

ISSN 2520-2227

ПАЁМИ ПОЛИТЕХНИКӢ

Бахши Таҳқиқотҳои муҳандисӣ

1 (49) 2020



ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Серия: Инженерные исследования

POLYTECHNIC BULLETIN
Series: Engineering studies

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

1(49)

2020

СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Издаётся с
января 2008 года

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ISSN 2520-2227

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

Научное направление
периодического издания:
05.14.00 Энергетика;
05.16.00 Металлургия и
материаловедение;
05.17.00 Химическая
технология;
05.22.00 Транспорт;
05.23.00 Строительство и
архитектура.

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

Журнал включен в РИНЦ
https://elibrary.ru/title_about.asp?id=62828

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

Полнотекстовый вариант журнала
размещен в сайте <http://vp-es.ttu.tj/>
Адрес редакции:
734042, г. Душанбе, проспект
акад. Ражабовых, 10А
Тел.: (+992 37) 227-01-59
Факс: (+992 37) 221-71-35
E-mail: nisttu1@mail.ru

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Х.О. ОДИНАЗОДА,
член-корр. АН РТ, доктор технических наук, профессор, главный редактор
М.А. АБДУЛЛОЕВ,
кандидат технических наук, доцент, зам. главного редактора
А.Дж. РАХМОНЗОДА,
кандидат технических наук, доцент, зам. главного редактора
А.Б. БАДАЛОВ,
член-корр. АН РТ, доктор химических наук, профессор
И.Н. ГАНИЕВ,
академик АН РТ, доктор химических наук, профессор
А. Г. ГИЯСОВ,
доктор технических наук, профессор
Р.А. ДАВЛАТШОЕВ,
кандидат технических наук, доцент
Т.Дж. ДЖУРАЕВ,
доктор технических наук, профессор
Л.С. КАСОБОВ,
кандидат технических наук, доцент
Т.Ы. МАТКЕРИМОВ,
доктор технических наук, профессор (Кыргызская Республика)
Р.С. МУКИМОВ,
доктор архитектуры, профессор
Д.Н. НИЗОМОВ,
член-корр. АН РТ, доктор технических наук, профессор
А.И. СИДОРОВ,
доктор технических наук, профессор (Российская Федерация)
В.В. СИЛЬЯНОВ,
доктор технических наук, профессор (Российская Федерация)
А.Г. ФИШОВ,
доктор технических наук, профессор (Российская Федерация)
М.М. ХАКДОД,
член-корр. АН РТ, доктор технических наук, профессор
А.Ш. ШАРИФОВ,
доктор технических наук, профессор
Д.Х. САИДОВ,
доктор технических наук, профессор
А. АКБАРОВ,
доктор архитектуры, профессор
А. РУЗИЕВ,
кандидат технических наук, доцент
М.Ю. ЮНУСОВ,
кандидат технических наук, доцент

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

МУНДАРИЧА

ЭНЕРГЕТИКА

- С.Р. Чоршанбиев.** Амсиласозии шабакаҳои барқии шаҳрии ш. Душанбе барои ҳисобкунӣ, таҳлил ва баҳодиҳии талафоти нерӯи барқ 10
- А.Қ. Қирғизов, И. Толибзода, М.М. Ҷононов.** Самаранокии речаи кории силсила нерӯгоҳҳои барқи обии Вахш бо назардошти тавсифи истифодабарии агрегатҳо 17
- Е. Л. Кокорин, У.У. Косимов, Р.Т. Абдуллозода, Б. М. Гийев.** Таҳлили усулҳои муосири амалигардонии ғимояҳои тахтасим 21
- К. М. Гулямов.** Моделсозии речаҳои кории табдилдиҳандаҳои импульсии дорои шабакаҳои сершумори шиддати доимӣ 29
- М.М. Ҷаборов, Қ.М. Сабуров, Ф.К. Донаев.** Мукамалгардонии схема ва тартиби кори табдилдиҳандаҳои зонна-фазагӣ 33
- М.М. Камолов, З.С. Ғаниев, Х.Б. Назиров, Ш.Ҷ. Ҷӯраев, Ш.С. Маҳмадов.** Баҳодиҳии зарифҳои тавсифдиҳандаи чараёнҳо ва шиддатҳои ғайрсинусоидалӣ дар шабакаҳои коммуналӣ-маишӣ таъин шуда 37
- С.Г. Ҷононаев, М.А. Балаев.** Муайян намудани давомнокии талаботи таваққуфи пайваستкунии якфазаи автоматии такрорӣ дар хатҳои ҳавоӣ аз рӯи шартҳои нишонии чараёнҳои таъминоти иловагии камонак 45
- А.И. Сидоров, С.Ш. Таваров, Г.Х. Маҷидов, О.А. Мираков.** Баланд бардоштани эътимодияти шабакаҳои тақсимогии шаҳрии шиддати 6-10 кВ ш. Душанбе 49
- Ш.Ҷ. Ҷӯраев.** Ҷубронкунии чараёнҳои гармоникаҳои оӣ дар системаҳои электроэнергетикии дорои бори характери волт-амперии ғайрихаттӣ дошта 53
- Э.М. Султаналиева, Г.М. Султаналиева.** Пешгӯиҳои чадвали бор барои корхонаҳои саноатӣ бо истифодаи муҷозотҳои ҷаримаӣ 61

МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАСОЛЕҲШИНОСӢ

- И.А. Аҳмадшоев, Р.С. Рафиев, К.Ҷ. Суяров, Ҷ.Р. Рузиев, Н.А. Наимов.** Термодинамикаи раванди ӯсилкунии флюсо аз ашёи хоми минералии маҳаллӣ ва партовҳои саноатӣ 67
- М.Ҳ. Саидов, Х.М. Хочаназаров.** Мустаҳкамии часпиши руйпӯшҳои ордмаиҳои полимерӣ 71
- С.Т. Бадурдинов, И.Н. Ғаниев, М.М. Махмадизода, Н.Ф. Иброҳимов, А.Э. Бердиев, Р.Ҳ. Саидзода.** Вобастагии ҳароратии гармиғунҷош хос ҳӯлаи АК12, бо скандий модификатсияшуда 75
- Т.Д. Джӯраев, Ф.К. Раҳимов, И.Р. Исмоилов, И.Ш. Муслимов.** Сатҳи ликвидуси буришҳои квазисечандаи системаи Mg-Al-Va 79
- Тсюан Тезингжи, Ю.С. Азизов, А.Б. Бадалов.** Қонуниятҳои тағирёбии температураи ғудохташавии эвтектикаи системаҳои сурма-лантанидҳои аз сурма ғанӣ 83

ТЕХНОЛОГИЯИ КИМИЁВӢ

- Б.С. Ҷамолзода.** Имконияти истифодаи антрацити кони маъдани назарайлоқ барои истеҳсоли блокҳои фаршӣ 87
- Ҷ.А. Абдушукуров, И.М. Раҳимов, К.Ф. Эмомов, Т.С. Маҷидов, Ф.И. Шаймурадов, З.В. Кобулиев.** Таркиби химиявии хокҳои поёнии дарёи Кофарниҳон 91
- Р.Д. Исмонов, И.Н. Ғаниев, Ҳ.О. Одиназода, А. М. Сафаров.** Кинетикаи оксидшавии ҳӯлаи алюминий АБ1 (Al+1%Be) бо индӣ дар ҳолати сахт 99

НАҚЛИЁТ

- А.А. Раҷабов, А.А. Раджабов, М. Иззатов.** Инноватсия маҳаки асосии амалигардии стратегияи миллии рушд 104
- Ғ.Н. Нурмадов, Р.Ҳ. Сайраҳмонов, С.Б. Мирзозода.** Ҷанбаҳои назариявии тадқиқоти озмоишӣ ва самаранокии истифодаи асфалтобетони ғечишустувор барои ҷодаи роҳ дар шароити иқлими гарм 107

Н.Б. Сахибов. Кори чархи автомобил дар роҳҳои ноҳамворидошта	112
Р.Х. Сайраҳмонов, С. Б. Мирзозода, М.С. Пирумшохӣ, Ф.А. Шарифов. Коркарди усули босамари ченкунии ҳӯрдашавии болопӯши роҳи автомобилгард	115
Р.Х. Сайраҳмонов, С.Б. Мирзозода, М.С. Пирумшохӣ, Ф.А. Шарифов, Ф.Б. Нуров. Омехтаи битумоминералҳои кушода барои қабатҳои ноҳамвор бо истифода аз иловагӣ аз катрони госсиполӣ	119
Т. Асад, М.Ю. Юнусов, С.С. Умаров, Р. Ҳ. Сайраҳмонов. Ҷанбаҳои назариявӣ, тадқиқотҳои озмоишӣ самаранокии истифодаи иловагии комплексӣ дар таркиби мумҳои сухтмони роҳ	123
Т.У. Самадов. Системаи нақлиёти шаҳр, мушкилот ва дурнамои рушди он	128
Ф.Н. Начмудинов. Дурнамои ташаккули марказҳои логистикӣ нақлиёти мултимодалий	132
Х.Н. Султонов. Хусусиятҳои хоси ҳаракаткунандаҳои тасмачарх ва вобастагии коэффисиенти динамикии лентаи тасмачарх аз параметри конструктиви чархи дандонадори механизми ҳаракаткунанда	135
СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ	
А.А. Акрамов, А. Шарифов, У.Х. Умаров, М.К. Хокиев, М.Ф. Аҳмедов. Эффе́кти суперпластификаторҳо дар омехтаи бетонӣ	139
А. К. Рафиев, Ф. Б. Марамов. Пуркуваткунии болорҳои зерикранӣ бо усули зиёдкунии буриш	143
А. Шарифов, А.А. Акрамов, У.Х. Умаров, М.К. Хокиев, М.Ф. Аҳмедов. Эффе́кти микропуркунандаҳои иловаҳои минералӣ дар бетон	150
Ҷ.Н. Низомов, Л.Ш. Шарипов, И.С. Муминов. Ҳалли адабии масъалаи динамикии модели намунаи бино бо назардошти шаклтағйирнокии хокҳои асос ва мазбутии алоқаҳо	154
И.С. Муминов, Ҷ.Н. Низомов, Л. Шарипов, А.А. Хоҷибоев. Тадқиқоти лапишҳои сейсмикии модели синҷи беболор	159
Л.Ш. Шарипов, И.С. Муминов, А.Ҷ. Раҳмонзода, И.Ш. Ашуров. Тадқиқоти қори статикӣ ва қобилияти борбардории динамикии банди пайвасти плита бо сутуни синҷи беболор бо армронии омехта	163
Н.Н. Ҳасанов, Н.Қ. Файзуллозода, Ф.Н. Ҳасанов. Гуруҳи ҳуҷраҳои таълимӣ-истикоматии маркази таълимӣтавонбахши барои кӯдакони нуқсонӣ узвҳои шунавоидошта	168
Р.Р. Саидов, Б.Ҷ. Фаттоев. Ҳисоби болор – девори ба асоси чандир тақиякунанда бо методи деформатсияҳои мутамарказонидашуда	172
Р.С. Муқимов, С.М. Мамаҷонова. Рушди инкишофи шаҳри Душанбе	174
Р.С. Муқимов, С.Р. Муқимова. Манзараҳои фарҳангии Бадахшони Кӯҳӣ	179
Т.Р. Холмуратов, А.З. Иброҳимов, Ш.Зайниддин, И.Р. Муродзода. Тафсифи модели механизми саёравӣ ҳангоми гузариши ҳаракати чархзананда ба чархзанандаи пешраванда	182
Х.К. Бобоев, А.А. Ҳоҷибоев, Л.С. Исмоилзода, Р.Ҳ. Сайраҳмонов. Ҳисоби устувории нишебии бистари роҳ бо назардошти таъсири заминларза	187
Ш.А. Зарипов, З.В. Кобулиев, Ҷ. А. Зарипов. Бефардиҳои имрӯз дар бораи қобилияти гармидиҳии композитсионӣ	191
Ю.Г. Баротов. Мавқеи ободони ва кабудизоркуни маҳалҳои пуриморати шаҳри дар идоракунии биоиклим ва микроиклим	195

СОДЕРЖАНИЕ

ЭНЕРГЕТИКА

С.Р. Чоршанбиев. Моделирование городских электрических сетей г. Душанбе для расчета, анализа и оценки потери электроэнергии	10
А. К. Киргизов, И. Толибзода, М. М. Джононов. Эффективность режимов работы каскада Вахшских ГЭС с учетом эксплуатационных характеристик агрегатов	17
Е. Л. Кокорин, У.У. Косимов, Р.Т. Абдуллозода, Б. М. Гийёв. Анализ современных способов реализации защиты шин	21
К. М. Гулямов. Моделирование режимов работы импульсных многоканальных преобразователей постоянного напряжения	29
М.М. Джабаров, К.М. Сабуров, Ф.К. Донаев. Совершенствование схемных решений и алгоритмов работы зонно-фазовых выпрямителей	33
М.М. Камолов, З.С. Ганиев, Х.Б. Назиров, Ш.Дж. Джурсаев, Ш.С. Махмадов. Оценка коэффициентов характеризующие несинусоидальности токов и напряжений в сетях коммунально-бытового назначения	37
С.Г. Джононаев, М.А. Балаев. Определение требуемой длительности паузы однофазного автоматического повторного включения в воздушных линиях по условию гашения токов дуги подпитки	45
А.И. Сидоров, С.Ш. Таваров, Г.Х. Маджидов, О.А. Мираков. Повышение надежности городских распределительных сетей 6-10 кВ г. Душанбе	49
Ш.Дж. Джурсаев. Компенсация высших гармоник тока в электроэнергетических системах, содержащих электроприемники с нелинейной ВАХ	53
Э.М. Султаналиева, Г.М. Султаналиева. Прогнозирование графиков нагрузки для промышленных предприятий с учетом штрафных санкций	61

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

И.А. Ахмадшоев, Р.С. Рафиев, К.Дж. Суяров, Дж.Р. Рузиев, Н.А. Наимов. Термодинамика процессов получения флюсов из местного минерального сырья и отходов производства	67
М.Х. Саидов, Х.М. Ходжаназаров. Прочность сцепления полимерных порошковых покрытий	71
С.Т. Бадурдинов, И.Н. Ганиев, М.М. Махмадизода, Н.Ф. Иброхимов, А.Э. Бердиев, Р.Х. Саидзода. Температурная зависимость удельной теплоемкости алюминиевого сплава АК12, модифицированного скандием	75
Т.Д. Джурсаев, Ф.К. Рахимов, И.Р. Исмоилов, И.Ш. Муслимов. Поверхность ликвидуса квазитройных разрезов системы Mg-Al-Ba	79
Цюан Цзингжи, Ю.С. Азизов, А.Б. Бадалов. Закономерность изменения температуры плавления эвтектики систем сурьма – лантаниды в области богатых сурьмой	83

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Б.С. Джамолзода. Подбор рецептуры получения лабораторных образцов бортовых блоков алюминиевых электролизеров	87
Дж.А. Абдушукуров, И.М. Рахимов, К.Ф. Эмомов, Т.С. Маджидов, Ф.И. Шаймурадов, З.В. Кобулиев. Химический состав донных отложений реки Кафирниган	91
Р.Д. Исмонов, И.Н. Ганиев, Х.О. Одиназода, А. М. Сафаров. Кинетика окисления алюминиевого сплава АБ1 (Al+1%Be) с индием в твердом состоянии	99

ТРАНСПОРТ

А.А. Раджабов, А.А. Раджабов, М. Иззатов. Инновация-главный критерий осуществления стратегии национального развития	104
Г. Н. Нурмадов, Р. Х. Сайрахмонов, С.Б. Мирзозода. Теоретические аспекты, экспериментальные исследования и эффективность использования сдвигоустойчивых асфальтовых бетонов для покрытия дороги в условиях жаркого климата	107

Н.Б. Сахибов. Работа автомобильного колеса на дорогах с короткими неровностями	112
Р.Х. Сайрахмонов, С. Б. Мирзозода, М.С. Пирумшохи, Ф.А. Шарифов. Разработка эффективного способа измерения износа дорожных покрытий	115
Р.Х. Сайрахмонов, С.Б. Мирзозода, М.С. Пирумшохи, Ф.А. Шарифов, Ф.Б. Нуров. Битумоминеральные открытые смеси (БМО) для макрошероховатых слоев с использованием добавки из госсиполовой смолы	119
Т. Асад, М.Ю. Юнусов, С.С. Умаров, Р. Х. Сайрахмонов. Теоретические аспекты, экспериментальные исследования эффективности применения комплексной добавки различного функционального назначения в составе дорожных битумов	123
Т.У. Самадов. Транспортная система города, проблемы и перспективы	128
Ф.Н. Нажмудинов. Перспективы формирования мультимодальных транспортно-логистических центров	132
Х.Н. Султонов. Кинематические особенности гусеничных движителей и зависимости коэффициента динамичности гусеничных лент от конструктивных параметров звездочки ходового механизма	135

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

А.А. Акрамов, А. Шарифов, У.Х. Умаров, М.К. Хокиев, М.Ф. Ахмедов. Эффекты суперпластификаторов в бетонной смеси	139
А. К. Рафиев, Ф. Б. Марамов. Усиление подкрановых балок методом увеличения сечений	143
А. Шарифов, А.А. Акрамов, У.Х. Умаров, М.К. Хокиев, М.Ф. Ахмедов. Эффекты микронаполняющих минеральных добавок в бетоне	150
Дж.Н. Низомов, Л.Ш. Шарипов, И.С. Муминов. Численное решение динамической задачи модели фрагмента здания с учетом податливости основания и жесткости связей	154
И.С. Муминов, Дж.Н. Низомов, Л. Шарипов, А.А. Ходжибоев. Исследование сейсмических колебаний модели безригельного каркаса	159
Л.Ш. Шарипов, И.С. Муминов, А.Дж. Рахмонзода, И.Ш. Ашуров. Исследование статической работы и динамической несущей способности узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса со смешанным армированием	163
Н.Н. Хасанов, Н.К. Файзуллозода, Ф.Н. Хасанов. Учебно-жилая группа помещений учебно-реабилитационного центра для детей с недостатками слухового аппарата	168
Р.Р. Саидов, Б.Дж. Фаттоев. Расчет балки-стенки на упругом основании методом сосредоточенных деформаций	172
Р.С. Мукимов, С.М. Мамаджонова. Устойчивое развитие города Душанбе	174
Р.С. Мукимов, С.Р. Мукимова. Культурный ландшафт Горного Бадахшана	179
Т.Р. Холмуратов, А.З. Иброхимов, Ш.Зайниддин, И.Р. Муродзода. Характеристики моделей планетарного механизма при преобразовании вращательного движения в возвратно-поступательное	182
Х.К. Бобоев, А.А. Ходжибоев, Л.С. Исмоилзода, Р.Х. Сайрахмонов. Расчет устойчивости откосов земляного полотна с учетом сейсмического воздействия	187
Ш.А. Зарипов, З.В. Кобулиев, Дж. А. Зарипов. Влияние примеси на поведение теплоемкости композитных арматур	191
Ю.Г. Баротов. Роль озеленения и благоустройства городской застройки в регулировании биоклимата и микроклимата	195

CONTENTS

ENERGY

S.R. Chorshanbiev. Modeling of urban electric networks in Dushanbe to calculate, analyze and evaluate the power loss of electricity	10
A.K. Kirgizov, I. Tolibzoda, M.M. Jononov. Efficiency of operating modes of cascade of Vakhsh hpp with account of operating characteristics of units	17
E.L. Kokorin, U.U. Kosimov, R.T. Abdullozoda, B.M. Giyoev. Analysis of modern methods for implementation of busbar protection	21
K.M. Gulyamov. Modeling of operation modes of pulse multichannel dc voltage converters	29
M.M. Jaborov, K.M. Saburov, F.K. Donaev. Improvement of circuit solutions and algorithms zone-phase rectifiers	33
M.M. Kamolov, Z.S. Ganiyev, Kh.B. Nazirov, Sh.D. Dzhuraev, Sh.S. Makhmadov. Estimation of coefficients characterizing the non-sinusoidal currents and voltages in the networks of public utility	37
S.G. Jononaev, M.A. Balaev. Determination of required duration of the pause of single-phase automatic re-activation in overhead lines based on condition of quenching the supply arc currents	45
A.I. Sidorov, S.Sh. Tavarov, G.Kh. Majidov, O.A. Mirakov. Improving the reliability of city distribution networks 6-10 kV c. Dushanbe	49
Sh.D. Dzhuraev. Compensation high current harmonics in electrical power systems containing power-consuming equipment with linear current-voltage characteristics	53
E.M. Sultanalieva, G.M. Sultanalieva. Forecasting load schedules for industrial enterprises, taking into account penalties	61

METALLURGY AND MATERIALS ENGINEERING

I. A. Akhmadshoev, R. S. Rafiev, K. J. Suyarov, J. R. Ruziev, N. A. Naimov. Thermodynamics of processes for obtaining fluxes from local mineral raw materials and production waste	67
M.Kh. Saidov, Kh.M. Khojanazarov. Adhesion strength of polymer powder coatings	71
S.T. Badurdinov, I.N. Ganiev, A.E. Berdiev, N.F. Ibrohimov, M.M. Mahmadiyoda, R. H. Saidzoda. Temperature dependence of specific heat capacity of aluminium alloy AK12 modified scandium	75
T.D. Juraev, F.K. Rakhimov, I.R. Ismoilov, I.Sh. Muslimov. Surface of the liquidus of quasi-linear sections	79
Quan Jingzhi, Y.S. Azizov, A.B. Badalov. Regularity of changes in the melting temperature of eutectic systems, antimony, lanthanides in a region rich in antimony	83

CHEMICAL TECHNOLOGY

B S. Jamolzoda. Selection of recipe for obtaining laboratory samples of on-board blocks of aluminum electrolyzers	87
D.A. Abdushukurov, I.M. Rakhimov, K.F. Emomov, T.S. Majidov, F.I. Shaimuradov, Z.V. Kobuliev. Chemical composition of bottom sediments of the kafirnigan river	91
R.D. Ismonov, I.N. Ganiev, H.O. Odiazoda, A.M. Safarov. Oxidation kinetics of aluminum alloy A1 (AL+1%De) with indium, in solid state	99

