цементы для гидротехнического строительства» Труды Гипроцемента 1949 г.
8. Kokubu M., Cement for dams and dam concrete of Japan, Electric Power and Engineering v. 1, № 1, 1961, Токуо.
9. Рояк С. М., «Пуццолановые цементы», Сборник ВНИИЦ, 1936 год.
10. Рояк С.М. – «Пути получения высокосортного пуццоланового портландцемента». Труды комиссии по добавкам. Ленинград 1936 год.
11. Юнг В.Н. - "Технология вяжущих веществ".

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

TJ	RU	EN
Саидзода Чамшед Ҳамро	Саидзода Джамшед Ҳамро	Saidzoda Jamshed Hamro
д.и.т., профессор	д.т.н., профессор	Doctor of Technical Sciences, Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, кафедраи “Масолеҳҳо, технология ва ташкили сохтмон”	Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими, кафедра “Материалы, технология и организация строительства”	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi, Department of Materials, Technology and Organization of Construction
e-mail: jamshed66@mail.ru		
TJ	RU	EN
Мирҷамолов Абдучалил Мирҷамолович	Мирджамолов Абдуджалил Мирджамолович	Mirjamolov Abduljalil Mirjamolovich
Ассистент	Ассистент	Assistant
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, кафедраи “Масолеҳҳо, технология ва ташкили сохтмон”	Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими, кафедра “Материалы, технология и организация строительства”	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi, Department of Materials, Technology and Organization of Construction
e-mail: mirdzamolov1949@mail.ru		
ORCID: 0000-0002-4502-2567		
TJ	RU	EN
Саидов Хуршед Ҳамидуллоевич	Саидов Хуршед Ҳамидуллоевич	Saidov Khurshed Hamidulloevich
Муаллими калон	Сарший преподаватель	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, кафедраи “Масолеҳҳо, технология ва ташкили сохтмон”	Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими, кафедра “Материалы, технология и организация строительства”	Tajik Technical University named after Acadtmician M.S. Osimi, Department of Materials, Technology and Organization of Construction
e-mail: said-0785@mail.ru		

72.036 (575.3)

БОЗТОБИ ТАЛАБОТИ ИҶТИМОӢ ДАР ҲАЛЛИ МЕЪМОРИИ МАНЗИЛҲОИ ИНФИРОДИИ ШАҲРАКҲОИ ШИМОЛИ ТОҶИКИСТОН

Зокиров Р.Ш.

Донишқадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ дар шаҳри Хучанд

Ин мақола ба омӯзиши хусусиятҳои меъмории банақшагирии манзили шаҳракҳои шимолӣ Тоҷикистон барои оилаҳои таркибашон мураккаб бахшида шудааст. Мақсади асосӣ дар ин таҳқиқот сустҷуи методҳои тарҳрезии манзилҳои нави истиқоматӣ, баланд бардоштани дараҷаи ободонии муҳити зист мебошад, ки ин имкон медиҳад то бароҳати зиндагии оилавӣ ва инфиродӣ бо шаклҳои иҷтимоии зист пайваста шавад. Ташаккули системаҳои тарҳкашӣ аз мавқеи ҳулосагириҳои илмӣ дида баромада мешавад, ки бо назардошти таркиб ва сохтор, инчунин хусусиятҳои ҳаёти оилаҳои калон ва системаҳои мураккаби оилавӣ ба вучуд овардани навҳои нава ва махсуси манзили шаҳракро дар назар дорад. Дар натиҷаи таҳқиқи принсипҳои лоиҳакашӣ барои азхудкунии навҳои нави махсуси биноҳои истиқоматии шаҳрак бо назардошти кӯчонидани кулаи оилаҳои калон ва сохтори мураккаби оилавӣ муайян карда шуданд, ки ин имкон медиҳад қисми зиёди заминҳои барои қитъаҳои наздиҳавлигӣ ҷудо шудаанд, самаранок истифода шаванд. Масъалаҳои тарҳрезӣ ва омӯзиши хусусиятҳои иҷтимоӣ демографии аҳолии шаҳракҳои шимолӣ Тоҷикистон (дар мисоли Ғонҷӣ, Шайдон, Бӯстон, Навкат, Исфара ва Конибодом), аз ҷумла хусусиятҳои зисту зиндагии оилаҳои калон ва ташаккули оилаҳои мураккаб яке аз роҳҳои муайян кардани маҷмуи хусусиятҳои ташкили манзили шаҳрак ва ба ҳалли меъмории тарҳкашии манзил мувофиқ будани ин оилаҳо хос мебошад.

Калидвожаҳо: манзилҳои шаҳрак, шимолӣ Тоҷикистон, оилаҳои калон, меъмории, тарзи зиндагӣ, шаклҳои мураккаби оилавӣ, иҷтимоӣ демография.

ОТРАЖЕНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ В АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЯХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМОВ В СЕВЕРНЫХ ГОРОДАХ ТАДЖИКИСТАНА

Зокиров Р.Ш.

Данная статья посвящена изучению архитектурных особенностей и планировки многолетних городов северного Таджикистана. Основной целью данного исследования является поиск методов проектирования новых жилых зданий, повышения уровня благоустройства окружающей среды, позволяющих сочетать комфорт семейной и индивидуальной жизни с социальными формами проживания. Развитие систем проектирования рассматривается с позиций научных выводов, что с учетом состава и структуры, а также особенностей жизнедеятельности многолетних семей и сложных семейных систем предполагает создание новых и особых типов городских жилищ. В результате исследования определены конструктивные принципы застройки новых типов специальной жилой застройки города с учетом удобного расселения многолетних семей и сложной семейной структуры, что позволяет эффективно использовать большую часть жилой площади, земли, отведенные под приусадебные участки. Вопросы проектирования и изучения социально-демографических характеристик населения городов северного Таджикистана (на примере Ганчи, Шайдона, Бӯстона, Навката, Исфары и Конибадама), в том числе особенностей проживания и быта многолетних семей и формирования. Сложные семьи являются одним из способов определения совокупности особенностей организации жилища в городе и характерных для этих семей архитектурных решений и конструкции дома.

Ключевые слова: городское жилище, северный Таджикистан, многодетность, архитектура, образ жизни, сложные семейные формы, социально-демографические.

RESTORATION OF SOCIAL REQUIREMENTS IN ARCHITECTURAL SOLUTIONS OF INDIVIDUAL HOUSES IN NORTHERN CITIES OF TAJIKISTAN

Zokirov R.Sh.

This article is devoted to the study of the architectural features and housing planning of the towns of northern Tajikistan for large families. The main goal of this study is to find methods of designing new residential buildings, to increase the level of environmental improvement, which allows to combine the comfort of family and individual life with social forms of living. The development of design systems is considered from the position of scientific conclusions, which, taking into account the composition and structure, as well as the characteristics of the life of large families and complex family systems, implies the creation of new and special types of urban housing. As a result of the research, the design principles for the development of new types of special residential buildings of the town were determined, taking into account the convenient relocation of large families and complex family structure, which allows the efficient use of a large part of the land allocated for backyard plots. Issues of design and study of socio-demographic characteristics of the population of the towns of northern Tajikistan (for example, Ghonchi, Shaydon, Boston, Navkat, Isfara and Konibodom), including the characteristics of living and life of large families and the formation of complex families are one of the ways to determine the set of characteristics of the organization of housing in the town and to The architectural solution and design of the house is characteristic of these families.

Keywords: city dwellings, northern Tajikistan, large families, architecture, lifestyle, complex family forms, socio-demographic.

МУҚАДДИМА

Яке аз ҳадафҳои меъмории ба аҳолии фароҳам овардани шароити мусоиди зист ба ҳалли муштараки масъалаҳои лоиҳакашӣ ва сохтмони манзилгоҳҳои шаҳракҳо, ки хусусияти дучонибаи шаҳру деҳотро доранд, ба ҳисоб меравад. Самти асосии сустҷуи сохтмони хонаҳои истиқоматии нава баланд бардоштани дараҷаи ободонӣ мебошад, ки ин имкон медиҳад, то бароҳати зиндагии ҳар шахс бо шаклҳои ҳаёти ҷамъиятӣ пайваста шавад. Дар акси ҳол ба инкишофи шахсият, афзоиши фаъолияти меҳнатӣ, мустақкам шудани саломатӣ боис гашта, дар фаъолияти истеҳсолии одамон таъсиргузор аст.

Дар ин замина, фароҳам овардани шароит барои дастрасии аъзоёни оилаҳои мураккаби шаҳракҳои шимолӣ Тоҷикистон ва сохтори мураккаби оилавӣ (оилаҳои дорои 3 насл ва зиёда аз он),

зиндагии фаъоли онҳо бо назардошти имкониятҳои шаҳракҳои шимоли Тоҷикистон, фароҳам овардани микроклими мусоид ва имкони иваз кардани манзил. алоқаи функционалӣ, инчунин ҷудо кардани минтақаи тарҳкаши будубоши аъзоёни он ба баланд шудани шароити истиқомати оилаҳои калон ва мураккаби шаҳракҳои шимоли Тоҷикистон ёри мерасонад.

Талаботи дар боло зикршуда бунёди навъҳои нави махсуси манзилҳои истиқомати шаҳракро, ки аз навъҳои мавҷудаи биноҳои истиқоматӣ аз рӯи таркиб ва майдони квартираҳо, муносибати функционалии онҳо, принципҳои қарорҳои меъморӣ банақшагирӣ ва ғайра фарқ мекунанд, дар назар доранд. Ташаққули қарорҳои меъморӣ тарҳӣ, хусусиятҳои таркиб ва сохт, инчунин тарзи зисти оилаҳои калони шаҳракҳои шимоли Тоҷикистон ва шаклҳои мураккаби оилавӣ аҳамияти калон доранд.

УСУЛИ ТАҲҚИҚОТ

Омӯзиши масоили иҷтимоӣ дар меъморӣ манзилҳои инфиродӣ - барҳамдиҳии равандҳои кӯҳнашуда ва шабакаҳои афзояндаи муҳандисӣ, гузариш ба барқарорсозии босуръати онҳо ва бозсозӣ дар асоси коркард ва татбиқи барномаҳои самараноки иҷтимоӣ ва илмию техникӣ, дар сатҳҳои гуногун бозсозии маҳалҳои аҳолинишини шаҳракҳои шимоли Тоҷикистон, қонеъ гардонидани талабот ба манзили дастрас, баланд бардоштани сатҳи таъминот бо иншооти ҳозиразамони инфрасохтори иҷтимоӣ ва коммуналии муҳити муосири зист мебошад.

Инчунин омилҳои зерин ба ҳалли масъала ҳамчун усули таҳқиқот бевосита мусоидат менамоянд:

- такмили инфрасохтори иҷтимоии шаҳрҳои хурд бо мақсади фароҳам овардани шароити мусоиди зиндагӣ, ташаққули манзилҳои замонавӣ ва беҳтар намудани сифати хизматрасонӣ ба аҳолии дар ҳудудҳои ҳамшафат зиндагидошта;

- дар амалияи сохтмони манзил қорӣ намудани унсурҳои замонавии банақшагирӣ, ки ба принципҳои инноватсионии иморатсозии минтақаҳои истиқоматӣ (маҳаллаҳо) асос ёфтааст;

- мушкилоти қиддӣ ин таъмини рушди мутавозуни бозори манзил дар шароити талабот ба манзили замонавӣ ва бароҳат ба ҳисоб меравад. Бояд шароит на танҳо барои афзоиши сохтмони манзили бисёрхӯҷра, балки амалишавии имконияти беҳтар намудани шароити зиндагӣ барои оилаҳо бо роҳи сохтмони манзилҳои инфиродӣ [1].

Барои муайян кардани хусусиятҳои манзилҳои инфиродӣ дар шароити гуногуни шаҳракҳо (Ғонҷӣ, Шайдон, Бӯстон, Навкат, Исфара ва Конибодом) майдонҳои биноҳои камшоёнаро дар минтақаҳои марказӣ, миёнаи шаҳрак ва канори шаҳрак омӯхтем. Барои муқоиса масоҳатҳои биноҳои баландшоёнаи солҳои 80-уми асри XX низ омӯхта шуданд.

Барои биноҳои инфиродии камшоёна дар минтақаҳои марказӣ ва миёнаи шаҳрак, бар хилофи канорӣ сатҳи пастӣ таҷҳизоти муҳандисии хонаҳо ва дар минтақаи миёна низ дараҷаи ободонии кӯчаҳо паст аст. Фарқияти хонаҳои инфиродӣ аз рӯи масоҳати умумӣ чунин аст: хонаҳои хурд бо масоҳати умумии 36 метри мураббаъ. Дар минтақаи марказӣ (60%), хонаҳо бо масоҳати умумии 37 - 50 метри мураббаъ. - дар минтақаи миёна (72%) хонаҳои калон, аксаран душоёна, бо масоҳати умумии зиёда аз 50 метри мураббаъ. - дар канори (53%) қойгиранд. Мутаносибан шумораи хӯҷраҳо дар хонаҳо аз марказ то канори он зиёд мешавад, ки дар онҳо хонаҳои 4-6 хӯҷрагӣ аллакай тақрибан 40%-ро ташкил медиҳанд. Майдони биноҳои серошёна аз хонаҳои қор ва панҷошёна сохта шудааст.

Таҳқиқот фарқияти назарраси як қатор хусусиятҳои иҷтимоию демографии аҳоли (дараҷаи маълумот, сохтори шуғл, ҳайъати оилавӣ ва синну сол, хусусиятҳои ҷинсӣ ва ғ.) аз рӯи минтақаҳои таҳқиқотро ошкор намуда, сиёсати банақшагирӣ, ки дар шаҳракҳо асоси баҳисобгирии ин хусусиятҳо гуногунанд, барои рушди иҷтимоии шаҳрак махсусан муҳим аст. Муқаррар карда шудааст, ки дараҷаи маълумотнокии аъзоёни оила ҳар қадар баланд бошад, ҳамон қадар тарзи ҳаёти шаҳршиниро пеш мебарад. Ин бо қатъиян паст шудани дараҷаи инкишофи фаъолияти иқтисодии оила, ки дар навбати худ дар навъҳои афзалиятноки манзил ифода меёбад, хос аст.

Шумораи аҳолии биноҳои инфиродии камшоёна дар минтақаҳои марказӣ ва миёнаи шаҳрак хеле кам буда, сохтори шаҳрсозии ду ноҳияи дигар (Бӯстон ва Зафаробод) нисбатан «ҷавон» аст. Давраҳои гуногуни ҳаёти аҳолии ин манотиқ ба муҳлатҳои гуногуни сохтмони манзили инфиродӣ ва дар биноҳои миёнашоёна қойгир кардани квартираҳо вобастаанд. Ҳамин тарик, маҳаллаҳо аз ҷиҳати сохторӣ синну соли аҳолии худ ва тамоюли тағйирёбии он дар оянда фарқ мекунанд.

Манзилҳои камшоёна таърихан хоси маҳаллаҳои аҳолинишини шаҳракҳои шимоли Тоҷикистон буда, тибқи анъанаҳои миллӣ дар шакли кварталҳои зичиморати блоконидашуда, ки ба суннатҳои маҳалла робитаи бевосита дорад, алоқаманд мебошад. Маҳалла ҳамчун ячейкаи шаҳрсозии натавон миллӣ, балки кишварҳои Шарқ бо унсурҳои таркибии хоси худ (расми 1) фарҳанг, расму анъана ва рукнҳои маҳаллии тарзи зисту зиндагонии мардумро дар худ то имрӯз таҷассум ва ҳифз менамояд.



Расми 1 – Сохтори таркибии маҳалла (коркарди муаллиф).

Ба шароити манзилии аҳолии шаҳракҳо инҳо хос мебошанд;

- фарқияти назарраси таъмини манзил аз рӯи манотиқ ба назар мерасад, ки аз 9 метри мураббаъ ба як нафар аз масоҳати умумии минтақаи миёнаи шаҳрак 15 соли охир то 20 метри мураббаъро ташкил медиҳад;

- дар шароити зисту зиндагонии аҳолии маҳаллаҳо аз рӯи «формулаи сукунат», ки дар асоси он зиёда аз нисфи оилаҳои маҳаллаҳо (мутаносибан 76 %;— маҳаллаҳо) тафовут мавҷуд аст. Пеш аз ҳама аҳолии манотиқи марказӣ ва миёнаи манзили инфиродии камшӯна бояд шароити манзилии худро беҳтар кунанд, ки дар байни маҳаллаҳои таҳқиқшуда шумораи бештари оилаҳо аз рӯи нишондиҳандаҳои «н-2» зиндагӣ (43%) мекунад. Шароити зисту зиндагонии аҳолии маҳаллаи 3 (дар канори он), ки оилаҳои даромадашон устувор "н+1 ва бештар" зиндагикунанда 29 %-ро ташкил медиҳанд.

Таҳлили ҷойгиршавии оилаҳои андозаи гуногун дар хонаҳои (квартираҳои) андозаҳои гуногун нишон дод, ки муқаррадоҳо ва оилаҳои 2 нафар бештар шароити мусоиди маишӣ, оилаҳои аз 3 ва 4 нафар иборат буда, аз рӯи формулаи «п-1» (шумораи ҳуҷра нисбати аъзои оила) бартарӣ доштани маҳалли аҳолинишин, бо зиёд шудани шумораи оилаҳо (5 ва аз ин ҳам зиёд), шароити манзиль паст мешавад.

МУҲОКИМА

Таҳқиқот нишон дод, ки тамоюли - паст шудани сатҳи қаноатмандии сокинон аз хона (квартира) дар самти ҷойгиршавии минтақаҳои таҳқиқшуда аз канори шаҳрак ба марказ (28%) қонеъ набудагон - мутаносибан дар минтақаи миёна равшан ба назар мерасад. Ин далелҳо мефаҳмонад, ки 32%-и сокиноне, ки меҳоянд шароити зисти худро тағйир диҳанд (бо мақсади беҳтар кардани шароит) зиёд буда, аз 57% то 84% аҳолии минтақаи миёна ва марказии шаҳрак ва танҳо дар канори он то 32 % кам мешавад.

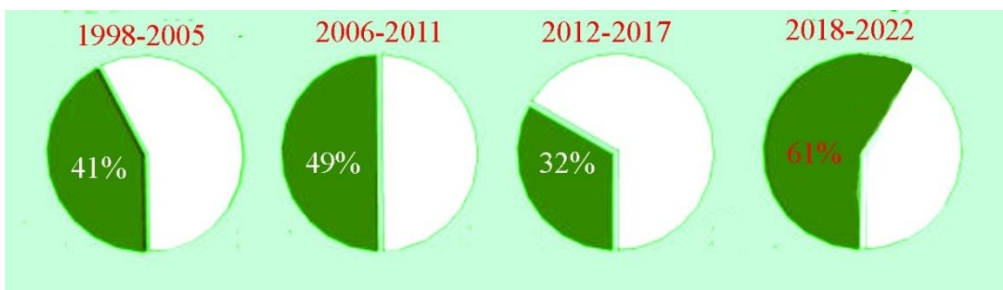
Дар натиҷаи пурсиш муайян карда шуд, ки:

-аҳолии манзилҳои инфиродии камшӯна дар манотиқи гуногуни шаҳрак ҳайъати оила ва соҳти синну солӣ, табақаи иҷтимоӣ, ҷинсӣ, касбу кор талаботи гуногун дорад. Дар минтақаи миёна асосан аҳолии калонсол зиндагӣ мекунад;

-эҳтиёҷи бо манзил таъмин намудани аҳоли аз марказ нисбат ба манотиқи канорӣ меафзояд.

Тафовутҳои қайд кардашудаи манзилҳои инфиродии мавҷуда ва сохтори аҳоли, он таъминоти манзиль муносибати дифференсиалиро ба интиҳоби бино аз рӯи намудҳо, масоҳат ва таркиби ҳуҷраҳо дар манотиқи гуногуни шаҳрак талаб мекунад.

Таҳқиқи омории тавачҷӯҳ ба бунёди биноҳои истиқоматии камшӯна дар қаламрави кишвар дар давраи солҳои 1998-2022 нишон медиҳад, ки то соли 2005-41%, дар давраи солҳои 2006-2011 афзоиш ёфта, ба 49% расидааст. Дар марҳилаи солҳои 2012-2017 бошад, кам гардида, ба 32%, вале тӯли солҳои охир (2018-2022) ба 61% аз ҳиссаи умумии биноҳои истиқоматии нав бунёдшуда (Расми 2) ташкил медиҳад.



Расми 2 – Ҳиссаи манзилҳои камшӯна дар соҳтмони биноҳои истиқоматии нав бунёдшуда (дар асоси Ҳисоботи омории хоҷагии халқи вилояти Суғд дар давраи солҳои 1998-2022)

Сабаб ва омилҳои якбора тағйирёбии динамикаи бунёд ва ба истифодадиҳии манзилҳои инфиродӣ, ки асосан аз ҷониби шаҳрвандон сурат мегирад, инҳо муқаррар карда шуданд:

- тағйирёбии ҳолати демографии оилаҳои эҳтиёҷманд;
- дар марҳилаҳои муайян ҷудо ва вобаста намудани қитъаҳои наздиҳавлиғ аз ҷониби Мақомотҳои иҷроияи маҳаллӣ;
- равандҳои муҳочирати меҳнатӣ, ки ба беҳдошти сатҳи некуаҳволии аҳоли ва рушди сохтмон замина мегузорад.

Таҳлили маълумотҳои ба даст омада дар бораи таркиб ва андозаи мавҷудаи хоҷагиҳои ёрирасони шахсии сокинони биноҳои алоҳидаи камшӯна нишон дод, ки дар шароити ҳозиразамони хеле урбанизатсияшудаи шаҳраки калон дар баробари шумораи зиёди оилаҳои, ки ба фаъолияти хоҷагидорӣ машғул намешаванд, оилаҳои ҳастанд, ки махсусан дар канори шаҳрак машғуланд. Муқаррар карда шудааст, ки тафовути бештари навъҳои манзилҳои инфиродии шаҳракҳо дар таркиби биноҳои наздиҳавлиғ ва ҳаҷми қитъаҳои наздиҳавлиғ, ки ба таносуби гуногуни (мавҷудаи) хоҷагиҳои ёрирасони шахсии оилаҳои мувофиқанд, мушоҳида мешавад. Ин дар ҳоле, ки ҳайъати манзилҳои истиқоматии манзилҳои инфиродӣ асосан бетағйир мемонад. Ба ин муносибат дар таҳқиқот асосан мутобиқи дараҷаи инкишофи фаъолияти иқтисодии оилаҳои, хусусиятҳои ва намудҳои тарзи ҳаёти гурӯҳҳои гуногуни оилаҳои дар хонаҳои камшӯна муайян карда шуданд. Дар баробари ин, доираи васеи тафовутҳои фаъолияти иқтисодии оилаҳои - аз рӯи таркиби равандҳои ва дараҷаи онҳо ошкор карда шуд.

Дар ин сурат ин нигоҳубини хоҷагии ёрирасони шахсӣ — гармхонаҳо, боғот, ползкорӣ, паррандапарварӣ ва ҷорвои хонагиро дар назар дорад, ки нисбат ба фаъолияти хоҷагӣ ба равандҳои ҳаётии худ оила инкишоф додани манзил алоқаманданд[2].

Дар натиҷа ҷор намуди тарзи зиндагии оилаҳои дар манзилҳои инфиродӣ ва %-и онҳо дар минтақаҳои гуногуни шаҳракҳои Навкат ва Шайдон муайян карда шуд:

1. Кам шудани фаъолияти иқтисодӣ, хоҷагии ёрирасон ва соҳибқориҳои хонагӣ (набудани мавзёи ё масоҳати хурди он - то 200 метри мураббаъ);

2. Фаъолияти иқтисодии сусти ифодаёфта (масоҳати қитъа аз 200 метри мураббаъ то 400 метри мураббаъ) - оила метавонад дар сурати мавҷуд набудани биноҳои ёрирасон дар мавзёи, ҳатто барои ҷорвои паррандагон бунгоҳи нақлиёт ва боғ дошта бошад;

3. Фаъолияти мўтадили иқтисодӣ (масоҳати замин 400-600 метри мураббаъ) - оила ба парвариши маҳсулоти кишоварзӣ машғул аст, барои паррандапарварӣ бинои ёрирасон (сарой) дорад;

4. Фаъолияти ба таври васеъ инкишофёфтаи хоҷагӣ (масоҳати замин 700 метри мураббаъ ва бештар аз он) - парвариши маҳсулоти кишоварзӣ аз ҷониби оила; биноҳои ёрирасони муштараки мавҷудаи ба ҳаҷми хоҷагии ёрирасони шахсии тараққикарда (дар шароити шаҳрак) мувофиқ буда, дар он асосан: парранда, харгўш, буз, гов ва гўсфанд нигоҳубин мешаванд.

Дар минтақаҳои шаҳрак ин навъҳои тарзи ҳаёт таносуби гуногун доранд: - дар минтақаи марказӣ оилаҳои фаъолияти иқтисодии сусти бартарӣ дошта - 70%; оилаҳои сабук (49 %) ва миёна инкишофёфта (35 %) — дар маҳаллаи миёнаи шаҳрак; оилаҳои, ки фаъолияти иқтисодии хуб инкишофёфта - дар канори шаҳрак ва атрофи (63%) мавҷуданд.

Бо мақсади муайян кардани манзилҳои инфиродӣ, ки шаҳрвандон бештар истиқомат доранд, микёси типологии эҳтимолии чунин хонаҳоро барои сохтмон дар манотиқи гуногуни шаҳрак коркард шуд:

навъи 1 — хонаи алоҳида бо ҷои нақлиёт, боғу полз ва минтақаи хурд дар дохили шаҳрак;

навъи 2 - хонаи алоҳида бо ҷои нақлиёт ва қитъаи хурд дар як гурӯҳи истиқоматӣ; хонаҳои дорои ҳавлии умумӣ дар дохили шаҳрак;

навъи 3 — манзилҳои зичиморати қолинӣ бо ҷои нақлиёт ва ҳавлии инфиродӣ дар дохили шаҳрак;

навъи 4 — бинои камшӯнаи дорои ҷои нақлиёт ва минтақаи замин дар канори шаҳрак;

навъи 5 — хонаи алоҳида, ки тибқи анъанаҳои миллӣ хонаҳои коммуналӣ, ҷои нақлиёт ва минтақаи наздишаҳрӣ дорад;

навъи 6 — ҳавлии истиқоматии дорои ҷои нақлиёт, иморатҳои ёрирасон ва минтақаи замини берун аз шаҳрак.

Андозаи қитъаҳои наздиҳавлиғ барои ин намуди хонаҳо дар асоси заминаҳои мавҷуда ва афзалияти оилаҳои муайян карда шуд. Муайян карда шудааст, ки андозаҳои стандартии қисмҳои афзалиятдор доираи васеи фарқиятҳо доранд. Майдони онҳо то 1000-2000 ва ҳатто 10000 метри мураббаъро ташкил медиҳад, ки ин аз тарзи гуногуни зиндагии оилаҳои вобаста аст аз 20-50 метри мураббаъ тағйир меёбад.

Вақте, ки оилаҳои навъи хонаҳо (вобаста ба минтақаи истиқомати худ) интихоб мекунанд, биноҳои инфиродии камшӯна — навъи 1, дар ҷои дуҷум — навъи 5 ва баъд — навъи 6 маълум истифода мешаванд.

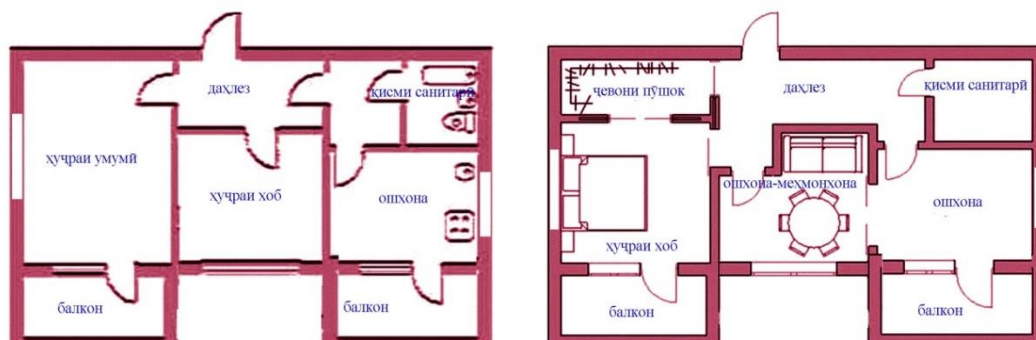
Ҳамин тариқ, хонаҳои алоҳидаи камшӯна маълумтаринанд, дар ҳоле ки хонаҳои якҷуҷрагӣ ва ҳатто дугоникҳо (дулекс), инчунин биноҳои қолинӣ айни замон талабот надоранд.

Вобаста ба тарзи зиндагонӣ, дараҷаи инкишоф биноҳои минтақаи наздиҳавлигии квартира (хона) ва блоки коммуналӣ, ки бояд фаъолияти хоҷагии оилаҳоро таъмин ва осон гардонанд, аз рӯи таркиб ва сохти худ, андозаи бино аз мавҷудияти ҳатмии маҷмӯи пурраи ҳуҷраҳои коммуналӣ то набудани баъзеи онҳо фарқ мекунанд. Ин ба мо имкон медиҳад, ки як қатор намудҳо-маҷмӯаҳои биноҳои хоҷагӣ ва биноҳои ба намудҳои гуногуни тарзи ҳаёти оилавӣ мувофиқро муайян кунем.

Бо мақсади ба даст овардани пайдарҳамии пайдоиши биноҳои хизмати маишӣ аз рӯи диапазони типологиашон ва тартиб додани намуд-комплектҳои ин хонаҳо дар амалияи ватанӣ ҳалли меъморӣ тарҳкашии хонаҳои шаҳракҳо ва зиёда аз 180 хонаи инфиродии камшӯна. дар манотиқи гуногуни шаҳраки Шайдон (бо хоҷагиҳои андозаашон гуногун), инчунин эҳтиётот ва майлу хоҳиши оилаҳо ҳамчун як қисми биноҳои истиқоматиашон назарсанҷӣ-пурсиши иҷтимоии қишри интихобии аҳоли (маи с.2023) гузаронида шуд.

Дар асоси таҳлили натиҷаҳои омӯзиши тартиби зухуроти биноҳои истиқоматие, ки аҳоли дар ҳар як маҳалли мушаххаси шаҳрак бартарӣ дорад, муқаррар карда шуд, ки шумора, хусусиятҳои иҷтимоӣ демографии оилаҳо, тарзи зиндагонии онҳо ва ҷойгиршавии хонаҳои истиқоматии инфиродии камшӯна дар сохтори шаҳрак дар шаклҳои алоҳидаи биноҳо зухур ёфта, афзоиши таркиби биноҳои хоҷагӣ ба дараҷаи инкишофи фаъолияти иқтисодии оилаҳо бевосита мутаносиб аст.

Яке аз самтҳои беҳтар намудани бароҳати шароити истиқоматии манзилҳои сохти квартира, ин дигаргун намудани сохтори миёнадеворҳои таркибии он мебошад. Ин усул бештар дар манзилҳои дорӣ сохтори конструктивиӣ модулии тағйирёбанда самаранок истифода мешавад. Чунин табдилдиҳӣ (расми 3) вобаста ба дигаргуншавии ҳайъати аъзоёни оила, касбу машғулият ва эҳтиёҷи синнусолию гендерӣ сурат мегирад.



Расми 3 – Намунаи дигаргун намудани сохтори таркибии манзил.
Ҳолати муқаррарӣ (чап) ва ҳолати табдилёфта (рост) (коркарди муаллиф)

Таҳлили пайдарҳамии зухуроти биноҳои хизмати маишӣ, ки аҳоли ба он маъқул мешуморад, имкон дод, ки нақшаи тартиб додани намудҳои биноҳои истиқоматӣ, ки аз рӯи усули «талаботи афзоянда» сохта шудаанд, гирифта шавад.

Дар баробари ин дар хона (квартира) як гурӯҳи утоқҳои зерин шартан ҷудо карда мешавад: толор, ошхона, ҳаммом, ҳоҷатхона — ҳамчун қисми ҳатмии биноҳои минтақаи ёрирасони квартира аз ҳама намуди камшӯнаи шаҳрӣ хонаҳои истиқоматии инфиродӣ бо ҳар як дараҷаи инкишофи фаъолияти иқтисодии оилаҳо вобаста аст. Чунин принсипи ҷудо кардани комплекти стандартӣ имкон дод, ки ин биноҳо дар оянда ба сохтмони силсила-зинаҳои азхудкунии биноҳои коммуналии шаҳрӣ дохил карда шаванд.

Муайян карда шудааст, ки хурдтарин таркиби воқеъан мавҷудаи биноҳои хоҷагии манзилҳои инфиродӣ бо ду хуҷра - айвон ва ошхона, калонтарин – то 4 хуҷра иборат аст.

Минбаъд дар асоси таҳлили биноҳои истиқоматие, ки аҳоли ба он тақозо дорад, таркиби ҳадди ақали зарурии онҳо муайян карда мешавад, ки барои ҳама гуна намуди хонаҳои инфиродии камшӯна асосӣ мебошад. Ҳар як қатори минбаъда бо роҳи илова кардани ҳуҷраҳои аллакай муқарраршуда ба даст оварда мешавад, ки дар афзалиятҳои оилаҳо, новобаста аз тарзи зиндагӣ ва минтақаи истиқомати онҳо дар шаҳрак (марказӣ, миёна, дар канори ва дар атрофи шаҳрак) бартарӣ дорад.

Таҳлили нақшаи бадастомада барои рушди биноҳои хоҷагӣ имкон дод, ки дар он чор қисми асосӣ ҷудо карда шавад, ки ҳар яке онҳо аз якҷанд қатори ин биноҳо иборатанд ва ба намудҳои мушаххаси тарзи ҳаёти оилавӣ мувофиқанд.

Ба қисми яқум азхудкунии танҳо биноҳои минтақаи хоҷагии хона (квартира) хос аст. Гузариш аз қисми яқум ба дуюм бо пайдоиши унсурҳои воҳиди мустақили иқтисодӣ (анбор, сарой, гармхона, ҳаммом) муайян карда мешавад. Дар қисми сеюм азхудкунии биноҳои хоҷагӣ ба мураккабии блоки хоҷагӣ бо биноҳои чорводорӣ (паррандахона, харгӯшпарварӣ) монанд аст. Дар қисми чорум муштаракӣ мукаммали

биноҳои чорводорӣ барои чорвои калон ва хурд нишон дода шудааст. Ҳар як қисм намуди манзилҳои инфиродии камошёноро тавассути намудҳо-маҷмуаҳои утоқҳои ёрирасони он тавсиф мекунад.

Ҳамин тариқ, барои оилаҳое, ки ба фаъолияти хоҷагӣ машғуланд, панҷ самти рушди онҳо ҳамчун намуди маҷмуи биноҳои хоҷагӣ мувофиқанд; барои оилаҳое, ки фаъолияти иқтисодӣ суст нишон додаанд - се оилаи минбаъда; муътадил инкишофёфта; бо фаъолияти васеъ инкишофёфтаи иқтисодӣ хусусиятҳои хоси худро доранд.

Дар асоси навъҳои биноҳои хоҷагӣ ва алоқаҳои функционалии байни онҳо вариантҳои манзилҳои инфиродӣ қор карда баромада шуданд. Барои ин чор намуди утоқҳои ёрирасони манзили истиқоматӣ интихоб карда шуданд. Ин вариантҳо мувофиқи меъёрҳои таъминоти манзил, масоҳати умумии як нафар, аз рӯи шумораи ҳуҷраҳо дар хонаҳо (квартираҳо) ва хусусиятҳои дигари банақшаگیرӣ, вобаста ба фарқияти гурӯҳҳои иҷтимоии аҳоли, аз рӯи сатҳи даромад, майдони умумии хона (квартира) барои оилаи 3- 4 нафар, ки тарзи ҳаёти гуногун доранд, таҳия карда шудааст.

Дар асоси вариантҳои муайяншудаи манзилҳои инфиродӣ имкон дорад, ки як қатор қарорҳои банақшагирии хонаҳо (квартираҳо)-ро мувофиқи шароити иқтисодӣ, маҳдудиятҳои техникӣ, шаҳрсозӣ ва вазъи иҷтимоӣ фарҳангӣ бо истифода аз меъёри дифференсионалии хонаҳо (квартираҳо) аз рӯи намудҳои бунёд, ки дар шаҳраҳо инкишоф ёфтаанд, мумкин аст. Вариантҳои таҳияшуда барои намудҳои гуногуни сармоягузорӣ, самтҳои рушди маҳал, ташаккули фонди манзил ва ғайра мувофиқанд.

ТАҲЛИЛ

Хусусияти хонаҳои минтақаи тадқиқшуда нишон медиҳад, ки ба истиснои он манзилҳои инфиродии зерин, ки ба назар гирифта нашудаанд, интихоб кардани лоиҳаҳои ба вариантҳои таҳияшуда мувофиқат кардан мумкин аст:

1) Аксари манзилҳо қисмати истиқоматиро бо майдони ками биноҳои хоҷагӣ алоқаманд мекунанд ва танҳо барои оилаҳое истифода мешаванд, ки фаъолияти иқтисодӣ кам ва суст зоҳир мешаванд;

2) Дар хонаҳои истиқоматӣ, блокҳо ва биноҳо умуман обод карда нашудаанд ва дар ягон шакл пешниҳод карда нашудаанд, яъне вариантҳои функционалии ин манзил барои нигоҳубини хоҷагии ёрирасони шахсии оила. Канори шаҳрак ё дар атрофи он пешбинӣ карда нашудаанд;

3) Лоиҳаҳо чунон ҳалли гуногун ва таркиби зиддиятнок доранд, ки ҷойгир кардани онҳо дар як минтақаи сохтмон мувофиқ нест.

Бо дарназардошти як қатор хусусиятҳои иҷтимоӣ демографии оилаҳо, намуди зиндагии онҳо ва навъҳои афзалиятноки манзил сиёсати тафриқавии манзил дар минтақаҳои гуногуни (марказӣ, миёна ва канорӣ) биноҳои инфиродии камошёнро шаҳрак муайян карда шуд.

Маълумотҳои ба даст овардашуда имкон медиҳанд, ки сиёсати мақсадноки иҷтимоӣ оид ба лоиҳакашӣ, азнавсозӣ ва таҷдиди манзилҳо оқилона пеш бурда шавад, ки он бояд аз инҳо иборат бошад:

-дар навбати аввал манзилҳои инфиродии минтақаҳои марказӣ аз нав сохта шавад;

-барои сокинони минтақаи миёна бо мақсади зиёд кардани майдони истиқоматии хонаҳо барои васеъ намудани сохтмони мавҷуда шароит фароҳам овардан лозим аст.

-хусусиятҳои ҷойгиркунӣ ва ҳиссаи хонаҳои истиқоматии инфиродии камошёнро дар шаҳраҳои андозаашон гуногун баррасӣ карда мешаванд.

Биноҳои инфиродии камошёнро танҳо 24 %-и фонди умумии манзили шаҳри калонро ташкил медиҳанд, дар шаҳраки хурд бошад, ҳатто аз 50 % зиёд аст; Дар сохтори шаҳрак манзилҳои инфиродӣ на танҳо дар канори шаҳрак, балки дар дигар маҳаллаҳои шаҳрак, аз ҷумла дар манотиқи марказии он ҷойгир буда, то 50%-и маҳаллаҳои истиқоматии шаҳраки калон ва тақрибан 80%-ро дар шаҳрҳои хурд ташкил медиҳанд:

-аксарияти сокинони хоҷагиҳои ёрирасони шахсии дараҷаҳои гуногуни тараққиёт, ки ба ғайр аз самтҳои арзиш ва имкониятҳои иқтисодии оилаҳо бо андозаи қитъаи наздиҳавлигӣ ва ҷойгиршавии манзил дар сохтори шаҳрак алоқамандии бевосита доранд;

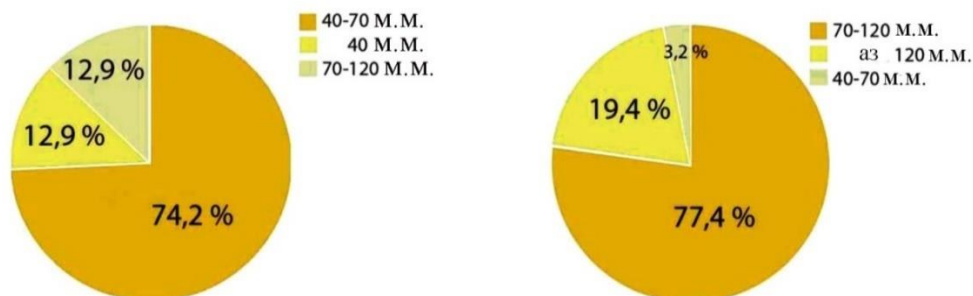
- мавҷудияти манзилҳои инфиродӣ дар шаҳраҳо боиси ташаккули намудҳои тафриқаноки тарзи ҳаёти шаҳрвандон (шаҳрӣ, нимшаҳрӣ, деҳоти Шимоли Тоҷикистон) мегардад;

- тарзи гуногуни зисту зиндагонии оилаҳо ва дараҷаи тараққиёти хоҷагии ёрирасони шахсӣ фарқкуниро дар таркиб ва андозаи биноҳои ёрирасон ва хизмати маишии манзил тақозо мекунад.

Дар натиҷаи омӯзиши меъмурию иҷтимоии манзилҳои инфиродӣ ва баҳогузорию он аз ҷониби сокинон дар сатҳи қаноатмандии сокинон аз манзили инфиродии худ дар минтақаҳои гуногуни шаҳрак тафовут ошкор гардид: махсусан қариб 80%; -и оилаҳо дар минтақаи миёна эҳтиёҷ ба таҷдиди манзилро доранд. Дар мавзеи биноҳои серошёнаи замонавӣ бошад, 65 %-и оилаҳо аз манзили худ қаноатманд нестанд.

Эҳтиёҷоти боқимонда ба як гурӯҳи оилаҳое тақсим карда мешавад, ки меҳонад дар манзили пешинашон бимонанд (аз 16% - то 68%) ва меҳонад ба хонаи дигар, беҳтар ва ё ба дигар манотиқи шаҳрак иваз кунанд, қариб 30 % ва 45 %-и сокинони биноҳои миёнаошёнаро ташкил медиҳанд.

Бо мақсади муайян намудани ҳолати мавҷуда ва талаботи сокинон ба масоҳати эҳтиёҷдоштаи манзилҳои истиқоматӣ миёни (120-нафар) сокинони шаҳраки Бӯстон моҳи марти соли 2023 дар доираи таҳқиқоти мазкур пурсиши иҷтимоӣ гузаронида шуд. Натиҷаҳои пурсиши мазкур дар шакли диаграмма (расми 4) ба назар мерасад, ки норасоии масоҳати зарурӣ барои оилаҳои калон ҷой дошта, зарурати бозбинии меъёри масоҳатҳо ва ҳалли ҳаҷмию тарҳии биноҳои истиқоматӣ, инчунин квартираҳо мавҷуд аст.



Расми 4 – Ҳолати мавҷудаи (чан) ва ҳоҷиши сокинон дар интиҳоби масоҳати истиқоматӣ (рост) бо фоиз.

Масалан 74,2%-и пурсидашудагон дар манзилҳои давраи шӯравӣ сохташудаи аз 40 то 70 метри мураббаъ истиқомат менамоянд, ки дар ҳоле аз ин ҳисса бештар 77,4% ҳоҷиши (эҳтиёҷ) ба манзилҳои масоҳати 70-120 метри мураббаъ мебошанд. Ба ҳамин тартиб мутаносибан дар дигар шакли манзилҳо низ бархӯрди талабот ба мушоҳида мерасад.

Дар асоси натиҷаҳои таҳқиқот метавон қайд намуд, ки дар сохтори фаъолияти оилавии пиронсолон, ки ба нафақа баромадаанд, тағйироти кулӣ ба амал меояд. Ёри модӣ ба бачагон қатъиян кам шуда, дастгирии маишӣ ва таълимӣ зиёд карда мешавад.

Умуман, яқоя зистани волидони солхӯрда ба зиёд шудани вақти ҳолии оилаи ҷавон мусоидат намуда, ба ин васила дар робита ба имкони кӯмаки ҳамдигарӣ зану шавҳари ҷавон ва дигар аъзоёни оила имкон пайдо мекунанд, ки сатҳи таҳсилот ва фарҳангии худро баланд бардоранд.

НАТИҶА

Хусусиятҳои дар боло зикргардидаи ҳаёти оилаҳои мураккаб, шартҳои ибтидоии ташаккули талабот ба ташкили меъморӣ ва банақшагирии манзил ва кӯчонидани онҳо мебошанд. Ташаккули ин оилаҳо на танҳо дар шаҳракҳои аҳолинишин, балки дар манзилҳои халқӣ ҳангоми ба ҳаёти шаҳрӣ гузаштанашон низ зоҳир гардид.

Аз ин ҷиҳат, махсусан манзилҳои истиқоматии миллӣ ҷолиб буда, дар шаклигирии манзили минтақаҳои ҳамҷавор нақши бузургро бозидааст. Дар хонаи чандсатҳа аз ин навъ, ки дар он 4-6 хуҷра ва зиёда аз он қисматҳои ду-се хуҷра айвони худро доштанд ва аз ҳамдигар бо девори бунёди ҷудо мешуданд. Чунин хона, гӯё ба якҷанд квартира тақсим карда шуда буд ва дар ҳар яки онҳо як оилаи алоҳида зиндагӣ мекард - одатан оилаи писарони шавҳардор, ки падар барои онҳо хонаи истиқоматиро ба хонаи худ пайваस्त мекард. Ҳамаи онҳо ба хоҷагии умумӣ итоат мекарданд ва аз биноҳои умумии хоҷагӣ истифода мекунанд. Бо чунин тарҳрезӣ ва ҷойгиркунии хуҷраҳои истиқоматӣ як шакли муштаракӣ кӯчонидани аъзоёни оилаи мураккаб амал мекард. Намунаҳои хоси ташкили меъморӣ тарҳкашии хонаҳои истиқоматие, ки дар онҳо шакли маҳаллӣ ба ҳам зич тақсимшудаи оилаи сернасл ва мураккаб равшан мушоҳида карда мешавад. Ин оилаи калон дар се хонаи алоҳида, ки паҳлу ба ҳам сохта шудаанд, зиндагӣ мекунанд. Хонаҳо ва биноҳои ёрирасон тавре ҷойгир шудаанд, ки барои ҳамаи оилаҳо ҳавлии умумии квартирадорро ташкил медиҳанд. Шаклҳои баррасишудаи оилаҳои тоҷикон дар нигоҳ доштани робитаҳои оилавӣ дар байни халқҳои Осиеи Марказӣ нисбат ба дигар минтақаҳо устувортар будани оилаҳои калон ва мураккабро гувоҳӣ медиҳанд.

Ҳаминро ҳам ба назар гирифтани лозим аст, ки дар байни аҳолии деҳот фоизи калонро оилаҳои мураккаб ташкил мекунанд. Одатан, дар ин гуна оилаҳо 4—5 нафар фарзандон, баъзан шумораи онҳо ба 6-7 ва аз ин ҳам зиёд мерасад. Ин гуна оилаҳо дар арафаи гузариш ба шаклҳои мураккаби оилавӣ мебошанд. Дар натиҷаи оиладор намудани писари калон шумораи умумии аъзоёни оила, ки аз падару модар ва писари оиладорашон иборат аст, аксар вақт ба 10-12 нафар мерасад ва бо ҳамин оилаи дорои таркиб ва сохти мураккабро ташкил медиҳад. Зарурати азхуд намудани навъҳои махсуси биноҳои истиқоматӣ барои кӯчондани онҳо меафзояд. Ин пеш аз ҳама ба омилҳои иқтисодӣ вобаста аст: ҳангоми ба қитъаи нави маҳалла кӯчидани оилаҳои калон, чун қоида кӯшиш мекунанд, ки аз ҳам ҷудо шуда, қитъаҳои алоҳидаи наздиҳавлигӣ гиранд. Бо вуҷуди ин, онҳо ҳамеша дар наздикӣ бо волидон қарор доранд, робитаҳои иқтисодиро нигоҳ медоранд.