TRANSPORTATION

A.A. Rajabov, A.A., Rajabov, M. Izzatov. Innovation of major criterion implementation of the strategy of national development	104
G.N. Nurmadov, R.H. Sairakhmonov, S.B. Mirzozoda. Theoretical aspects of experimental research and the efficiency of using shear-resistant asphalt concretes for covering roads in hot climates	107
N.B. Sahibov. Car wheel operation on roads with short bumps	112
R.Kh. Sairakhmonov, S.B. Mirzozoda, M.S. Pirumshohi, F.A. Sharifov. Development of an effective method for measuring wear of road coatings	115

R.Kh. Sairakhmonov, S.B. Mirzozoda, M.S. Pirumshohi, F.A. Sharifov, F.B. Nurov. Bitumomineral open mixture (bmo) for macro-rough layers using an addition from hossype resin	119
T. Asad, M.Yu. Yunusov, S.S. Umarov, R.H. Sairahmonov. Theoretical aspects, experimental research efficiency of application of the complex additive of various functional purpose in the composition of road bitumen	123
T.U. Samadov. The city's transport system, problems and prospects	128
F. N. Nazhmudinov. Prospects for forming multimodal transport and logistics centers	132
H.N. Sultonov. Kinematik features tracked propulsion, and depending on the dynamik factor of the crawler tracks from the design parameters of the sprocket driving mechanism	135
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE	
A.A. Akramov, A. Sharifov, U.Kh. Umarov, M.K. Khokiyev, M.F. Akhmedov. Effects of superplasticizers in concrete mix	139
A.K. Rafiev, F.B. Maramov. Strengthening of crane runway beams with the method of increase in thicknesses	143
A. Sharifov, A.A. Akramov U.Kh.Umarov, M.K.Khokiyev, M.F. Akhmedov. Effects of microfilling mineral additives in concrete	150
D.N. Nizomov, L.Sh. Sharipov, I.S. Muminov. Numerical solution of the dynamic problem of a building fragment model taking into account the base compensation and reliability of communications	154
I.S. Muminov, D.N. Nizomov, L. Sharipov, A.A. Hojibjev. Research of seismic oscillations of the model of girderless frame	159
L.Sh. Sharipov, I.S. Muminov, A.J. Rahmonzoda, I. Sh. Ashurov. Investigation of static operation and dynamic load-bearing capacity of the joint unit of plate with column of frigless frame with mixed reinforcement	163
N.N. Khasanov, N.K. Fayzullozoda, F.N. Khasanov. Educational residential group of children's research and rehabilitation center for children with disadvantages of the hearing AID	168
R.R. Saidov, B.J. Fattoev. Calculation of a beam-wall on an elastic base by the method of concentrated deformations	172
R.S. Mukimov, S.M. Mamadzhanova. Sustainable development of Dushanbe city	174
R.S. Mukimov, S.R. Mukimova. Cultural landscape of gorniy Badakhshan	179
T.R. Kholmuratov, A.Z. Ibrokhimov, S. Zainiddin, I.R. Murodzoda. Characteristics of models of planetary mechanism at transformation of rotary motion to return-communicative	182
Kh.C. Boboev, A.A. Khodjiboev, L.C. Ismoilzoda, R.H. Sayrahmonov. Calculation of the stability of slopes of the earth canvas taking into account seismic influence	187
Sh.A. Zaripov, Z.V. Kobuliev, J.A. Zaripov. Influence of impurity on the behavior of heat capacity of composite reinforces	191
Y.G. Barotov. The role of improvement and greening of urban development in the regulation of bioclimate and microclimate	195

MODELING OF URBAN ELECTRIC NETWORKS IN DUSHANBE TO CALCULATE, ANALYZE AND EVALUATE THE POWER LOSS OF ELECTRICITY

S. R. Chorshanbiev

Tajik Technical University named after ac. M.S. Oshimi

This article presents the results of modeling urban electric networks (high-voltage electric networks 110-35 kV and distribution electric networks 6-10 / 0.4 kV) in Dushanbe. Modeling was carried out in the software package RAP-standard. The initial information made it possible to calculate the loss of electricity by the method of greatest losses for high-voltage electric networks of 110-35 kV, also for distribution networks of 6-10 / 0.4 kV by the method of average load.

After modeling and calculation, the analysis and assessment of power losses in high-voltage and distribution networks in Dushanbe were carried out..

The values obtained in high-voltage 110-35 kV electric networks in Dushanbe were compared with the values obtained from urban electric networks in Dushanbe. Also the values obtained of the components of electric energy losses in the distribution electric networks of 6-10 / 0.4 kV in Dushanbe are compared with the average values in the electric networks of Russia. Significant differences in the ratios of load and conditionally constant losses in the distribution electric networks of 6-10 / 0.4 kV in Dushanbe and Russia are determined.

Based on the identified problems, the measures were proposed to reduce the loss of electricity in the electric networks of Dushanbe.

Key words: *electricity losses, distribution networks, reduction, high-voltage electrical networks, simulations, RAP-standard, power system, substation, power line, Dushanbe, Republic of Tajikistan.*

Introduction

At present, practically in none of the electric networks of developed countries, including the Republic of Tajikistan, the task of reducing electricity losses is not considered independent. It is solved as part of the overall task of improving the efficiency of electrical networks.

In the modern energy system of the Republic of Tajikistan, when the country's electricity production is about 17-19 billion kWh [1-5] (depending on the year of saturation), there is a shortage of electricity in the autumn-winter period. This problem can be solved by reducing energy losses and rational use of

electricity in all parts of electric networks, and in turn to increase energy efficiency. Figure 1 shows the loss of electricity (planned and actual) during its transportation through electric networks of the Republic of Tajikistan for 2015 [6-14].

As shown in Fig. 1, in the whole of the Republic of Tajikistan in 2015, the level of relative (actual) losses was 15,7% (against the planned 16%), and among urban and district electric networks, a high level of electricity losses was observed in

Penjikent Electric Networks OJSC - 17,4% (against planned 17,4%), OJSC "Kulyab mountains ES" – 17,5% (against planned 17,5%), OJSC "Sughd ES" - 18 % (with planned 18,5%) and OJSC "Dushanbe City Electric Networks" - 18,5% (with planned 18,0%).

The problem of a high level of electric energy losses in the electric networks of the Republic of Tajikistan can be solved only by modeling electric networks to calculate, analyze and evaluate electric energy losses.

Among the city and district electric networks of the Republic of Tajikistan, OJSC "Dushanbe City Electric Networks" is the largest enterprise. Therefore, the electric networks of Dushanbe were chosen as the object of study for modeling.

At the same time, the goal of this work is to model urban electric networks in Dushanbe to calculate, analyze and evaluate the loss of electricity.

Dushanbe is located in the center of the Republic with population (more than 900 thousand people, in 2019) [15], belongs to the large cities of the Republic of Tajikistan. The structure of OJSC "Dushanbe City Electric Networks" includes 4 district electric networks. As of 2018, there are 33 substations of 110/35/10/6 kV on the balance sheet of OJSC "Dushanbe City Electric Networks". The number of transformers is 64 with a total installed capacity of 12781,8 MVA. The length of 110 kV overhead power lines is 261,2 km, 35 kV is 29,9 km, 110 kV cable power lines is 3,96 km, 35 kV is 9,871 km [10,16].

Modeling and calculation of high-voltage electric networks 110-35 kV Dushanbe

Modeling of the urban electric network 110-35 kV was simulated in the program RAP-OS-st.

This RAP-OS-st program is designed to calculate steady-state conditions, power and energy losses in electric networks with voltage of 35 kV and higher. The program determines the total losses of electricity, classifying them by voltage levels, by

groups of elements (transformer lines), by the structure of losses (load, idle to the crown).

Initial data for modeling.

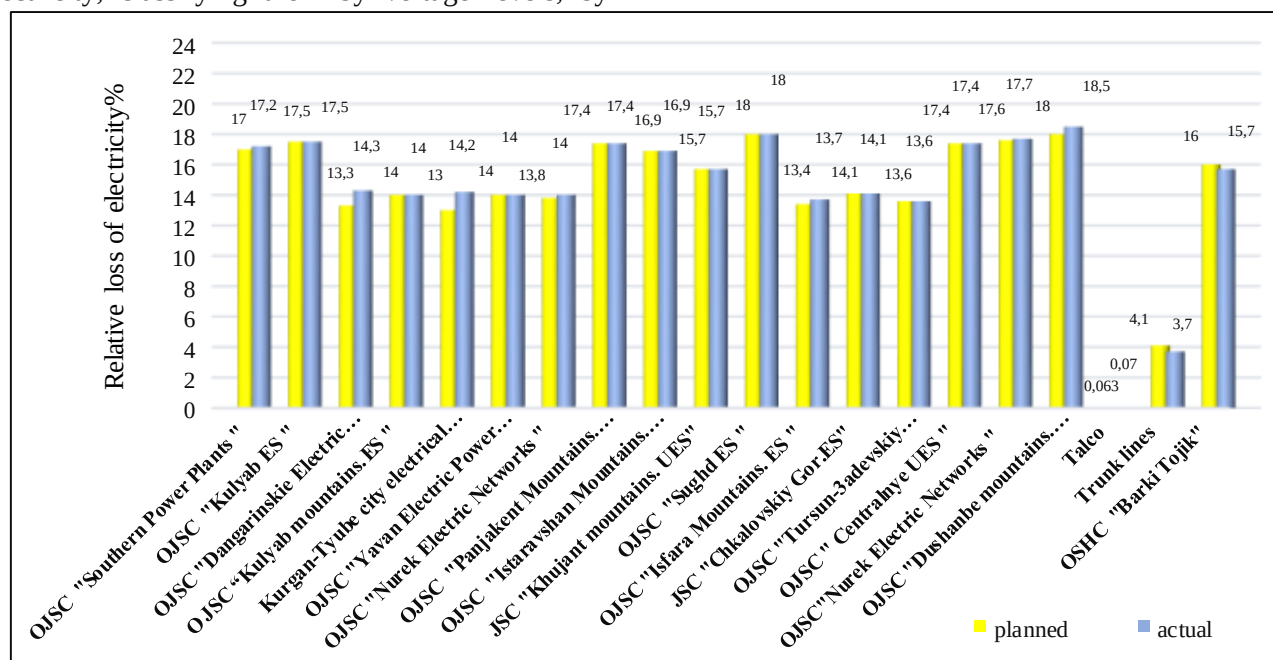


Fig.1. Electricity losses during its transportation through the electric networks of the Republic of Tajikistan for 2015.

During field measurements in electric networks of Dushanbe, information was collected simultaneously on the system parameters and operation mode parameters and initial data on the loads of the nodes of the simulated object.

These include:

1. Single-line electric circuit of substations 110/35 kV of city electric networks of Dushanbe;
2. Maximum loads according to the results of winter control measurements for 2015;
3. The information about the parameters (active, reactance conductivity), equipment (power lines (power lines), transformers);
4. The initial data for calculating the loss of electricity per crown.

After analyzing the amount of available initial data on node loads - only the maximum loads according to the results of winter control measurements for 2015 - it was assumed that electricity losses will be calculated by one of the most inaccurate methods - the method of greatest losses.

To use the method of maximum losses, the following coefficients (integrating factors) were calculated [17]:

- power loss time (annual) for 2015 τ_o ;

$$\tau_o = \tau_c \cdot \tau_M \cdot \tau_N = 0,9 \cdot 0,87 \cdot 0,472 = 0,37 \quad (1)$$

- daily relative number of hours of the highest power loss τ_c ;

$$\tau_c = \frac{\sum P_i^2 \cdot \Delta t_i}{(i) P_{ml}^2 \cdot T} = \frac{525775,403^2 \cdot 24}{552064,173^2 \cdot 24} = 0,9 \quad (2)$$

Where: P_i is the load at the time Δt , ($P_i = 525775,403$ kW); P_{ml} is the maximum load per day ($R_{nb} = 552064,173$ kW); T -time period $T = 24$ hours.

- coefficient taking into account the differences in consumption on working and non-working days of the billing month τ_m ;

$$\tau_m = \frac{D_w + K_w^2 \cdot D_{nw}}{D_m} = \frac{27 + 0,148^2 \cdot 4}{31} = 0,87 \quad (3)$$

Where: $D_w = 27$, D_{nw} , 4 - the number of working and non-working days in a month ($D_m = D_w + D_{nw} = 27 + 4 = 31$ days)

K_w -ratio of the values of electricity consumed on average non-working and average working day,

$$K_w = \frac{W_{nw}}{W_w} = \frac{50474438,7}{340702461} = 0,148 \quad (4)$$

W_{nw} , W_w , - consumed energy on the average non-working and average working days ($W_{nw} = 50474438$, 7 kW h, $W_w = 340702461$ kW h).

-coefficient taking into account the differences in the consumption of different months of the calculation period (period year) τ_N ;

$$\tau_N = \frac{\sum_{j=1}^{N_j} \frac{W_{se}^2}{N_j \cdot W_{se, bm}^2}}{\frac{391176900^2 + 326415950^2 + 259271030^2 + 314763263^2 + 171136308^2 + 164715418^2 + 181051420^2 + 214248070^2 + 167359936^2 + 213293150^2 + 310900470^2 + 370143020^2}{12 \cdot 391176900^2}} = 0,472 \quad (5)$$

Where; W_{se} -supply of electricity to the network for the i-month of the estimated interval;

$W_{se, bm}$ - electricity supply to the network in the billing month;

N_j is the number of months in the jth calculation interval.

- fill factor of the load curve K_{lf} ;

$$K_{lf} = \frac{W}{P_{xl} \cdot T} = \frac{3085474935}{552064,173 \cdot 8760} = 0,63 \quad (6)$$

Where: W is the transmitted electricity through the element during the time T , ($W = 3085474935$ kWh, for 2015), ($T = 8760$ hours); P_{ml} - the maximum load, ($P_{ml} = 552064,173$ kW)

The average monthly air temperature in Dushanbe for 2015 according to [18] is 16.5°C .

Analysis and evaluation of electricity losses in high-voltage electric networks 110-35 kV Dushanbe

Table 1 shows the results of calculating the loss of electricity in high-voltage electric networks of 110-35 kV after modeling in the program RAP-OS-st.

Let us compare the value calculated of electric energy losses in OJSC "Dushanbe City Electric Networks" with the actual electric energy losses in electric networks 35–110 kV for 2015, which are 69 million kWh or 2,23% [10].

As can be seen from table 1, the value of electricity losses after modeling was 63,858 million kWh (2,07%), the difference. Thus, the difference between the calculated and actual losses is 5,14 million kWh or 0,16% of the supply of electricity.

First of all, the difference in results obtained is explained by the practical lack of technical metering of

electricity and, in most cases, the unsatisfactory conditions of the metering system for electricity consumption. As a result, the calculations did not take into account the expenses for own needs and losses in other equipment of substations, which are taken into account in the actual losses of electricity.

The structure of electricity losses at a voltage of 35–110 kV (the ratio of load and conditionally constant - 80%: 20%) is almost comparable with the Russian one (72%: 18%). The reasons for the high level of load losses in high-voltage city electric networks in Dushanbe are the long length of some power lines and the presence of power transit through high-voltage city networks in Dushanbe from the main energy sources of the power system of the Republic of Tajikistan, located in the southern part of the republic to the central and northern regions).

Modeling and calculation of distributive electric networks 6-10 / 0,4 kV Dushanbe

For modeling, calculation and analysis of electric power losses in electric distribution networks of 0.4-6-10 kV of OJSC "Dushanbe City Electric Networks" (of the Republic of Tajikistan) in feeder No. 20, facility No. 1, field measurements of power were carried out for a month (Fig. 2). It should be noted that distributed solar generation is installed at one of the transformer substations of this feeder, which significantly affects the configuration of daily load schedules [19-26].

The volume collected of the source data unambiguously made it possible to calculate the electric power losses in the distribution electric networks of 6-10 / 0.4 kV using the average load method [17]. Calculation of electricity loss was performed in the program RAP-10-st. [17,27].

The RAP-10-st program is designed to calculate and analyze electric power losses and voltage modes in open electric networks with a voltage of 6-20 and 0.4 kV. The program determines the total losses of electricity, classifying them by voltage levels of 6-10-20 / 0,38 kV, by groups of elements (lines, transformers), by the structure of losses (load, idle).

To use the average load method, it was necessary to calculate the coefficients (integrating factors), average monthly air temperature [17,28-30], rated voltage at substations, U_{nom} , monthly electricity supply W_{mon} , And reactive power factors, $\cos \varphi$, are given in Table 2.

Table 3 shows the results of calculations of electric power losses by the average load method in RAP-10-st program.

Table 1.

Calculation results of the loss of electric power after modeling in the RAP-OS-ST.

Calculation results of the loss of electric power after modeling in the 10 kV OS BT.											
Name of the electric network	Unom, kV	Electricity losses, mln kW · h / %									
OJSC "Dushanbe City Electric Networks"		Load				Conditionally - Permanent				Total	%
		Power lines	%	Transformers	%	Idle transformers	%	To the crown	%		
	35	1,930	45,9	0,952	22,64	1,323	31,46	-		4,205	100
	110	45,015	75,46	3,238	5,43	11,094	18,6	0,306	0,51	59,653	100
	Σ	46,945	73,52	4,19	6,56	12,417	19,44	0,306	0,48	63,858	100

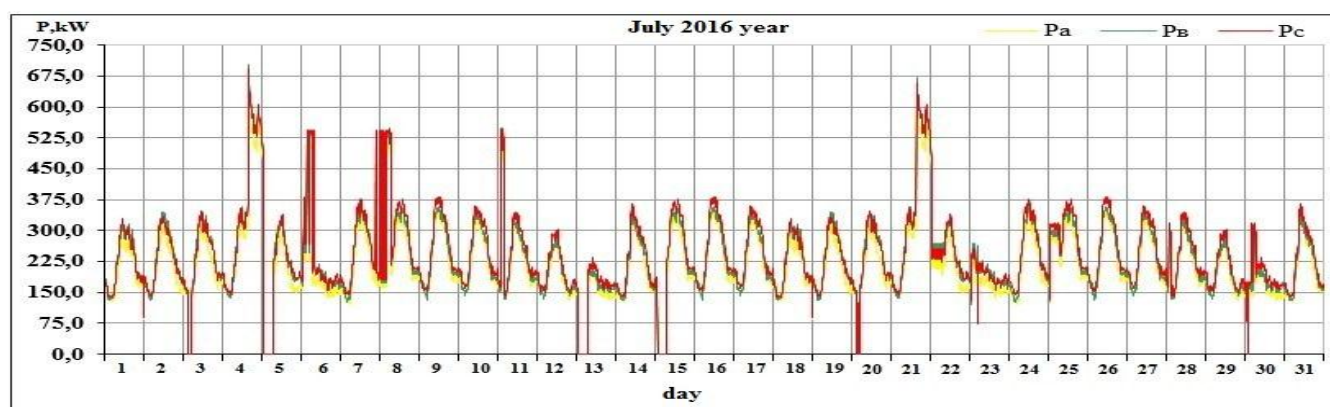


Fig. 2. Load curve of feeder No. 20 of Object № 1 substation for July 2016 year.

Table 2.

Initial data for calculation of loss of electric power in feeder №20 object №1 in the program RAP-10-st.

f_{sh}^2	$f_{sh,d}^2$	$f_{sh,m}^2$	K_w	$U_{nom, kV}$	$W_{monthly}$ thousand kWh	$tg\varphi$	$^{\circ}C$
1,1	1,07	1,026	0,58	10	480,151	0,24	29,4

Table 3.

Results of calculations of loss of electric power for June 2016 in fider №20 object №1.

Feeder	supply of Electric energy, thousand kWh	Electric power losses, thousand kWh					Electric power loss% of the supply.		
		Load			No load	total 10 kV	Load	No load	Total
		In lines	In transformers	Total					
№. 20	475,81	9,21	1,32	10,53	5,32	15,85	2,15	1,21	3,36

Analysis and evaluation of electricity losses in distributive electric networks 6-10/0,4 kV Dushanbe

As it can be seen from table 3, the technical loss of electricity in the facility under consideration for the month of June amounted to 15.85 thousand kWh or 3.36 from the supply of electricity. Conditionally - permanent losses in the structure of technical losses are 36%, load losses - 64% (Table 2), that is, conditionally - permanent losses are two times less than load losses.

These values correspond to the average values for the electric networks of the Russian Federation (30%: 70%) [28].

On the transmission line (power transmission line) 58% of all losses, losses on transformers - 42%. In feeder No. 20, facility No. 1, losses in transformers are losses at idle - 80%, and load losses - 20%. Among load losses, the share of power lines comes - 85%, and the share of transformers - 15%.

Conclusion

Thus, as a result of the study in the electric networks of Dushanbe, the following was obtained:

- Calculated mathematical models of high-voltage urban electric networks with a voltage of 110-35 kV in the city of Dushanbe of the Republic of Tajikistan were developed for analysis and assessment of electricity losses, which can be used in further studies and allow calculations of electricity losses for various combinations of changes in the source data.

- it was obtained that in order to identify foci of losses and assess the impact of power transit through high-voltage electric networks in Dushanbe, it is necessary:

- a) build a system of technical accounting of electricity to obtain the necessary data to use more accurate methods for calculating electricity losses - the average load method or the calculation day method;

- b) create a database of all the electrical equipment of the substation to calculate the loss of electricity in it.

- in the structure of technical losses of feeder No. 20, object No. 1, the share of conditionally permanent losses is 36%, load losses 64%, that is conditionally constant losses are two times less than load losses;

- in the structure of technical losses, the share of power lines accounts for 58% of all losses, losses in transformers - 42%.

- Among load losses, the share of power lines accounts for -85%, and for transformers - 15%.

These studies should be the main aspects of Dushanbe Mountains. ES "in the development of measures to reduce them.

Литература:

1. Чоршанбиев С.Р. Повышение эффективности функционирования электрических сетей с распределенной солнечной генерацией за счет снижения технических потерь электроэнергии (на примере Республики Таджикистан): дис. ... канд. техн. наук. Москва: Из-во МЭИ, 2019.

2. Чоршанбиев С.Р. Анализ выработки, передачи и потребления электрической энергии в национальной энергетической компании ОАХК «Барки Точик» Республики Таджикистан / С.Р. Чоршанбиев, Г.В. Шведов//Политехнический

вестник. Серия: Инженерные исследования. - 2018. №4 (44). С. 27-35.

3. Информация за 2016 год. Энергетическая компания (ОАХК) «Барки Точик». <http://www.barqitojik.tj> (Дата обращения 01.07.2018 г.).

4. Инструментальная оценка качества электроэнергии в энергосистеме Республики Таджикистан/Ю. В. Шаров, В. Н. Тульский, Ш. Дж. Джураев и др.//В сб. тр. Межд. науч.- практ. конф., 23-25 ноября 2016 г. -М.: МЭИ, 2017. С. 219-226.

5. Чоршанбиев С.Р. Повышение эффективности функционирования электрических сетей с распределенной солнечной генерацией за счет снижения технических потерь электроэнергии (на примере Республики Таджикистан): Автореферат...канд. техн. наук. Москва: Из-во МЭИ, 2019.

6. Шведов Г.В, Чоршанбиев. С.Р Расчет и анализ технических потерь электроэнергии в городских распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ г.Душанбе//Известия: Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова. -2017. №4 (44). С. 316-323.

7. Шведов Г.В. Структурный анализ потерь электроэнергии в электрических сетях 35-500 кВ Республики Таджикистан / Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, Х.Б. Назиров//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - 2018. №1(41). С. 74-86.

8. Chorshanbiev S.R. Structural analysis of power losses in (6-10 / 0.4 kV) urban distribution electric networks of the city of Dushanbe, the Republic of Tajikistan/2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), IEEE Russia North West Section. January 28-31, 2019. Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI», St. Petersburg, Russia: 2019. Section 9. Pp. 942- 945.

9. Шведов Г.В. Разработка мероприятий по снижению потерь электроэнергии в высоковольтных электрических сетях (на примере ОАО "Пенджикентские ЭС" Республики Таджикистан/ Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев. // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2018. №2. С. 222-226.

10. Чоршанбиев С.Р. Расчет потерь электроэнергии в высоковольтных городских электрических сетях г. Душанбе Республики

Таджикистан/С.Р. Чоршанбиев, Г.В. Шведов//Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии (ПЭЭЭ-2017): сб. тр. V Всероссийской научнотехнической конференции (к 50-летию юбилею кафедры "Электроснабжение и электротехника" Института энергетики и электротехники) ТГУ, 01-06 ноября 2017 г. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. С. 178-183.

11. Chorshanbiev S.R. Modeling, Calculation and Analysis of Technical Power Losses in 6- 10/0.4 kV Urban Distribution Networks of the City of Dushanbe of the Republic of Tajikistan/ 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)-2019. March 25-29, Sochi, Russia: 2019. Pp. 322-326. 10.1109 / ICIEAM.2019.8743055 DOI: 10.1109/ICIEAM.2019.8743055.

12. С.Р. Чоршанбиев, Шведов, Г.В. Анализ потерь электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4-500 кВ Согдийской Области Республики Таджикистан//Известия: Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова. 2019. №2-1 (50). С. 242-250.

13. Чоршанбиев С.Р. Оценка потерь электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4 -220 кВ Хатлонской области Республики Таджикистан/ С.Р. Чоршанбиев, Г.В. Шведов //Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2019.№ 2 (46). С.39-46.

14. Чоршанбиев С.Р. Структурный анализ и оценка технических потерь электроэнергии в электрических сетях 0,4-500 кВ районов республиканского подчинения Таджикистана/ С.Р. Чоршанбиев, Г.В. Шведов, У. Мадвалиев //Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2019.№ 3 (47). С.49-55.

15. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан [Электронный ресурс] Режим доступа - <http://www.stat.tj> (Дата обращения 05.11.2019).

16. Шведов Г.В. Анализ потерь электроэнергии в городских электрических сетях напряжением 6-10 кВ г. Душанбе Республики Таджикистан/ Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, М.У. Холматова//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. Т. 1. № 2 (42). С.36-42.

17. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. № 326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям».

18. Агентство по гидрометеорологии Республики Таджикистан [Электронный ресурс] Режим доступа - <http://www.meteo.tj> (Дата обработки 05.10.2019).

19. Chorshanbiev S. R., Shvedov G. V., Nazirov K. B., Ganiev Z. S. Analysis of the influence of the operation of network-driven inverters of solar power plants on the operation mode of 0.4 kV electrical network in terms of electromagnetic compatibility// 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2019, pp. 946-950.

20. Шведов Г.В, Чоршанбиев С.Р., Васьков А.Г. Оценка потенциальных ресурсов солнечной энергии на территории Республики Таджикистан/ Электроэнергетика глазами молодежи - 2018: Материалы IX Международной молодежной научно- технической конференции. В 3-х томах. Ответственный редактор Э.В. Шамсутдинов. 2018. С. 212-215.

21. Shvedov G.V. Analysis and Evaluation of Potential of Renewable Energy Resources of Republic of Tajikistan 2018 International Ural Conference on Green Energy (UralCon). October 4-6, 2018, Chelyabinsk, Russia: 2018. Pp. 26-33.

22. G. V. Shvedov, S. R. Chorshanbiev, I. A. Morsin, " Effect of distributed solar generation on electricity losses in electric networks", Proceedings of the VIII International Scientific and Technical Conference "Power Engineering through the Eyes of Youth - 2017". 2017. pp. 125-128. (In Russian).

23. Ковырко А.В., Морсин И.А., Чоршанбиев С.Р., Шведов Г.В. Оценка влияния распределенной солнечной генерации на энергоэффективность электросетевой организации//Энергосбережение - теория и практика. Труды Девятой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. 2018. С. 187-191.

24. Shvedov G.V., Chorshanbiev S.R., Shvetsova E.V., Nazirov K.B. Impact of solar generation connected to 0.4 kV grid on the power losses and the shape factor of load curve// В сборнике: Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in

Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2018, С. 773-777.

25. Шведов Г.В. Методика управления генерацией солнечных батарей по критерию минимизации относительных потерь электроэнергии в электрических сетях/ Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, Ш.Д. Джураев // Вестник Московского энергетического института. 2019. № 1. С. 20-28.

26. Chorshanbiev S.R., Ismoilov F.O., Shvedov G.V. Development of method for photovoltaic generation control by electrical network relative power losses minimization criteria/В сборнике: Proceedings - 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2019 2019. С. 18-23.

27. Руководство пользователя, программа расчета и анализа потерь электроэнергии в радиальных сетях 6-20 и 0,4 кВ РАП-10-ст (версия 21-267). Железко Ю.С, Артемьев А.В. 2005 г.-31.с.

28. Воротницкий В.Э. Анализ динамики, структуры и мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях России и за рубежом / Энергоэксперт. 2017. № 5-6. С.24-28.

29. Шведов Г.В. Анализ потерь электроэнергии и разработка мероприятий по их снижению в городских распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кв/ Г.В.Шведов, С.Р. Чоршанбиев. // Энергетик. 2019. № 1. С. 31-34.

30. Nazirov K.B., Shvedov G.V., Chorshanbiev S.R., Dzhuraev S.D. Study of the operating modes of the 0.4 kV main distribution network, in Dushanbe city of the Republic of Tajikistan, with distributed solar generation for power losses and power quality estimation/В сборнике: Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2018, С. 737-742.

АМСИЛАСОЗИИ ШАБАКАҲОИ БАРҚИИ ШАҲРИИ Ш. ДУШАНБЕ БАРОИ ХИСОБКУНӢ, ТАҲЛИЛ ВА БАҲОДИҲИИ ТАЛАФОТИ НЕРӢИ БАРҚ

С.Р. Чоршанбиев

Дар ин мақола натиҷаҳои тарҳсозии шабакаҳои барқии шаҳрӣ (шабакаҳои барқи баландшиддати 110-35 кВ ва шабакаҳои

тақсимои барқ 6-10/0.4 кВ) дар Душанбе оварда шудааст. Моделсозӣ дар барномаи RAP-standart гузаронида шуд. Иттилооти ибтидоӣ имкон дод, ки талафоти барқ бо усули зиёни зиёд барои шабакаҳои барқи баландшиддати 110-35 кВ, инчунин барои шабакаҳои тақсимои 6-10/0.4 кВ бо роҳи бори миёна ҳисоб карда шавад.

Пас аз тарҳрезӣ ва ҳисобкунӣ таҳлил ва баҳодиҳии талафоти нерӯи барқ дар шабакаҳои баландшиддат ва тақсимои шаҳри Душанбе гузаронида шуд.

Қиматҳои бадастомада дар шабакаҳои барқи баландшиддати 110-35 кВ дар Душанбе бо қиматҳои аз шабакаҳои барқии шаҳрӣ ба даст овардашуда муқоиса карда шуданд. Инчунин арзишҳои бадастовардаи ҷузъҳои талафоти нерӯи барқ дар шабакаҳои тақсимои барқ 6-10/0.4 кВ дар Душанбе бо нишондиҳандаҳои миёнаи шабакаҳои барқии Русия муқоиса карда мешаванд. Тафовути назаррас дар таносуби сарборӣ ва талафҳои шартӣ доимӣ дар шабакаҳои тақсимои барқ 6-10/0.4 кВ дар шаҳри Душанбе ва Россия муайян карда шуданд.

Дар асоси мушкilotи ошкоршуда ҷораҳо оид ба кам кардани талафоти барқ дар шабакаҳои барқии шаҳри Душанбе пешниҳод карда шуданд.

Калимаҳои калидӣ: талафоти нерӯи барқ, шабакаҳои тақсимоӣ, қоҳиш, шабакаҳои барқи баландшиддат, моделиронӣ, RAP-стандарт, системаи барқ, зеристгоҳ, хати барқ, Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ г. ДУШАНБЕ ДЛЯ РАСЧЕТА, АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

С.Р. Чоршанбиев

В данной работе приведены результаты моделирования городских электрических сетей (высоковольтные электрические сети 110-35 кВ и распределительные электрические сети 6-10/0,4 кВ) г. Душанбе. Моделирование проводилось в программном комплексе RAP-стандарт. Исходная информация дала возможность, чтобы рассчитать потери электроэнергии методом наибольших потерь для высоковольтных электрических сетей 110-35 кВ, также для

распределительных сетей 6-10/0,4 кВ методом средних нагрузок.

После моделирования и расчёта были проведены анализ и оценка потерь электроэнергии в высоковольтных и распределительных сетях г. Душанбе.

Полученные значения в высоковольтных 110-35 кВ электрических сетях г. Душанбе были сопоставлены со значениями, которые были получены из городских электрических сетей г. Душанбе. Также полученные значения составляющих потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ города Душанбе сопоставлены со среднестатистическими значениями в электрических сетях России. Определены существенные отличия в соотношениях нагрузочных и условно – постоянных потерь в

распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ города Душанбе и России.

Исходя из выявленных проблем, были предложены мероприятия для снижения потерь электроэнергии в электрических сетях г. Душанбе.

Ключевые слова— потери электроэнергии, распределительные сети, снижение, высоковольтные электрические сети, моделирования, РАП-стандарт, энергосистема, подстанция, линия электропередачи, Душанбе, Республика Таджикистан.

Сведение об авторе:

Чоршанбиев Сироджиддин Ражаббокиевич – к.т.н., асс. каф. «Электроснабжение» ТТУ им. ак. М.С. Осими. Тел: +992 902 20 99 44, E-mail: sirochiddin.chorshanbiev.89@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КАСКАДА ВАХШСКИХ ГЭС С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АГРЕГАТОВ

А. К. Киргизов, И. Толибзода, М. М. Джононов

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Основные исследования в проблеме повышения эффективности эксплуатируемого каскада Вахшских гидроэлектростанций (ГЭС), в настоящее время должны быть направлены на разработку путей рационального использования гидроэнергетических ресурсов. В статье рассмотрены вопросы оптимального регулирования режима работы каскада, в особенности режим сработки и наполнения водохранилища Нурекской ГЭС и зависимость режима других ГЭС каскада от этого. Как показывают исследования режимов работы каскада Вахшских ГЭС, в последние годы наблюдается увеличение КПД гидроагрегатов почти всех ГЭС, которое может быть катастрофическим для оборудования гидроэлектростанций. В статье приведены некоторые конкретные решения этих проблем.

Ключевые слова: Энергосистема, водные ресурсы, каскад, мощность, коэффициент полезного действия, водохранилище.

Введение

Электроэнергетическая система Таджикистана после распада Объединенной Энергетической Системы (ОЭС) Средней Азии превратилась в редчайшую систему, которая состоит практически из гидравлических

электростанций (ГЭС, 94,5%). Другая важная ее отличительная особенность заключается в том, что около 97% от этих генерирующих мощностей сосредоточены на одном Вахшском каскаде ГЭС.

Методика проведения опыта

Основные исследования в проблеме повышения эффективности эксплуатируемых ГЭС, в настоящее время, должны быть направлены на разработку путей рационального использования гидроэнергетических ресурсов. Известно, что с первых шагов научных и параметрических задач [1.2.3.4.5] эксплуатации ГЭС, как в децентрализованных условиях, так и в составе энергосистемы, в том числе как элемент каскада, присуща определенная специфика. Многие вопросы, имеющие второстепенное значение при первоначальном планировании и проектировании становятся главными в период эксплуатации. Поэтому, не для всех практических задач можно и обязательно нужно использовать нормативно–технические правила эксплуатации, разработанные на стадии проектирования. Особенно, это положение чрезвычайно актуально для электроэнергетической системы Таджикистана

при основательном изменении ее режима работы после выхода из состава ОЭС Средней Азии.

Большинство вопросов, относящихся к проблеме эффективности использования существующих гидроэлектростанций Вахшского каскада, в основном, включают задачи совершенствования технологического процесса производства электроэнергии и задачи рационального использования водных ресурсов водохранилищ Нурекской, а в перспективе и Рогунской ГЭС.

Общеизвестно, что максимум выработки электроэнергии каскада ГЭС, за период регулирования, является функционалом суммарной мощности каскада и может быть определен на основе следующего выражения:

$$\mathcal{E}^{\text{каскад}} = \int_{t_0}^{t_0+T} \sum_{k=1}^n P_{гk} dt = \max. \quad (1)$$

Для определения мощностного режима $P_{г1}=P_{г1}(t)$, $P_{г2}=P_{г2}(t)$,... $P_{гn}(t)$ и значения выработанной электроэнергии $\mathcal{E}_{г1}, \mathcal{E}_{г2}, \dots, \mathcal{E}_{гn}$ решается следующая система уравнений, где n - количество ГЭС в каскаде:

$$\left. \begin{aligned} P_{г1} &= 9.81\eta_1 Q_{г1} (Z_{вб1} - h_{срб1} - Z_{нб1}) \\ P_{г2} &= 9.81\eta_2 Q_{г2} (Z_{вб2} - h_{срб2} - Z_{нб2}) \\ P_{гn} &= 9.81\eta_n Q_{гn} (Z_{вбn} - h_{србn} - Z_{нбn}) \\ \mathcal{E}_{г1} &= \int_{t_0}^{t_0+T} P_{г1} dt \\ \mathcal{E}_{г2} &= \int_{t_0}^{t_0+T} P_{г2} dt \\ \mathcal{E}_{гn} &= \int_{t_0}^{t_0+T} P_{гn} dt \\ \mathcal{E}^{\text{каскад}} &= \mathcal{E}_{г1} + \mathcal{E}_{г2} + \dots + \mathcal{E}_{гn} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Где, $\eta_{г}$ - КПД ГЭС

$Q_{г}$ - расход воды через ГЭС, м³/с;

$Z_{вб}$ - отметка верхнего бьефа водохранилища, м;

$Z_{нб}$ - отметка нижнего бьефа ГЭС, м;

$h_{срб}$ - глубина сработки водохранилища м;

t_0 - начальное значение краевых условий;

$t = t_0 + T$ - краевые условия.

Таким образом, математически для определения оптимального режима работы каскада ГЭС, в данном случае, необходимо при соблюдении граничных условий и совокупности режимных ограничений максимизировать в

заданных пределах интеграла [1]. Результаты расчета приведены в таблице 1. [7].

В проводимых нами расчетах $\eta_{г}$ для заданного интервала времени принимался величиной постоянной. Однако, при оценке одного из основных показателей, определяющее значение эффективной части мощности ГЭС, мы должны быть более строгим, требовательным и избирательным, так как он играет довольно важную роль в режимных задачах. Известно, что факторы, определяющие технико-экономические характеристики гидроагрегатов делятся на постоянные и переменные. Если первые имеют конструктивный характер, и мы о них знаем заранее и можем оценить их эффект на работу оборудования, как при проектировании, так и при эксплуатации, то с переменными дело обстоит иначе. Их влияния могут быть большим или меньшим при той или иной конкретной ситуации и по условиям работы ГЭС. [8.9.10]

В целях количественной оценки существующего состояния коэффициента полезного действия (КПД) Вахшского каскада ГЭС, мы проанализировали 20 летний режим работы всех гидроагрегатов электростанций. Результаты анализа и процесс изменения КПД ГЭС иллюстрируются на рисунках 1,2,3,4. [7].

Из них видно, что за последние годы КПД Нурекской ГЭС увеличивался на 1-3%, это практически выполнить очень трудно, но возможно, при плотном и интенсивном использовании мощности оборудования, которое действительно имеет место в практике эксплуатации ГЭС Вахшского каскада, начиная с 1999 года. Наибольшие значения показателей подтвердились при наших проведенных расчетах по критерию максимума выработки электроэнергии каскада.

Например, технически возможные КПД Нурекской ГЭС приблизительно составляют (турбина-генератор) – 92,8%.

Они практически совпадают по характеру и количеству с теми, которые мы получили и иллюстрируем на рисунках при детальном анализе режима эксплуатации гидроэлектростанций за довольно длительный период. Только по этой причине мы не повторяем эти результаты.

Однако, такая эксплуатация оборудования приводит к быстрому изнашиванию его деталей и уменьшению его срока службы и может привести к системным авариям.

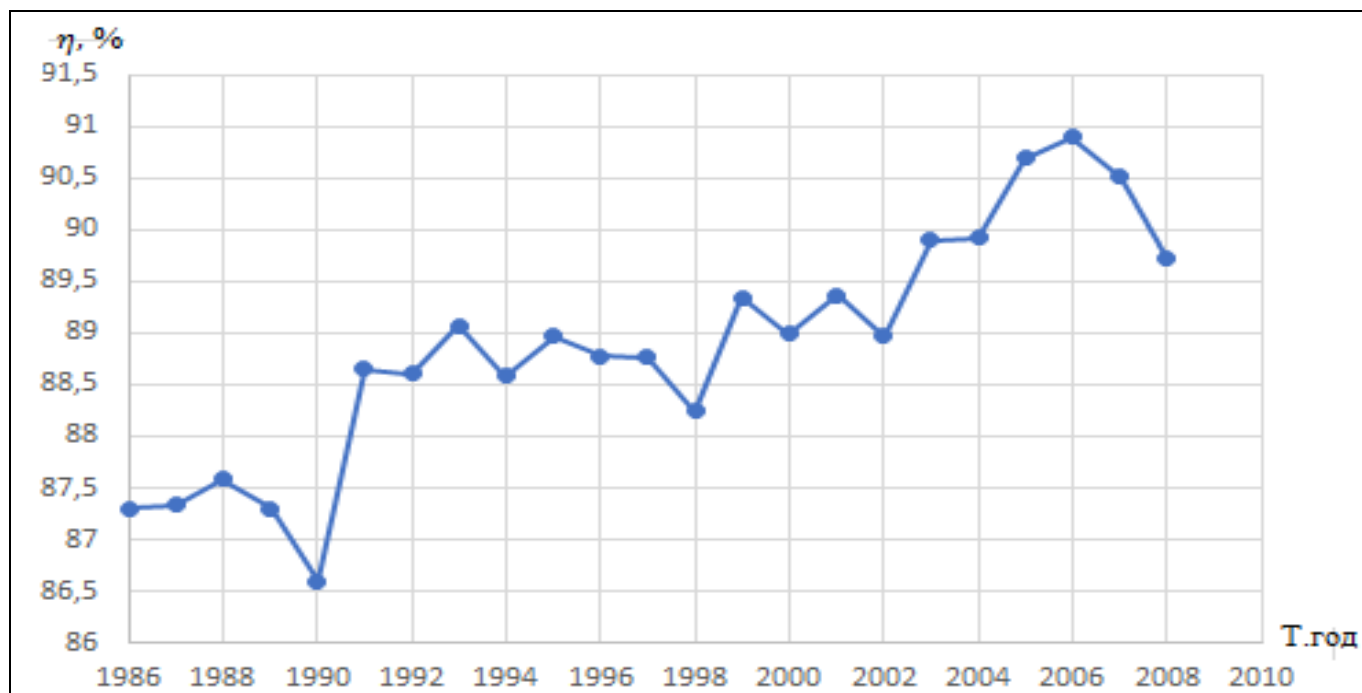


Рис.1. Изменение среднегодового КПД Нурекской ГЭС по годам.

Таблица 1.

Среднемесячные К.П.Д. Нурекской ГЭС при среднемесячной фактической мощности.