Вобаста ба гуфтаҳои дар боло зикршуда, аллакай дар марҳилаи мазкур ҳалли масъалаи кӯчонидани сохтори калон ва мураккаби оилавӣ зарур аст, дар ҳоле муҳим аст, ки на танҳо он тамоюлҳои,

ки дар айни замон зухур мекунад, балки давомнокии анъанаҳои пешқадами таърихӣ, ки дар муносибатҳои байни оилаҳо дар оянда пешбинӣ карда мешаванд ба назар гирифта шаванд.

Ба назар гирифтани хусусиятҳои иҷтимоӣ демографии аҳолии шаҳрак вобаста ба хусусиятҳои соҳти оила, таркиб, тарзи зиндагӣ ва тамоюли тағйироти минбаъдаи онҳо бояд талаботи асосӣ ҳангоми ташкили манзили созгор барои ин оилаҳо бошад.

ХУЛОСА

Омӯзиши хусусиятҳои иҷтимоӣ демографии аҳолии шаҳраки Шайдон, алалхусус тарзи зист ва фаъолияти оилаҳои калон ва ташаккули оилаҳои мураккаби шаҳракҳои Шимоли Тоҷикистон яке аз роҳҳои муайян намудани хусусиятҳои муштарак хоси ташаккули манзили шаҳрак ва ба ҳалли меъмурию тарҳкашии манзил мувофиқ будани ин оилаҳо мебошад.

Сарфи назар аз ин, омилҳо ва хусусиятҳои ҳаёти ин оилаҳо, хусусиятҳои умумие доранд, ки ҳангоми муайян кардани талабот ба ҳалли меъмурию тарҳкашии манзили шаҳрак қобили қабул мебошанд. Ба ин муносибат дар мақолаи мазкур маводҳои марбут ба меъмурии манзили шаҳрак таҳлил карда шудааст. Масъалаи демографию манзилии оилаҳои мураккаб ва якҷанд насл дар шаҳракҳои кишварамон ҳанӯз кам омӯхта шудааст.

Маълум аст, ки масъалаи кӯчонидани оилаҳои калону мураккаб бо симои онҳо ва тарзи зиндагонии онҳо, хусусиятҳои ҳаёти аъзоёни оилае, ки якҷоя зиндагӣ мекунад, саҳт алоқаманд аст. Ба ин масъалаи муҳим дар вақтҳои охир чи дар шимоли кишвар ва чи дар меъмурии манзили ҳозиразамони шаҳракҳои ватанию хориҷи кишвар, махсусан дар мамлакатҳои Африкаи Ҷанубӣ, нимҷазираи Араб ва Осиёи Миёна, ки дар ин ҷо шароити иқлим ва хусусиятҳои демографии оилаҳо якхелаанд диққати махсус дода мешавад.

АДАБИЁТ:

1. Стратегияи рушди соҳаи сохтмони Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030. https://tajsohtmon.tj/pdf/strategy_taj_20_06_2022.pdf, санаи мурочиат:04 02 2023с.
2. Волков В.Г. Формирование типов городских квартир на основе жизнедеятельности семей: Дис. канд. арх.-М., 1995.- 135 с.
3. Агентии омери назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон. 2021 Нишондиҳандаҳои асосии демографӣ. <https://aholi.stat.tj/demografiya/> demograficheskie-pokazateli. санаи мурочиат:26 04 2023с
4. Барномаи давлатии рушди сохтмони манзил дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2005-2017, (2004) - ҷ.2, б 24, с.125.
5. Кордо Н.Я. Структура планирования жилого помещения и формы жизнедеятельности семьи. -: Прогресс. — М. 2001
6. Мирхосилов С.М. Дар бораи баъзе тамоюлҳои рушди оилаи муосир дар шимоли Тоҷикистон. – Социологические исследования, № 1. 1979.
7. Барномаи давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон: рушди хочагии манзил дар шаҳракҳо барои давраи солҳои 1998-2008. <http://dd.gov.tj/news/view/280.1.42>. санаи мурочиат:18 03 2023с
8. Нурматов Р.И., Давлатов И.Х. Такмили сохтори сохтмони манзил дар Осиёи Марказӣ., 2017// Стратегияи манзил. № 1. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-struktury-zhilishnogo-stroitelstva>. санаи мурочиат:28 04 2023с
9. Фармонов А.А., Сохтори банақшагирии меъмурии биноҳои истиқоматӣ бо ҳавлӣ барои рушди шаҳракҳои хурд. //Тезиси конф. байналмиллалӣ, ТаСИ, Ташкент. 1990
10. Фармонов А.А., Тарҳрезии биноҳои истиқоматӣ бо айвонҳо барои шаҳрҳои хурд дар иқлими гарм. // Маҷмуаи конференсияи ҷумҳуриявӣ, Самарқанд: СамДАКИ. 2007

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

TJ	RU	EN
Зокиров Раҳимҷон Шарифович	Зокиров Раҳимдҷон Шарифович	Zokirov Rahimjon Sharifovich
омӯзгори калон	старший преподаватель	senior Lecturer
ДПДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ.	ПИТТУ имени академика М.С. Осими.	PITTU named after academician M.S.Osimi
E-mail: zokirov_1974_rahimjon@mail.ru		
телефон 928 07 67 66		
ORCID Id: 0000-0001-9750-8641		

УДК 624.04

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПЛИТ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Каландарбеков И. К., Исвалиев Д. Дж., Каландарбеков И. И.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.

В статье рассматривается реализация метода сосредоточенных деформаций при решении статических задач плит на действие вертикальных сосредоточенных сил. Неразрывность перемещений по граням элементов позволяет применять более крупную разбивку в неоднородных конструкциях. Метод сосредоточенных деформаций позволяет без значительных усложнений в дискретной модели учитывать податливость реальных швов в элементах зданий и сооружений. Получены результаты статического расчета изгиба плит с различными граничными условиями от действия сосредоточенных сил в центре элемента. С целью реализации полученного алгоритма решены конкретные примеры.

Ключевые слова: граничные условия, матрица внутренней жёсткости, матрица внешней жесткости, численные методы, пластина, конечный элемент.

МОДЕЛКУНОНИИ АДАДИИ МАСЪАЛАҲОИ СТАТИКИИ ТАХТАСАНГ БО МЕТОДИ МУТАМАРКАЗКУНОНИИ ДЕФОРМАТСИЯҲО

И. Қ. Қаландарбеков, Д. Қ. Исвалиев, И. И. Қаландарбеков

Дар мақола тадбири методи мутамарказкунонии деформатсияҳо ҳангоми ҳалли масъалаҳои статикӣ тахтасанг аз таъсири қувваҳои мутамаркази амудӣ дида баромада шудааст. Бефосилагии ҷойивазкуни аз рӯи тегаҳои унсурҳо имконияти медиҳад, ки дар конструксияҳои ғайриҷамъас тақсимкунии бузургтар истифода бурда шавад. Методи мутамарказкунонии деформатсияҳо имконияти медиҳад, ки бе мураккабкунӣ дар модели дискретӣ нармии дарзҳои воқеӣ дар унсурҳои биноҳо ва иншоот ба ҳисоб гирифта шавад. Натиҷаҳои ҳисоби статикӣ ҳамшавии тахтасанг бо шартҳои гуногуни канорӣ аз таъсири қувваи мутамаркази дар маркази унсур гузошташуда бадастоварда шудааст. Бо мақсади тадбири алгоритми коркардшуда мисолҳои мушаххас ҳал карда шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: шартҳои канорӣ, матритсаи сахтии дохилӣ, матритсаи сахтии берунӣ, методҳои ададӣ, пластин, элементҳои охирик.

NUMERICAL SIMULATION OF STATIC PLATE PROBLEMS USING THE CONCENTRATE STRAIN METHOD

I. Q. Qalandarbekov, D. Dj. Isvaliev, I. I. Qalandarbekov

The article discusses the implementation of the method of concentrated deformations when solving static problems of plates under the action of vertical concentrated forces. The continuity of movements along the edges of elements allows the use of larger breakdowns in heterogeneous structures. The method of concentrated deformations allows, without significant complications in a discrete model, to take into account the compliance of real joints in elements of buildings and structures. The results of a static calculation of the bending of slabs with various boundary conditions from the action of concentrated forces in the center of the element were obtained. In order to implement the resulting algorithm, specific examples have been solved.

Key words: boundary conditions, internal stiffness matrix, external stiffness matrix, numerical methods, plate, finite element.

ВВЕДЕНИЕ

Метод сосредоточенных деформаций (МСД) имеет некоторые преимущества в сравнении с методом конечных элементов. При дискретизации конструкции не требуется введения дополнительных конечных элементов для учета податливости швов. Неразрывность перемещений по граням элементов не является основными условиями точности расчетов. Последний позволяет применять более крупную разбивку в неоднородных конструкциях. МСД позволяет без значительных усложнений в дискретной модели учитывать податливость реальных швов в элементах зданий и сооружений.

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА

Рассмотрим реализацию метода сосредоточенных деформаций на примере расчета плит на действие вертикальных сосредоточенных сил. В начале рассмотрим граничные условия – защемленную по четырем краям пластину (рис. 1). Основная система метод перемещений, действия внутренних усилий и способ приложения внешних нагрузок на плиту представлены на рис.2.

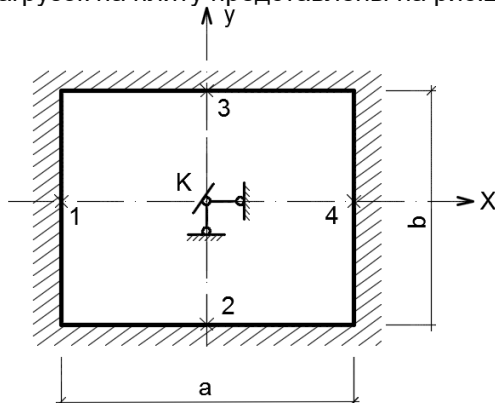


Рисунок 1 - Защемленная по четырем краям пластина

По середине пластины действуют заданные изгибающие моменты M_x , M_y и сосредоточенная сила F_z . По граням элемента в сечениях 1,2,3 и 4 показаны внутренние усилия M_i , Q_i и H_i ($i=1,2,3,4$), где M_i - изгибающие моменты, Q_i - поперечные силы, H_i - крутящие моменты.

Составим уравнение равновесия для рассматриваемого конечного элемента МСД (рис. 2).

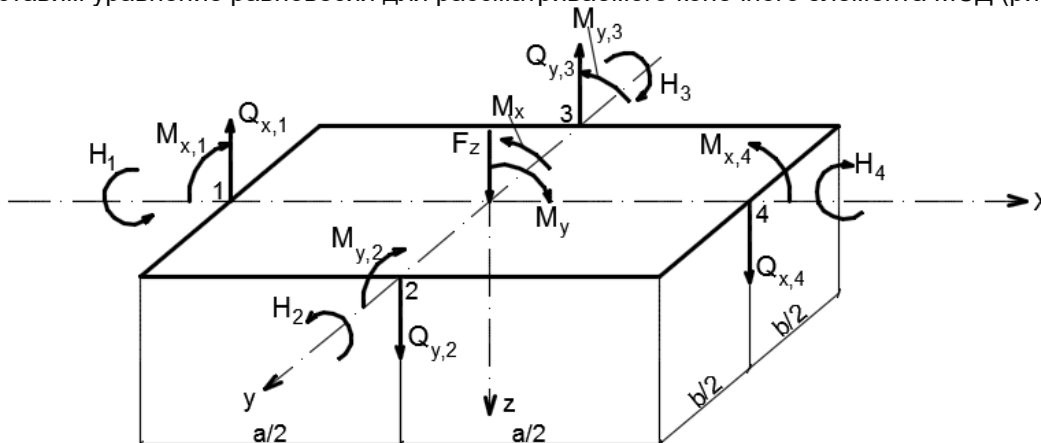


Рисунок 2 - Равновесие конечного элемента

$$\left. \begin{aligned} 1) \quad \sum M_x = 0, \quad & -M_{y,3} + M_{y,2} - H_1 + H_4 - Q_{y,3} \cdot \frac{b}{2} - Q_{y,2} \cdot \frac{b}{2} - M_x = 0. \\ 2) \quad \sum M_y = 0, \quad & M_{x,1} - M_{x,4} - H_2 + H_3 + Q_{x,1} \cdot \frac{a}{2} + Q_{x,4} \cdot \frac{a}{2} + M_y = 0. \\ 3) \quad \sum F_z = 0, \quad & -Q_{x,1} + Q_{x,4} + Q_{y,2} - Q_{y,3} + F_z = 0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

На основе уравнения равновесия (1) получим матрицу коэффициентов A , которая состоит из блоков A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , элементы которых соответствуют сечениям 1,2,3 и 4

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & \frac{a}{2} \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\frac{b}{2} \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & -\frac{b}{2} \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad A_4 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & \frac{a}{2} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & -\frac{b}{2} & -1 & 0 & -\frac{b}{2} & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & \frac{a}{2} & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & \frac{a}{2} \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Для пластины, защемленной по контуру, коэффициенты жёсткости определяются по формулам [3,6]

при изгибе: по оси x $\omega_{x,0} = \frac{2EI_x}{a}$, по оси y $\omega_{y,0} = \frac{2EI_y}{b}$,

при кручении: по оси x $\psi_{x,0} = \frac{GJ_x}{a}$, по оси y $\psi_{y,0} = \frac{GJ_y}{b}$,

при сдвиге: по оси x $\xi_{x,0} = \frac{5Gbh}{3a}$, по оси y $\xi_{y,0} = \frac{5Gah}{3b}$,

где, E, G – модули упругости и сдвига, I_x, I_y – осевые моменты инерции, h – толщина пластины, a, b – размеры пластины.

Матрица внутренней жёсткости для рассматриваемого элемента имеет диагональную структуру

$$C = \text{diag} \left(\frac{2EI_x}{a}, \frac{GJ_x}{a}, \frac{5Gbh}{3a}, \frac{2EI_y}{b}, \frac{GJ_y}{b}, \frac{5Gah}{3b}, \frac{2EI_x}{b}, \frac{GJ_y}{b}, \frac{5Gah}{3b}, \frac{2EI_x}{a}, \frac{GJ_x}{a}, \frac{5Gbh}{3a} \right) \quad (4)$$

Матрица внешней жёсткости K находится по формуле [3,6]

$$K = ACA^T \quad (5)$$

С целью формирования матрицы K сначала необходимо перемножить матрицу A и C , элементы которой определяются по формуле

$$\begin{aligned}
 AC &= \begin{bmatrix} 0 & -\frac{GJ_x}{a} & 0 & \frac{2EI_y}{b} & 0 & -\frac{b}{2} \cdot \frac{5Gah}{3b} & -\frac{2EI_y}{b} & 0 & -\frac{b}{2} \cdot \frac{5Gah}{3b} \\ \frac{2EI_x}{a} & 0 & \frac{a}{2} \cdot \frac{5Gbh}{3a} & 0 & -\frac{GJ_y}{b} & 0 & 0 & \frac{GJ_y}{b} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{5Gbh}{3a} & 0 & 0 & \frac{5Gah}{3b} & 0 & 0 & -\frac{5Gah}{3b} \end{bmatrix} = \\
 &= \begin{bmatrix} 0 & \frac{GJ_x}{a} & 0 \\ -\frac{2EI_x}{a} & 0 & \frac{a}{2} \cdot \frac{5Gbh}{3a} \\ 0 & 0 & \frac{5Gbh}{3a} \end{bmatrix} \quad (6)
 \end{aligned}$$

Транспонированная матрица А имеет следующий вид:

$$\mathbf{A}^T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{a}{2} & -1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ -\frac{b}{2} & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\frac{b}{2} & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{a}{2} & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

В результате перемножения трех матриц получим матрицу жесткости, коэффициенты которой будут равны

$$\begin{aligned}
 k_{11} &= \frac{GJ_x}{a} + \frac{2EI_y}{b} + \left(-\frac{b}{2}\right) \cdot \left(-\frac{b}{2} \cdot \frac{5Gah}{3b}\right) + \frac{2EI_y}{b} + \left(-\frac{b}{2}\right) \cdot \left(-\frac{b}{2} \cdot \frac{5Gah}{3b}\right) + \frac{GJ_x}{a} = \\
 &= \frac{2GJ_x}{a} + \frac{4EI_y}{b} + \frac{5bGah}{6}; \quad k_{12} = 0, k_{13} = -\frac{b}{2} \cdot \frac{5Gah}{3b} + \frac{b}{2} \cdot \frac{5Gah}{3b} = 0;
 \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned}
 k_{21} &= 0; \quad k_{22} = \frac{2EI_x}{a} + \frac{a}{2} \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{5Gah}{3b} + \frac{GJ_y}{b} + \frac{GJ_y}{b} + \frac{2EI_x}{a} + \frac{a}{2} \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{5Gah}{3b} = \\
 &= \frac{4EI_x}{a} + \frac{2GJ_y}{b} + \frac{5bGah}{6}; \quad k_{23} = -\frac{a}{2} \cdot \frac{5Gbh}{3a} + \frac{a}{2} \cdot \frac{5Gbh}{3a} = 0; \quad k_{31} = -\frac{b}{2} \cdot \frac{5Gah}{3b} + \\
 &+ \left(-\frac{b}{2}\right) \cdot \left(-\frac{5Gah}{3b}\right) = 0; \quad k_{32} = -\frac{a}{2} \cdot \frac{5Gbh}{3a} + \frac{a}{2} \cdot \frac{5Gbh}{3a} = 0; \quad k_{33} = \frac{10Gbh}{3a} + \frac{10Gah}{3b}
 \end{aligned}$$

Матрица внешней жесткости получается диагональной.

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} k_{11} & 0 & 0 \\ 0 & k_{22} & 0 \\ 0 & 0 & k_{33} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Система разрешающих уравнений в матричной форме имеет вид

$$W = K^{-1} \times P \quad (10)$$

Где $W = \begin{bmatrix} \varphi_x \\ \varphi_y \\ w \end{bmatrix}$ - вектор неизвестных,

$P = \begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ F_z \end{bmatrix}$ - вектор перемещений заданных внешних сил.

Матричное уравнение можно представить в следующем виде

$$\begin{bmatrix} \varphi_x \\ \varphi_y \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \kappa_{11}^{-1} & 0 & 0 \\ 0 & \kappa_{22}^{-1} & 0 \\ 0 & 0 & \kappa_{33}^{-1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ F_z \end{bmatrix} \quad (11)$$

Из решения уравнений (11) получим

$$\varphi_x = \frac{M_x}{\kappa_{11}^{-1}}, \quad \varphi_y = \frac{M_y}{\kappa_{22}^{-1}} \quad \text{и} \quad w = \frac{F_z}{\kappa_{33}^{-1}}$$

С целью реализации полученного алгоритма решим конкретный пример при следующих данных $h = 0,05$ м - толщина плиты;

$E = 2 \cdot 10^6$ т/м² - модуль упругости;

$G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{2 \cdot 10^6}{2(1+0.3)} = 0,769 \cdot 10^6$ т/м²; $G = 0,769 \cdot 10^6$ т/м² - модуль сдвига;

$\mu = 0,3$ - коэффициент Пуассона;

$I_x = I_y = \frac{bh^3}{12} = \frac{1 \cdot 0,05^3}{12} = \frac{1 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^3}{12} = 10,41 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$; $I_x = I_y = 10,41 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$ - момент инерции;

$J_x = J_y = \lambda a(b)h$ здесь $\lambda = \frac{1}{3}$ при отношении сторон $\frac{b}{h} > 10$; $J_x = J_y = \frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 0,05^3 = 4,1666 \cdot 10^{-5} = 41,666 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$;

$J_x = J_y = 41,666 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$ - крутильной жёсткости; $M_x = M_y = 10$ т · м,

$F_z = 10$ т - внутренних усилий; $a = b = 1,0$ м - длина и ширина плиты.

$$k_{11} = \frac{2GJ_x}{a} + \frac{4EI_y}{b} + \frac{5Gabh}{6} = \frac{2 \cdot 0,769 \cdot 10^6 \cdot 41,666 \cdot 10^{-6}}{1} + \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 10,41 \cdot 10^{-6}}{1} + \frac{5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,769 \cdot 10^6 \cdot 0,05}{6} = 32189,02 \text{ т} \cdot \text{м}$$

$$k_{22} = \frac{2GJ_y}{b} + \frac{4EI_x}{a} + \frac{5bGah}{6} = \frac{2 \cdot 0,769 \cdot 10^6 \cdot 41,666 \cdot 10^{-6}}{1} + \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 10,41 \cdot 10^{-6}}{1} + \frac{5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,769 \cdot 10^6 \cdot 0,05}{6} = 32189,02 \text{ т} \cdot \text{м}$$

$$k_{33} = \frac{10Gb}{3a} + \frac{10Gah}{3b} = \frac{10 \cdot 0,769 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,05}{3 \cdot 1} + \frac{10 \cdot 0,769 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,05}{3 \cdot 1} = 256333,32 \text{ т/м}$$

$$\begin{bmatrix} \varphi_x \\ \varphi_y \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,10665 \cdot 10^{-5} & 0 & 0 \\ 0 & 3,10665 \cdot 10^{-5} & 0 \\ 0 & 0 & 3,90117 \cdot 10^{-6} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,10665 \cdot 10^{-4} \\ 3,10665 \cdot 10^{-4} \\ 3,90117 \cdot 10^{-5} \end{bmatrix}$$

Вектор деформаций определяем из выражений

$$\lambda = -A^m W$$

$$\lambda = - \begin{bmatrix} 3.10665 \cdot 10^{-4} \\ -3.10665 \cdot 10^{-4} \\ 1.16321 \cdot 10^{-4} \\ 3.10665 \cdot 10^{-4} \\ -3.10665 \cdot 10^{-4} \\ -1.16321 \cdot 10^{-4} \\ -3.10665 \cdot 10^{-4} \\ 3.10665 \cdot 10^{-4} \\ -1.94344 \cdot 10^{-4} \\ -3.10665 \cdot 10^{-4} \\ 3.10665 \cdot 10^{-4} \\ 1.94344 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix}$$

Вектор внутренних сил определяется из выражения

$$S = C \times \lambda$$

$$S = \begin{bmatrix} -1.29361 \cdot 10^{-2} \\ 9.954 \cdot 10^{-3} \\ -7.454237 \\ -1.29361 \cdot 10^{-2} \\ 9.954 \cdot 10^{-3} \\ 7.454237 \\ 1.29361 \cdot 10^{-2} \\ -9.954 \cdot 10^{-3} \\ 12.4542 \\ 1.29361 \cdot 10^{-2} \\ -9.954 \cdot 10^{-3} \\ -12.4542 \end{bmatrix}$$

Теперь рассмотрим второй вариант изгиба плит с граничными условиями, представленный на рис. 3.