Гд/м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	среднее
1986	86,818	88,014	89,32	84,74	87,52	90,85	91,34	91,06	85,76	81,93	83,65	86,51	87,295
1988	85,582	86,828	89,48	90,26	91,44	91,2	90,81	89,38	87,40	83,14	81,26	84,14	87,579
1990	87,113	87,285	85,68	88,18	90,11	88,08	82,48	80,73	88,43	86,50	86,62	87,91	86,598
1991	89,683	87,904	87,08	88,42	90,40	91,28	90,04	88,57	88,51	87,16	86,75	87,95	88,65
1992	90,52	89,82	89,81	89,79	90,16	89,97	89,66	89,03	87,59	84,50	86,01	86,41	88,609
1994	89,616	91,265	87,72	89,43	90,76	90,78	88,67	87,34	87,08	84,86	86,09	89,33	88,582
1996	90,541	90,993	89,81	86,84	91,22	89,8	87,61	87,39	86,72	86,89	88,04	89,41	88,775
1998	90,195	90,842	89,08	89,23	88,92	88,71	87,37	86,07	85,4	85,77	87,88	89,39	88,242
1999	91,01	92,244	90,54	88,34	91,00	89,771	87,797	87,155	86,522	88,021	89,172	90,572	89,347
2000	91,43	91,622	83,13	87,87	90,802	91,097	90,412	89,421	87,712	86,962	88,109	89,355	88,994
2002	90,036	90,996	90,58	91,76	89,97	87,677	86,082	88,126	85,892	87,675	89,634	89,213	88,97
2004	90,817	91,186	91,98	91,784	91,833	90,72	88,183	87,426	87,33	88,65	88,906	90,169	89,916
2006	92,297	92,03	91,81	94,859	91,928	91,844	91,226	89,314	87,474	88,324	89,053	90,594	90,896
2008	91,94	89,779	88,19	90,336	91,374	91,648	90,738	89,956	88,674	88,578	84,585	90,82	89,718
Среднегодовое													88,87

Проведенное нами исследование относится к проблеме оптимизации длительного каскадного водноэнергетического регулирования стока водохранилищами ГЭС. Оно, разумеется, не претендует на исчерпывающее решение этой проблемы и может быть оценено лишь как начальный этап в исследовании этой проблемы в целом.

Выводы

Кратко общие итоги выполненного исследования могут быть сформулированы следующим образом:

1. Изменение КПД ГЭС Вахшского каскада отражают техническое состояние оборудования

и сооружений станции, а также степень плотности график нагрузки и наличие резерва мощности в электроэнергетической системе.

2. Анализ режима работы Вахшского каскада ГЭС показал, что из всех существующих электростанций системы только на Нурекской ГЭС наблюдается увеличение коэффициента мощности. Эта тенденция в основном зависит от интенсивного использования оборудования станции. Такое положение чревато серьезными последствиями.

3. Другие ГЭС каскада, находящиеся в эксплуатации, работают со сниженными КПД, что свидетельствует о наличии морального и физического износа оборудования.

4. Полученные результаты по коэффициентам полезного действия станции могут быть использованы при наивыгоднейшем распределении активной нагрузки между ГЭС системы и подбора состава гидроагрегатов при внутристанционной оптимизации в отдельных гидроэлектростанциях.

Литература:

1. Оптимизация режимов работы энергосистемы с высокой долей гидроэлектростанций (на примере энергосистемы Таджикистана) Султонов Ш.М. автореферат дис. ... кандидата технических наук / Новосиб. гос. техн. ун-т. Новосибирск, 2016
2. Филиппова Т.А. Оптимизация энергетических режимов гидроагрегатов гидроэлектростанций «Энергия» М., 1975
3. Обрезков В.И. Расчет сезонного регулирования стока на максимум выработки электроэнергии ГЭС. «Электрические станции» №11, 1962.
4. Расулов С. Энергетические возможности водохранилища Нурекской ГЭС. В изв. АН Таджикской ССР, отд-ние физ.-мат. геолог.-хим. наук, 1978, №4 (70).
5. Расулов С., Масликов В.И. Режимы гидроэлектростанций Вахшского каскада. В изв. АН Таджикской ССР, отд-ние физ.-мат. геолог.-хим. наук, 1980.
6. Манусов В.З. Оптимизация энергоэффективности ветровых ресурсов Дальнего Востока на основе алгоритма роевого интеллекта / Хасанзода Н. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», (ISJAEE). – 2018. – № 19-21. – С. 12–22.
7. Инояттов М.Б., Расулов С.Р., Косимов У.У., Киргизов А.К., Файзуллоев М.М. Отчет о научно-исследовательской работе ”Анализ режима работы каскада Вахшских ГЭС и Кайракумской ГЭС” 97 стр. 2013 г.
8. Разработка имитационной модели каскада ГЭС энергосистемы Памира Митрофанов С.В., Арестова А.Ю., Худжасаидов Д.Х., Русина А.Г. В сборнике: Электроэнергетика глазами молодежи - 2017 Материалы VIII Международной научно-технической конференции. 2017. С. 80-83.

9. Повышение эффективности управления режимами электроэнергетической системы, состоящей из гидроэлектростанций // Русина А.Г., Худжасаидов Д.Х. Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2017. № 1 (66). С. 179-192.

10. К вопросу об использовании малой гидроэнергетики применительно к условиям республики Таджикистан

Инояттов М.Б., Киргизов А.К. Вестник таджикского технического университета. 2008. Т. 2. № 2. С. 38-42.

САМАРАНОКИИ РЕЧАИ КОРИИ СИЛСИЛАНЕРУГОХХОИ БАРҚИ ОБИИ ВАХШ БО НАЗАРДОШТИ ТАВСИФИ ИСТИФОДАБАРИИ АГРЕГАТҲО

А.К. Қирғизов, И. Толибзода, М.М. Ҷононов

Таджикоти асосии мушкилоти баланд бардоштани самаранокии истифодаи неругоҳҳои барқии обӣ аини замон ба таҳияи роҳҳои истифодаи оқилонаи захираҳои гидроэнергетикӣ бояд равона карда шаванд. Дар мақола масъалаҳои танзими оптималии речаи кори силсиланеругоҳҳои Вахш, аз ҷумла речаи кор ва пур кардани обанбори НБО-и Норак ва вобастагии низоми НБО-ҳои дигар баррасӣ карда мешавад. Тавре ки тадқиқот дар бораи усулҳои кори силсилаи нерӯгоҳҳои барқии обии Вахш дар солҳои охир нишон медиҳад, баланд шудани самаранокии агрегатҳои қариб тамоми нерӯгоҳҳои барқии обӣ ба назар мерасад, ки ин барои таҷҳизоти НБО фалокатбор буда метавонад. Дар мақола баъзе роҳҳои ҳалли мушаххаси ин мушкилиҳо оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: системаи энергетикӣ, захираҳои об, силсила, қувва, самараноки.

EFFICIENCY OF OPERATING MODES OF CASCADE OF VAKHSH HPP WITH ACCOUNT OF OPERATING CHARACTERISTICS OF UNITS

A.K. Kirgizov, I.Tolibzoda, M.M. Jononov

At present the main research in the problem of improving efficiency of the cascade operated of Vakhsh hydroelectric power plants (HPP) should be aimed at developing ways to rationalize the use of hydropower resources. The article deals with the issues of optimal regulation of the cascade

operation mode, especially the mode of operation and filling of the Nurek hydroelectric power station reservoir and the dependence of the mode of other hydroelectric power stations of the cascade on this. As shown by studies of the operation modes of the Vakhsh HPP cascade, in recent years there has been an increase in the efficiency of hydroelectric units of almost all HPPs, which can be disastrous for the equipment of hydroelectric power stations. The article provides some specific solutions to these problems. The article contains some specific solutions to these problems.

Keywords: power System, water resources, cascade, capacity, efficiency, reservoir.

Сведения об авторах:

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

Толибзода Исроил - докторант PhD каф. «Электрические станции» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. E-mail:

Джононов М. - главный инженер Каскада Варзобских ГЭС. E-mail: jononovm@mail.ru

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ ШИН

Е.Л. Кокорин¹, У.У. Косимов², Р.Т. Абдуллозода,³ Б.М. Гийёв⁴

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина¹
^{2,3,4}Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими²

В настоящее время внедрение цифровых технологий оказывает существенное влияние на принципы построения современных электрических подстанций, тем самым обеспечивается возрастающий интерес к стандартам серии МЭК 61850. В статье выполнен сравнительный анализ традиционных защит сборных шин и вариантов их современной реализации, выполненной с применением стандарта МЭК 61850.

Ключевые слова — МЭК 61850, дифференциальная защита шин, релейная защита и автоматика, электроэнергетическая система.

Введение

Важнейшим элементом подстанций являются сборные шины. Среднее число повреждений за год на одну систему шин распределительного устройства (РУ) 110 и 220 кВ лежит в диапазоне от 0,077 до 0,149, а для сети 220 кВ и выше – 0,104 или 0,01 на одно присоединение в год [5]. Аварии возникающие вследствие повреждений на шинах составляют 19% от всех аварий электрических сетей [5]. Таким образом время между повреждениями на шинах 110 и 220 кВ составляет 6-13 лет.

Интенсивность отказов дифференциальной защиты шин (ДЗШ) составляет 0,42·10⁻² отказа в год, то есть ДЗШ надежнее дистанционной защиты (ДЗ) с высокочастотной блокировкой более чем в 1,7 раза [3]. Необходимо отметить,

что с ростом класса напряжения объем нагрузки подключенной к системе шин так же растёт и вследствие чего пропорционально увеличивается ответственность ДЗШ [4], что подтверждает актуальность исследования.

Токи КЗ на шинах сети 110 кВ превышают токи КЗ на воздушных линиях того же напряжения более чем в 1,5 раза [9-10]. Это может приводить к выходу из строя большого числа основного и вспомогательного оборудования [8], что также подтверждает актуальность выбора объекта исследования.

В настоящее время в качестве основной защиты сборных шин сетей 110-750 кВ, в основном, используется ДЗШ [6-7], а в качестве резервной – ДЗ элементов сети, чаще всего автотрансформатор (АТ). Как правило, в сетях 6-35 кВ релейная защита (РЗ) систем сборных шин по дифференциальному принципу не применяется [4].

В настоящей работе выполнен детальный анализ применяемых методов организации ДЗШ, их классификация и сравнение. Предложены пути решения основных проблем с помощью актуальных технологий, в том числе стандарта МЭК 61850 [11-15].

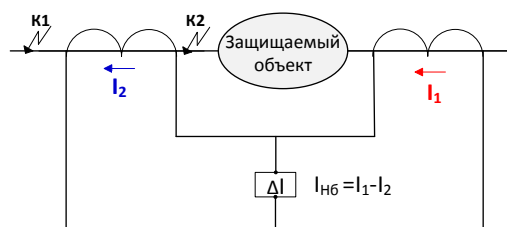
Принципы действия абсолютно селективных защит шин

В рамках статьи рассмотрены защиты шин, выполненные на следующих принципах: дифференциальном токовом, дифференциальном

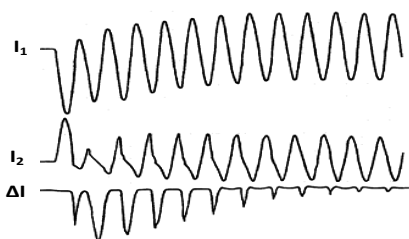
токовым с процентным торможением, с применением частичного рабочего тока, а также дифференциально-фазном.

1. Известно, что принцип работы дифференциальной токовой защиты шин основан на сравнении направлений токов присоединений защищаемых шин. При сумме токов по присоединениям больше уставки, что возможно при внутреннем КЗ и отображено на рис 1а, в точке К1, защита срабатывает. При внешнем же КЗ в точке К2, как показано на рис 1а, ток в обмотке реле стремится к нулю и защита не работает.

Основным недостатком дифференциальной токовой защиты является необходимость отстройки от тока небаланса, который возникает в обмотке реле при внешнем КЗ, а также в нормальных режимах. Ток небаланса – ток, протекающий по обмотке токового реле ДЗШ, обусловленный разностью первичного тока и тока намагничивания, приведенного ко вторичной обмотке ТТ. Основная причина возникновения тока небаланса заключается в неидентичности характеристик ТТ, которая особенно проявляется при внешнем КЗ из-за большого значения апериодической составляющей, что показано на рисунке 1б. Ток небаланса в реле определяется выражением (1).



а)



б)

Рис. 1. Принцип действия дифференциальной токовой защиты.

$$I_{КА} = \varepsilon \cdot I_K = I_{НБ}, \quad (1)$$

где: I_K – ток КЗ при внешних повреждениях;

ε – погрешность трансформатора тока.

Традиционно отстройку от тока небаланса закладывают в процедуру выбора уставок, используя выражение, которое вытекает из условия обеспечения 10% точности по условию $\varepsilon \leq 10\%$ при максимальном токе внешнего КЗ [5]. Ток срабатывания защиты в этом случае отстраивают от тока небаланса, используя коэффициент надежности, что дополнительно снижает чувствительности при КЗ в зоне действия защиты, особенно в минимальных режимах [5].

2. Дифференциальная защита шин с торможением.

Дифференциальной с торможением называется защита, принцип действия которой основывается на превышении рабочим током тормозного. Защите с торможением свойственно наличие тормозных сигналов. На рисунке 2 представлена структурная схема защиты с торможением, где рабочий ток – I_P формируется схемой формирования рабочего сигнала СФРС, тормозной – I_T выделяется схемой формирования тормозного сигнала СФТС. Рабочий и тормозной сигналы подаются на вход сравнения сигналов СС и при $(I_P) > (I_T)$ срабатывает выходной орган ВО.

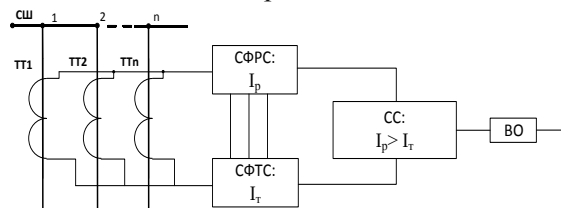


Рис. 2. Структурная схема защиты с торможением.

Особенность защиты заключается в том, что она имеет адаптированную уставку. При внутренних КЗ в минимальном режиме уставка автоматически снижается, что указывает на высокую чувствительность.

Главный недостаток защиты заключается в том, что ДЗШ с торможением может ложно сработать при внешнем КЗ вблизи защищаемых шин, в случае насыщения ТТ в пределах первого цикла [16-17].

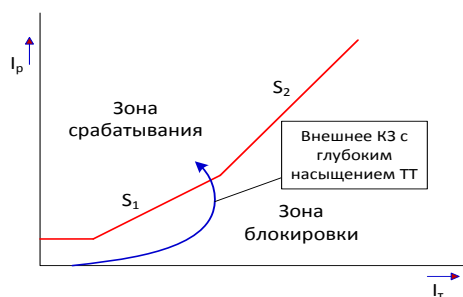


Рис. 3. Траектории изменения рабочей/тормозной точки при внешнем КЗ.

Из тормозной характеристики на рисунке 3 видно, что при глубоком насыщении ТТ, при внешнем КЗ, сопровождающемся апериодической составляющей, происходит ложное срабатывание.

3. Дифференциально-фазной (ДФЗШ) называется защита, основанная на принципе сравнении фаз токов защищаемых присоединений. Трансформаторы тока, включенные в схему защиты, питают формирователи $\Phi 1 \div \Phi 5$, функцией которых является определение фазы тока соответствующего присоединения, что изображено на рисунке 4. Выходные сигналы формирователей поступают на реле сравнения фаз (РСФ), которое определяет местоположение КЗ.

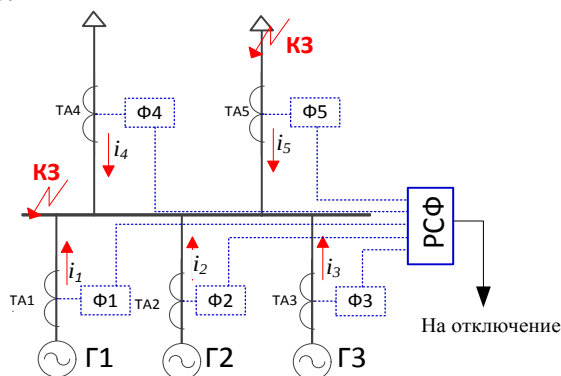


Рис. 4 Структурная схема ДФЗШ.

Протекание токов в цепях защит изображено на рисунке 4. На рисунке 5 представлена времятоковая характеристика на входе органа реле сравнения фаз (РСФ). На рисунке 5а показано, что при КЗ в зоне защиты (точка К1 на рисунке 4), сравниваемые токи примерно совпадают по фазе, защита срабатывает и РСФ формирует отключающий сигнал. При внешнем КЗ (точка К2 на рисунке 4), сдвиг по фазе между повреждённым присоединением 5 и токами

остальных присоединений близок к 180° , что изображено на рисунке 5.б. В этом случае защита на отключение не действует.

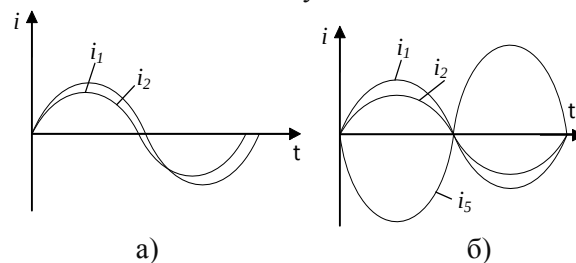


Рис. 5. Принцип действия ДФЗШ: а) внутреннее КЗ; б) внешнее КЗ.

Особенность защиты заключается в том, что на правильность ее работы оказывает влияние лишь угловая погрешность ТТ, которая в переходных режимах, обычно не превышает 41° (12,8%), в то время как токовая погрешность может достигать до 81% т.е. токовая погрешность ТТ в 6,3 больше угловой погрешности [5].

Существенным недостатком защиты является возможность ее несрабатывания при внутренних КЗ с большим переходным сопротивлением. Расчеты по модели, учитывающей насыщение ТТ [16] показывают, что при внутренних КЗ ($K^{(1)}$, $K^{(2)}$ или $K^{(3)}$) с переходным сопротивлением 0,01 Ом, защита срабатывает правильно, однако при внутренних $K^{(1)}$ с переходным сопротивлением 10 Ом и больше, защита не срабатывает.

Защита шин с применением метода частичных рабочих токов

Защита шин, в которой для n присоединений существует $n-1$ дифференциальных токов и на каждом дифференциальном токе происходит кумулятивное увеличение тока последующего присоединения, называется дифференциальной защитой с частичными рабочими токами (ЧРТ). Расчет дифференциального тока производится по выражению (2). Защищаемая дифференциальной защитой зона представлена на рисунке 6б.

$$\sum_{j=1}^k I_j + I_{k+1} = I_{Д(k-1)} + I_{k+1} \quad (2)$$

где: $I_{Д(k)}$ — дифференциальный ток k -того порядка с начальным условием $I_{Д(0)} = I_1$; $I_{Д(k-1)}$ — дифференциальный ток порядка $k-1$; I_{k+1} — ЧРТ.

Исходя из выражения (2) связь между двумя последовательными ЧРТ может быть выражена следующим образом:

$$I_{D(k)} = I_{D(k-1)} + I_{(k+1)} \quad (2)$$

На рисунке 6а приведена структурная схема рассматриваемой защиты, которая состоит из пяти блоков: процессор данных (Data Processor), детектор повреждения (Fault Detector), дискриминатор повреждения (Fault Discriminator), детектор насыщения ТТ (Current Transformer Saturation Detector) и блока аварийного отключения (Trip Logic). Функция процессора данных заключается в оцифровке аналоговых сигналов, а детектор повреждения, дискриминатор повреждения и детектор насыщения ТТ предназначены для выявления КЗ, определения положения относительно защиты и соответственно выявления насыщения ТТ. Функция блока аварийного отключения заключается в генерации отключающего сигнала.

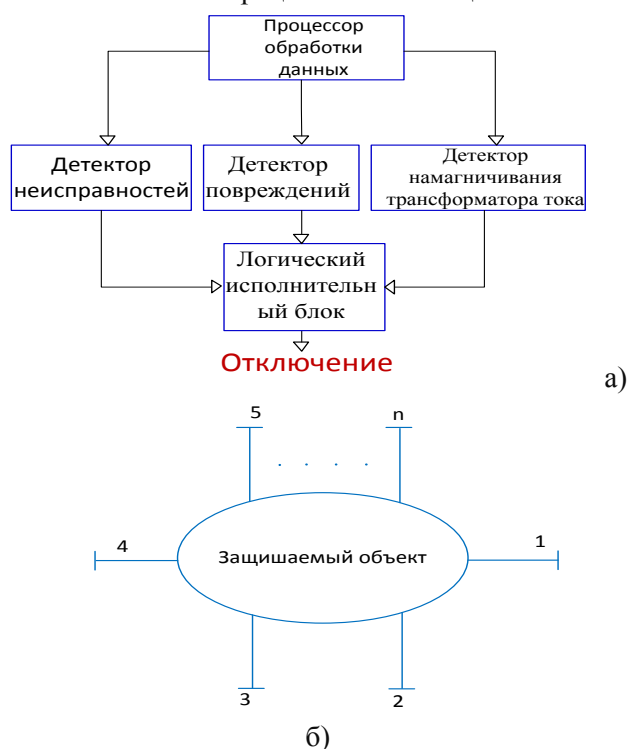


Рис. 6. а) Блок схема ЧРТ;

б) дифференциальная зона с n присоединениями.