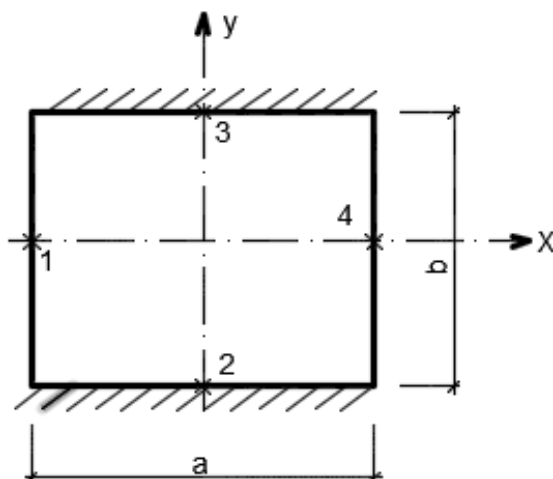


Рисунок 3 - Защемленная по двумя горизонтальным краям пластина

Из рассмотренного конечного элемента МСД (рис. 4) получим систему уравнений равновесия

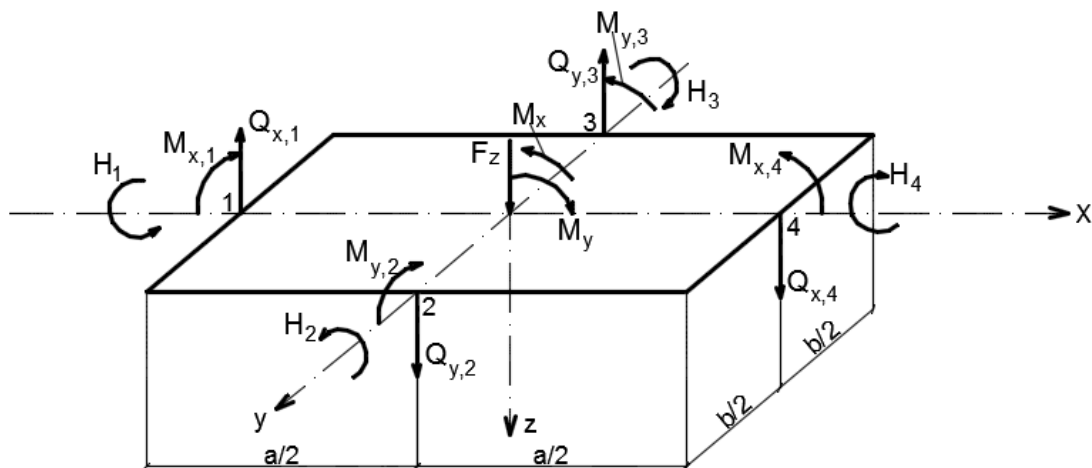


Рисунок 4 - Расчетная схема пластины и действующие усилия

$$\begin{aligned}
 1) \quad \sum M_x = 0, \quad & -M_{y,3} + M_{y,2} - H_1 + H_4 - Q_{y,3} \cdot \frac{b}{2} - Q_{y,2} \cdot \frac{b}{2} - M_x = 0. \\
 2) \quad \sum M_y = 0, \quad & -H_2 + H_3 + Q_{x,1} \cdot \frac{a}{2} + Q_{x,4} \cdot \frac{a}{2} + M_y = 0. \\
 3) \quad \sum F_z = 0, \quad & -Q_{x,1} + Q_{x,4} + Q_{y,2} - Q_{y,3} + F_z = 0.
 \end{aligned} \tag{12}$$

По такой же последовательности, как в первом варианте, формируем матрицы **A**.

Как в первом варианте, здесь тоже с целью формирования матрицы **K** сначала формируются

матрицы **A** и **C**.

Для реализации второго варианта решим конкретный пример. Данные заимствуем из примера первого варианта.

Вычисляем коэффициент матрицы жёсткости

$$k_{11} = \frac{2GJ_x}{a} + \frac{4EI_y}{b} + \frac{5Gabh}{6} = \frac{2 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 41.666 \cdot 10^{-6}}{1} + \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 10.41 \cdot 10^{-6}}{1} + \frac{5 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.05}{6} = 32189.02 \text{ Т} \cdot \text{м}$$

$$k_{22} = \frac{2GJ_y}{b} + \frac{5Gabh}{6} = \frac{2 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 41.666 \cdot 10^{-6}}{1} + \frac{5 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.05}{6} = 32105.75 \text{ Т} \cdot \text{м}$$

$$k_{33} = \frac{10Gb}{3a} + \frac{10Gah}{3b} = \frac{10 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0.05}{3 \cdot 1} + \frac{10 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0.05}{3 \cdot 1} = 256333.32 \text{ Т/м}$$

$$\begin{bmatrix} \varphi_x \\ \varphi_y \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.10665 \cdot 10^{-5} & 0 & 0 \\ 0 & 3.11471 \cdot 10^{-5} & 0 \\ 0 & 0 & 3.90117 \cdot 10^{-6} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.10665 \cdot 10^{-4} \\ 3.11471 \cdot 10^{-4} \\ 3.90117 \cdot 10^{-5} \end{bmatrix}$$

Вектор деформаций определяется из уравнения

$$\mathbf{A}^m \mathbf{W} + \boldsymbol{\lambda} = \mathbf{0}, \tag{13}$$

$$\boldsymbol{\lambda} = -\mathbf{A}^m \mathbf{W} \tag{14}$$

$$\boldsymbol{\lambda} = - \begin{bmatrix} 0 \\ -3.10665 \cdot 10^{-4} \\ 1.16724 \cdot 10^{-4} \\ 3.10665 \cdot 10^{-4} \\ -3.11471 \cdot 10^{-4} \\ -1.16321 \cdot 10^{-4} \\ -3.10665 \cdot 10^{-4} \\ 3.11471 \cdot 10^{-4} \\ -1.94344 \cdot 10^{-4} \\ 0 \\ 3.10665 \cdot 10^{-4} \\ 1.94747 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix}$$

Вектор внутренних сил определяется из выражения

$$S = C \times \lambda \tag{15}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 \\ 9.954 \cdot 10^{-3} \\ -7.4800626 \\ -1.29361 \cdot 10^{-2} \\ 9.9798 \cdot 10^{-3} \\ 7.454237 \\ 1.29361 \cdot 10^{-2} \\ -9.9798 \cdot 10^{-3} \\ 12.4542 \\ 0 \\ -9.954 \cdot 10^{-3} \\ -12.4800363 \end{bmatrix}$$

Далее рассмотрим третий вариант. Конечный элемент МСД со свободным опертым по всем четырем краям представлен на рис. 5.

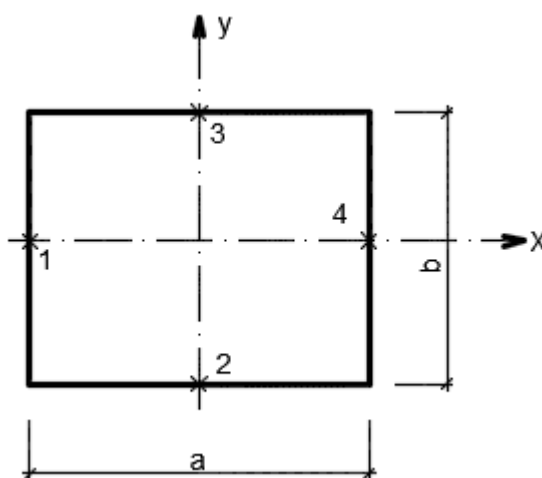


Рисунок 5 - Свободная по четырём краям пластина

Из рассмотренного конечного элемента МСД (рис. 2) получим следующую систему уравнений

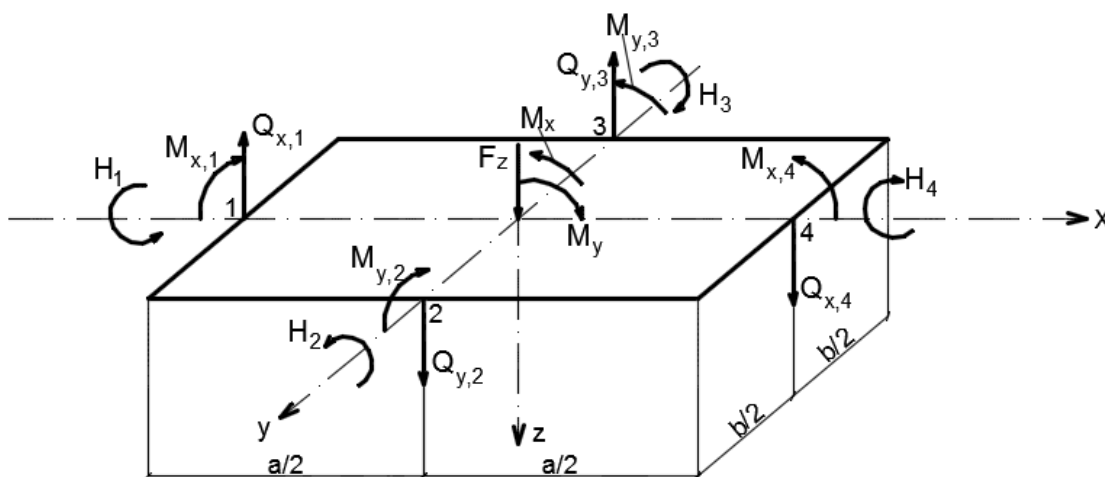


Рисунок 6 - Расчетная схема пластины и действующие усилия

$$\left. \begin{aligned} 1) \sum M_x = 0, & \quad -H_1 + H_4 - Q_{y,3} \cdot \frac{b}{2} - Q_{y,2} \cdot \frac{b}{2} - M_x = 0. \\ 2) \sum M_y = 0, & \quad -H_2 + H_3 + Q_{x,1} \cdot \frac{a}{2} + Q_{x,4} \cdot \frac{a}{2} + M_y = 0. \\ 3) \sum P_z = 0, & \quad -Q_{x,1} + Q_{x,4} + Q_{y,2} - Q_{y,3} + F_z = 0. \end{aligned} \right\} \tag{16}$$

Из системы уравнений (16) формируется матрица коэффициентов А, затем определяются матрицы С, А^Т и К.

Для реализации полученного алгоритма третьего варианта решим конкретный пример. Данные заимствуем тоже из примера первого варианта.

$$k_{11} = \frac{2GJ_x}{a} + \frac{5bGah}{6} = \frac{2 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 41.666 \cdot 10^{-6}}{1} + \frac{5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 0.05}{6} = 32105.75 \text{ т} \cdot \text{м}$$

$$k_{22} = \frac{2GJ_y}{b} + \frac{5bGah}{6} = \frac{2 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 41.666 \cdot 10^{-6}}{1} + \frac{5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 0.05}{6} = 32105.75 \text{ т} \cdot \text{м}$$

$$k_{33} = \frac{10Gbh}{3a} + \frac{10Gah}{3b} = \frac{10 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0.05}{3 \cdot 1} + \frac{10 \cdot 0.769 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0.05}{3 \cdot 1} = 256333.32 \text{ т/м.}$$

$$\begin{bmatrix} \varphi_x \\ \varphi_y \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.11471 \cdot 10^{-5} & 0 & 0 \\ 0 & 3.11471 \cdot 10^{-5} & 0 \\ 0 & 0 & 3.90117 \cdot 10^{-6} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.11471 \cdot 10^{-4} \\ 3.11471 \cdot 10^{-4} \\ 3.90117 \cdot 10^{-5} \end{bmatrix}$$

Вектор деформаций вычисляется по формуле (13) и (14)

$$\lambda = - \begin{bmatrix} 0 \\ -1.16724 \cdot 10^{-4} \\ 1.16724 \cdot 10^{-4} \\ 0 \\ -3.11471 \cdot 10^{-4} \\ -1.16724 \cdot 10^{-4} \\ 0 \\ 3.11471 \cdot 10^{-4} \\ -1.94747 \cdot 10^{-4} \\ 0 \\ 3.11471 \cdot 10^{-4} \\ 1.94747 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix}$$

Вектор внутренних сил находится по формуле (15)

$$S = \begin{bmatrix} 0 \\ 9.9798 \cdot 10^{-3} \\ -7.4800626 \\ 0 \\ 9.9798 \cdot 10^{-3} \\ 7.4800626 \\ 0 \\ -9.9798 \cdot 10^{-3} \\ 12.4800363 \\ 0 \\ -9.9798 \cdot 10^{-3} \\ -12.4800363 \end{bmatrix}$$

Далее рассмотрим четвертый вариант, когда пластина закреплена только по левой грани. Расчетная схема с учетом граничных условий представлена на рис. 7.

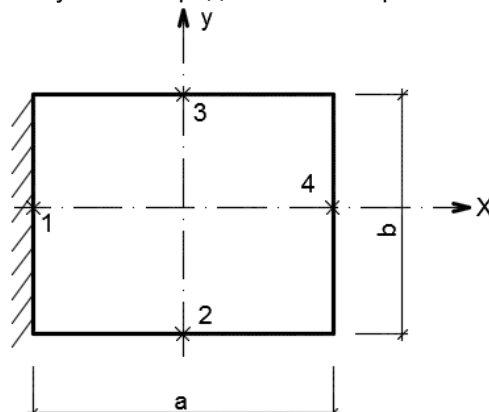


Рисунок 7 – Пластина, закрепленная по левой крае

Расчетная схема конечного элемента и действующие усилия приведены на рис.8. По середине пластины действуют заданные изгибающие моменты M_x и M_y и сосредоточенная сила F_z . M_i , Q_i и H_i ($i = 1,2,3,4$), где M_i - изгибающие моменты, Q_i - поперечные силы, H_i - крутящие моменты.

Из рассмотренного конечного элемента МСД (рис. 8) получим следующую систему уравнений равновесия

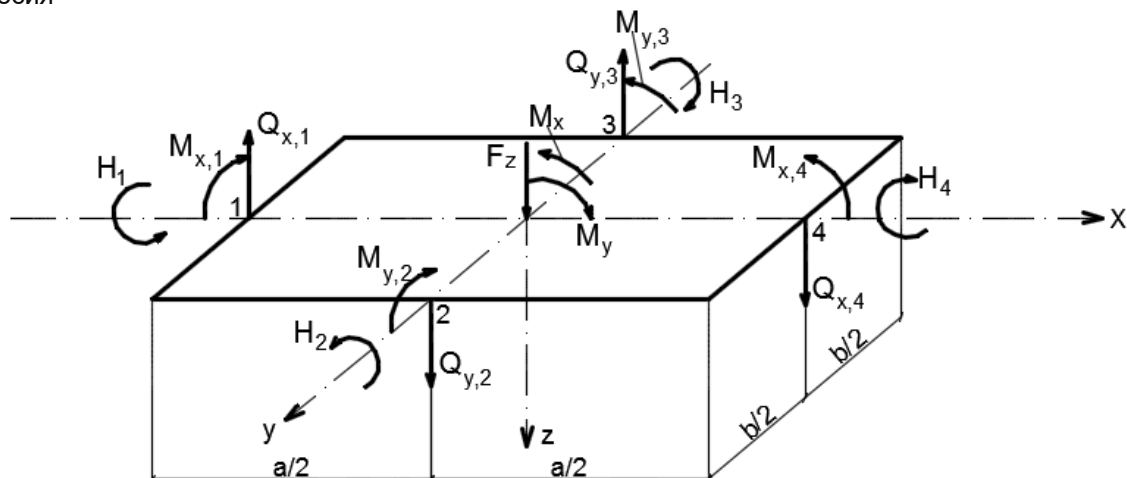


Рисунок 8 - Расчетная схема пластины и действующие усилия

$$\left. \begin{aligned} 1) \sum M_x = 0, & \quad -H_1 + H_4 - Q_{y,3} \cdot \frac{b}{2} - Q_{y,2} \cdot \frac{b}{2} - M_x = 0. \\ 2) \sum M_y = 0, & \quad M_{x,1} - H_2 - H_3 + Q_{x,1} \cdot \frac{a}{2} + Q_{x,4} \cdot \frac{a}{2} + M_y = 0. \\ 3) \sum P_z = 0, & \quad -Q_{x,1} + Q_{x,4} + Q_{y,2} - Q_{y,3} + F_z = 0. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Из системы уравнений (17) формируем матрицу коэффициентов A . Потом формируем матрицы внутренней жесткости S и внешней жесткости K

В результате получим

$$\lambda = - \begin{bmatrix} 3.11067 \cdot 10^{-4} \\ -3.11471 \cdot 10^{-4} \\ 1.16522 \cdot 10^{-4} \\ 0 \\ -3.11067 \cdot 10^{-4} \\ -1.16724 \cdot 10^{-4} \\ 0 \\ 3.11067 \cdot 10^{-4} \\ -1.94747 \cdot 10^{-4} \\ 0 \\ 3.11471 \cdot 10^{-4} \\ 1.94545 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix}$$

Вектор внутренних сил

$$S = \begin{bmatrix} -1.29528 \cdot 10^{-2} \\ 9.9798 \cdot 10^{-3} \\ -7.4671178 \\ 0 \\ 9.9669 \cdot 10^{-3} \\ 7.4800626 \\ 0 \\ -9.9669 \cdot 10^{-3} \\ 12.4800363 \\ 0 \\ -9.9798 \cdot 10^{-3} \\ -12.4670914 \end{bmatrix}$$

Таким образом, для всех четырех вариантов конечного элемента с различными граничными условиями определены перемещения в центре элемента, деформации и внутренние усилия по краям сечения элемента.

ВЫВОД

Для повышения точности решения пластину следует разбивать на 10 – 15 элементов. В этом случае расхождение результатов будет составлять около 2%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ржаницын А.Р. Расчет сплошных конструкций методом упругих сосредоточенных деформаций. Стр. мех. и расчет соор., 1980, №5, с. 15-20.
2. Додонов М.И. Расчет изгибаемых пластин методом сосредоточенных деформаций. Строительная механика и расчёт сооружений, 1986, №2, с. 22-25.
3. Низомов Д.Н., Каландарбеков И. Метод сосредоточенных деформаций. Душанбе: «Дониш», 2015. – 436 с.
4. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. М., 1966.- 636 с.
5. Вайнгбер Д.В. «Справочник по прочности, устойчивости и колебаниям пластин», Киев, «Будівельник», 1973.- 488 с.
6. Каландарбеков И. Развитие МСД применительно к расчетам конструкций с учетом податливости соединений. Дисс. на соис. уч. степ. д.т.н. Москва, 2009.- 435 с.

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

TJ	RU	EN
Каландарбеков Имомёрбек Каландарбекович Д.и.т., профессор	Каландарбеков Имомёрбек Каландарбекович Д.т.н., профессор	Qalandarbekov Imomyorbek Qalandarbekovich D.t.s., Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
e-mail: kalandarbekov-55@mail.ru		
ORCID Id: 0000-0002-4807-0169		
TJ	RU	EN
Исвалиев Далерчон Чурахонович -	Исвалиев Далерджон Джурахонович -	Isvaliyev Dalerjon Djurakhonovich -
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
e-mail: disvaliev@mail.ru		
ORCID Id: 0000-0003-3138-9779		
TJ	RU	EN
Қаландарбеков Ифтихор Имомёрбекович Н.и.т.	Каландарбеков Ифтихор Имомёрбекович К.т.н.	Qalandarbekov Iftikhor Imomyorbekovich C.t.s.
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
e-mail: iftikhor791@mail.ru		
ORCID Id: 0000-0003-4248-179X		

УДК 72.04 (575,3)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАСТЕРСТВА РЕМЕСЛЕННИКОВ, ХУДОЖНИКОВ С НОВЫМ СМЫСЛОМ И ПОЛЬЗОЙ В ИСКУССТВЕ

Эмомова Ф.Ё., Раджабов Н.У.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.

В статье описывается применение ремесленного искусства художественных навыков в отраслях декоративного искусства, как керамика, живопись, рисунок, скульптура, имеющие высокую степень мастерства ручной работы. Важным аспектом является влияние архитектурной среды на человека, формирование его внутреннего мироощущения во взаимодействии орнаментов, декоративных элементов, стилей и цвета. Развивает духовность, этику, нравственность, единую культурную среду и формирует воспитательное воздействие на человека в целом в архитектурной среде.

Исследование и анализ исторических городов и районов Таджикистана, его кишлаков и сельских населённых мест позволит возродить и использовать мастерство ремесленников, художников с новым смыслом и пользой во всех видах искусства, где архитектура окажется интересной с точки зрения дизайнера, дополняя идею автора национальным колоритом.

Ключевые слова: craft, art, relationship, architectural environment, artistic skill, revival, folk crafts, regions, cities.

БАРОИ МАНФИАТ ВА ИНКИШОФИ САНЪАТ, ИСТИФОДАБАРӢ НАМУДАН АЗ МАҲОРАТ ВА ҲУНАРИ РАССОМОНУ ҲУНАРМАНДОН

Эмомова Ф.Ё., Раджабов Н.У.

Дар мақола истифодаи санъати ҳунармандӣ, малакаҳои бадеӣ дар соҳаҳои санъати ороишӣ, ба монанди керамика, расмомӣ, расмкашӣ, ҳайкалтарошӣ нишон дода шудааст, ки дараҷаи баланди маҳорати эҷодӣ дорад. Ба инсон ҷанбаи муҳим ин таъсири муҳити меъмории мебошад, ки ҷаҳонбинии ботинии ӯро бо унсурҳои ороишӣ, рангҳо ташаккул медиҳад. Инчунин муҳити меъмории, маънавияти фарҳанги инкишоф дода, таасуроти мусбиро дар инсон ташаккул медиҳад.

Таҳқиқот ва таҳлил дар шаҳри ноҳияҳои таърихии Тоҷикистон, деҳаҳо ва маҳалҳои аҳолинишини он нишон медиҳад, ки эҷодиёни навини ҳунармандон, расмомон, ҳайкалтарошон метавонад дар ҳама намудҳои санъат аз нав эҷод ва истифода бурда шавад, чунки дар меъмории аз ҷиҳати тарҳрезӣ ҷолиб буда, эҷодиёти муаллифро бо рангҳои миллий пурра мегардонад.

Калимаҳои калидӣ: ҳунармандӣ, санъат, муҳити меъмории, ҳунари бадеӣ, эҷод, ҳунарҳои мардумӣ, минтақаҳо, шаҳрҳо.

USING THE SKILLS OF ARTISANS AND ARTISTS WITH NEW MEANING AND BENEFIT IN ART

Emomova F.E., Rajabov N.U.

The article describes the application of craft art and artistic skills in the decorative arts industries such as ceramics, painting, drawing, sculpture and has a high degree of handmade craftsmanship. An important aspect is the influence of the architectural environment on a person, shaping his inner worldview in the interaction of ornaments, decorative elements, styles and colors. Develops spirituality, ethics, morality, a unified cultural environment and forms an educational impact on the person as a whole in the architectural environment. Research and analysis of the historical cities and regions of Tajikistan, its villages and rural settlements will allow us to revive and use the skills of artisans and artists with new meaning and benefit in all types of art, where the architecture will be interesting from a design point of view, complementing the author's idea with national flavor.

Key words: architecture, art, interconnection, architectural environment, material, revival, folk crafts, districts, cities.

ВВЕДЕНИЕ

Говоря о ремесленном искусстве – где навыки, применяемые в отраслях декоративного искусства, как керамика, имеет высокую степень мастерства ручной работы. Хотя с новыми технологиями внедряются 3д-принтеры, где можно ввести в компьютер данные модели фигуры и формы. Художественное искусство - это тоже, можно сказать, ремесло ручной работы, но в современном мире применяются всё более новые виды технологий. Поэтому необходимо выявить основные методы и приёмы восприятия, архитектурно-художественного образа, которые позволили бы выявить и понять современные тенденции взаимосвязи архитектуры-искусства-традиции ремесленников и художников. Именно увязать со смыслом и пользой, что будет подчёркивать индивидуальность произведения за счёт художественного дизайна его национального орнамента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Необходимо анализировать некоторые ремёсла, которыми занимаются и художники, и ремесленники. Эти термины формулируются как «студийное ремесло», к этим видам можно отнести: работу с металлом, деревом, гончарное дело, керамику, стеклоделие, живопись и скульптуру. Изобразительное искусство – живопись, скульптура, графика, фотография, монументальное искусство. Неизобразительное – архитектура, дизайн, декоративно - прикладное искусство. [3] Грань между этими искусствами не абсолютна, существуют смешения и взаимопроникновения в поиске произведения. Необходимо провести анализ работ между искусством ремесленников и художников по смыслу и пользе, применяя эти виды в дизайне и архитектуре, которые, возможно, будут преобладать в дальнейшем как в национальных орнаментах таджикской культуры. Ниже представлены примеры ремесленного и художественного мастерства, которые взяты из народного промысла и личного опыта (Рис.1,2,3,4). С дальнейшим применением барельефного декора архитектурно – художественного вида, на фасадах и особенно в дизайне интерьера, а также в деталях и элементах.