Первым условием срабатывания для защиты является выражение (4), согласно которому, при внутренних КЗ, модуль дифференциального тока k-того порядка $I_{D(k)}$ должен быть больше модуля предыдущего максимального

дифференциального тока порядка k-1 $I_{D(k-1)}$ и модуля ЧРТ I_{k+1}

$$|I_{D(k)}| > \max(|I_{D(k-1)}|, |I_{k+1}|) \quad (3)$$

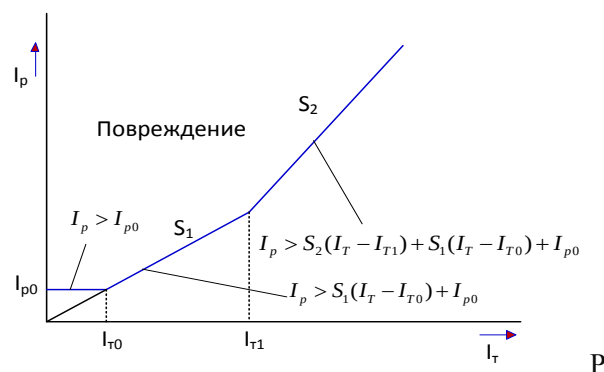
Характеристика на рисунке 7, иллюстрирует принцип действия детектора повреждения. Видно, что тормозная характеристика, состоит из 3х областей с различным углом наклона:

$$0 < I_T < I_{T0} \quad (4)$$

$$I_{T0} < I_T < I_{T1} \quad (5)$$

$$I_T > I_{T1} \quad (6)$$

Такая характеристика обеспечивает адаптивное функционирование защиты. При насыщении ТТ, вызванном периодической и аperiodической составляющими, происходит автоматическое увеличение коэффициента торможения k (переход на участок S1 и S2, рисунка 7) [19]. Адаптивность функционирования позволяет отстроиться от погрешностей ТТ в переходных режимах.



ис. 7. Характеристика определения детектора повреждения.

Блок детектора насыщения ТТ (CT Saturation Detector) содержит два алгоритма обнаружения насыщения. Алгоритм быстрого обнаружения насыщения и алгоритм обнаружения насыщения с интервалом времени [13]. Первый алгоритм сравнивает фазы токов I_p / dt , I_T / dt по второй гармонике. Второй алгоритм обнаружения насыщения с интервалом времени, следит за перемещением траектории I_T и I_T с зоны «No

fault» на «fault». Когда траектория входит в зону «Fault» через I_{P0} и S1, принимается задержка времени на 6 мс (8 мс для 50 Гц) а при входе траектории в зону «Fault» через S2, принимается задержка времени на 36 мс (45 мс для 50 Гц) [13].

Основной недостаток защиты заключается в том, что вектор токов является первостепенной информацией. Погрешность векторного измерения, как упоминалось выше, в 6,3 раз больше относительно угловой погрешности в ТТ. Это значимо при внутреннем КЗ или ложном срабатывании при внешнем КЗ близким к зоне защиты.

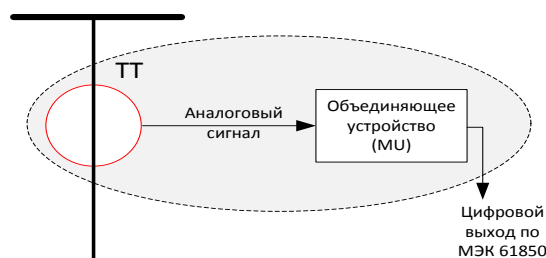


Рис. 8. Структурная схема ТТ.

На рис. 8 приведена структурная схема ТТ, использующего связь по протоколу МЭК 61850. На рисунке показан процесс оцифровки первичного тока. Как видно из схемы на рисунке 8, на вход «объединяющего устройства» поступают аналоговые сигналы, а на выходе формируются оцифрованные сигналы с дискретизацией 80 выборок на период, передаваемые интеллектуальным устройствам.

4. Предложенный алгоритм ДФЗШ согласно стандарту МЭК 61850

Устранение выявленных в разделе 2 недостатков, возможно с использованием МЭК 61850. В рамках данной работы была построена модель ДФЗШ. Схема защищаемой сети изображена на рисунке 9а, где к защищаемой системе шин 110 кВ подключены четыре присоединения.

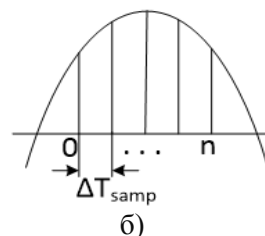
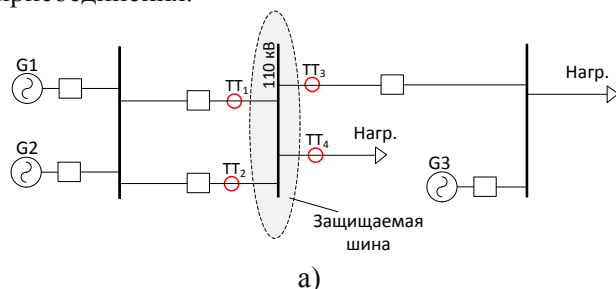


Рис. 9. а) Однолинейная схема защищаемой шины; б) дискретизация непрерывного сигнала.

Информация с присоединений передается в цифровом виде с интервалом дискретизации $\Delta T_{smp} = 0,25$ мс, что видно на рисунке 9б.

Описание логической схемы дфзш

Схема защиты выполнена посредством Simulink MATLAB и представлена на рис. 10. Она включает в себя: элементы сравнения мгновенных величин по амплитуде и фазе («I_ust_positive» и «I_ust_negative»), элементы логики, элемент выдержки времени «Z⁻¹²», а также «S-R trigger», который выдаёт сигнал на отключение выключателей.

Для сравнения мгновенных величин с уставкой используются блоки положительной (I_ust_positive) и отрицательной (I_ust_negative) полуволны, которые позволяют мгновенно определить момент возникновения КЗ. Затем, если на оба входа логического элемента «AND» поступят сигналы «1», с двух предыдущих блоков сравнения, на выходе также появится сигнал «1». При появлении «1» на любом из входов логического элемента «OR», на его выходе появится также сигнал «1», при поступлении которого на вход элемента выдержки времени «Z⁻¹²», через заданное время схема защиты выдаст сигнал на отключение выключателей. Условное направление протекания токов определено следующим образом: токи, протекающие к шине, приняты положительными, а токи, протекающие от шины к элементам сети, приняты отрицательными.

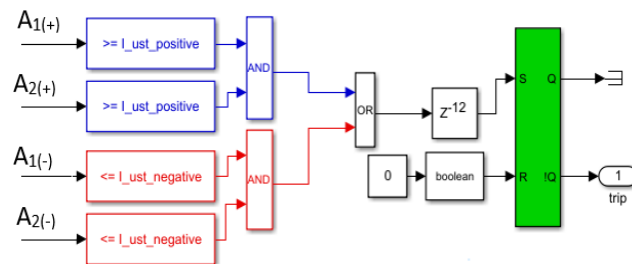


Рис. 10. Логическая схема ДФЗШ для фазы А.

Данная логическая схема срабатывает при условии превышения порога срабатывания защиты и совпадения входных сигналов по фазе, с учетом того, что эта ситуация должна сохраняться в течение 3 мс (12 выборок по стандарту МЭК 61850). Описанная задержка необходима для обеспечения надежности защиты.

В процессе работы данной схемы, при возникновении внутреннего КЗ, активируются «AND» и «OR», затем с них на вход элемента выдержки времени подаётся сигнал о коротком замыкании «INTERNAL FAULT (IF)», если этот сигнал сохранится в течении 3 мс, тогда будет выдаваться сигнал TRIP, который подаёт команду на отключение выключателей.

Верхняя часть схемы, рис. 10 (блоки с входами $A_{1(+)}$ и $A_{2(+)}$) срабатывает при возникновении положительной полуволны внутреннего КЗ, в противном случае будет работать нижняя часть схемы (блоки с входами $A_{1(-)}$ и $A_{2(-)}$).

При внешнем КЗ токи, втекающие в шину и вытекающие из нее токи, сдвинуты на 180° относительно друг друга, что приводит к нарушению одного из условий срабатывания, и блокировке защиты.

1.1. Апробация схемы защиты

На шинах, как и на любом элементе сети, могут возникать любые неисправности, включая $K^{(1)}$, $K^{(2)}$ и $K^{(3)}$. Далее подробно рассматривается каждый вид КЗ, включая внешнее $K^{(3)}$.

а) Внутреннее $K^{(3)}$

Графики работы схемы для фазы А представлены на рисунке 11. В данном случае, токи плеч фаза А возрастают по положительной полуволне ($A_{1(+)}$, $A_{2(+)}$) и совпадают по фазе, в момент КЗ (40 мс), активируется верхняя часть схемы защиты – рис. 10 (блоки с входами $A_{1(+)}$ и $A_{2(+)}$), что приведет к появлению сигнала IF, и через 3 мс схема выдает сигнал (TRIP) на отключение выключателей.

б) Внутреннее $K^{(2)}$ между фазами А и С

На рисунке 12 представлены графики иллюстрирующие работу схемы для данного типа КЗ. В момент возникновения КЗ (50 мс), на отрицательных полуволнах $A_{1(-)}$, $A_{2(-)}$ входных

сигналов, совпадающих по фазам, активируется нижняя часть логической схемы – рис. 10 (блоки с входами $A_{1(-)}$ и $A_{2(-)}$). Условия срабатывания выполняются, поэтому формируется сигнал IF, а затем выдается сигнал TRIP.

с) Внешнее $K^{(3)}$

Рисунок 13 иллюстрирует работу схемы при внешнем $K^{(3)}$, возникающем в момент времени 50 мс. Из осциллограммы видно, что при внешнем КЗ, вызывающем насыщение ТТ (через который протекают токи остальных присоединений), формирование сигнала IF не происходит, как и сигнала TRIP, что удовлетворяет требованиям защит по дифференциальному принципу.

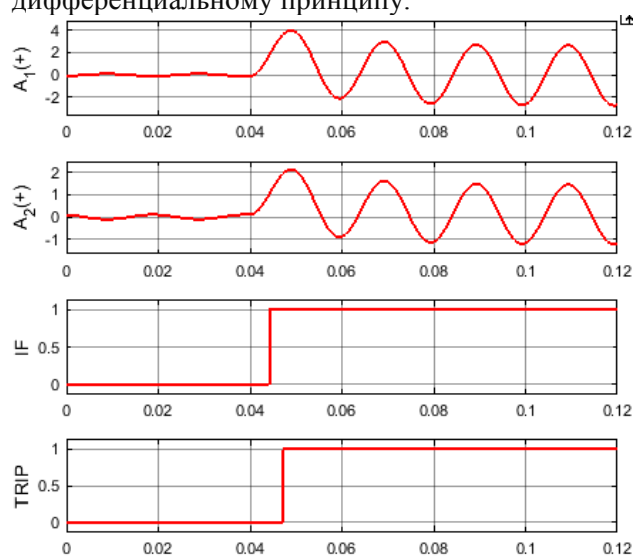


Рис. 11. Внутреннее $K^{(3)}$.

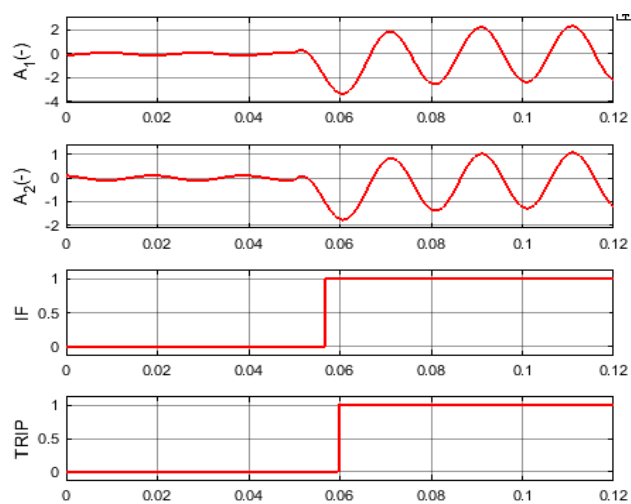


Рис. 12. внутреннее $K^{(2)}$.

При возрастании токов, обусловленных внешним КЗ, нарушается второе условие срабатывания защиты - сигналы поступающие на вход схемы $A_{1(-)}$ и $A_{2(+)}$ в начальный момент времени (до насыщения ТТ) сдвинуты по фазе на 180° , что приводит к блокировке защиты.

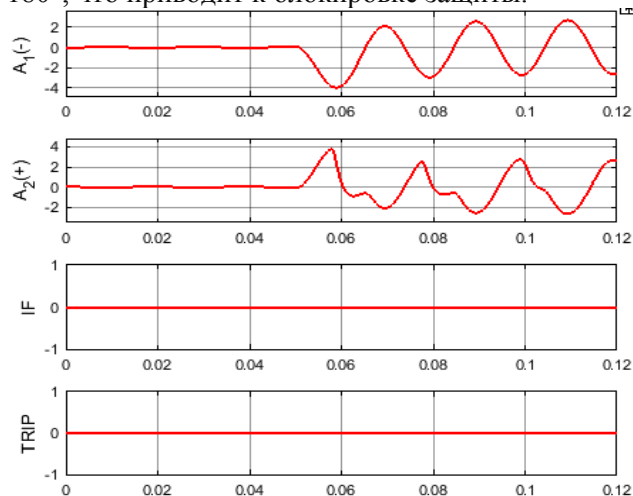


Рис. 13. Внешнее КЗ⁽³⁾.

В настоящем разделе представлена разработанная модель ДФЗШ с использованием ЦТТ согласно стандарту МЭК 61850. Её отличительной особенностью является отсутствие передачи информации по медным проводам. Предложенная схема работает при внутренних КЗ при минимальных режимах сети и блокируется при внешнем КЗ в максимальных режимах сети. Отсутствие традиционных аналоговых каналов передачи позволяет получить более точную информацию для дальнейшей обработки и определении состоянии зоны защиты.

Выводы

1) Выполненный в данной работе анализ схемных решений защиты шин показывает, что защита с применением традиционных токовых цепей свойственны такие недостатки, как насыщение ТТ, воздействия электромагнитных помех на аналоговые сигналы, передаваемые по кабельным каналам и повреждения токовых цепей.

2) Микропроцессорные защиты шин, выполненные с использованием традиционных ТТ, в целях избежание влияния насыщения ТТ, включают в себя ряд дополнительных алгоритмов для согласования и обработки

измеряемых величин, что вызывает необходимость большего количества вычислений. Поскольку ЦТТ позволяют исключить влияние, вызванное насыщением, применение их в защитах способно решить эти проблемы.

3) При анализе возможности применения устройств, включающие ЦТТ возникает ряд вопросов, таких как: написание алгоритмов дифференциальной защиты шин в соответствии с МЭК 61850, разработка математических моделей в рамках предложенного стандарта, сравнение полученных результатов с предложенными вариантами ДЗШ, которые отвечают требованиям стандарта.

В ходе работы разработана цифровая модель ДФЗШ, способная работать с современными цифровыми ТТ по протоколам стандартов семейства МЭК 61850, пояснены принципы функционирования алгоритма и выполнена его апробация.

Литература:

- ГОСТ 7746–2001. Трансформаторы тока [Электронный ресурс]. – Введ. 2003–01–01. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2002. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200029491>.
- Гречухин В. Н. Электронные трансформаторы тока и напряжения. Состояние, перспективы развития и внедрения на ОРУ 110–750 кВ станций и подстанций энергосистем [Электронный ресурс] / В. Н. Гречухин // Вестник ИГЭУ – 2006. – №4. – С. 1 – 9. – Режим доступа: <http://ispu.ru/files/str.35-42.pdf>.
- Китушин В.Г. Надежность энергетических систем : Учеб. пособие / В.Г. Китушин. – Москва : Высш. шк., 1984. – 256 с.
- Кужеков С.Л. Области применения дифференциальных защит сборных шин [Электронный ресурс] / С. Л. Кужеков. // Известия вузов Электромеханика. – 2014. - №3. – С. 127-130. – Режим доступа: https://ezproxy.urfu.ru:4705/query_results.asp?
- Кужеков С.Л. Защита шин электростанции и подстанции : учеб. пособие / С. Л. Кужеков, В. Я. Синельников. – Москва : Энергоатомиздат, 1983. – 184 с.
- Нагорных А. С. Целесообразность применения дифференцирующих индукционных преобразователей тока в дифференциальной защите шин [Электронный ресурс] / А. С.

Нагорных, А. Н. Пимочкин. // Вологодские чтения. – 2008. – № 69. – С. 145-148. – Режим доступа: <https://ezproxy.urfu.ru:4705/item.asp?id=14453863>.

7. Ниценко В. В. Перспективы использования дифференциально-фазного принципа для защиты систем сборных шин распределительных устройств 11-750 кВ [Электронный ресурс] / В. В. Ниценко, Кулагин Д. А. // Электромеханические и энергосберегающие системы. – 2015. – №3 (31). – С. 158-166. – Режим доступа: <https://ezproxy.urfu.ru:4705/item.asp?id=26205187>.

8. Ниценко В. В. Исследование основных расчетных параметров дифференциально-фазной защиты сборных шин энергообъектов и факторов электрической сети, оказывающих влияние на их выбор [Электронный ресурс] / В. В. Ниценко, Д. А. Кулагин, П. В. Махлин, А. Н. Климко // Электротехника та електроенергетика. - 2015. - № 2. - С. 88-94. – Режим доступа: <https://ezproxy.urfu.ru:4705/item.asp?id=29144786>.

9. Сергей И.Н. Методы расчета электродинамической стойкости гибкой ошиновки распределительных устройств высокого напряжения [Электронный ресурс] / И.Н. Сергей, Е.Г. Пономаренко, Михайлов А.С // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2010. - №5. – С. 10-19. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22619422&>.

10. Сергей И.Н. Расчеты электродинамической стойкости проводов воздушных линий [Электронный ресурс] / И.Н. Сергей, Е.Г. Пономаренко, Климкович П.И // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2015. - №6. – С. 5-19. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25379682>.

11. Case Studies. IEC 61850 at work / ABB Review Special Report, № 8, 2010.

12. C. Wong. IEC 61850 Next Gen Substation Automation / Materials of the Emerging Technology Roundtable – Substation Automation/IEC 61850. USA, 2016.

13. D. Fedirchuk, Electrical Bus Protection Method and Apparatus, US Patent –7199991 B2, 2007.

14. IEC 61850-9-2: Communication networks and systems in substations – Part 9-2: SCSM – Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Sampled values over ISO/IEC 8802-3 – Ed. 2.

15. IEC 61850 Substation Overview / MOXA Inc., 2016.

16. Monir H. Design and testing of a bus differential protection scheme using partial partial operating current (POC) algorithm [Electronic resource] / H. Mohir, L. Ittiphong, R. Parviz // Electric Power Systems Research. – 2017. – P. – 29-38. – Mode of access: <https://ezproxy.urfu.ru:2123/science/article/pii/S0378779617304741>.

17. Monir H. Partial operating current characteristics to discriminate internal and external faults of differential protection zones during CT saturation [Electronic resource] / H. Mohir, L. Ittiphong, R. Parviz // The Institution of Engineering and Technology. – Mode of access: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8281318?arnumber=8281318>

18. Status on the First IEC 61850 Based Protection and Control, Multi-Vendor Project in the United States / The Grid Modernization Journal, №8, 2007.

19. Ziegler G. Digital differential protection. Belo Horizonte – 2005.

ТАҲЛИЛИ УСУЛҲОИ МУОСИРИ АМАЛИГАРДОНИИ ҲИМОЯҲОИ ТАХТАСИМ

*Е. Л. Кокорин, У.У. Қосимов,
Р.Т. Абдуллозода, Б. М. Гиёев*

Инкишоф ва дар истифода қарор додани технологияҳои рақамӣ ба принципҳои анъанавии лоиҳасозӣ ва истифодаи зеристгоҳҳои электрикии муосир таъсир расонида, дар баробари ин аҳамияти стандарти байналхалқии комиссияи электротехникии IEC 61850-ро дар ин самт таъмин менамояд. Дар мақола ҳимояҳои анъанавии тахтасим ва вариантҳои муосири амалигардони онҳо бо истифода аз талаботи стандарти IEC 61850 ба таври муқоисавӣ таҳлил карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: стандарти IEC 61850, ҳимояи дифференсалии тахтасим, ҳимояи релей ва автоматика, системаи электроэнергетикӣ.

ANALYSIS OF MODERN METHODS FOR IMPLEMENTATION OF BUSBAR PROTECTION

*E. L. Kokorin, U.U. Kosimov,
R.T. Abdullozoda, B. M. Giyoev*

Currently, the introduction of digital technologies has a significant impact on the principles of construction of modern electrical substations, thereby it ensures growing interest in the standards of the

IEC 61850 series. The article presents comparative analysis of traditional busbar protectors and variants of their modern implementation using the IEC 61850 standard.

Keywords - IEC 61850, differential tire protection, relay protection and automation, electric power system.

Сведения об авторах:

Кокорин Евгений Леонидович, аспирант Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.
Тел: +7 (922) 108-87-12

E-mail: evgenii.kokorin@gmail.com

Косимов Улугбек Умриевич, и.о. доцента кафедры «Релейная защита и автоматика», Таджикский технический Университет имени академика М. С. Осими. E-mail: kosimov@list.ru

Абдуллозода Рамазон Толибжон, и.о. доцента кафедры «Релейная защита и автоматика», Таджикский технический Университет имени академика М. С. Осими. E-mail: art.tj@bk.ru

Гиёев Борбад Мирзоевич, и.о. доцента кафедры «Релейная защита и автоматика», Таджикский технический Университет имени академика М. С. Осими.

E-mail: borbadtjk@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИМПУЛЬСНЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

К. М. Гулямов

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

В данной статье продемонстрированы экспериментальные исследования переходных режимов импульсных преобразователей постоянного напряжения с трехканальной структурой при активной нагрузке. Показаны влияния активной нагрузки на характеристики преобразователя постоянного напряжения и качества переходных процессов. Экспериментальные исследования были проведены посредством имитационного моделирования при помощи пакетов программ, предназначенных для исследования динамических систем.

Ключевые слова. преобразователь напряжения, активная нагрузка, электропривод, многоканальный преобразователь, *dc-dc* конвертеры.

Введение

Стремительное развитие силовой электроники привело к удешевлению производства силовых полупроводниковых приборов, в том числе производства мощных полевых (MOSFET) и биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT). На фоне совершенствования силовой электроники появились новые направления развития преобразовательной техники, такие как

многоканальные импульсные преобразователи постоянного напряжения (МИППН). В данной статье представлены результаты моделирования трехканального преобразователя постоянного напряжения. Преимуществом данного преобразователя по сравнению с другими, например, одноканальной структуры является увеличение мощности преобразования с наименьшими потерями, а также уменьшение пульсации напряжения и тока на нагрузке. [4,5].

Принципы многоканального преобразования напряжения постоянного тока применением каскадных схем с чередованием каналов

Под многоканальным преобразователем постоянного напряжения с чередованием каналов понимается преобразовательное устройство, состоящее из n параллельно работающих идентичных составных преобразователей одинаковых по всем параметрам.

Данный преобразователь работает по принципу чередования каналов, т.е. переключение катушек индуктивностей $L1-L3$ происходит поочередно при помощи силовых ключей $VT1...VT3$. (См. рис.1).

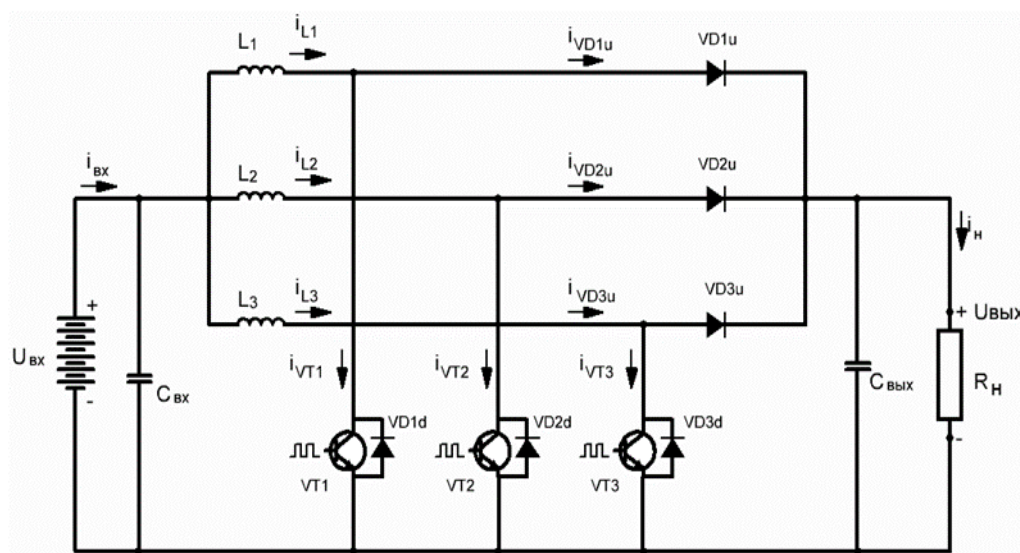


Рис.1. Преобразователь постоянного напряжения трехканальной структуры в режиме повышения.

Режимы работы каждого составного преобразователя отличается сдвигом по фазе которое можно определить согласно выражению:

$$\varphi_{сд} = \frac{2\pi}{n} \quad (1)$$

где n – число параллельно работающих преобразователей

Например, если количество составных преобразователей равен трем, как показанный на рисунке 1, то фазовый сдвиг согласно выражению (1) равен 120° . [3]

Несмотря на сложность системы управления, совместная работа нескольких составных преобразователей обеспечивает значительное снижение токовых нагрузок на силовых ключах, поскольку общая нагрузка равномерно распределяется на количество составных преобразователей n . [1,2]

Ток нагрузки для схемы рис.1 определяется суммарным током индуктивностей:

$$I_{L\Sigma} = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} \quad (2)$$

С увеличением количества составных преобразователей частота выходного тока в n – раз выше частоты работы транзисторов, а

амплитуда пульсации во столько раз меньше по сравнению с одноканальным (одномодульным) преобразователем. Это, во-первых, уменьшает потери мощности переключения, возникающие при высоких рабочих частотах в ключевых транзисторах, во-вторых, чем выше суммарная частота, тем легче сглаживается выходное напряжение, поскольку потребуется конденсаторный фильтр меньшей емкости. [6]

Результаты экспериментального исследования режимов работы трехканального преобразователя постоянного напряжения с чередованием каналов повышающего типа.

Имитационная модель была построена на основе математической модели, описывающих принципы построения ППН трехканальной структуры, показанный на рис.1. Модель состоит из источника напряжения U_{AB} , катушек индуктивностей L_1-L_3 , генераторов импульсов ГИ1-ГИ3, транзисторных ключей VT1-VT3, диодов VD1-VD3, входного и выходного конденсатора фильтра $C_{ВХ}$, $C_{ВЫХ}$, сопротивления нагрузки $R_Н$, и различных датчиков тока и напряжений для измерения соответствующих параметров. Имитационная модель повышающего ППН при активной нагрузке и соответствующие переходные процессы представлены на рис.3.

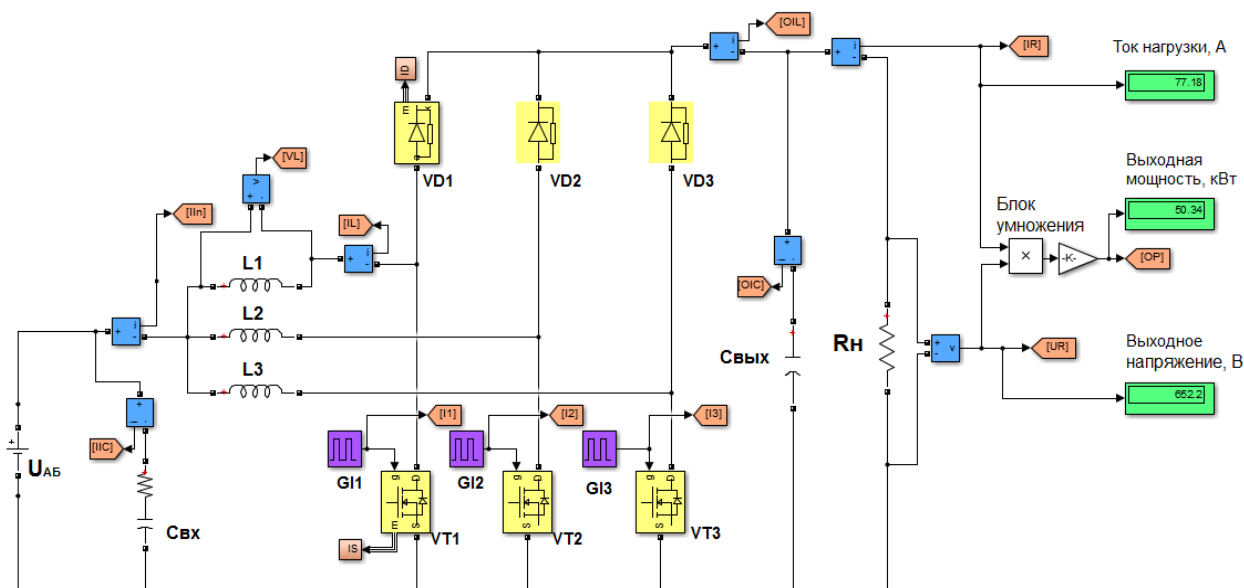


Рис.2. Имитационная модель ППН при активной нагрузке.

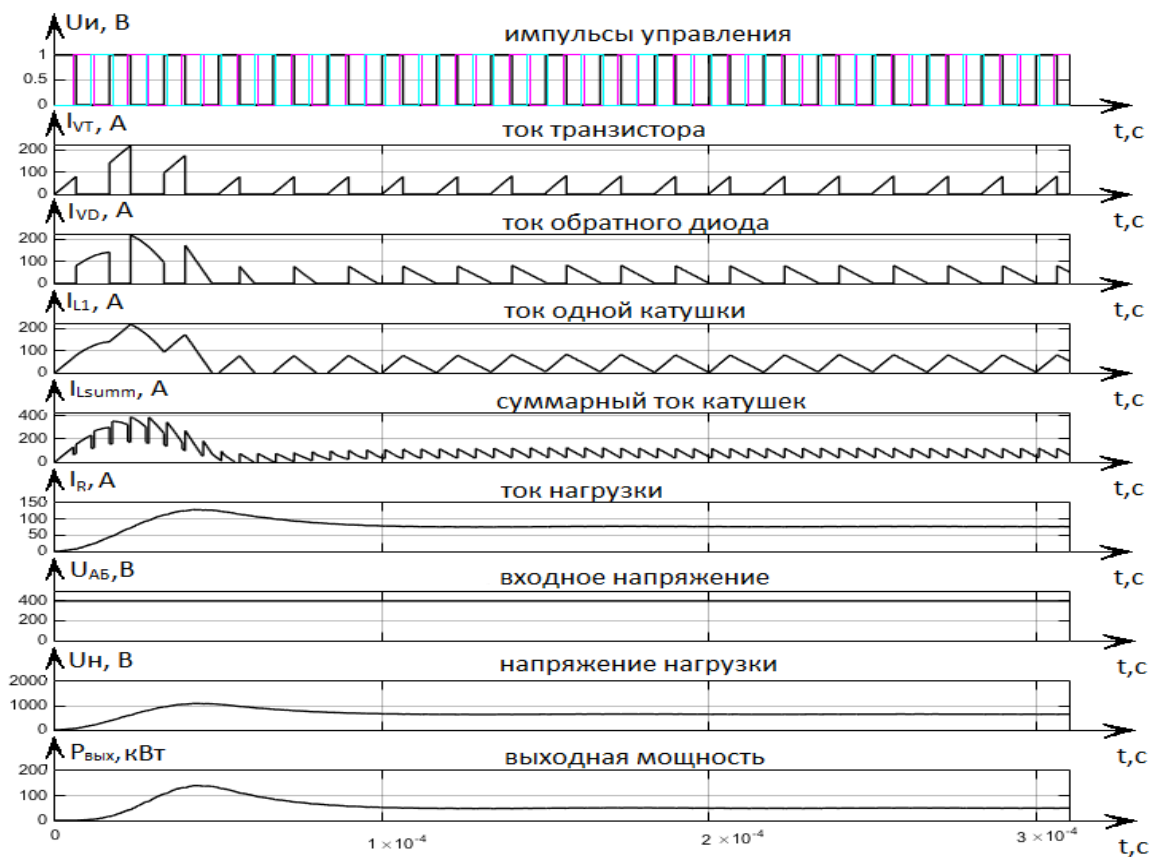


Рис.3. Переходные процессы параметров ППН при активной нагрузке.

Как видно на рис.3, пульсация суммарного тока всех трех катушек значительно снижена по сравнению с пульсацией одной катушки (одного канала) что значительно облегчает его сглаживание. При этом снижается требуемая

емкость и соответственно массы и габариты фильтрующего конденсатора. Таким образом еще раз подтверждается улучшение эффективности и массогабаритных показателей ППН многоканального типа.

Выводы

В заключении следует отметить, что применение многофазных ППН в значительной степени улучшает массогабаритные характеристики с одновременным улучшением качеств выходных параметров (снижение пульсации тока и напряжения).

В данной статье были продемонстрированы результаты экспериментальных характеристик ППН, анализ которых показал повышения эффективности применения преобразователей с многофазной структурой.

Следует отметить, что применение ППН многофазной структуры в системах преобразования энергии современных электроприводах, в том числе силовых установках перспективных транспортных средств на электрической тяге способствует улучшению эффективности этих систем.

Литература:

1. Букреев С.С. Силовые электронные устройства. Введение в автоматизированное проектирование. / С.С. Букреев. - М.: Радио и связь, 1982. – 256 с.
2. Конева Ю.И. Электронная техника в автоматике / под ред. Ю.И. Конева. -М.: Советское радио – № 7. 1975. -160 с.
3. Константинов В. Г. Многофазные преобразователи на транзисторах / В.Г.Константинов. - М.: Энергия, 1972. - 96 с.
4. Ютт В.Е. Применение преобразователей постоянного напряжения в составе энергетической установки электрического транспортного средства / В.Е. Ютт, В.В. Лохнин, К.М. Сидоров, К.Х. Гулямов // Вестник МАДИ. – 2015. – №4. – С. 34-40.
5. Ютт В. Е. Электрооборудование автомобилей: учебное пособие / В.Е. Ютт. - М.: Горячая Линия - Телеком, 2006. -440 с.
6. A. Shrud et al. Analysis and simulation of automotive interleaved buck converter / A. Shrud et al. // Engineering and Technology. – 2010. – №3. – P.392-399.
7. F. S. Alargt, Analysis and simulation of interleaved boost converter for automotive applications / F. S. Alargt, A. S. Ashur // in Proc. the 1st International Conference on Electrical and Computer Engineering. – 2013. – №11. – P.76-82.
8. Jih-Sheng Lai, Energy Management Power Converters in Hybrid Electric and Fuel Cell

Vehicles / L. Jih-Sheng, J. N Douglas // Proc. IEEE, – 2007. – №4. –P.766-777.

МОДЕЛСОЗИИ РЕЧАҲОИ КОРИИ ТАБДИЛДИҲАНДАҲОИ ИМПУЛСИИ ДОРОИ ШАБАКАҲОИ СЕРШУМОРИ ШИДДАТИ ДОИМӢ

К.М. Гулямов

Дар мақолаи зерин натиҷаҳои тадқиқоти реҷаҳои гузариши табдилдиҳандаҳои импулсии шиддати доимии дорои сохтори се шабакаҳангоми кор бо бори ғайри пешниҳод шудааст. Инчунин таъсири бори ғайри ба тавсифоти табдилдиҳандаи шиддати доимӣ ва сифати равандҳои гузаранда нишон дода шудааст. Тадқиқоти озмоишӣ бо роҳи моделсозии имитсионӣ бо воситаи маҷмӯи барномаҳои барои тадқиқоти системаҳои динамики истифодашаванда гузаронида шудааст.

Калимаҳои калидӣ: табдилдиҳандаи шиддат, бори ғайри, ҳаракатдиҳандаи электрикӣ, табдилдиҳандаи шабакаҳояш сершумор, dc-dc конверторҳо.

MODELING OF OPERATION MODES OF PULSE MULTICHANNEL DC VOLTAGE CONVERTERS

K.M. Gulyamov

The article deals with experimental study of transient modes of pulse converters of constant voltage with three-band structure with an active load. The influence of the active load is shown on the characteristics of the DC voltage converter and the quality of transients. Experimental studies were conducted through simulation using software packages designed for the study of dynamic systems.

Keywords: voltage converter, active load, electric drive, multi-channel converter, dc-dc converters.

Сведения об авторе:

Гулямов Камол Хикматович – к.т.н., асс. каф. «АЭП и ЭМ» ТТУ им. ак. М.С. Осими. E-mail: kamol-1804@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ И АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ ЗОННО-ФАЗОВЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

М.М. Джабаров, К.М. Сабуров, Ф.К. Донаев

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Проведен анализ способов построения схемных решений зонных выпрямителей как наиболее совершенных регуляторов. Совершенствован алгоритм управления тиристорами для однофазного четырехзонного выпрямителя с лестничной структурой, проведено исследование предлагаемого выпрямителя.

Ключевые слова: *Лестничная структура, зонный выпрямитель, алгоритм управления, тиристор, угол коммутация.*

Коэффициент мощности является одним из основных энергетических показателей любых электроустановок. Он определяет энергетическую эффективность использования электрической энергии переменного тока. Поддержание коэффициента мощности на высоком уровне всегда являлось важным. Особенно для электрооборудования с однофазным выпрямителем, сравнительно низкие значения коэффициента мощности, который практически в номинальном режиме не превышает 0,85. По этому, изыскивать новые способы и средства повышения энергетических показателей является актуальной задачей.

Для повышения коэффициента мощности на практике широко используется выпрямитель с параллельно соединёнными мостами [1-5].

В работе проведен анализ построения схемных решений зонных выпрямителей. Среди широко принимаемых наибольшее распространение получила схема однофазного мостового четырехзонного выпрямителя. Однако такие схемы имеют недостатки, основной из которых заключается в образовании двойного угла коммутации, который приводит к снижению коэффициента мощности χ до 0,8, также уменьшает диапазон регулирования выходного напряжения.

Однофазный зонно-фазовый выпрямитель с четырехзонным регулированием широко применен в электровозах переменного тока [6, 7]. Схема выпрямителя собрана из трёх мостов (рисунок 1) и трёх вторичных обмоток. Напряжения на обмотках соотносятся как 2:1:1. Такое соотношение напряжений даёт на выходе выпрямителя четыре зоны регулирования

напряжения 0-1/4, 1/4-1/2, 1/2-3/4, 3/4-1 от номинального значения.

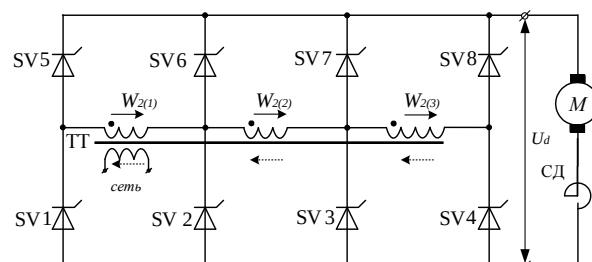


Рис.1. Схема однофазного классического четырехзонного выпрямителя.

Достоинства схемы: во всем диапазоне плавное регулирование напряжения, минимальное число выводов обмоток трансформатора и плеч выпрямителя, малое количество включённых вентилей в цепи протекания тока нагрузки.

На ряду с основным достоинством этот выпрямитель имеет существенные недостатки, которые влияют на качество электроэнергии.

Первый из недостатков связан с несимметричностью числа витков вторичных обмоток тягового трансформатора.

Второй и основной недостаток связан с увеличенным углом коммутации. Практически угол коммутации тиристоров в два раза больше относительно естественного угла коммутации. Увеличение угла коммутации в два раза связано с двойным контуром коммутации, имеющегося в таких схемах, т. е. каждый контур взаимосвязан и это создаёт увеличенный общий угол задержки [6-8].

Также увеличенный угол коммутации дополнительно искажает форму потребляемого тока из сети. Кроме этого, увеличивается потребление реактивной мощности, которая создаёт дополнительные потери. Все это отрицательно влияет на энергетические показатели выпрямительного агрегата в целом. Поэтому коэффициента мощности на практике фактическое значение не получается выше 0,8. Кроме того, из-за двойного контура коммутации, схемное решение предполагает довольно сложный алгоритм управления тиристорами.

Проведённый анализ чётко указывает на то, что дальнейшее совершенствование зонных выпрямителей и повышение их коэффициента мощности является актуальной задачей.

Используя метод структурного синтеза [3, 7, 9], было разработан и предложен новый выпрямитель, так называемая лестничная структура для устранения описанных выше недостатков [10]. Применение однофазного зонно-фазового выпрямителя лестничного типа позволит усовершенствовать выпрямители напряжения переменного тока.

Схема однофазного зонно-фазового выпрямителя с четырехзонным регулированием, показанная на рисунке 2, не требует двойного угла коммутации и с использованием того же трансформатора. Также, для предложенной схемы однофазного четырехзонного выпрямителя лестничного типа меньше управляемых вентилях используется; упрощается формирователь импульсов управления; схема симметрична (рисунок 2, а).

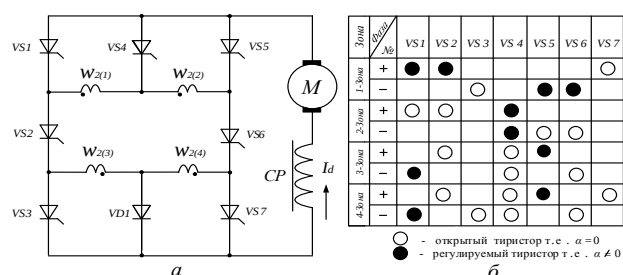


Рис.2. Четырехзонный выпрямитель лестничного типа: а - электрическая схема, б - алгоритм управления тиристорами.

На рисунке 2б, показан алгоритм управления тиристорами для каждой зоны регулирования. Используя этих алгоритмов управления проведено экспериментальное исследование схемы [8-12]. Результат экспериментов показал, что данный выпрямитель обладает меньшей продолжительностью коммутационных процессов, по сравнению с выпрямителем с мостовой структурой.

Однако исследование алгоритм управления тиристорами не было исследовано на мощной активно-индуктивной нагрузкой. Для это требуется предусматривать пути протекания выпрямленного тока I_d .

Автором была поставлена задача – исключить удержание таких тиристоров в открытом состоянии при смене знака фазы или переходе на

другую зону, а так же разработать новый, ещё более простой алгоритм управления тиристорами.

По этому, следует детально анализировать работу алгоритм управления тиристорами на мощной активно-индуктивной нагрузкой. Больше интерес представляют процессы коммутации на высоких зонах.

Рассмотрим особенность работу четырехзонного выпрямителя на второй зоне регулирования напряжение, когда положительная полупериод напряжение подходит к концу. Ток должен завершить протекание по обмоткам $w_{2(1)}$ и $w_{2(3)}$ через диод VD1 и открытые тиристоры VS2 и VS4. Как известно когда фазное напряжение пройдёт через ноль, ток I_d в цепи нагрузки из-за индуктивного характера не может уменьшать до нуля, что держит тиристора VS4 в открытом состоянии. А, когда в начале отрицательной фазы на второй зоне будут открыты тиристоры VS5 и VS6, ток потечёт по обмоткам $w_{2(2)}$ и $w_{2(4)}$ через тиристор VS4 в то время, когда необходимо подключить только обмотку $w_{2(4)}$.

Протекания токов по замкнутым контурам для рассмотренного случая, связанно наличием индуктивности нагрузки и обмоток трансформатора, показаны на рисунке 3, б.

Отсюда следует, что во время работы выпрямителя на первой и второй зонах регулирования напряжение нельзя открывать более одного тиристора из группы трёх тиристоров VS1, VS4, VS5. Открытые тиристоры в эти моменты времени в дальнейшем практически не закроются естественным путём.