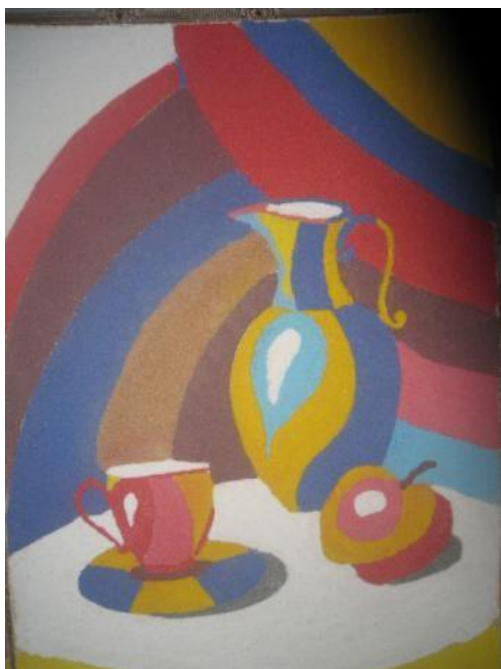


Рисунок 1 - Натюрморт из камушек



Рисунок 2 - Кувшин из глины (личный архив)

Основной целью взятого направления разработать необходимые способы и приёмы, которые будут способствовать выявлению и применению структуры со смыслом и пользой для архитектурного и дизайнерского вида. Исследуемая структура позволит обновить понятия ремесла и художества с новыми технологиями с применением искусственного интеллекта современного мира. Существуют более сотни разновидностей ремёсел, и делятся они на три категории: мастера, подмастерья и ученики.



Рисунок 3 - Натюрморт «Настроение» .



Рисунок 4 - Барельеф. (личный архив)

Движение искусств и ремёсел было социальным и эстетическим направлением конца 19-20 веков, что представляло хороший дизайн и мастерство. Направление было связано с архитектурой и декоративным искусством, которое не ассоциировалось с каким-то стилем, кроме как «народным» или традиционным по регионам. Гончарно-керамическое, печная плитка, изделия из дерева, металла, мелкая пластика. Ремесленное и художественное искусство не стоит на месте, постоянно видоизменяется и обновляется. Движение вдохновило дизайнеров и послужило стимулом формирования нового искусства, рассматривая его источником модерна в идеях будущего промышленного дизайна. Чистые формы нашли своё применение в архитектуре, живописи, скульптуре и многих областях прикладного искусства.



Рисунок 5 - Натюрморт из камушек.



Рисунок 6 - Керамические изделия (личный архив).

Необходимо зафиксировать результаты на практике в мире ремёсел и декоративного искусства, применяя определённые методы смешения ремёсел, орнамента, цвета и национального стиля, что позволяет применять этот анализ для решения более сложных задач в плане архитектуры и объёмно-планировочных решений и искусства. Например, в результате разных причин можно классифицировать уникальные изделия из керамики, витража, резьбы, ганча, как «продукт ремесла», а не произведения искусств. В Самарканде делают бумагу из тутовника, в Кыргызстане этнические ювелирные украшения для массового производства, Таджикистан страна сюзане. Конечно в Таджикистане развито такое ремесло как швейное, ювелирное, резьба по ганчу, по дереву – это детали архитектурной среды, двери, окна, потолки и т.д. Индивидуальных мастеров очень много, но внедряют своё ремесло в массовое производство единицы. Где есть поддержка государства и международных организаций.

Следующий пример и идея применения художественных навыков с определённым смыслом и пользой. Это стремление художника правдиво показать и передать, то что он видит или представляет. Тонко продумывая композицию и красочные сочетания. В последние годы творчество художественной молодёжи характеризуется усилением и развитием реалистического метода.



Рисунок 7.8. Творческие работы из камушек.

Монументальность, с одной стороны, связь с единой архитектурой и скульптурной композицией, а с другой, отдельные постройки, объединяющие единый комплекс. Произведения монументального искусства, объединяясь с архитектурным пространством, становятся неотъемлемой частью искусства и смысловой доминантой в комплексе на единой территории связанной с архитектурой и его деталями. Характерными чертами монументальности - это крупные масштабы, подразделяется на семейство живописи, графики, скульптуры, орнаментов. Учитывая воздействие климатического состояния и горного ландшафта местности, появляется необходимость использования натуральных строительных материалов.

Область применения: В современной коллекции Национального музея Таджикистана собраны сотни экспонатов ремесленного мастерства орнаментальной росписи и резьбе по дереву, ганчу, керамика, витражному делу. Таджикистан является кладезем древнейших памятников различных направлений искусств, происходит процесс орнаментализации, со временем развиваются местные традиции - резьба по дереву (колонны, подбалки, двери), орнаментальная роспись, живописно-пластическая роспись «Кун-даль» широко применялась в архитектуре 17в. начала 20в.

Результаты исследования: Применение и решение национального орнамента в архитектуре зданий современного Таджикистана рассматриваются в вопросах различных направлений, видов ремесла и художеств, где необходимо решить и определить взаимосвязь. Это возможно при внедрении и исследовании народных промыслов и исторических фактов, которые взаимодействовали с искусством, что позволит выявить новые идеи и направления в области формирования искусства на образ в архитектуре.

ОБСУЖДЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Процесс формирования взаимосвязи ремесла и художественного мастерства необходимо сделать упрощённым и максимально утончённым. Чтобы эти способы взаимосвязи не мешали, а помогали в развитии новых идей в искусстве. Необходимо спланировать и решить какой вид или направление возможно использовать и развивать в дальнейшем.

ВЫВОДЫ

Таким образом, примеры, приведенные в направлении национального стиля, применяемого в ремесленном и художественном направлении современного Таджикистана, свидетельствуют, что искусство и творчество настолько взаимосвязаны между собой, что в дальнейшем можно применять в проектных рекомендациях архитектурной среды как внешней, так и внутренней. Развивая тем самым нововведение образов мастеров в искусстве столицы и всей страны в целом. Изучая более подробно районы и исторические города республики, где берут свои истоки ремесло и художественные промыслы как искусство во взаимосвязи с архитектурной средой. Необходимо возрождать и развивать народные ремёсла, национальные элементы и орнаменты различных направлений. Создавая всё более новые идеи во взаимосвязи с современной архитектурой Таджикистана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. И. Одинаева, М.Т. Ульджабаева, К 76- летию художника Валимада Одинаеа. 15.02.21.
2. Гафуров Б. Г. Таджики. Древнейшая, древняя и средневековая история. — Душанбе: Ирфон, 1989, 371+379 с.
3. The Sāmānids // The Cambridge History of Iran, Volume 4: From the Arab Invasion to the Saljuqs (англ.) / Frye, R. N.. — Cambridge: Cambridge University Press, 1975. — P. 136—161. — ISBN 978-0-521-20093-6.
4. Боймуродова З.К..Формироание и развитие коллекции изобразительного и традиционного искусства. Национального музея Таджикистана. Пластические искусства.Д.2022.
5. Б. Р. Виппер, Статьи об искусстве, М., 1970.
6. Г. Земпер, Практическая эстетика, (пер. с нем.), М., 1970.
7. Н. Дмитриева, Изображение и слово, М., 1962.
8. Н.А. Яковлева, Е.Б. Мозговая, Т.П. Чаговец и др “Анализ и интерпретация произведения искусства”: Учеб.пособие;
9. Под ред. Н.А. Яковлевой.— М.: Высшая школа, 2005.
10. Кононенко Б. И. Большой толковый словарь по культурологии. 2003
11. Большой энциклопедический словарь. 2000.
12. Под редакцией Полевого В. М.; “Популярная художественная энциклопедия.” - Москва: “Советская энциклопедия”, 1986.

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

TJ	RU	EN
Эмомова Ф.Ё. Н.м., и.в. Дотсенти кафедраи “ДММваТ” , Донишгоҳи Техникии Тоҷикистон ба номи ак. М.С. Осимӣ.	Эмомова Ф.Ё. К. арх., и.о. доцента кафедры “ДАСи Р” Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими.	Emomova F.Yo Candidate of architecture, lector of the Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
E-mail: miss.imomova@mail.ru		
TJ	RU	EN
Раҷабов Н.У. Хатмқунандаи Донишгоҳи Техникии Тоҷикистон ба номи ак. М.С. Осимӣ бо ихтисоси 1-270101- 17 – иқтисодиёт ва ташкили истехсолот (сохтмон)	Раҷабов Н.У. Выпускник Таджикского технического Университета имени академика М.С. Осими, по специальности 1-270101-17 – экономика и организация производства (строительство)	Rajabov N.U. Graduate of the Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, majoring in specialty 1- 270101-17-economics and organization of production (construction)

УДК 624.131

КОНСОЛИДАЦИЯ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПРИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ВО ВРЕМЕНИ ВЫСОТЕ МАССИВА

Рахманов А.А.,

Государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт «Строительство и архитектура» (ГУП «НИИСА») Комитета по архитектуре и строительству при Правительстве РТ

В статье приводятся результаты решения задачи фильтрационной консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов (СВГГ) при учете нелинейной деформируемости, переменной проницаемости, исходного (природного) напряженно-деформированного состояния (ИНДС), а также изменяющейся во времени высоте массива.

На основе полученных решений предлагается методика разделения графика консолидации СВГГ на 3 участка: условно-мгновенного, фильтрационного и вторичной консолидации.

В статье приводятся зависимости для определения степени консолидации и деформации массива при действии внешней сжимающей нагрузки. Приводится методика определения реологических параметров СВГГ, включающих скорость ползучести грунтов и затухания ползучести грунтов в расчетные моменты вторичной консолидации.

Ключевые слова: консолидация, фильтрация, первичная консолидация, вторичная консолидация, ползучесть грунта, скорость ползучести, затухание скорости ползучести.

МУТТАҲИДГАРДОНИИ ХОҚҲОИ СУСТИ ОБСЕРШУДАИ ГИЛИН ҲАНГОМИ БО МУРУРИ ВАҚТ ТАҒЙИРЁБИИ БАЛАНДИИ ҚАБАТИ ХОҚ

Раҳмонов А.А.

Дар мақола натиҷаҳои ҳалли вазифаҳо оид ба муттаҳидгардониҳои ҷағзиҳои хокҳои сусти обсершудаи гилин (ХСОГ) ҳангоми баҳисобгириҳои шаклғағирдиҳии ғайриҳаттӣ, тағйирёбандагии гузаронишӣ, ҳолати ибтидоии (табӣӣ) шиддатнокӣ шаклғағирнокии ибтидоӣ (ҲИШШ), инчунин бо мурури вақт тағйирёбии баландии қабати хок оварда шудаанд.

Дар асоси натиҷаҳои гирифташуда методикаи тақсимкунии чадвали муттаҳидкунӣ ба 3 давра пешниҳод мегардад: шартӣ – яқлаҳзай, ҷағзиҳои ва муттаҳидшавии дуҷумбора.

Дар мақола вобастагӣҳои барои муайян намудани бузургии дараҷаи муттаҳидшавӣ ва шаклғағирдиҳии қабати хок ҳангоми таъсири сарбории берунаи фишурдашаванда оварда шудаанд. Инчунин, методикаи муайян намудани параметрҳои реологии хокҳо, ки суръати ҳазандагии хокҳо ва ҳомушшавии ҳазандагии хокҳо дар лаҳзаҳои муттаҳидшавии дуҷумбораро дар бар мегирад, оварда шудааст.

Калимаҳои асосӣ: муттаҳидшавӣ, ҷағзиҳои, муттаҳидшавии ибтидоӣ, ҳазандагии хок, суръати ҳазандагӣ, ҳомушшавии суръати ҳазандагӣ.

CONSOLIDATION OF WEAK WATER SATURATED CLAY SOILS WITH TIME CHANGING ARRAY HEIGHT

Rakhmanov A.A.

The article presents the results of solving the problem of filtration consolidation of weak water-saturated clay soils (WWSC), taking into account non-linear deformability, variable permeability, initial (natural) stress-strain state (ISSS), as well as the height of the massif changing in time.

Based on the solutions obtained, proposing a method for dividing the consolidation schedule into periods of conditionally instantaneous, filtration and secondary consolidation

The article presents dependencies for determining the amount of deformation of the array under the action of an external compressive load. Giving a technique for determining the rheological parameters of WWSC, including the creep rate and damping of creep of soils at the calculated moments of consolidation.

Key words: consolidation, filtration, primary consolidation, secondary consolidation, soil creep, creep rate, creep rate damping.

ВВЕДЕНИЕ

Процессу консолидации слабого водонасыщенного глинистого грунта (далее - СВГГ) при изменяющейся во времени высоте слоя посвящена статья [3]. Настоящая статья посвящена рассмотрению результатов численного решения задачи консолидации с учетом ряда факторов, характерных для СВГГ и включающих нелинейную деформируемость, переменную проницаемость и данные исходного напряженно-деформированного состояния (ИНДС) массива.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Под термином «фильтрационная консолидация» в инженерной геологии и механике грунтов понимается длительно протекающее уплотнение глинистых грунтов в результате фильтрации поровой жидкости под действием внешней нагрузки. За процессом фильтрации следует уплотнение грунта за счет свойств ползучести твердых минеральных частиц (скелета), что получило название «вторичной консолидации». В статье проводится анализ полученного ранее численного решения задач консолидации при учете нелинейной деформируемости, переменной проницаемости и изменяющейся во времени высоте массива СВГГ [4, 5]. Решение задачи в данной постановке привело к результатам, существенно отличающимся от известных решений при постоянной высоте массива в период фильтрационной консолидации. Учет изменяющейся во времени высоте массива СВГГ приводит к уменьшению путей

фильтрации и ускорению времени завершения фильтрационной консолидации. После завершения фильтрационной консолидации грунт, согласно Доброву Э.М. [2], переходит в период «...медленной нелинейной фильтрационной консолидации», обусловленной ползучестью минеральных частиц грунта и получившей название «вторичной консолидации».

На наш взгляд, при консолидации процессы фильтрационной и вторичной консолидации в массиве СВГГ происходят одновременно, но при этом значимость каждого из них на различных этапах консолидации различна и характеризуется постепенным уменьшением во времени роли фильтрационной консолидации и увеличением, по мере сближения твердых частиц, свойств ползучести скелета грунта. Это подтверждается при испытании водонасыщенных глинистых грунтов в режиме «загрузка-разгрузка», когда даже при незначительных сжимающих нагрузках, в режиме разгрузки в грунте проявляются как упругие (восстанавливающиеся), так и пластические (невосстанавливающиеся) деформации.



Рис. 1 – Степень уплотнения $U(t)$ и величина деформации $S(t)$ слабо водонасыщенного глинистого грунта на участках: а) OA - условно-мгновенной деформации, б) AD - фильтрационной консолидации, в) DE –вторичной консолидации ($t_{фк}$ – время завершения фильтрационной консолидации)

Полученные в работе [3] результаты численного решения задачи фильтрационной консолидации СВГГ при изменяющейся во времени высоте массива приведены на рис. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1 линия AB представляет собой касательную к графику консолидации грунта в точке условно-мгновенной деформации, к которой стремится график фильтрационной консолидации при непрерывном изменении во времени высоты массива.

Таким образом, учет изменяющейся во времени высоте массива СВГГ приводит к ускорению процесса фильтрационной консолидации и его завершению значительно ранее, чем при расчетах, основанных на неизменяющейся высоте слоя.

Проведем следующие дополнительные построения. Если из точки B опустить перпендикуляр на график консолидации, получим точку D, которая укажет степень консолидации грунта при завершённой фильтрационной консолидации, а время ($t_{фк}$), соответствующее времени завершения фильтрационной консолидации. Следовательно, участок AD будет соответствовать участку фильтрационной консолидации или периоду оттока свободной поровой жидкости под действием внешней нагрузки. Следующий за участком фильтрационной консолидации участок DE будет являться участком «...медленной нелинейной фильтрационной консолидации» или вторичной консолидации грунта. На участке DE наблюдается сближение и перекомпоновка твердых глинистых частиц в грунте и явное проявление свойств прочно- и рыхлосвязанной воды, обуславливающих ползучесть грунта. Так как на участке DE проявляются свойства вторичной консолидации, следовательно, на данном участке графика мы можем определить

реологические показатели, присущие данному виду грунта, и к которым относятся величины: а) - скорости ползучести (δ_1) и б) - затухания ползучести грунта (δ_{t_i}) в расчетные моменты времени t .

ОБСУЖДЕНИЕ

На графике консолидации СВГГ (рис. 1) можно выделить 3 участка (периода) деформирования:

1) – участок OA – условно-мгновенной деформации $U_0(t_0)$, обусловленной сжимаемостью поровой жидкости);

2) – участок AD - фильтрационной консолидации $U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}})$, обусловленной оттоком поровой жидкости;

3) – участок DE - «...медленной нелинейной фильтрационной консолидации», или вторичной консолидации $U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}})$, обусловленной затухающей ползучестью грунта.

График изменения степени консолидации во времени $U(t)$ хорошо описывается зависимостью вида:

$$U(t) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)] \cdot \{1 - \exp(-\lambda t)\}, \quad (1)$$

где λ – обобщенный коэффициент, имеющий размерность обратной времени, и зависящий от вида грунта, первоначальных размеров массива, условий дренирования, параметров деформирования и проницаемости грунта и т.п.

Степень консолидации СВГГ в течение времени $U(t)$ будет равна сумме 3-х слагаемых:

$$U(t) = U_0(t_0) + U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}}) + U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}}) \quad (2)$$

где $U(t)$ – степень консолидации в рассматриваемый расчетный момент времени t ;

$U_0(t_0)$ – степень консолидации от условно - мгновенной деформации, связанная со сжатием газосодержащей поровой жидкости;

$U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}})$ – степень консолидации в период фильтрационной консолидации за счет фильтрации поровой жидкости;

$U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}})$ – степень консолидации в период «...медленной нелинейной фильтрационной консолидации» или вторичной консолидации.

Для определения степени консолидации грунта $U(t)$ необходимо определить его значения на каждом из этапов уплотнения:

1) – степени консолидации при условно-мгновенной деформации $U_0(t_0)$ (участок OA);

2) - степени консолидации в период фильтрационной консолидации (оттока поровой жидкости) - $U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}})$.

Время завершения процесса фильтрационной консолидации ($t_{\text{фк}}$) можно определить по зависимости:

$$t_{\text{фк}} = 1/\lambda \quad (\text{лет}) \quad (3)$$

Значение степени консолидации в период фильтрационной консолидации $U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}})$ определится по зависимости:

$$U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}}) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)] \cdot \{1 - \exp(-\lambda t_1)\} \quad (4)$$

где t_1 – расчетное время фильтрационной консолидации, принимаемое равным

$$0 < t_1 \leq t_{\text{фк}} \quad (5)$$

3) – степени консолидации в период вторичной консолидации $U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}})$, которое определится по зависимости:

$$U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}}) = U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)] \cdot \{1 - \exp(-\lambda t_2)\} \quad (6)$$

где t_2 – расчетное время вторичной консолидации, принимаемое равным

$$t_{\text{фк}} < t_2 \leq t_{\text{вт}} \quad (7)$$

а $t_{\text{вт}}$ - время продолжительности вторичной консолидации.

В рассматриваемом случае перпендикуляр, опущенный из точки В на график фильтрационной консолидации, укажет точку D, соответствующую степени уплотнения при завершении фильтрационной консолидации, $U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}}) = 0,72$ (72%).

Так как на участке AD графика на рис. 1 протекает процесс фильтрационной консолидации, который завершается в точке D, дальнейшее уплотнение грунта на участке DE будет происходить за счет «...медленной нелинейной фильтрационной консолидации» или затухающей ползучести грунта.

Период вторичной консолидации грунта (участок DE на рис. 1) составляет величину $U_{вт}(t_{вт}) = (1,00 - 0,72) = 0,28$ (или 28%).

На участке DE графика консолидации, при $t_i \geq t_{фк}$ можно определять параметры ползучести грунта, включающие:

а) – скорость ползучести грунта (δ_i), как первую производную от функции осадки $S(t)$ в расчетный момент времени t_i ($\delta_i = \frac{\partial S(t)}{\partial t}$);

б) – величину затухания ползучести (δ_{t_i}), как вторую производную от функции осадки $S(t)$ в расчетный момент времени t_i ($\delta_{t_i} = \frac{\partial^2 S(t)}{\partial t^2}$).

Процесс уплотнения слабого водонасыщенного глинистого грунта при изменяющейся во времени высоте массива наглядно продемонстрирован на примере механической модели Р. Гибсона и К. Ло, подробно описанной в [1].

В соответствии с [1], в реологической модели Р. Гибсона и К. Ло твердые минеральные частицы (скелет) грунта отображаются моделью Хознемзера - Прагера. Данная модель также соответствует теории консолидации водонасыщенных грунтов, предложенной В. А. Флориним [6, 7].

Модель Р. Гибсона и К. Ло в измененном виде представлена на рис. 2, в которой приложенная к грунту нагрузка (σ) первоначально воспринимается упругим элементом H_0 , моделирующим газосодержащую поровую жидкость и вызывающим условно-мгновенную деформацию грунта, соответствующую на рис. 1 участку OA.

По мере оттока поровой жидкости (при $0 < t \leq t_{фк}$), эффективные напряжения (σ_z) будут восприниматься моделируемыми упругим H_1 и вязким N_1 элементами. Использование вязкого элемента N_1 в периоде фильтрационной консолидации вызвано наличием остаточных деформаций на графиках декомпрессии испытываемых образцов СВГГ в режиме «загрузка – разгрузка» даже при незначительных напряжениях.

На последующем участке DE (рис. 1) графика консолидации (при $t > t_{фк}$) будет происходить процесс «...медленной нелинейной фильтрационной консолидации», для которого характерно уменьшение фильтрационных процессов (элемента H_2) и возрастание свойств ползучести грунта (элемента N_2).

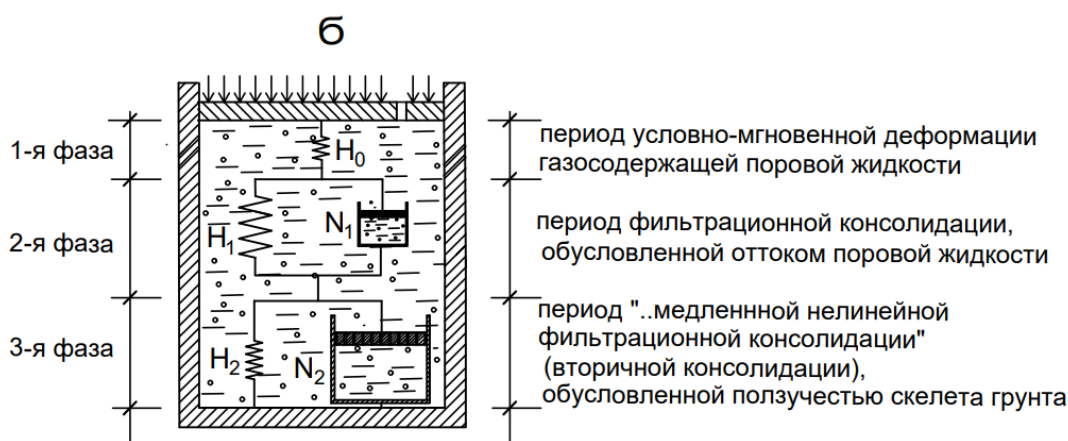


Рис. 2. Механическая модель консолидации водонасыщенного глинистого грунта:
 H_0, H_1, H_2 - упругие элементы Гука, N_1, N_2 - вязкие элементы Ньютона
 (размеры элементов отражены условно согласно их роли в соответствующей фазе консолидации)

По известным значениям степени уплотнения грунтов $U(t)$ можно определить величины деформации $S(t)$ во времени по зависимости:

$$S(t) = S_{п} \cdot U(t) \tag{9}$$

где $S_{п}$ - значение полной прогнозируемой деформации, определяемое при учете исходного (природного) напряженно-деформированного состояния (ИНДС) равно:

$$S_{п} = \left\{ 1 - \frac{C_0}{\exp(\sigma/D_0) - B_0} \right\} \cdot \left\{ h - \frac{1}{a} \ln \left[\frac{1 + A_0 \exp(ah)}{1 + A_0} \right] \right\} \tag{10}$$

где значения параметров A_0 , B_0 , C_0 и D_0 определяются по зависимостям, имеющим вид:

$$A_0 = (1 + e_0 - b) / b \quad (11)$$

$$B_0 = b / (1 + e_0) \quad (12)$$

$$C_0 = \left[1 - \frac{b}{1 + e_0} \right] \quad (13)$$

$$D_0 = (\gamma_s - \gamma_w) / f_0 \cdot a \cdot (1 + e_0 - b) \quad (14)$$

Значения параметров e_0 , a , b , входящих в (10) – (14), принимаются из графика уплотнения СВГГ под действием внешней нагрузки (или «природной» компрессии) [4].