Поэтому, для первой и второй зоны регулирования в каждой звезде, образованной из трёх тиристоров, всегда должен быть один открытый тиристор, а значит, его роль может выполнять диод.

Оптимальным вариантом замены тиристора на диод является замена среднего тиристора, так как он соединён с концами двух вторичных обмоток тягового трансформатора (рисунок 4, а). Электрическая схема с учётом замены диодов приведена на рисунке 4, б.

На первой зоне регулирования напряжении поочерёдно работать обмотки и трансформатора.

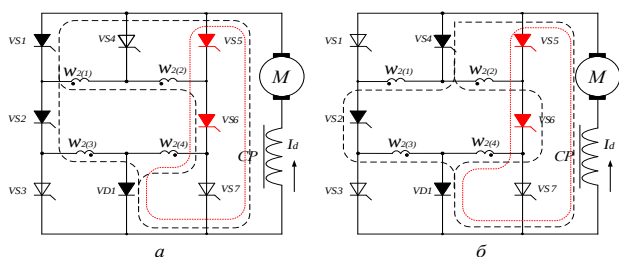


Рис. 3. Пути протекания токов по силовым цепям выпрямителя для первой - а и второй - б зоны регулирования.

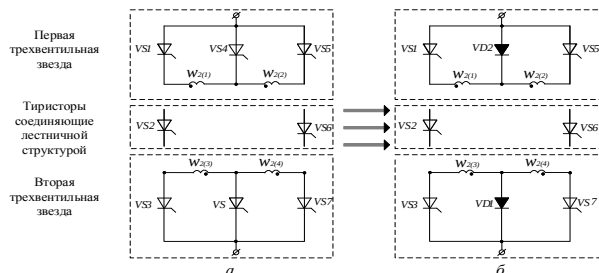


Рис. 4. Вариант замены тиристоров на диоды для четырехзонного однофазного зонно-фазового выпрямителя с лестничной структурой.

Для этого можно использовать любую из трехвентильных звёзд, так как они симметричны и собраны на двух вторичной обмотки трансформатора.

Поскольку в каждой звезде из трёх вентилей установлен один открытый диод (VD1 и VD2), то на первой зоне регулирования напряжения между катодом диода первой трехвентильной звезды и концом обмоток второй трехвентильной звезды (или между анодом диода второй трехвентильной звезды и концом обмоток первой трехвентильной звезды) необходимо включить проводящую цепочку из дополнительных тиристоров VS7 и VS8.

Электрическая схема возможного подключения дополнительных тиристоров VS7 и VS8 показана на рисунках 5, а и б.

В обоих предложенных вариантах выпрямителя (рисунок 5, а, б) обеспечивается режим работы однофазного зонно-фазового выпрямителя для первой зоны регулирования напряжения. Для переход на вторую зону регулирования напряжения необходимо дополнительно подключить второй (или первой) трехвентильной звезды последовательно по отношению к исходной.

При этом обмоток трансформатора, работающие на соответствующей зоне

регулирования, принадлежат отдельным трехвентильным звёздам (рисунок 6).

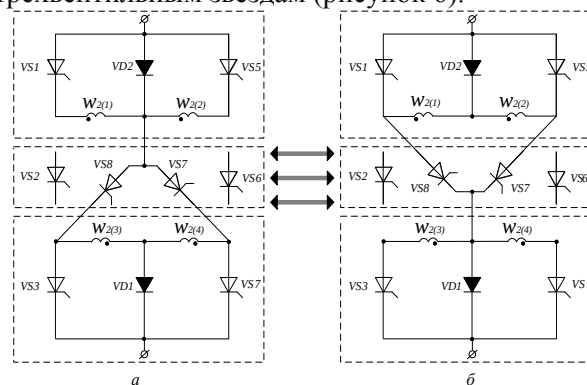


Рис. 5. Варианты модернизации схемы четырехзонного однофазного зонно-фазового выпрямителя с лестничной структурой.

Предложенные варианты схем выпрямителя полностью обеспечивают независимую работу обмоток в соответствующих зонах регулирования, одновременно они исключают нежелательное удержание тиристоров в открытых состояниях при изменении знака полупериода напряжения или перехода на другую зону.

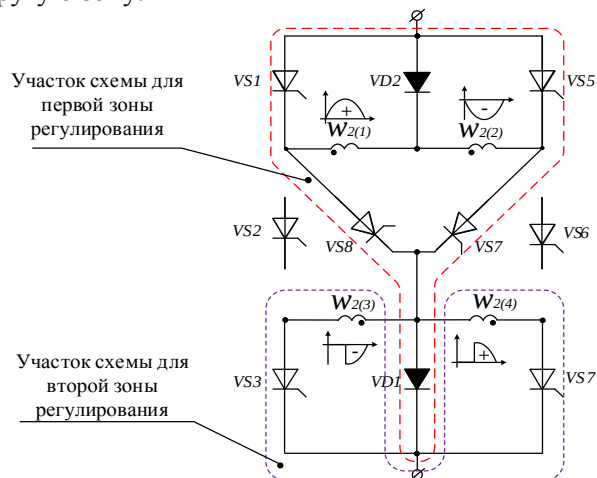


Рис. 6. Участки схем зонно-фазового регулирования.

Для работы однофазного зонно-фазового выпрямителя на первой и второй зоне регулирования напряжения необходимо одновременно обеспечить пути протекания тока по вторичным обмоткам трансформатора. Для этого крайние выводы обмоток трансформатора $W_{2(1)}$, $W_{2(2)}$, и $W_{2(3)}$, $W_{2(4)}$, надо соединить тиристорами, предусмотренными именно для этих целей.

Таким образом получен новый усовершенствованный вариант однофазного зонно-фазового выпрямителя для работы на первой и второй зоне регулирования напряжения, а также соответствующий алгоритм управления тиристорами (рисунок 7).

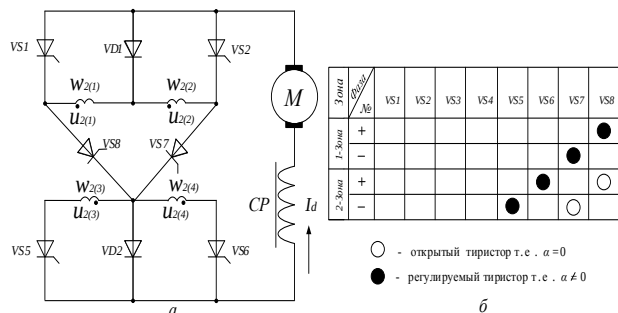


Рис. 7. Усовершенствованный четырехзонный выпрямитель: а – фрагмент электрической схемы вторичных цепей, б – алгоритм управления тиристорами для первой и второй зоны.

Окончательный алгоритм управления тиристорами однофазного зонно-фазового выпрямителя лестничного типа получен в соответствии с методом разделения схемы выпрямителя на участки в отдельности для каждой зоны и каждого полупериода.

Итоговая схема усовершенствованного однофазного зонно-фазового выпрямителя лестничного типа, предложенная автором, приведена на рисунке 8.

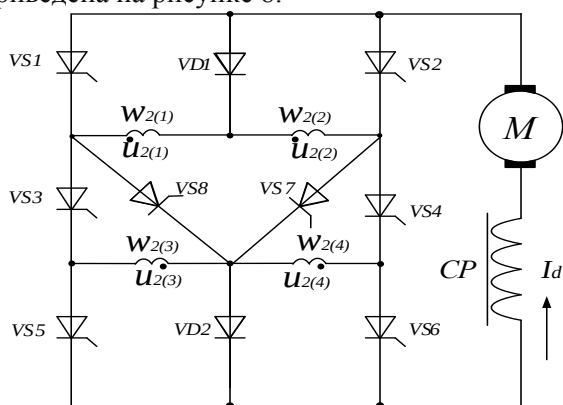


Рис. 8. Усовершенствованный вариант четырехзонного выпрямителя.

Особенность решения данного выпрямителя лежит в основе модернизации существующего классического четырехзонного выпрямителя. Новый выпрямитель обеспечит сокращение продолжительности двойных контуров коммутации на 9-12%. При этом силовая часть

нового однофазного зонно-фазового выпрямителя лестничного типа будет целиком построена на элементной базе прежнего мостового однофазного зонно-фазового выпрямителя.

Выводы

Исследован однофазный зонно-фазовый выпрямитель и выявлены особенности режимов работы, показывающие пути их дальнейшего совершенствования.

Показано, что известные классические схемы мостовых четырехзонных выпрямителей имеют существенный недостаток, который заключается в наличии двойного контура коммутации, когда один из контуров является частью другого. Это дополнительно уменьшает продолжительный коммутационный период и общую задержку времени открытых тиристоров на величину двойного угла коммутации. В результате рабочая часть периода выпрямителя дополнительно сокращает на 9-12%, вызывая дополнительные искажения кривой выпрямленного напряжения, и уменьшает коэффициент мощности в целом.

Предложен усовершенствованный вариант однофазного зонно-фазового выпрямителя, в основе которого лежит однофазный лестничный четырехзонный выпрямитель, не требующий увеличения задержки времени на открытие тиристоров. Данный выпрямитель рекомендован для модернизации существующего мостового четырехзонного однофазного зонно-фазового выпрямителя.

Литература:

1. Плакс А.В. Системы управления электрических подвижным составом: Учеб. для вузов ж-д транспорта. М.: Маршрут, 2005. 360 с.
2. Тихменев Б.Н., Кучумов В. А. «Электропоезда переменного тока со статическими преобразователями». – М.: Транспорт, 1988. – 311 с.
3. Щуров Н.И. Теория электрической тяги: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 100 с.
4. Дубровский З. М. и др.. Грузовые электропоезда переменного тока: Справочник / Дубровский З. М., Попов В. И., Тушканов Б. А. – М.: Транспорт, 1991. – 471 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 464.
5. Южаков Б. Г. Электрический привод и преобразователи подвижного состава: Учебник для техникумов и колледжей ж-д транспорта. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по

образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 389 с.

6. Евдокимов С. А. Структурный синтез многофазных вентильных преобразователей / С.А. Евдокимов, Н.И. Щуров. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 423 с. (Серия «Монографии НГТУ»).

7. Зиновьев Г. С. Основы силовой электроники: Учеб. Пособие. – Изд. 2-е испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 664 с. – (Серия «Учебники НГТУ»)

8. Евдокимов С. А., Мятаж С. В., Зотова Е. В., Волкова О. Л., Степанов А. А., Крышков В. Ю. Исследование зонного выпрямителя // Сбор. науч. труд. НГТУ. – 2011. - № 1 (63). – С. 105 – 112.

9. Волкова О.Л. Методы синтеза структур выпрямителя [Текст] / О.Л. Волкова // Сборник научных трудов НГТУ. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – №2 (64). – С. 117 – 122.

10. Джабаров М. М., Мятаж С. В., Щуров Н. И. «Совершенствование четырехзонного выпрямителя с лестничной структурой для электровозов переменного тока». «ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА». 2013. №6. С 73 – 77.

11. Джабаров М. М., Мятаж С. В., Волкова, О. Л. «Исследование коммутационных процессов и определение коэффициента мощности четырехзонных преобразователей в среде matlab/simulink». Сборник научных трудов НГТУ. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. №2 (72). С. 121 – 129.

12. Мятаж С. В., Щуров Н. И., Джабаров М. М. «Совершенствование зонных выпрямителей». «ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА». 2012. №6. С 40 – 45.

МУКАММАЛГАРДОНИИ СХЕМА ВА ТАРТИБИ КОРИ ТАБДИЛДИХАНДАҲОИ ЗОННА-ФАЗАҒӢ

М.М. Чаборов, К.М. Сабуров, Ф.К. Донаев

Таджики рохҳои мукамалгардонии схемаи табдилдиҳандаҳои зонна-фазавӣ ҳамчун регуляторҳои нав оварда шудааст. Тартиби кори тиристорҳои табдилдиҳандаи якфазагии ҷаҳорзонагии зинагӣ мукамал гардонид

шудааст. Тадқиқоти табдилдиҳандаи пешниҳодгардида оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: структураи зинагӣ, табдилдиҳандаи зонагӣ, кунҷи комутатсия, алгоритми кори, тиристор.

IMPROVEMENT OF CIRCUIT SOLUTIONS AND ALGORITHMS ZONE-PHASE RECTIFIERS

M. M. Jaborov, K. M. Saburov, F. K. Donaev

The methods of analysis are carried out for constructing circuit solutions of ion rectifiers as the most advanced regulators. The thyristor control algorithm was improved for a single-phase four-zone rectifier with a ladder structure, and proposed rectifier was studied.

Keywords: Ladder structure, zone rectifier, control algorithm, thyristor, switch angle.

Сведения об авторах:

Джабаров Мехрубон Махмадқулович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Автоматизированный электропривод и электрические машины», Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. Тел: +992 372-21-18-90
E-mail: mehrubon_v10@mail.ru

Сабуров Косимджон Мустафоевич – ассистент кафедры «Автоматизированный электропривод и электрические машины», Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.
E-mail: qosim.1990@mail.ru.

Донаев Фируз Камолович – ассистент кафедры «Автоматизированный электропривод и электрические машины», Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. E-mail: firuz-donaev@mail.ru

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ ХАРАКТЕРИЗИРУЮЩИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В СЕТЯХ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

М.М. Камолов¹, З. С. Ганиев², Х.Б. Назиров³, Ш.Дж. Джурсаев⁴, Ш.С. Махмадов⁵

^{1,4,5}Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.

^{2,3}Филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе.

Представлены результаты моделирования системы электроснабжения коммунально-бытового назначения в программном комплексе

Matlab/Simulink для расчёта коэффициентов формы кривого тока и напряжения. Осуществляется оценка достоверности

разработанной модели выбранного участка схемы электроснабжения. Определены значения коэффициентов, характеризующие искажения синусоидальной формы кривого тока и напряжения в разных виртуальных точках измерения модели. Прогнозированы уровни высших гармоник тока и напряжения в определённых точках измерения рассматриваемой сети при комбинации соотношении суммарной мощности линейных/нелинейных электроприёмников с вольтамперной характеристикой. Предложен коэффициент участие электроприёмников с нелинейной вольтамперной характеристикой μ , при расчёте и прогнозирования уровня высших гармоник тока и напряжения в определённых точках рассматриваемой сети.

Ключевые слова: моделирование, коммунально-бытовая, электроприёмник, высшие гармоники, коэффициент искажение.

Введение

Последнее время в быту широко используется сравнительно маломощные современные электроприёмники (ЭП), которые в свою очередь, оказывают отрицательное влияние на питающую сеть и на режим работы сети, генерируя высшие гармоники тока [1]. Результаты измерения ПКЭ качества электроэнергии показывают, что в узлах, содержащие ЭП с нелинейной вольтамперной характеристикой (ВАХ),

наблюдается существенный уровень высших гармоник тока (ВГТ) [2-5].

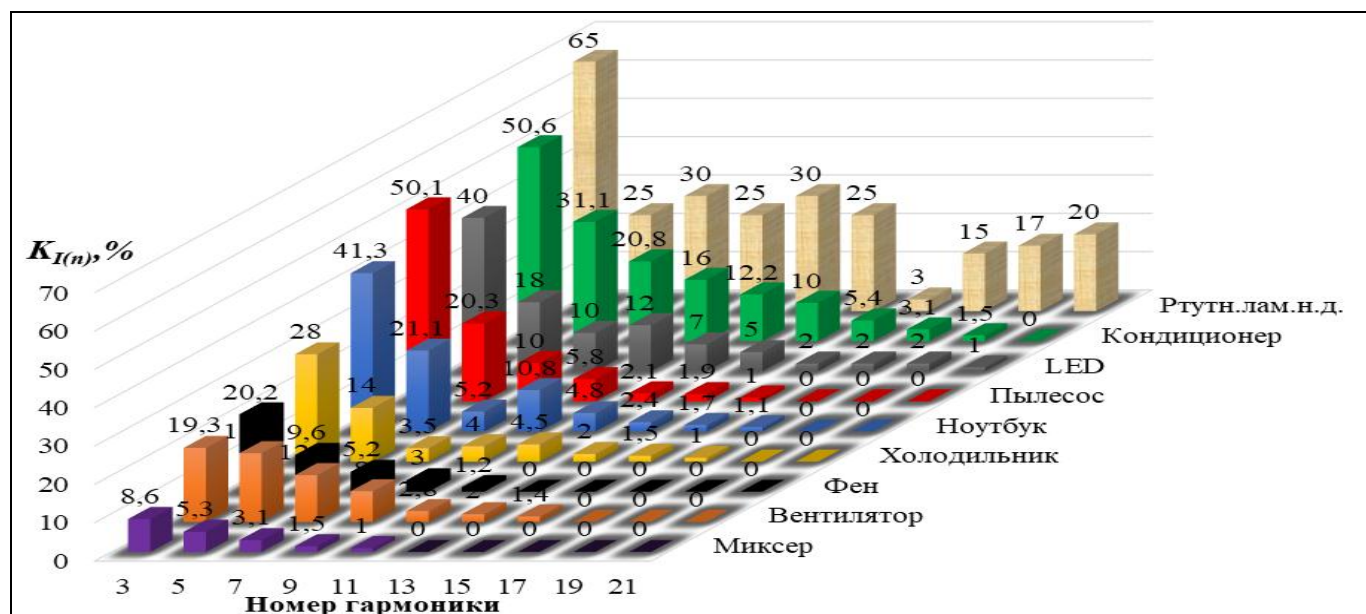
Для установления спектра генерируемых токов ВГ ЭП коммунально-бытового назначения, проводились многочисленные измерения показателей качества электроэнергии с помощью современных средств измерения FLUKE-1735 и Ресурс UF-2М. Эксперименты были произведены на специфической испытательной установке, предназначенной для выявления генерации ВГТ каждого ЭП индивидуально [3].

Результаты измерения коэффициента n -й гармонической составляющей тока ЭП приводятся на рисунке 1.

По результатам исследований видно, что все вышеуказанные ЭП значительно генерируют ВГТ до 11 – го порядка. Остальные ЭП в зависимости от типа генерируют ВГТ (рис. 1а, б).

Несмотря на небольшую единичную мощность таких ЭП, многочисленные их применения являются причиной выхода за пределы нормативных значений КЭ по коэффициентам, характеризующий искажения несинусоидальной формы кривого тока и напряжения [6].

Поэтому актуальным является рассмотрение массового влияния работы современных бытовых ЭП на качество электроэнергии. Для оценки несинусоидального режима работы моделируется участок электрической сети.



а)

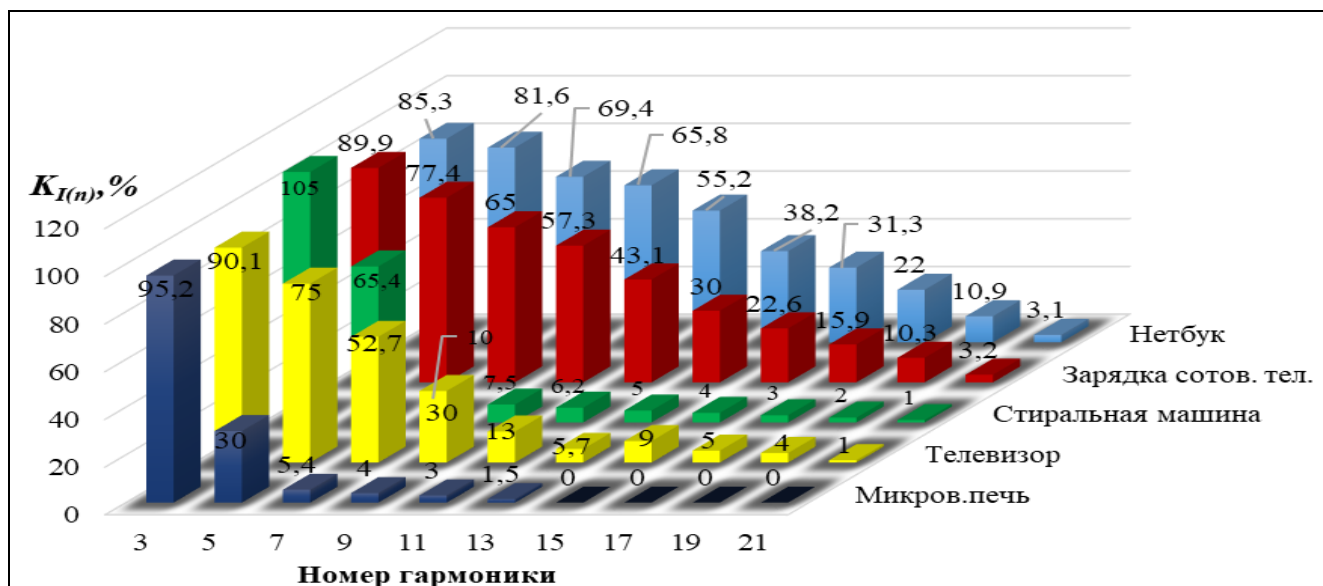


Рис.1. Спектр гармоник токов электроприёмников: (а)–ЭП с незначительной, (б)– с значительной генерации ВГТ.

Разработка модели

Для расчета и прогнозирования уровня ВГ тока и напряжения в среде *MATLAB/Simulink*, разработана имитационная модель распределительной сети коммунально-бытового назначения, представленной на рисунке 2. Технические характеристики элементов сети (трансформатор, кабельная линия электропередач и т.д.) принимались согласно справочным данным [7].

В качестве нагрузки в модели выбирается многоквартирный жилой дом в спальном районе г.

Душанбе. Каждая квартира моделирована как сумма активно-индуктивной нагрузки с несинусоидальным источником тока, спектр которых задавались по результату индивидуального измерения ПКЭ рассматриваемых ЭП [3]. Номенклатура ЭП каждой квартиры, в зависимости от количества комнат (1, 2, 3 и 4 –х комнатные квартиры), были получены в результате многочисленного опроса действующих жилых домов в соответствующем районе г.Душанбе.