Подставляя значения показателей слабого водонасыщенного илистого грунта, полученных по данным экспериментальных исследований: $e_0 = 5,88$; $b = 5,03$; $a = 0,366 \text{ м}^{-1}$; $\sigma = 0,15 \text{ МПа}$; $A_0 = 0,368$; $B_0 = 0,731$; $C_0 = 0,269$; $D_0 = 2,436 \cdot 10^{-2}$; $h = 10 \text{ м}$, имеем:

$$S_{\Pi} = \left[1 - \frac{0,269}{\exp\left(\frac{0,15}{0,02436}\right) - 0,731} \right] \cdot \left\{ 10,0 - \frac{1}{0,366} \cdot \ln\left(\frac{1 + 0,368 \exp(0,366 \cdot 10,0)}{1 + 0,368}\right) \right\} =$$

$$= (1 - 5,70^{-4}) \cdot (10,0 - 2,732 \cdot \ln\left(\frac{15,30}{1,368}\right)) = 0,9994 \cdot 3,404 = 3,40 \text{ м}$$

Значение полной деформации (S_{Π}), при этом будет равно (см. рис. 1):

$$S_{\Pi} = S_0(t_0) + S_{\text{фк}}(t_{\text{фк}}) + S_{\text{вт}}(t_{\text{вт}}) \quad (15)$$

где $S_0(t_0)$ – величина деформации в период условно-мгновенной консолидации, равная согласно (9)

$$S_0(t_0) = S_{\Pi} \cdot U_0(t_0) = 3,40 \text{ м} \cdot 0,17 = 0,58 \text{ м};$$

$S_{\text{фк}}(t_{\text{фк}})$ – величина деформации в период фильтрационной консолидации,

$$S_{\text{фк}}(t_{\text{фк}}) = S_{\Pi} \cdot U_{\text{фк}}(t_{\text{фк}}) = 3,40 \text{ м} \cdot 0,55 = 1,87 \text{ м};$$

$S_{\text{вт}}(t_{\text{вт}})$ – величина деформации в период вторичной консолидации, равная

$$S_{\text{вт}}(t_{\text{вт}}) = S_{\Pi} \cdot U_{\text{вт}}(t_{\text{вт}}) = 3,40 \text{ м} \cdot 0,28 = 0,95 \text{ м}.$$

Согласно зависимости (3), время завершения фильтрационной консолидации $t_{\text{фк}}$, соответствующее точке D на графике консолидации, будет достигнуто через

$$t_{\text{фк}} = 1 / 0,095 = 10,526 \approx 10,5 \text{ лет}.$$

Участок DE, характеризуемый как участок вторичной консолидации, позволяет определить реологические показатели грунта:

а) – скорость ползучести грунта (δ_i) в расчетное время (t_i),

б) - затухание ползучести грунта ($\Delta\delta_i$) в расчетное время (t_i).

Величину скорости ползучести грунта (δ_i) в расчетное время (t_i) определим, используя зависимости (1) и (9):

$$S(t) = S_{\Pi} \cdot U(t) = S_{\Pi} \cdot \{U_0(t_0) + [1 - U_0(t_0)] \cdot [(1 - \exp(-\lambda t))]\}$$

Величина скорости ползучести грунта (δ_i) в расчетное время (t_i) определится как производная от функции деформации $S(t)$ по времени:

$$\delta_i = \frac{\partial S(t)}{\partial t} = S_{\Pi} \cdot \lambda \cdot [1 - U_0(t_0)] \cdot \exp(-\lambda t_i) \quad (16)$$

Например, при расчетном времени консолидации равном $t_1 = 11$ лет, величина скорости ползучести (δ_1) будет равна

$$\delta_1 = 3,40 \cdot 0,095 \cdot 0,83 \cdot \exp(-0,095 \cdot 11) = 0,26809 \cdot 0,35169 =$$

$$= 0,094285 \frac{\text{м}}{\text{год}} = 9,428 \frac{\text{см}}{\text{год}}$$

А при расчетном времени консолидации $t_2 = 20$ лет, величина скорости ползучести (δ_2) соответственно будет равна

$$\begin{aligned} \delta_2 &= 3,40 \cdot 0,095 \cdot 0,83 \cdot \exp(-0,095 \cdot 20) = 0,26809 \cdot 0,14957 = \\ &= 0,0400982 \frac{\text{м}}{\text{год}} = 4,010 \frac{\text{см}}{\text{год}} \end{aligned}$$

Величина затухания ползучести грунта ($\dot{\delta}_{t_i}$) в расчетное время t_i вторичной консолидации определится как вторая производная от функции деформации $S(t)$ по времени:

$$\dot{\delta}_{t_i} = \frac{\partial^2 S(t)}{\partial t^2} = -S_{\text{п}} \cdot \lambda^2 \cdot [1 - U_0(t_0)] \cdot \exp(-\lambda(t_i)) \quad (17)$$

При значении расчетного времени $t=11$ лет, величина затухания ползучести ($\dot{\delta}_{11}$) составит

$$\begin{aligned} \dot{\delta}_{11} &= -3,40 \cdot (0,095)^2 \cdot 0,83 \cdot \exp(-0,095 \cdot 11) = \\ &= -0,02547 \cdot 0,35169 = -8,9576 \cdot 10^{-3} \text{ м/год}^2 = -0,8958 \text{ см/год}^2, \end{aligned}$$

а при расчетном времени $t = 20$ лет значение показателя затухания ползучести ($\dot{\delta}_{20}$) соответственно составит

$$\begin{aligned} \dot{\delta}_{20} &= -3,40 \cdot (0,095)^2 \cdot 0,83 \cdot \exp(-0,095 \cdot 20) = \\ &= -0,02547 \cdot 0,14957 = -3,8095 \cdot 10^{-3} \text{ м/год}^2 = -0,3810 \text{ см/год}^2 \end{aligned}$$

Из полученных результатов видим, что значения скорости ползучести грунта (δ_i) в период вторичной консолидации имеют тенденцию к затуханию во времени ($\dot{\delta}_{20} > \dot{\delta}_{11}$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные исследования, выполненные в соответствии с разработанной методикой, позволяют сделать следующие выводы:

1. Учет изменяющейся во времени высоте массива СВГГ в процессе фильтрационной консолидации показал, что процесс фильтрационной консолидации, характеризуемый оттоком поровой жидкости, завершается значительно раньше, чем при расчетах при постоянной высоте сжимаемой толщи. Это связано с уменьшением расчетных путей фильтрации в процессе консолидации. В рассматриваемом случае время фильтрации поровой жидкости в массиве илистого грунта уменьшилось почти в 5 раз, составив 10,5 лет по сравнению с расчетом того же массива при постоянной высоте массива СВГГ (рис.1).

2. В водонасыщенном глинистом грунте процессы фильтрационной и вторичной консолидации происходят одновременно, причем первоначально уплотнение грунтов происходит за счет оттока поровой жидкости или фильтрационной консолидации. Роль ползучести грунта при этом незначительна. По мере падения порового давления в массиве происходит взаимосближение частиц грунта и постепенное возрастание ползучести скелета грунта или вторичной консолидации.

3. График консолидации грунтов можно разделить условно на 3 временных участка уплотнения: условно-мгновенный, фильтрационный и вторичной консолидации. При этом каждому участку уплотнения, в зависимости от вида, гранулометрического состава и физического состояния СВГГ, будет соответствовать свое значение степени уплотнения.

4. На участке вторичной консолидации, являющемся участком затухающей ползучести грунта, можно определять такие реологические показатели как: а) - скорость ползучести (δ_i) и б) - затухание ползучести грунтов ($\dot{\delta}_{t_i}$) в рассматриваемое время вторичной консолидации (t_i).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. - М.: Высшая школа, 1978.- 447 с.
2. Добров Э.И. Исследование начального градиента при уплотнении глинистых грунтов: Авторе. дисс. ...канд. техн. наук. - М.: МАДИ, 1966.-22 с.
3. Рахманов А.А. Численное решение нелинейной задачи консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов с учетом изменяющейся высоты массива. (В сб. трудов «Междун. научно-практ. конф. «Проблемы инж. геологии, гидрогеологии и разраб. месторожд. полезных. ископ. Таджикистана и сопред. территорий»), ТНУ, Душанбе, 2022. – С. 207 – 213.

4. Раҳманов А.А. К определению физико-механических показателей слабых водонасыщенных глинистых грунтов в исходном напряженно-деформированном состоянии. В сб. Вестник филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе, Секция естественных наук, Том 1, № 1 (21), Душанбе, 2022.- С.144-150.

5. Тер-Мартirosян З.Г., Демин И.И., Раҳманов А.А. Консолидация сильносжимаемого глинистого грунта. В сб. «Современные проблемы нелинейной механики грунтов», г. Челябинск, 1985.- с. 168-169.

6. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Т.1. (общие зависимости и напряженное состояние оснований сооружений). Л.-М.: Госстройиздат, 1959.- 357 с.

7. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Т.2. (деформации и устойчивость оснований сооружений). Л.-М.: Госстройиздат, 1961.- 543с.

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

TJ	RU	EN
Раҳмонов Азим Абдуллоевич номзади фанҳои техникӣ, дотсент	Раҳманов Азим Абдуллаевич кандидат технических наук, доцент	Rahmanov Azim Abdullaevich candidate of technical sciences, associate professor
Корхонаи воҳиди давлатии “Пажуҳишгоҳи илмию тадқиқоти “Соҳтмон ва меъморӣ” – и (КВД “ПИТ СМ”)	Государственное унитарное предприятие «Научно- исследовательский институт «Строительство и архитектура» (ГУП «НИИСА»)	State Unitary Enterprise "Research Institute "Construction and Architecture" (SUE "RICA")
E-mail: r.azim55@mail.ru		

УДК 72.04 (575,3)

АЛОҚАМАНДИИ САНЪАТИ ПЛАСТИКӢ БО МЕЪМОРӢ, БУНӢД ВА ТАШАККУЛИ ОН ДАР ДАВРАИ ИСТИҚЛОЛ

Эмомова Ф.Ӣ.

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

Дар мақола раванди рушд ва алоқамандии санъати пластикӣ дар гузариши фарҳанги меъморӣ халқи тоҷик, ки бо фарҳангии мардум зич алоқамандӣ дорад, пешниҳод гардидааст. Донишҷӯ соҳаи санъати дизайн ва меъморӣ, ба меъморон имкон медиҳад, ки ба анъанаҳои аслии миллии диққати махсус диҳанд. Ҳамзамон дар мақола, ҷустуҷӯи кашфиётҳои нав барои ошкор намудани санъати пластикӣ ба назар гирифта шудааст.

Калимаҳои калидӣ: санъат, муҳити меъморӣ, ҳунари бадеӣ, санъати миллии, тарҳрезӣ.

СВЯЗЬ ПЛАСТИЧЕСКОГО ИСКУССТВА С АРХИТЕКТУРОЙ, ЕГО ВОЗВЕДЕНИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ В ПЕРИОД НЕЗАВИСИМОСТИ

Эмомова Ф.Ӣ.

В статье представлен процесс развития и взаимосвязи пластического искусства в развитии архитектурной культуры таджикского народа, тесно связанной с культурой народа. Знание области искусства дизайна и архитектуры позволяет архитекторам уделять особое внимание оригинальным национальным традициям. В то же время в статье рассматривается поиск новых открытий для раскрытия пластического искусства.

Ключевые слова: искусство, архитектурная среда, художественное искусство, национальное искусство, дизайн.

THE CONNECTION OF PLASTIC ART WITH ARCHITECTURE, ITS CONSTRUCTION AND FORMATION IN THE PERIOD OF INDEPENDENCE

Emomova F.E.

The article presents the process of development and interrelation of plastic art in the development of the architectural culture of the Tajik people, closely related to the culture of the people. Knowledge of the art of design and architecture allows architects to pay special attention to the original national traditions. At the same time, the article discusses the search for new discoveries for the disclosure of plastic art.

Keywords: art, architectural environment, art, national art, design.

МУҚАДДИМА

Алоқамандии санъати пластикӣ бо дизайни меъморӣ зич вобаста буда, дар заминаи ҷустуҷӯи хусусиятҳои миллии ва гуногунрангии дар меъморӣ замони муосир қарор дорад.

Дар мубрамияти мақолаи мазкур, ташаккул ва алоқамандии санъати пластикӣ дар дизайни муҳити меъморӣ буда, дар он шаҳрҳои Тоҷикистонро ва дараҷаи инкишофи масъалаҳои оиди санъати пластикӣ ва меъморӣ, навгониҳо ва усулҳои татбиқшавандаи он пешниҳод гардидааст.

Тавре ки маълум аст, раванди рушд ва гузариши фарҳанги халқи тоҷик бо таҳқиқи мероси фарҳангии мардум ба таври зич алоқаманд аст: дар соҳаи санъати дизайн ва меъморӣ, донишҷӯ мероси гузаштагон имкон медиҳад, ки ба анъанаҳои аслии миллии диққати махсус дода шуда, барои ошкор намудани санъати миллии ва ҷустуҷӯи кашфиётҳои нави пластикӣ мусоидат кунад.

Дар 32-соли Истиқлолияти Ҷумҳурии Тоҷикистон ташаккулёбии ва рушди давлати куҳанбунёди тоҷик, ки айни замон, афзоишёбии аҳоли дар назар аст, зарурати баланд бардоштани нақши санъати бадеӣ-пластикӣ, дизайни меъморӣ ва истифодабарии он дар муҳити хело нақши муҳим мебошад.

Эҷоди меъморӣ ва пластикии муосири шаҳрҳои Тоҷикистон, сохтмони биноҳои пурқашамати бо унсурҳои миллии сохташуда, ки дар солҳои охир пайдо шуданд, инчунин тарҳрезии лоиҳаҳои нави, ки дар оянда ба нақша гирифта шудааст, тамоюлоти навтаринро дар соҳаи меъморӣ ва дизайн муайян мекунад. Ҳамчунин шаҳри Душанбе, ки дар даври 30-соли истиқлолият дар шаҳрсозӣ, бунёди хонаҳои баландошёнаи истиқоматӣ ва маъмурӣ хело пешрафта ҳисобида мешавад, инъикосгари чунин зебоӣ дар меъморӣ буда, бо шӯҳрати хоссаи худ муарифгари шаҳрҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон мебошад.

МАВОДҶО ВА УСУЛҶО

Дар ибтидои асри XXI, дар ҳолати фароҳам овардани шароитҳои зарурӣ барои фаъолияти эҷодии меъморон, рассомон ва ҳайкалтарошон, дар пойтахти кишварамон ш. Душанбе як қатор навгониҳо дар санъати муҷассмаофарӣ дар маҷмӯаи: ансамбли нахустин давлати тоҷикон Исмоили Сомонӣ, як қатор ҷароғонкунии рангин дар пиёдароҳҳо, боғҳои бузург ба номи А. Рудақӣ, боғи Парчами миллат, боғи А. Навоӣ, С. Айни, А. Фирдавсӣ, инчунин чойхонаи “Кохи Наврӯз”, ки дорои 12- толари ғайриоддӣ буда, ҳар яки ин тодорҳо бо як услуби хоссаи миллидошта, сохта ва бунёд гардиданд, ки нақши санъати меъморӣ ва пластикиро баланд бардошта бо зебогии хосси миллидошта ба шаҳр шукӯҳи хосса бахшидаанд.



Расми 1 – Боғи Алишери Навоӣ дар шаҳри Душанбе



Расми 2. Ҳайкали Исмоили Сомонӣ



Расми 3. Кохи Наврӯз дар шаҳри Душанбе



Расми 4. Толорҳои Кохи Наврӯз

Тавре ки маълум аст, меъморӣ ҳар як халқ бо маҷмӯи омилҳои мураккаб (талаботҳои иҷтимоӣ, анъанаҳои маҳаллӣ, идеология, робитаҳои фарҳангӣ ва ғ.) пеш аз ҳама бо шароитҳои табиӣ ва иқлим ташаккул меёбад. Аз ин сабаб, баррасии рушди меъморӣ ва шароити муҳити географӣ имконият фароҳам меорад, ки мо бисёртар аз хусусиятҳо ва ташаккули анъанаҳои миллӣ, минтақавӣ, ки таърихи шароитҳои маҳаллиро ташкил медиҳанд, хабардор бошем.

ДОИРАИ ТАТБИҚ

Ҳамин тариқ, таъсиррасонии табиӣ ва иқлимии минтақаҳои кӯҳӣ, наздикӯҳӣ ва ҳамвориро дар Тоҷикистон ба назар гирифта ба муҳити меъморӣ, ландшафт, ки дар қаламрави онҳо, ташаккул ва инкишофи санъати пластикӣ рушд ёфта истодааст, хело бомаврид мебошад.

Хусусиятҳои таърихӣ ва иҷтимоию иқтисодии рушди меъморӣ ва санъати пластикии Тоҷикистон дар раванди инкишофёбии санъати миллии халқи тоҷик дар тамоми марҳилаҳои таъсисёбӣ бо мероси фарҳангии худ зич алоқаманд аст. Вобаста ба ин робитаи хусусиятҳои таърихидошта дар меъмории тоҷикон инкишофи санъати пластикӣ ва дизайни меъморӣ низ хело назаррас мебошад.

НАТИҶАҲОИ ТАДҚИҚОТ

Рушди иқтисодиёт ва аз нав эҳё гардидани санъати пластикӣ дар меъмории замони муосир таваҷҷӯҳи хоссаеро пайдо намуд. Бояд зикр намуд, ки санъати пластикӣ ва дизайни меъморӣ дар шаҳрҳои Тоҷикистон рӯз то рӯз рушд меёбад, ки ин идомабахши беҳтарин намунаҳои санъати меъморӣ гардида истодааст. Чунин аст заминаи ҳақиқӣ барои возеҳ омода кардани санъати пластикӣ ва синтези он дар рушди меъмории Тоҷикистон. Бояд қайд намуд, ки ҳамаи он ёдгориҳои меъмории Тоҷикистон худ таҷассумгари сарчашмаи сарватманд дар ҳаёти ҷомеаи имрӯзаи мо мебошад. Чунин ёдгориҳои таърихиро ба мисоли ғору нақбҳо дар Помири Шарқӣ, шаҳраки кишоварзии қадимаи Саразм дар Панҷакент, ёдгориҳои Тахти Сангини Қубодиёни вилояти Хатлон, шаҳри қадимии Панҷакент, Хулбук ва Шаҳристон дидан мумкин аст, ки дар сатҳи баланд қарор доштани санъати ороишии пластикӣ ва меъмории он давраро ифода мекунанд. [1].

Ҳамзамон, мо гуфта метавонем, ки дар асрҳои миёна анъанаҳои меъморӣ ва санъати пластикии Тоҷикистон аз тарафи таърихшиносон (академикҳо Б. Литвинский, Н.Н. Неъматов, А.И. Мухторов, Ю.Я. Ёкубов ва дигарон) таҳлили худашонро ёфта буданд, ки маводҳои таҳлилкардаи ин таърихшиносон оид ба муносибатҳои байналхалқии фарҳангӣ дар қаламрави таърихи тоҷикон дар давраи қадим ва асрҳои миёна шаҳодат аз он медихад, ки иштироки фаёлонаи онҳо дар ин соҳа барои рушди меъморӣ назаррас буда, ҷиҳатҳои хуби онҳоро истифода кардаанд.[2].

3-ин сабаб барои устуворӣ ва давом додани анъанаҳои хусусияти миллидошта дар меъморӣ ва дизайни Тоҷикистон, пешрафти таҷрибаи садсолаҳо, техникаҳо, санъати бадеӣ ва ҷустуҷӯи инноватсионӣ дар самти рушди эҷодии онҳо дар меъмории замони муосир санъати пластикӣ ва дизайни дохили бино дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ба назар гирифта шуда, азҳудкунии он зарур ва саривақтӣ шуморида мешавад.

Истифодаи услуб, таносубият дар шаклҳои меъморӣ ва рушди санъати пластикӣ дар меъмории муосири Тоҷикистон моро водор месозад, ки ташаккули санъати меъморӣ ва дизайнро дар сатҳи нав гузошта аз техника ва таҷҳизоти сохтмони замонавӣ васеъ истифода намоем. Дар ин ҳолат ба анъанаҳои хоси мардуми тоҷик, санъати меъморӣ ва пластикии он таваҷҷӯҳ зоҳир мекунанд.

МУҲОКИМАИ НАТИҶАҲОИ ТАҲҚИҚОТ

Дар маҷмӯъ, ташаккул ва алоқамандии санъати пластикӣ дар дизайни меъмории биноҳои бунёдшавандаи давраи истиқлоли ҳамаҷун қисми зарурии санъати меъморӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳисобида шуда, бомаврид дар истехсолот истифода бурда мешавад.

Хулосаҳо: Муҳити санъати пластикии давраи Шӯравиро эътироф намуда, роҳи ҳалли ташаккул, рушд ва алоқамандии онро дар соҳаи меъмории Ҷумҳурии Тоҷикистонро зарур мешуморем, зеро синтези меъморӣ ва дизайн бо санъати пластикӣ тадриҷан шарикон пурра дар соҳаи меъморӣ буда, метавонад барои давомнокии анъанаҳои меъморӣ тоҷик имкон фароҳам оварад.

АДАБИЁТ

1. Мамаджанова С.М., Тиллоев С. Архитектура общественных зданий Душанбе XX века / С.М. Мамаджанова, С.С. Тиллоев – Душанбе: АН РТ, 2007.

2. Муқимов Р.С. История и теория таджикского градостроительства / Р.С. Муқимов – Душанбе; Изд. ООО «Контраст», 2009.

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

TJ	RU	EN
Эмомова Ф.Ё.	Эмомова Ф.Ё.	Emomova F.Yo
Н.м., и.в. Дотсенти кафедраи “ДММваТ”	К. арх., и.о. доцента кафедры “ДАСи Р”	Candidate of architecture, lector of the
, Донишгоҳи Техникии Тоҷикистон ба номи ак. М.С. Осимӣ.	Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими.	Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
E-mail: miss.imomova@mail.ru		

УДК 624.042

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ПОЛОГОЙ ОБОЛОЧКИ**Д.Н. Низомов¹, И.К. Каландарбеков², И.И. Каландарбеков², М.Т.Джонмамадова²**¹Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАН Таджикистана,²Таджикский технический университет им. академика М.С.Осими

Статья посвящена динамическому расчёту пологих оболочек. Рассмотрены системы дифференциальных уравнений, описывающие исследуемый процесс с начальными и граничными условиями, в безразмерном виде. Приведены системы дифференциальных уравнений движения пологой оболочки в перемещениях в безразмерном виде. Рассмотрено численное моделирование динамической задачи пологой оболочки на основе системы дифференциальных уравнений с использованием разностной формы метода последовательных аппроксимаций.

Ключевые слова: дифференциальные уравнения, математическая модель, полая оболочка, кривизна, функция напряжений, численное моделирование, разностная аппроксимация, срединная поверхность.

МОДЕЛКУНОНИИ АДАДИИ МАСЪАЛАҲОИ ДИНАМИКӢ ҚИШРИ КАМФАРОЗ**Ҷ.Н. Низомов, И.Қ. Қаландарбеков, И.И. Қаландарбеков, М.Т.Ҷонмамадова**

Мақола ба ҳисоби динамикии қишри камфароз баҳшида шудааст. Системаи муодилаҳои дифференсиалии, ки ҷараёни таҳқиқотро бо шартҳои ибтидоӣ ва сарҳади ифода мекунад, модели математикӣ барои асл ва модел бе воҳиди ченак ташкил медиҳанд, дида баромада шудааст. Системаи муодилаҳои дифференсиалии қишри камфароз барои ҷойивазкунӣ оварда шудааст. Моделкунонии ададии масъалаҳои динамикии қишри камфароз дар асоси системаи муодилаҳои дифференсиалии бо истифода аз шакли фарқиятии методи аппроксиматсияи пай дар пай дида баромада шудааст.

Калимаҳои калидӣ: муодилаҳои дифференсиалии, модели математикӣ, қишри камфароз, қачхата, функцияи шиддат, моделкунонии ададӣ, аппроксиматсияи фарқӣ, сатҳи мобайни.

NUMERICAL MODELING OF THE DYNAMIC PROBLEM OF A HOLLOW SHELL**J.N. Nizamov, I.K. Kalandarbekov, I.I. Kalandarbekov, M.T. Jonmamadova**

The article is devoted to the dynamic calculation of shallow shells. Systems of differential equations describing the process under study with initial and boundary conditions in dimensionless form are considered. Systems of differential equations of motion of a hollow shell in displacements in dimensionless form are presented. Numerical modeling of the dynamic problem of a shallow shell is considered based on a system of differential equations using the difference form of the method of successive approximations.

Key words: differential equations, mathematical model, shallow shell, curvature, stress function, numerical modeling, difference approximation, middle surface.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрения оболочек в качестве покрытия зданий и сооружений в сейсмоактивных районах, проблема их динамического расчета на сейсмические воздействия является весьма актуальной. Динамический расчет оболочек представляет одну из важных и вместе с тем сложных проблем строительной механики. Чаще всего при таком расчете ограничиваются определением форм и частот собственных колебаний. Численное моделирование динамического поведения оболочки позволяет кроме частоты и формы колебания определить изменения перемещений и усилий в зависимости от времени.

Дифференциальные уравнения, описывающие исследуемый процесс, вместе с начальными и граничными условиями образуют математическую модель как для природы, так и для его модели, если они представлены в безразмерном виде.

Введём безразмерные параметры:

$$\bar{x} = \frac{x}{a}, \quad \bar{y} = \frac{y}{a}, \quad \bar{t} = \frac{t}{T_{11}}, \quad \bar{w} = \frac{w}{a}, \quad m = \frac{M a}{D}, \quad D = \frac{E \delta^3}{12(1-\nu^2)},$$

$$\bar{N} = -\frac{N}{a E \delta k_0}, \quad \bar{N}_x = \frac{N_x}{a E \delta k_0}, \quad \bar{N}_y = \frac{N_y}{a E \delta k_0}, \quad \bar{k}_x = \frac{k_x}{k_0}, \quad \bar{k}_y = \frac{k_y}{k_0}, \quad (1)$$

$$\bar{q} = \frac{q a^3}{D}, \quad \bar{\mu} = \frac{\mu a^4}{D T_{11}^2}, \quad \bar{k} = \frac{k_0^2 a^4 E \delta}{D}, \quad \bar{c} = \frac{c a^4}{D T_{11}}$$

В рамках известных допущений, система дифференциальных уравнений теории пологих оболочек состоит из четырёх уравнений второго порядка

$$\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} = -E \delta \left(k_x \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + k_y \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right),$$

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} = - \left(k_x \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + k_y \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + q - \mu \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = - \frac{M}{D}, \quad \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} = N,$$

Из (2) получим:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 \bar{N}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{N}}{\partial \bar{y}^2} &= \bar{k}_x \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{y}^2} + \bar{k}_y \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x}^2}; \\ \frac{\partial^2 m}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 m}{\partial \bar{y}^2} &= \bar{q} - \bar{\mu} \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{t}^2} - \bar{c} \frac{\partial \bar{w}}{\partial \bar{t}} + \bar{k} \left(\bar{k}_x \bar{N}_x + \bar{k}_y \bar{N}_y \right); \\ \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{y}^2} &= -m; \quad \bar{N}_x + \bar{N}_y = -\bar{N}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

В принятых выше обозначениях (1): a – характерный размер оболочки; k_0 – кривизна срединной поверхности оболочки в произвольной точке; $T_{11} = 2\pi / \omega_{11}$ – период основного тона колебаний пологой оболочки с шарнирно подвижным опиранием краев, где при $k_x = k_y = 1/R$

$$\omega_{11}^2 = \frac{D}{\rho \delta} \left[\left(\frac{\pi^2}{a^2} + \frac{\pi^2}{b^2} \right)^2 + \frac{E \delta}{DR^2} \right],$$

$\mu = \rho \delta$ – масса единицы площади оболочки. Если предположить, что модель оболочки изготовлена из того же материала, что и натуре, то из равенства

$$\bar{\mu}_m = \bar{\mu}_n, \quad \rightarrow \quad \frac{\rho \delta_m a_m^4 12(1-\nu^2)}{E \delta_m^3 T_{11,m}^2} = \frac{\rho \delta_n a_n^4 12(1-\nu^2)}{E \delta_n^3 T_{11,n}^2}, \quad \rightarrow \quad T_{11,n} = \left(\frac{a_n}{a_m} \right)^2 \frac{\delta_m}{\delta_n} T_{11,m}.$$

Например, при масштабе модели $1:m$, где $m > 1$,

$$T_{11,n} = m^2 \frac{1}{m} T_{11,m} = m \cdot T_{11,m}.$$

Выразив \bar{N}_x и \bar{N}_y через функцию напряжений, из (1) получим:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 \bar{N}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{N}}{\partial \bar{y}^2} &= \bar{k}_x \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{y}^2} + \bar{k}_y \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x}^2}, \\ \frac{\partial^2 m}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 m}{\partial \bar{y}^2} &= \bar{q} - \bar{\mu} \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{t}^2} - \bar{c} \frac{\partial \bar{w}}{\partial \bar{t}} + \bar{k} \left(\bar{k}_x \frac{\partial^2 \bar{\Phi}}{\partial \bar{y}^2} + \bar{k}_y \frac{\partial^2 \bar{\Phi}}{\partial \bar{x}^2} \right), \\ \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{y}^2} &= -m, \quad \frac{\partial^2 \bar{\Phi}}{\partial \bar{y}^2} + \frac{\partial^2 \bar{\Phi}}{\partial \bar{x}^2} = -\bar{N}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где $\bar{\Phi} = \Phi / a^3 Ek_0$ – безразмерная функция напряжений. Система (4) состоит из четырех безразмерных дифференциальных уравнений с четырьмя неизвестными: \bar{w} , m , ω , $\bar{\Phi}$. В частности, при $k_x = k_y = k_0$ и $\bar{k}_x = k_x / k_0 = 1$, $\bar{k}_y = k_y / k_0 = 1$ система уравнений (4) приобретает вид

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 \bar{N}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{N}}{\partial \bar{y}^2} = -m, \quad \frac{\partial^2 m}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 m}{\partial \bar{y}^2} = \lambda, \\ \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{y}^2} = -m, \quad \frac{\partial^2 \bar{\Phi}}{\partial \bar{y}^2} + \frac{\partial^2 \bar{\Phi}}{\partial \bar{x}^2} = -\bar{N}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где
$$\lambda = \bar{q} - \bar{\mu} \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{t}^2} - \bar{c} \frac{\partial \bar{w}}{\partial \bar{t}} - \bar{k} \bar{N}, \quad (6)$$

Следует отметить, что в системе уравнений (5) три первых уравнений, с учётом (6), являются взаимосвязанными, а четвёртое уравнение можно решить отдельно. Очевидно, это возможно только в случае сферической поверхности.

Таким образом, после преобразования в систему из двух дифференциальных уравнений четвертого порядка с неизвестными функциями w и Φ , получим [1-3]

$$\left. \begin{aligned} D \nabla^4 w - \nabla_k^2 \Phi - q + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0, \\ \nabla^4 \Phi + E \delta \nabla_k^2 w = 0. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Здесь
$$\nabla^4 = \nabla^2 \nabla^2 = \frac{\partial^4}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4}{\partial y^4}, \quad \nabla_k^2 = k_y \frac{\partial^2}{\partial x^2} + k_x \frac{\partial^2}{\partial y^2}.$$

Уравнения в (7) можно представить в безразмерном виде

$$\left. \begin{aligned} \bar{\nabla}^4 \bar{w} - \bar{\mathcal{G}} \bar{\nabla}_k^2 \bar{\Phi} + \bar{q} + \bar{\mu} \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \bar{t}^2} = 0, \\ \bar{\nabla}^4 \bar{\Phi} + \bar{\nabla}_k^2 \bar{w} = 0, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где
$$\bar{x} = x / a, \quad \bar{y} = y / a, \quad \bar{t} = t / T_{11}, \quad \bar{w} = w / a, \quad \bar{\Phi} = \Phi / a^3 Ek_0,$$

$$\bar{q} = qa^3 / D, \quad \bar{\mu} = \rho a^4 \delta / DT_{11}^2, \quad \bar{\mathcal{G}} = k_0^2 a^4 E \delta / D, \quad \rho = \gamma / g,$$

$$\bar{\nabla}^4 = \frac{\partial^4}{\partial \bar{x}^4} + 2 \frac{\partial^4}{\partial \bar{x}^2 \partial \bar{y}^2} + \frac{\partial^4}{\partial \bar{y}^4}, \quad \bar{\nabla}_k^2 = \bar{k}_y \frac{\partial^2}{\partial \bar{x}^2} + \bar{k}_x \frac{\partial^2}{\partial \bar{y}^2}, \quad \bar{k}_x = \frac{k_x}{k_0}, \quad \bar{k}_y = \frac{k_y}{k_0}.$$

Безразмерные уравнения в (8) описывают колебательный процесс как в модели, так и в натуре. Из равенства безразмерных параметров для модели и натуре, которые изготовлены из одного того же материала, получим

$$\bar{q}_m = \bar{q}_n, \quad \rightarrow q_n = q_m \left(\frac{\delta_n a_m}{a_n \delta_m} \right)^3, \quad \bar{\mu}_m = \bar{\mu}_n \quad \rightarrow T_{11,n} = T_{11,m} \frac{\delta_m}{\delta_n} \left(\frac{a_n}{a_m} \right)^2,$$

Выразив усилия, перемещения u_x, u_y, w с помощью зависимостей для нормальных, касательных сил, изгибающих и крутящих моментов получим систему из трёх уравнений которую можно также представить в безразмерном виде [4]

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 \bar{u}_x}{\partial \xi^2} + \frac{(1-\nu)}{2} \frac{\partial^2 \bar{u}_x}{\partial \eta^2} + \frac{(1+\nu)}{2} \frac{\partial^2 \bar{u}_y}{\partial \xi \partial \eta} - (k_\xi + \nu k_\eta) \frac{\partial \bar{w}}{\partial \xi} + p_\xi - \bar{\mu} \frac{\partial^2 \bar{u}_x}{\partial t^2} = 0, \\ \frac{\partial^2 \bar{u}_y}{\partial \eta^2} + \frac{(1-\nu)}{2} \frac{\partial^2 \bar{u}_y}{\partial \xi^2} + \frac{(1+\nu)}{2} \frac{\partial^2 \bar{u}_x}{\partial \xi \partial \eta} - (\nu k_\xi + k_\eta) \frac{\partial \bar{w}}{\partial \eta} + p_\eta - \bar{\mu} \frac{\partial^2 \bar{u}_y}{\partial t^2} = 0, \\ \frac{\bar{\delta}^2}{12} \left(\frac{\partial^4 \bar{w}}{\partial \xi^4} + 2 \frac{\partial^4 \bar{w}}{\partial \xi^2 \partial \eta^2} + \frac{\partial^4 \bar{w}}{\partial \eta^4} \right) - (k_\xi + \nu k_\eta) \frac{\partial \bar{u}_x}{\partial \xi} - (\nu k_\xi + k_\eta) \frac{\partial \bar{u}_y}{\partial \eta} + \\ + (k_\xi^2 + k_\eta^2 + 2\nu k_\xi k_\eta) \bar{w} - \bar{q} + \bar{\mu} \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial t^2} = 0, \end{aligned} \right\} (9)$$

где $\xi = x/a$, $\eta = y/a$, $\bar{u}_x = u_x/a$, $\bar{u}_y = u_y/a$, $\bar{w} = w/a$,

$$k_\xi = k_x a, \quad k_\eta = k_y a, \quad \bar{\delta} = \delta/a,$$

$$\bar{\mu} = \rho \frac{a^2(1-\nu^2)}{ET_{11}}, \quad p_\xi = p_x \frac{a(1-\nu^2)}{E\delta}, \quad p_\eta = p_y \frac{a(1-\nu^2)}{E\delta}, \quad \bar{q} = q \frac{a(1-\nu^2)}{E\delta}.$$

В принятых обозначениях: $\bar{u}_x, \bar{u}_y, \bar{w}$ – безразмерные перемещения точек срединной поверхности в направлении координатных осей; a – одна из сторон оболочки; T_{11} – период основного тона колебаний оброчки с шарнирно подвижным опиранием; ν – коэффициент Пуассона; δ – толщина оболочки. Если предположить, что модель полой оболочки изготовлена из того же материала, что и натура, то из равенства $\bar{\mu}_m = \bar{\mu}_n$, получим основной период свободных колебаний натуре в зависимости от основного периода модели: $T_{11,n} = a_n T_{11,m} / a_m$.

Далее рассмотрим численное моделирование динамической задачи полой оболочки на основе системы дифференциальных уравнений (5). С этой целью используем разностную форму метода последовательных аппроксимаций (МПА) [4,5]. Записав систему дифференциальных уравнений (5) в момент времени n , и из их разностной аппроксимаций получим систему алгебраических уравнений. Разностная аппроксимация первого уравнения в (5) для квадратной сетки с шагом h (рис.1а) представляется в виде

$$\left(\begin{array}{c} \bar{N}_{i-1,j-1} + 4\bar{N}_{i-1,j} + \bar{N}_{i-1,j+1} + \\ + 4\bar{N}_{i,j-1} - 20\bar{N}_{i,j} + 4\bar{N}_{i,j+1} + \\ + \bar{N}_{i+1,j-1} + 4\bar{N}_{i+1,j} + \bar{N}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n + \frac{h^2}{12} \left(\begin{array}{c} m_{i-1,j-1} + 4m_{i-1,j} + m_{i-1,j+1} + \\ + 4m_{i,j-1} + 52m_{i,j} + 4m_{i,j+1} + \\ + m_{i+1,j-1} + 4m_{i+1,j} + m_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n = 0. \quad (10)$$

Аналогичным образом аппроксимируется второе уравнение (5)

$$\left(\begin{array}{c} m_{i-1,j-1} + 4m_{i-1,j} + m_{i-1,j+1} + \\ + 4m_{i,j-1} - 20m_{i,j} + 4m_{i,j+1} + \\ + m_{i+1,j-1} + 4m_{i+1,j} + m_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n - \frac{h^2}{12} \left(\begin{array}{c} \lambda_{i-1,j-1} + 4\lambda_{i-1,j} + \lambda_{i-1,j+1} + \\ + 4\lambda_{i,j-1} + 52\lambda_{i,j} + 4\lambda_{i,j+1} + \\ + \lambda_{i+1,j-1} + 4\lambda_{i+1,j} + \lambda_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n = 0, \quad (11)$$

где
$$\lambda_{ij,n} = \bar{q}_{ij,n} - \bar{\mu} f_{ij,n} - \bar{c} \varphi_{ij,n} - \bar{k} \bar{N}_{ij,n}, \tag{12}$$

$$f = \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial t^2}, \quad \varphi = \frac{\partial \bar{w}}{\partial t},$$

$$\bar{\mu} = \frac{\mu a^4}{DT_{11}^2}, \quad \bar{k} = \frac{k_0^2 a^4 E \delta}{D}, \quad \bar{c} = \frac{ca^4}{DT_{11}}, \quad k_0 = \frac{1}{R}, \quad c = 2\xi \omega_{11} \mu, \quad \xi \geq 0,02.$$

Уравнение (11) с учётом (12) состоит из неизвестных $m_{ij}, \bar{w}_{ij}, \bar{N}_{ij}$. С заменой \bar{N} на \bar{w} в (10), получим разностное уравнение аппроксимирующее третье дифференциальное уравнение

$$\left(\begin{array}{l} \bar{w}_{i-1,j-1} + 4\bar{w}_{i-1,j} + \bar{w}_{i-1,j+1} + \\ + 4\bar{w}_{i,j-1} - 20\bar{w}_{i,j} + 4\bar{w}_{i,j+1} + \\ + \bar{w}_{i+1,j-1} + 4\bar{w}_{i+1,j} + \bar{w}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n + \frac{h^2}{12} \left(\begin{array}{l} m_{i-1,j-1} + 4m_{i-1,j} + m_{i-1,j+1} + \\ + 4m_{i,j-1} + 52m_{i,j} + 4m_{i,j+1} + \\ + m_{i+1,j-1} + 4m_{i+1,j} + m_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n = 0. \tag{13}$$

Из аппроксимации четвёртого уравнения в системе (5) разностным уравнением МПА, получим

$$\left(\begin{array}{l} \bar{\Phi}_{i-1,j-1} + 4\bar{\Phi}_{i-1,j} + \bar{\Phi}_{i-1,j+1} + \\ + 4\bar{\Phi}_{i,j-1} - 20\bar{\Phi}_{i,j} + 4\bar{\Phi}_{i,j+1} + \\ + \bar{\Phi}_{i+1,j-1} + 4\bar{\Phi}_{i+1,j} + \bar{\Phi}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n = - \left(\begin{array}{l} \bar{N}_{i-1,j-1} + 4\bar{N}_{i-1,j} + \bar{N}_{i-1,j+1} + \\ + 4\bar{N}_{i,j-1} + 52\bar{N}_{i,j} + 4\bar{N}_{i,j+1} + \\ + \bar{N}_{i+1,j-1} + 4\bar{N}_{i+1,j} + \bar{N}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n, \tag{14}$$

$$i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, k, \quad n = 1, 2, \dots, NT.$$

Таким образом, получили четыре разностных уравнений относительно четырех неизвестных в каждой расчетной точке: $\bar{N}, \bar{\Phi}, \bar{w}, m$. Следует отметить, что фактически мы имеем систему из три взаимосвязанных уравнений (10)-(13) с тремя неизвестными \bar{N}, \bar{w}, m в каждой точке сетки. Систему уравнений (14) можно рассматривать отдельно, после того как определены обобщённые нормальная сила \bar{N}_{ij} , а затем можно будет вычислить \bar{N}_x, \bar{N}_y в узлах сетки.

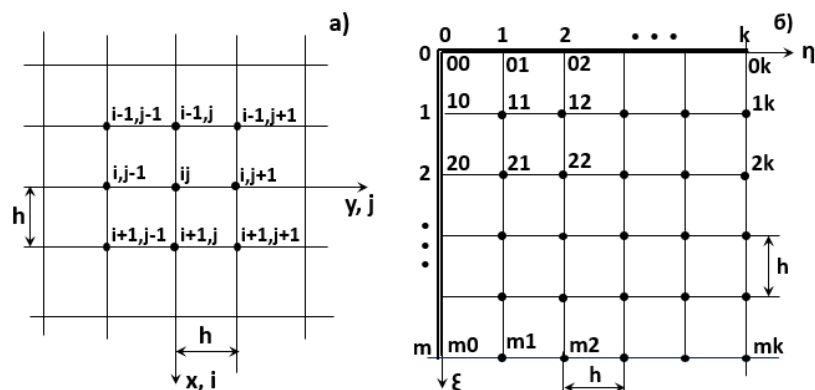


Рис.2 – Разностная сетка четверти оболочки

Аппроксимируя искомую функцию \bar{w} на отрезке времени τ квадратной параболой, получим рекуррентные формулы для определения скорости и ускорения на каждом временном шаге [4,6]

$$\varphi_{ij,n} = \left(\frac{\partial \bar{w}}{\partial t} \right)_{ij,n} = \frac{2}{\tau} (\bar{w}_{ij,n} - \bar{w}_{ij,n-1}) - \varphi_{ij,n-1}, \tag{15}$$

$$f_{ij,n} = \left(\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial t^2} \right)_{ij,n} = \frac{2}{\tau^2} (\bar{w}_{ij,n} - \bar{w}_{ij,n-1}) - \frac{2}{\tau} \varphi_{ij,n-1}. \tag{16}$$

При последовательной аппроксимации первую и вторую производные искомой функции на отрезке времени τ многочленом первой степени, получим следующие формулы для определения скорости и ускорения [7]

$$\begin{aligned} \varphi_{ij,n} &= \left(\frac{\partial \bar{w}}{\partial t} \right)_{ij,n} = \frac{2}{\tau} (\bar{w}_{ij,n} - \bar{w}_{ij,n-1}) - \varphi_{ij,n-1}, \\ f_{ij,n} &= \left(\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial t^2} \right)_{ij,n} = \frac{4}{\tau^2} (\bar{w}_{ij,n} - \bar{w}_{ij,n-1}) - \frac{4}{\tau} \varphi_{ij,n-1} - f_{ij,n-1}. \end{aligned} \quad (17)$$

Сравнение с (15) и (16) показывает, что при последовательной аппроксимации формула для скорости остается без изменения, а в формуле для определения ускорения в два раза увеличиваются числовые коэффициенты и появляются значения ускорения, соответствующего предыдущему моменту времени. На основе (15), (16) и (17) были проведены исследования различных динамических задач и результаты сопоставлены [7-10]

Внося (15), (16) в (12), получим

$$\lambda_{ij,n} = \bar{q}_{ij,n} - \left(\frac{2\bar{\mu}}{\tau^2} + \frac{2\bar{c}}{\tau} \right) \bar{w}_{ij,n} - \bar{k}\bar{N}_{ij,n} + \left(\frac{2\bar{\mu}}{\tau^2} + \frac{2\bar{c}}{\tau} \right) \bar{w}_{ij,n-1} + \left(\frac{2\bar{\mu}}{\tau} + \bar{c} \right) \varphi_{ij,n-1}. \quad (18)$$

При использовании (17), выражение (12) приобретает вид

$$\begin{aligned} \lambda_{ij,n} &= \bar{q}_{ij,n} - \left(\frac{4\bar{\mu}}{\tau^2} + \frac{2\bar{c}}{\tau} \right) \bar{w}_{ij,n} - \bar{k}\bar{N}_{ij,n} + \left(\frac{4\bar{\mu}}{\tau^2} + \frac{2\bar{c}}{\tau} \right) \bar{w}_{ij,n-1} + \\ &+ \left(\frac{4\bar{\mu}}{\tau} + \bar{c} \right) \varphi_{ij,n-1} + \bar{\mu} f_{ij,n-1} \end{aligned} \quad (19)$$

Из совместного рассмотрения (10)-(13) с учетом (18) получим систему алгебраических уравнений, которую можно представить в матричной форме

$$\mathbf{AX} = \mathbf{B}, \quad (20)$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{A}_{12} & \mathbf{0} \\ \mathbf{A}_{21} & \mathbf{A}_{22} & \mathbf{A}_{23} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{32} & \mathbf{A}_{33} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{X} = \begin{Bmatrix} \mathbf{N} \\ \mathbf{M} \\ \mathbf{W} \end{Bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{Bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{b} \\ \mathbf{0} \end{Bmatrix}.$$

Здесь: \mathbf{W} – вектор перемещений, \mathbf{M} , \mathbf{N} – векторы обобщенных моментов и нормальных сил, в случае оболочки с шарнирно подвижным опиранием (рис.1б), записываются в виде

$$\begin{aligned} \mathbf{W} &= \{ | \bar{w}_{11} \ \bar{w}_{12} \ \dots \ \bar{w}_{1k} | \bar{w}_{21} \ \bar{w}_{22} \ \dots \ \bar{w}_{2k} | \dots | \bar{w}_{m2} \ \bar{w}_{m3} \ \dots \ \bar{w}_{mk} | \}^T, \\ \mathbf{M} &= \{ | m_{11} \ m_{12} \ \dots \ m_{1k} | m_{21} \ m_{22} \ \dots \ m_{2k} | \dots | m_{m2} \ m_{m3} \ \dots \ m_{mk} | \}^T, \\ \mathbf{N} &= \{ | \bar{N}_{11} \ \bar{N}_{12} \ \dots \ \bar{N}_{1k} | \bar{N}_{21} \ \bar{N}_{22} \ \dots \ \bar{N}_{2k} | \dots | \bar{N}_{m2} \ \bar{N}_{m3} \ \dots \ \bar{N}_{mk} | \}^T, \end{aligned}$$

\mathbf{A} – блочная матрица коэффициентов порядка $3 \times NP$, где $NP = k \times m$

$$\mathbf{A}_{11} = \begin{bmatrix} [\lambda][\mathcal{G}][0] \dots [0] \\ [\mathcal{G}][\lambda][\mathcal{G}] \dots [0] \\ \dots \\ [0] \dots [0][\mathcal{G}][\lambda] \end{bmatrix}, \quad \mathbf{A}_{12} = \frac{h^2}{12} \begin{bmatrix} [\alpha][\mathcal{G}][0] \dots [0] \\ [\mathcal{G}][\alpha][\mathcal{G}] \dots [0] \\ \dots \\ [0] \dots [0][\mathcal{G}][\alpha] \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{A}_{21} = k\mathbf{A}_{12} = \frac{kh^2}{12} \begin{bmatrix} [\alpha][\mathcal{G}][0] \dots [0] \\ [\mathcal{G}][\alpha][\mathcal{G}] \dots [0] \\ \dots \\ [0] \dots [0][\mathcal{G}][\alpha] \end{bmatrix}, \quad \mathbf{A}_{22} = \mathbf{A}_{11} = \begin{bmatrix} [\lambda][\mathcal{G}][0] \dots [0] \\ [\mathcal{G}][\lambda][\mathcal{G}] \dots [0] \\ \dots \\ [0] \dots [0][\mathcal{G}][\lambda] \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A}_{23} = \mathbf{A}_{12} \left(\frac{2\bar{\mu}}{\tau^2} + \frac{2\bar{c}}{\tau} \right) = \frac{h^2}{12} \left(\frac{2\bar{\mu}}{\tau^2} + \frac{2\bar{c}}{\tau} \right) \begin{bmatrix} [\alpha][\mathcal{G}][0] \dots [0] \\ [\mathcal{G}][\alpha][\mathcal{G}] \dots [0] \\ \dots \\ [0] \dots [0][\mathcal{G}][\alpha] \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{A}_{32} = \mathbf{A}_{12} = \frac{h^2}{12} \begin{bmatrix} [\alpha][\mathcal{G}][0] \dots [0] \\ [\mathcal{G}][\alpha][\mathcal{G}] \dots [0] \\ \dots \\ [0] \dots [0][\mathcal{G}][\alpha] \end{bmatrix}, \quad \mathbf{A}_{33} = \mathbf{A}_{11} = \begin{bmatrix} [\lambda][\mathcal{G}][0] \dots [0] \\ [\mathcal{G}][\lambda][\mathcal{G}] \dots [0] \\ \dots \\ [0] \dots [0][\mathcal{G}][\lambda] \end{bmatrix},$$

\mathbf{A}_{ij} – квадратные матрицы порядка $NP = k \times m$, например, для четверти оболочки при $k = 5$ и $m = 6$, $NP = 30$, а матрица \mathbf{A} будет порядка 90. Квадратные матрицы коэффициентов $[\alpha], [\mathcal{G}], [\lambda]$ – порядка k представляются в виде

$$[\lambda] = \begin{bmatrix} -20 & 4 & 0 & \dots & 0 \\ 4 & -20 & 4 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 4 & -20 \end{bmatrix}, \quad [\alpha] = \begin{bmatrix} 52 & 4 & 0 & \dots & 0 \\ 4 & 52 & 4 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 4 & 52 \end{bmatrix}, \quad [\mathcal{G}] = \begin{bmatrix} 4 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 4 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 1 & 4 \end{bmatrix}.$$

Вектор в правой части (20), в зависимости от способа аппроксимации искомой функции во времени (18), (19), выражается следующим образом

$$\mathbf{b} = \mathbf{A}_{12}\mathbf{q}_n + \mathbf{A}_{23}\mathbf{W}_{n-1} + \mathbf{A}_{12}(2\bar{\mu}/\tau + \bar{c})\boldsymbol{\varphi}_{n-1},$$

$$\mathbf{b} = \mathbf{A}_{12}\mathbf{q}_n + 2\mathbf{A}_{23}\mathbf{W}_{n-1} + (4\bar{\mu}/\tau + \bar{c})\mathbf{A}_{12}\boldsymbol{\varphi}_{n-1} + \bar{\mu}\mathbf{A}_{12}\mathbf{f}_{n-1},$$

где $\mathbf{W}_{n-1}, \boldsymbol{\varphi}_{n-1}, \mathbf{f}_{n-1}$ – векторы перемещений, скоростей и ускорений, соответствующие предыдущему моменту времени, \mathbf{q}_n – вектор заданной нагрузки.

Следует отметить, что матрица коэффициентов системы алгебраических уравнений (20) является ленточной и поэтому для её решения желательно использовать итерационный метод. С целью итерационного решения в (11) вносим (18), в результате получим систему уравнений для определения $\bar{W}_{ij,n}$, а затем с целью обеспечения условия сходимости итерационного процесса, где коэффициенты в правой части по модулю должны быть меньше единицы

$$\max_{j=1}^n |\alpha_{ij}| < 1, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (21)$$

обе части этих уравнений делим на h^4 и получим

$$\begin{aligned} \tilde{w}_{ij,n} = & -\frac{1}{52} \left(\begin{array}{l} \tilde{w}_{i-1,j-1} + 4\tilde{w}_{i-1,j} + \tilde{w}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{w}_{i,j-1} + 4\tilde{w}_{i,j+1} + \\ + \tilde{w}_{i+1,j-1} + 4\tilde{w}_{i+1,j} + \tilde{w}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n - \\ & -\frac{3\tau^2}{26h^4(\bar{\mu} + \bar{c}\tau)} \left(\begin{array}{l} \tilde{m}_{i-1,j-1} + 4\tilde{m}_{i-1,j} + \tilde{m}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{m}_{i,j-1} - 20\tilde{m}_{i,j} + 4\tilde{m}_{i,j+1} + \\ + \tilde{m}_{i+1,j-1} + 4\tilde{m}_{i+1,j} + \tilde{m}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n - \\ & -\frac{\bar{k}\tau^2}{104h^2(\bar{\mu} + \bar{c}\tau)} \left(\begin{array}{l} \tilde{N}_{i-1,j-1} + 4\tilde{N}_{i-1,j} + \tilde{N}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{N}_{i,j-1} + 52\tilde{N}_{i,j} + 4\tilde{N}_{i,j+1} + \\ + \tilde{N}_{i+1,j-1} + 4\tilde{N}_{i+1,j} + \tilde{N}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n + \tilde{b}_{ij,n-1}, \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \tilde{b}_{ij,n-1} = & -\frac{\tau^2}{104h^2(\bar{\mu} + \bar{c}\tau)} \left(\begin{array}{l} \tilde{q}_{i-1,j-1} + 4\tilde{q}_{i-1,j} + \tilde{q}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{q}_{i,j-1} + 52\tilde{q}_{i,j} + 4\tilde{q}_{i,j+1} + \\ + \tilde{q}_{i+1,j-1} + 4\tilde{q}_{i+1,j} + \tilde{q}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n + \\ & + \frac{1}{52} \left(\begin{array}{l} \tilde{w}_{i-1,j-1} + 4\tilde{w}_{i-1,j} + \tilde{w}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{w}_{i,j-1} + 52\tilde{w}_{i,j} + 4\tilde{w}_{i,j+1} + \\ + \tilde{w}_{i+1,j-1} + 4\tilde{w}_{i+1,j} + \tilde{w}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_{n-1} + \frac{\tau}{52h} \left(\begin{array}{l} \tilde{\varphi}_{i-1,j-1} + 4\tilde{\varphi}_{i-1,j} + \tilde{\varphi}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{\varphi}_{i,j-1} + 52\tilde{\varphi}_{i,j} + 4\tilde{\varphi}_{i,j+1} + \\ + \tilde{\varphi}_{i+1,j-1} + 4\tilde{\varphi}_{i+1,j} + \tilde{\varphi}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_{n-1}, \end{aligned} \quad (23)$$

где $\tilde{w}_{ij,n} = \bar{w}_{ij,n} / h^4$, $\tilde{m}_{ij,n} = m_{ij,n} / h^2$, $\tilde{N}_{ij,n} = \bar{N}_{ij,n} / h^2$, $\tilde{\varphi} = \varphi / h^3$, $\tilde{q} = \bar{q} / h^2$.

Из коэффициентов при неизвестных в (22), без учёта затухания, видно, что максимальные их значения при \tilde{m}_{ij} и \tilde{N}_{ij} соответственно равны

$$\alpha_m = \frac{\tau^2}{h^4} \frac{60}{26\bar{\mu}}, \quad \alpha_N = \frac{\tau^2}{h^2} \frac{52\bar{k}}{104\bar{\mu}}.$$

Например, для квадратной оболочки, где частота свободных колебаний

$$\omega_{11}^2 = \frac{D}{\rho\delta} \left[\left(\frac{\pi^2}{a^2} + \frac{\pi^2}{b^2} \right)^2 + \frac{E\delta}{DR^2} \right] = \frac{E}{\rho} \left(\frac{\delta^2}{a^4} \frac{4\pi^4}{12(1-\nu^2)} + \frac{1}{R^2} \right),$$

исходя из условия (21) получим:

$$\bar{\mu} = \frac{\mu a^4}{DT_{11}^2} = \frac{\rho\delta a^4 \omega_{11}^2}{4\pi^2 D} = \frac{1}{4\pi^2} \left(1 + \frac{a^4 12(1-\nu^2)}{\delta^2 R^2} \right) = \frac{1}{4\pi^2} (1 + \bar{k}) \square \frac{\bar{k}}{4\pi^2},$$

$$\bar{k} = \frac{k_0^2 a^4 E\delta}{D} = \frac{a^4 12(1-\nu^2)}{\delta^2 R^2}, \quad \frac{\bar{k}}{\bar{\mu}} = 4\pi^2$$

$$\alpha_N = \frac{\tau^2}{h^2} \frac{\bar{k}}{2\bar{\mu}} = \frac{\tau^2}{h^2} 2\pi^2 \leq 1, \quad \tau \leq \frac{h}{1,4142\pi} = 0,2251h.$$

Из этого условия следует, что если безразмерный шаг по пространственным координатам $h = 1/10$, то безразмерный шаг по времени должен быть меньше или равно $\tau = 1/44,43$. Далее из систем уравнений (10) определяются $\tilde{N}_{ij,n}$. Делим обе части (10) на h^2 , а затем с целью итерационного решения получим

$$\begin{aligned} \tilde{N}_{ij,n} = & \frac{1}{20} \left(\begin{array}{l} \tilde{N}_{i-1,j-1} + 4\tilde{N}_{i-1,j} + \tilde{N}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{N}_{i,j-1} + 4\tilde{N}_{i,j+1} + \\ + \tilde{N}_{i+1,j-1} + 4\tilde{N}_{i+1,j} + \tilde{N}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n + \\ & + \frac{h^2}{240} \left(\begin{array}{l} \tilde{m}_{i-1,j-1} + 4\tilde{m}_{i-1,j} + \tilde{m}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{m}_{i,j-1} + 52\tilde{m}_{i,j} + 4\tilde{m}_{i,j+1} + \\ + \tilde{m}_{i+1,j-1} + 4\tilde{m}_{i+1,j} + \tilde{m}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n, \end{aligned} \quad (24)$$

откуда видно, что условие (21) выполняется и все коэффициенты в правой части меньше единице. Из (13), предварительно поделив обе части этого уравнения на h^4 , получим

$$\begin{aligned} \tilde{m}_{i,j} = & -\frac{1}{52} \left(\begin{array}{l} \tilde{m}_{i-1,j-1} + 4\tilde{m}_{i-1,j} + \tilde{m}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{m}_{i,j-1} + 4\tilde{m}_{i,j+1} + \\ + \tilde{m}_{i+1,j-1} + 4\tilde{m}_{i+1,j} + \tilde{m}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n - \\ & - \frac{3}{13} \left(\begin{array}{l} \tilde{w}_{i-1,j-1} + 4\tilde{w}_{i-1,j} + \tilde{w}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{w}_{i,j-1} - 20\tilde{w}_{i,j} + 4\tilde{w}_{i,j+1} + \\ + \tilde{w}_{i+1,j-1} + 4\tilde{w}_{i+1,j} + \tilde{w}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n. \end{aligned} \quad (25)$$

Здесь условие (21) не выполняется, где коэффициент при \tilde{w}_{ij} получается равным 60/13. Поэтому к обе части (25) прибавим значения $60\tilde{m}_{ij,n} / 13$, окончательно получим

$$\begin{aligned} \tilde{m}_{ij,n} = & -\frac{1}{292} \left(\begin{array}{l} \tilde{m}_{i-1,j-1} + 4\tilde{m}_{i-1,j} + \tilde{m}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{m}_{i,j-1} + 4\tilde{m}_{i,j+1} + \\ + \tilde{m}_{i+1,j-1} + 4\tilde{m}_{i+1,j} + \tilde{m}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n - \\ & - \frac{3}{73} \left(\begin{array}{l} \tilde{w}_{i-1,j-1} + 4\tilde{w}_{i-1,j} + \tilde{w}_{i-1,j+1} + \\ + 4\tilde{w}_{i,j-1} - 20\tilde{w}_{i,j} + 4\tilde{w}_{i,j+1} + \\ + \tilde{w}_{i+1,j-1} + 4\tilde{w}_{i+1,j} + \tilde{w}_{i+1,j+1} \end{array} \right)_n + \frac{60}{73} \tilde{m}_{ij,n}. \end{aligned} \quad (26)$$

Таким образом, из совместного рассмотрения (22), (24) и (26) формируется алгоритм итерационного процесса решения системы алгебраических уравнений с неизвестными $\tilde{w}_{ij,n}$, $\tilde{N}_{ij,n}$, $\tilde{m}_{ij,n}$ на каждом шаге по времени. На каждом шаге по времени также вычисляется скорость по формуле (15)

$$\begin{aligned} \tilde{\varphi}_{ij,n} = & \frac{\varphi_{ij,n}}{h^3} = \frac{1}{h^3} \left[\frac{2}{\tau} (\bar{w}_{ij,n} - \bar{w}_{ij,n-1}) - \varphi_{ij,n-1} \right] = \\ = & \frac{2h}{\tau} (\tilde{w}_{ij,n} - \tilde{w}_{ij,n-1}) - \tilde{\varphi}_{ij,n-1}, \end{aligned}$$

Затем вычисляются безразмерные прогиб $\bar{w}_{ij,n} = \tilde{w}_{ij,n} h^4$, нормальная сила $\bar{N}_{ij,n} = \tilde{N}_{ij,n} h^2$, изгибающий момент $m_{ij,n} = \tilde{m}_{ij,n} h^2$ и скорость $\varphi = \tilde{\varphi} h^3$, а при необходимости, по формуле (16) можно получить ускорения.

ВЫВОД

Динамический расчет полой оболочки можно производить на основе любой из вышеприведенных систем дифференциальных уравнений (3)-(5), представленных в смещенной форме. Эти уравнения решаются совместно с граничными условиями. Для моделирования полой оболочки можно выбрать любой из приведенных систем дифференциальных уравнений: (3), (8), (9), представленных в безразмерном виде. Необходимо отметить, что в уравнениях (9), в отличие от (3) и (8), учитываются тангенциальные внешние силы и соответствующие силы инерции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластин и оболочек. – М.: «Наука», 1972, 432 с.
2. Назаров А.А. Основы теории и методы расчета пологих оболочек. – М.-Л.: Стройиздат, 1966, 304 с.
3. Колкунов Н.В. Основы расчёта упругих оболочек. – М.: «Высшая школа», 1972, 296 с.
4. Низомов Д.Н. Численное решение динамических задач по расчету балок, плит и пологих оболочек. – Дисс. канд. техн. наук. – М.: МИСИ, 1982. – 169 с.
5. Габбасов Р.Ф. О разностных уравнениях в задачах прочности и устойчивости плит. – Прикладная механика, 1982, т.18, №9, с.63-67.
6. Низомов Д.Н. О численном решении динамической задачи пластинки. – Доклады АН РТ, т.28, №8, 1985, с. 483-488.
7. Низомов Д.Н. Метод граничных уравнений в решении статических и динамических задач строительной механики. – М.: АСВ, 2000. – 282 с.
8. Низомов Д.Н. Численное решение динамических задач по расчету систем с конечным числом степеней свободы. - Сб. научн тр. ТТУ: «Строительство и архитектура». – Душанбе, 1992, с. 21-26.
9. Низомов Д.Н. Численные методы решения динамических задач строительной механики. - Известия АН РТ – Душанбе, 1993, № 1- с. 62-72.
10. Низомов Д.Н., Каландарбеков И. Метод сосредоточенных деформаций. Душанбе, Дониш, 2015, 436с.

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

TJ	RU	EN
Низомов Чахонгир Низомович	Низомов Джахонгир Низомович	Nizomov Jachongir Nizomovich
Доктори илмҳои техники, профессор	Доктор технических наук, профессор	Doctor of Technical Sciences, Professor
Институти геология, сохтмони базаминҷунбӣ товоар ва сейсмологияи АМИ Тоҷикистон	Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной академии наук Таджикистана	Institute of Geology, Seismic Engineering and Seismology of the National Academy of Sciences of Tajikistan
E-mail: ties@mail.ru		
ORCID: 0000-0002-6467-0789		
TJ	RU	EN
Қаландарбеков Ифтихор Имомёрбекович	Каландарбеков Ифтихор Имомёрбекович	Qalandarbekov Iftikhor Imomyorbekovich
Н.и.т.	К.т.н.	C.t.s.
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
E-mail: iftikhor791@mail.ru		
ORCID: 0000-0003-4248-179X		
TJ	RU	EN
Қаландарбеков Имомёрбек Қаландарбекович	Каландарбеков Имомёрбек Қаландарбекович	Qalandarbekov Imomyorbek Qalandarbekovich
Д.и.т., профессор	Д.т.н., профессор	D.t.s., Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими	Tajik Technical University named after Academician M.S.Osimi
E-mail: kalandarbekov-55@mail.ru		
ORCID: 0000-0002-4807-0169		

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 IMRAD³ 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:

³ 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,

Title⁴

Ташкилот, Организация, Organization

e-mail

ORCID⁵ Id

Телефон

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ
(CONFLICT OF INTEREST)

Конфликт интересов — это любые отношения или сферы интересов, которые могли бы прямо или косвенно повлиять на вашу работу или сделать её предвзятой.

Пример:

1. Конфликт интересов: Автор Х.Х.Х. Владеет акциями Компании Y, которая упомянута в статье. Автор Y.Y.Y. – член комитета XXXX.
2. Если конфликта интересов нет, авторы должны заявить: Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД
АВТОРОВ (AUTHOR
CONTRIBUTIONS).

Публикуется для определения вклада каждого автора в исследование. Описание, как именно каждый автор участвовал в работе (предпочтительно), или сообщение о вкладах авторов в процентах или долях (менее желательно).

Пример данного раздела:

1. Авторы A1, A2 и A3 придумали и разработали эксперимент, авторы A4 и A5 провели теоретические 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)

Если авторы в конце статьи выражают благодарность или указывают источник финансовой поддержки при выполнении научной работы, то необходимо эту информацию продублировать на английском языке.

ФИНАНСИРОВАНИЕ
РАБОТЫ (FUNDING)

Информация о грантах и любой другой финансовой поддержке исследований. Просим не использовать в этом разделе сокращенные названия институтов и спонсирующих организаций.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ
ИНФОРМАЦИЯ
(ADDITIONAL
INFORMATION)

В этом разделе могут быть помещены:

Нестандартные ссылки. Например, материалы, которые по каким-то причинам не могут быть опубликованы, но могут быть предоставлены авторами по запросу. Дополнительные ссылки на профили авторов (например, ORCID). Названия торговых марок на иностранных языках, которые необходимы для понимания статьи или ссылки на них.

Особые сообщения об источнике оригинала статьи (если статья публикуется в переводе).

Информация о связанных со статьей, но не опубликованных ранее докладах на конференциях и семинарах.

⁴ Title can be chosen from: master student, Phd candidate, assistant professor, senior lecture, associate professor, full professor

⁵ ORCID или Open Researcher and Contributor ID (Открытый идентификатор исследователя и участника) — незапатентованный буквенно-цифровой код, который однозначно идентифицирует научных авторов. www.orcid.org.

5. Требования к оформлению статей

Рекомендуемый объем оригинальной статьи – до 10 страниц, обзора – до 15 страниц, включая рисунки, таблицы, библиографический список. В рубрику «Краткие сообщения» принимаются статьи объемом не более 3 страниц, включая 1 таблицу и 2 рисунка.

Рекомендации по набору и оформлению текста

Наименование	Требования	Примечания
Формат страницы	A4	
Параметры страницы и абзаца	отступы сверху и снизу - 2.5 см; слева и справа - 2 см; табуляция - 2 см;	ориентация - книжная
Редактор текста	Microsoft Office Word	
Шрифт	Times New Roman, 12 пунктов	
межстрочный интервал	Одинарный, выравнивание по ширине	Не использовать более одного пробела между словами, пробелы для выравнивания, автоматический запрет переносов, подчеркивания.
Единица измерения	Международная система единиц СИ	
Сокращения терминов и названий	В соответствии с ГОСТ 7.12-93.	должны быть сведены к минимуму
Формулы	Математические формулы следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские курсивом. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и центрируются.	Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо
Таблицы	При создании таблиц рекомендуется использовать возможности MS Word (Таблица – Добавить таблицу) или MS Excel. Таблицы должны иметь порядковые номера, название и ссылку в тексте. Таблицу следует располагать в тексте после первого упоминания о ней. Интервал между строчками в таблице можно уменьшать до одинарного, размер шрифта – до 9 пунктов.	Внутри таблицы заголовки пишутся с заглавной буквы, подзаголовки – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком. Заголовки центрируются. Боковые – по центру или слева. Диагональное деление ячеек не рекомендуется. В пустой ячейке обязателен прочерк (тире –). Количество знаков после запятой (точность измерения) должно быть одинаковым.
Рисунки (иллюстрации, графики, диаграммы, схемы)	Должны иметь сквозную нумерацию, название и ссылку в тексте, которую следует располагать в тексте после первого упоминания о рисунке. Рисунки должны иметь расширение, совместимое с MS Word (*JPEG, *BIF, *TIFF (толщина линий не менее 3 пкс) Фотографии должны быть предельно четкими, с разрешением 300 dpi. Максимальный размер рисунка: ширина 150 мм, высота 245 мм. Каждый рисунок должен иметь подрисуночную подпись, в которой дается объяснение всех его элементов. Кривые на рисунках нумеруются арабскими цифрами и комментируются в подписях к рисункам.	Заголовки таблиц и подрисуночные подписи должны быть по возможности лаконичными, а также точно отражающими смысл содержания таблиц и рисунков. Все буквенные обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисуночном текстах. Все надписи на рисунках (наименования осей, цифры на осях, значки точек и комментарии к ним и проч.) должны быть выполнены достаточно крупно, одинаковым шрифтом, чтобы они легко читались при воспроизведении на печати. Наименования осей, единицы измерения физических величин и прочие надписи должны быть выполнены на русском языке. Не допускается наличие рамок вокруг и внутри графиков и диаграмм. Каждый график, диаграмма или схема вставляется в текст как объект MS Excel.

Рукопись должна быть построена следующим образом:

Раздел	Содержание (пример)	Расположение
Индекс УДК ⁶	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 ⁷ , организации ⁸ , заголовки и реферат ⁹ и ключевые слова ¹⁰ 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).

⁶ Универсальная десятичная классификация (УДК) — система классификации информации, широко используется во всем 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/>

⁷ 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.

⁸ Название организации в английском переводе должно соответствовать официальному, указанному на сайте организации. Непереводимые на английский язык наименования организаций даются в транслитерированном варианте.

⁹ 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.

¹⁰ 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.

Муҳаррири матни русӣ:	М.М. Якубова
Муҳаррири матни тоҷикӣ:	Муаллифон
Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:	Ф.М. Раҳимов
Редактор русского текста:	М.М. Якубова
Редактор таджикского текста:	Авторская редакция
Компьютерный дизайн и верстка:	Ф.М. Рахимов

Нишонӣ: ш. Душанбе, хиёбони акад. Раҷабовҳо, 10^А
Адрес: г. Душанбе, проспект акад. Ражабовых, 10^А

Ба чоп 16.10.2023 имзо шуд. Ба матбаа 23.10.2023 супорида шуд.
Чопи офсетӣ. Коғози 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