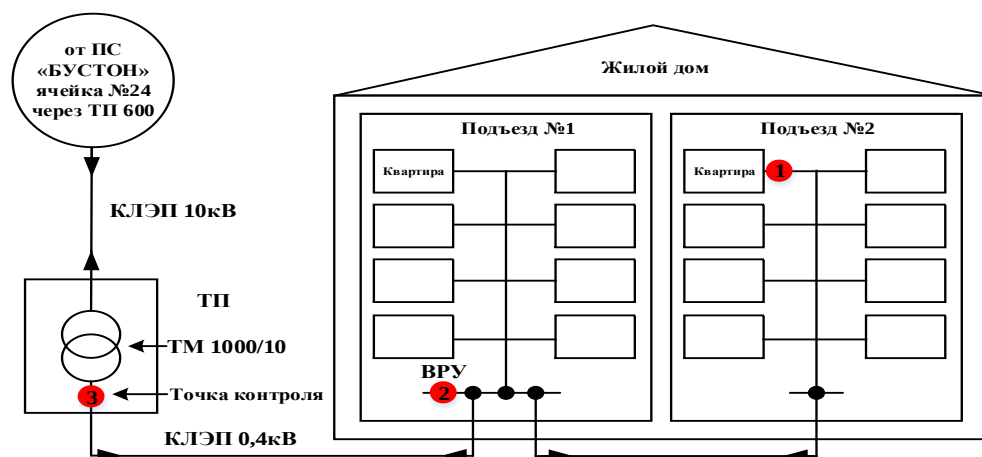


Рис. 2. Исследуемая схема системы электроснабжения коммунально-бытового назначения.

Разработанная имитационная модель рассматриваемой сети 0,4 кВ в среде *Matlab/Simulink* для расчета и прогнозирования

ВГ тока и напряжения верифицирована с результатами инструментального измерения. Результаты показали, что отличие между модели

и измерения незначительны (погрешность составляет менее 5%). Поэтому для полноценной оценки несинусоидального режима работы электрической сети разработанная модель применима.

Результаты моделирования

С помощью разработанной модели были получены результаты исследования ПКЭ и

осциллограммы токов и напряжения в разных виртуальных точках измерения рассматриваемой сети. Результаты исследования (рис. 3) показывают, что осциллограммы токов и напряжения в точке 2 сильно искажены за счёт массового применения ЭП с нелинейной ВАХ в многоквартирном жилом доме.

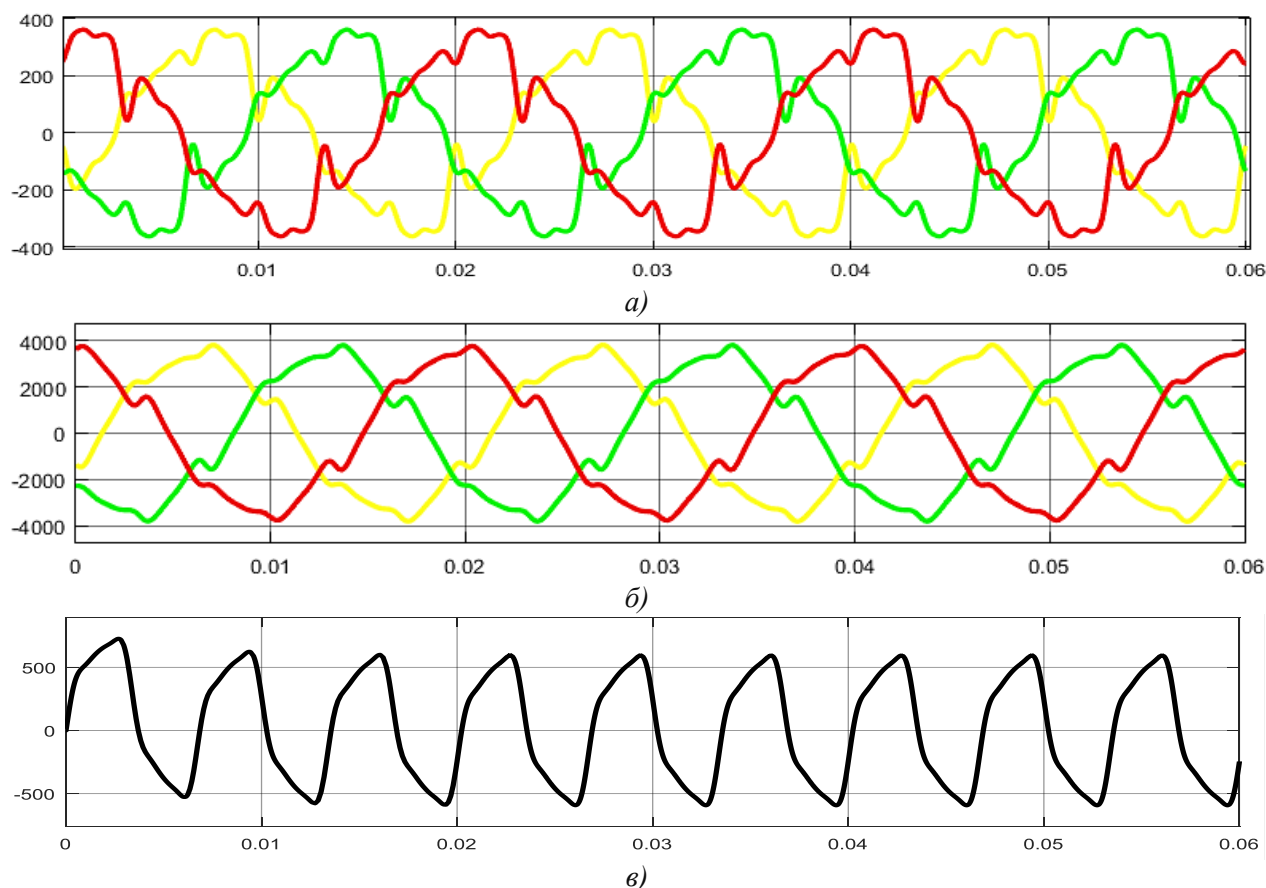


Рис.3. Осциллограммы напряжения (а), фазных токов (б) на шинах ВРУ и тока в нулевом проводе (в).

По результатам исследования выявлены, что в нулевом рабочем проводнике кабельной линии, питающий от шин ТП 10/0,4 кВ до ВРУ в здание жилого дома, протекают ВГТ кратных трем, у которых отсутствует сдвиг фаз. Суммарное значение ВГТ кратным трем в нулевом проводнике достигает в 12,8 раза больше тока основной частоты, что приводит к недопустимым перегрузкам кабеля.

Значения суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения (K_U) в точке 2 (на шинах ВРУ 0,4кВ) составляет $K_U = 22.53\%$, что 1.88 раз больше предельно допустимого значения установленной в

нормативном документе [8], а значения суммарного коэффициента гармонических составляющих тока $K_I = 12.29\%$.

Искажение формы кривого напряжения и тока приводят к дополнительным потерям, ускоренному старению изоляции элементов сети, которые в свою очередь приводят к уменьшению её срока службы [9, 10].

Норма значения коэффициента n -й гармонической составляющей напряжения для каждой гармонической составляющей напряжения электрической сети установлено по отдельности [8].

Для прогнозирования и дальнейшего анализа несинусоидального режима работы электроприемников был введен новый коэффициент μ (коэффициент участие ЭП с нелинейной ВАХ), характеризующий отношение суммарной мощности нагрузки ($S_{\Sigma \text{нагр}}$) и полной мощности электроприемников с нелинейной ВАХ ($S_{НЭ}$):

$$\mu = \frac{S_{НЭ}}{S_{\Sigma \text{нагр}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Использование коэффициент участия позволяет оценить уровень ВГ тока и напряжения в измеряемых точках в зависимости от долевого участия нелинейных электроприемников.

В разработанной модели учитывая коэффициент участие ЭП с нелинейной ВАХ от 10% до 100%, шагом 10% осуществлён расчёт модели.

Определим значение n -ой гармонической составляющей тока в точках измерения исследуемого объекта при различных значениях μ .

Анализ результатов моделирования показали, что значение коэффициентов n -ой гармонической составляющей тока уменьшаются от точки 1 к точке 3, однако если смотреть на действующее значение гармоники тока, то они,

распространяясь от квартиры в сторону ТП, увеличиваются.

Например, при $\mu=100\%$, действующее значение гармоник тока 5-го порядка на выходе 4-х комнатной квартиры (точка измерения 1) равно $I_{(5)}=6,7 \text{ A}$, на вводе 0,4кВ ТП 10/0,4 $I_{(5)}=129,2 \text{ A}$. Причиной увеличения является суммирование ВГТ генерируемых ЭП.

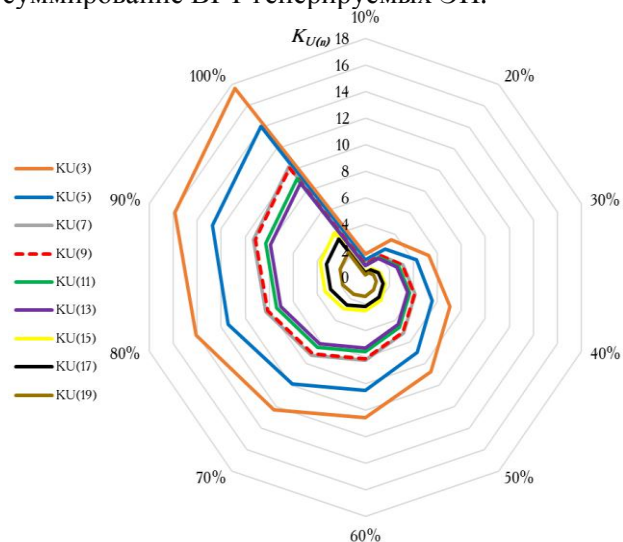


Рис.4. Диаграмма изменения коэффициентов n -ой гармонической составляющей напряжения ($K_{U(n)}$) на шинах ВРУ 0,4кВ исследуемого объекта при различных значениях коэффициента μ .

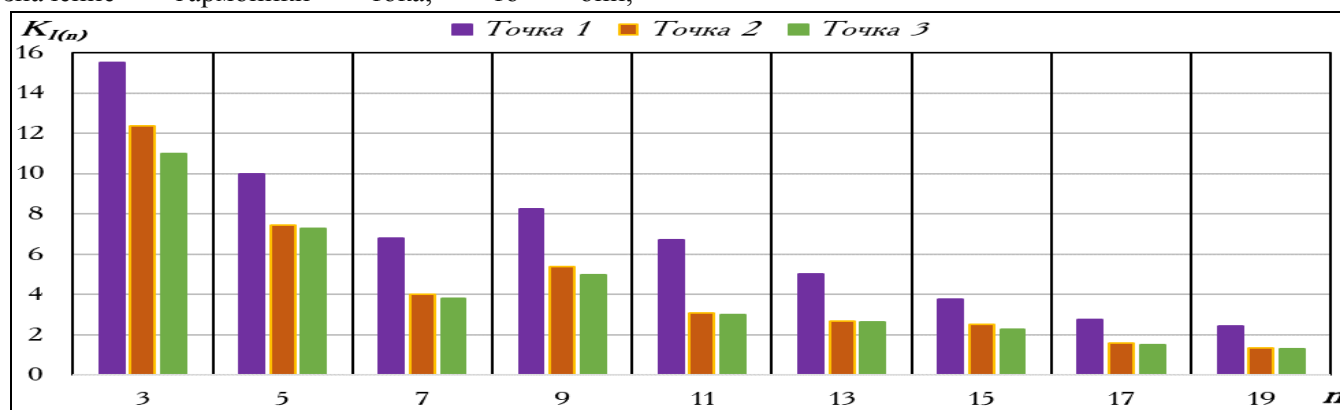


Рис.5. Спектр n -ой гармонической составляющей тока в контролируемых точках исследуемого объекта $\mu=100\%$.

Другим ПКЭ, характеризующий несинусоидальной формы кривого напряжения является суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения (K_U).

Для анализа K_U при изменении коэффициента μ с 10 по 100% приводятся результаты моделирования на рис. 6.

Как видно из рисунка 6, при увеличении значения коэффициента μ , увеличивается K_U . Величина K_U , удаляясь от точки измерения 1 в сторону точки 3, уменьшается за счёт свойства сопротивления и режима нейтралов сети.

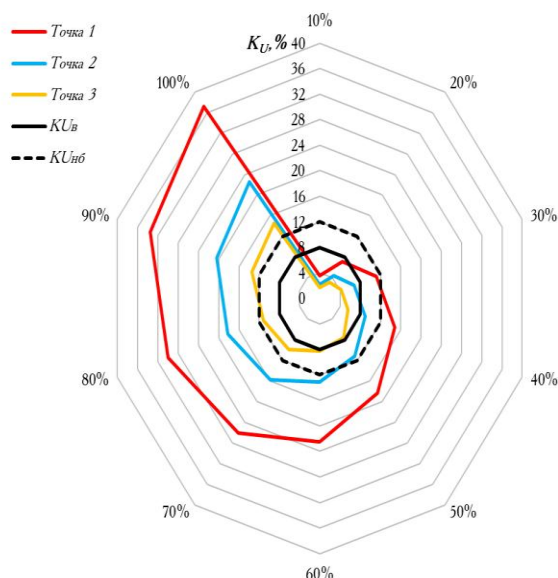


Рис. 6. Диаграмма изменения суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения (K_U) в разных точках измерения исследуемого объекта при различных значениях μ .

Согласно диаграммы рисунка 6 и в соответствии [8], можно определить предел нарушения ПКЭ в зависимости от коэффициента μ :

➤ при $\mu=32\%$ в точке измерения 1, величина $K_U = 11,912\%$, что находится в пределах допустимого значения 12% , но при $\mu=33\%$, $K_U = 12,27\%$, превышает допустимое значение [8]. В остальных точках измерения (2 и 3) соответствуют требованиям нормы.

➤ при $\mu=55\%$ в точках измерения 1 и 2, значение $K_U = 20,39\%$ и $K_U = 12,66\%$, что превышает допустимого значения 12% , однако в точке 3, величина K_U находится в пределах допустимого значения [7].

➤ при использовании $\mu=85\%$, во всех точках измерения величина K_U выходит из допустимого значения. Значение суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения в точке 1, 2, 3, следовательно, составляет $31,82\%$, $12,26\%$ и $12,29\%$.

➤ при использовании $\mu=100\%$, величина K_U на выходе квартиры составляет $37,18\%$, которое на $3,1$ раз больше от $K_{Uнб}$, на шинах ВРУ $22,53\%$ (на $1,88$ раз больше от $K_{Uнб}$) и на вводе $0,4$ кВ ТП $10/0,4$ $14,62\%$ (на $1,22$ раз больше от $K_{Uнб}$).

Согласно измерениям, которые осуществлены для кабелей $0,4$ кВ [6], установлено, что при значении $K_U = 6,85\%$ за $2,5$ года ток утечки кабеля повысится на 36% , а за $3,5$ года на 43% . Помимо этого, повышение K_U может привести к

старению изоляции, качество которой характеризуется тангенсом угла диэлектрических потерь ($\tan\delta$). Эксплуатации конденсаторной батареи при $K_U = 5\%$ в течение 2-х лет приводит к увеличению $\tan\delta$ в 2 раза [6].

Значение суммарного коэффициента гармонических составляющих тока (K_I) в стандартах, которое действует на территории РТ, не нормируется. Однако в стандартах (IEEE и IEC) Австралии и США [12] это значение нормируется. Согласно данному стандарту, если значение $K_I > 6\%$, то это приведет к ускоренному старению трансформаторов и увеличивает потери электроэнергии. При $K_I > 10\%$ может привести к недопустимым перегревам (возгоранию) или выходу из строя электрооборудования, что в конечном итоге приведёт к замене этих оборудования и повысит эксплуатационные расходы электроснабжающих организаций.

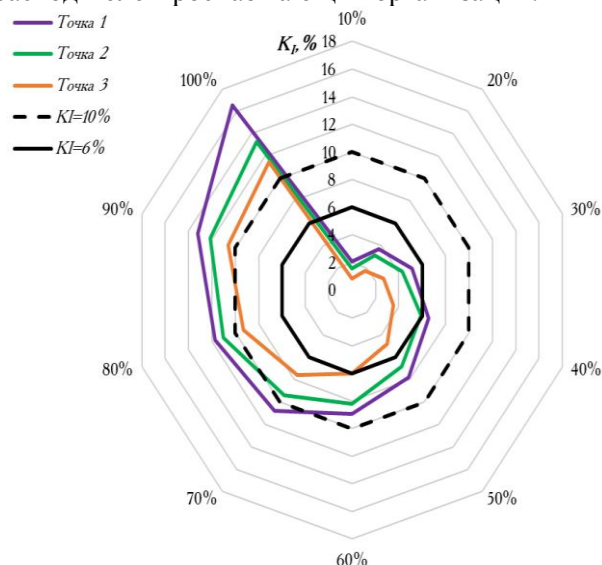


Рис. 7. Диаграмма изменения суммарного коэффициента гармонических составляющих тока (K_I) в разных точках измерения исследуемого объекта, при различных значениях μ .

Из диаграммы изменения суммарного коэффициента гармонических составляющих тока рисунка 7 видно, что:

• при $\mu=70\%$, во всех трёх точках измерения значение суммарного коэффициента гармонических составляющих тока $K_I > 6\%$, соответственно $K_I = 7,61\%$, $K_I = 9,37\%$ и $K_I = 10,75\%$.

• при $\mu=90\%$ значение $K_I > 10\%$ во всех точках измерения исследуемого объекта,

соответственно $K_I=10,1\%$, $K_I=12,15\%$ и $K_I=13,22\%$.

- при $\mu=100\%$, значение суммарного коэффициента гармонических составляющих тока в точках измерения исследуемого объекта составляет $K_I=11,5\%$, $K_I=13,29\%$ и $K_I=16,57\%$.

Выводы

1. Разработана и верифицирована имитационная модель участка электрической сети коммунально-бытового назначения напряжением 0,4 кВ, содержащей ЭП с нелинейной ВАХ для прогнозирования и оценки уровня ВГ тока и напряжения в измеряемых точках в зависимости от долевого участия нелинейных электроприемников.

2. Введён коэффициент μ , характеризующий отношение суммарной мощности нагрузки и полной мощности электроприемников с нелинейной ВАХ в режиме электропотребления, который устанавливает предел использования ЭП с нелинейной ВАХ и определяет корректировки при проектировании подобных схем электроснабжения.

3. Установлен диапазон ухудшения ПКЭ по K_U и $K_{U(n)}$ в зависимости от изменения коэффициента μ .

4. При $\mu=85\%$, во всех точках измерения величина K_U выходит из допустимого значения нормы (значение суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения в точках 1, 2, 3, составляет 31,82%, 12,26% и 12,29%).

5. Далее, для обеспечения ПКЭ, в соответствие с нормой, необходимо разрабатывать организационно-технические мероприятия в распределительных сетях 0,4-6/10 кВ.

Литература:

1. Камолов М.М. Анализ современных электроприемников с нелинейной ВАХ коммунально-бытового сектора / М.М. Камолов, Х.Б. Назиров, Б.А. Бобоев // Modern Science. 2020. № 2-1. С. 322-326.

2. Камолов М.М. Оценка электромагнитной совместимости современных бытовых электроприемников по качеству электроэнергии / М.М. Камолов, А.М. Амирханов, Х.Б. Назиров, С.Т. Исмоилов // Двадцать четвертая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника,

электротехника и энергетика». – Москва, 15-16 марта 2018 г. – С. 1018.

3. Камолов М.М. Экспериментальная оценка качества электрической энергии современных коммунально - бытовых и офисных электроприемников / М.М. Камолов, Х.Б. Назиров, С.Т. Исмоилов, Ш.Д. Джураев, А.С. Амирханов//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2019. № 2 (46). С. 26-33.

4. Камолов М.М. Инструментальная оценка показателей качества электроэнергии в распределительной сети напряжением 0,4 кВ / Камолов М.М., Назиров Х.Б., Махмадов Ш.С. // Modern Science. 2020. № 1-2. С. 286-290.

5. Назиров Х.Б. Анализ качества электроэнергии в распределительной сети коммунально-бытового назначения / Назиров Х.Б., Камолов М.М. // В сборнике: Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, посвященной 20-летию создания кафедры электроэнергетики: в 2-х томах. Ответственный редактор: А. Н. Халин. 2019. С. 306-309.

6. Карташев И.И. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов, Ю.В. Шаров, Р.Р. Насыров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 346 с.

7. Справочник по проектированию электроснабжения городов/В.А. Козлов, Н.И. Билик, Д.Л. Файбисович- 2-е изд., перераб. и доп": - Л.: Энергоатом-издат, 1986. 256 с.

8. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Москва: Изд-во стандартов, 2014.

9. Амирханов А.С. Оценка результатов моделирования распределение высших гармоник тока в системе электроснабжения алюминиевого завода / А.С. Амирханов, М.М. Камолов, Х.Б. Назиров, С.Т. Исмоилов, Ш.Д. Джураев//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2019. № 2 (46). С. 14-20.

10. Богуславский И.З. Проблемы снижения дополнительных потерь в крупных машинах переменного тока при эксплуатации в сетях с нелинейными элементами / И.З. Богуславский // Известия академии наук. Энергетика. – 2009. – №2. – С. 21-26.

11. Назиров Х. Б. Разработка системы управления качеством электрической энергии в электрических сетях: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Назиров Хуршед Бобоходжаевич – Москва, 2012. – 200 с.

12. IEEE Std 519-1992 Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. <http://www.ieee.org>.

БАҲОДИҲИИ КОЭФФИЦИЕНТҲОИ ТАВСИФДИХАНДАИ ҶАРАЁНҶО ВА ШИДДАТҲОИ ҒАЙРИСИНОСИДАЛИИ ДАР ШАБАКАҲОИ КОММУНАЛӢ-МАИШӢ ТАӢИИНШУДА

***М.М. Камолов, З.С. Ғаниев, Х.Б. Назиров,
Ш.Ҷ. Ҷӯраев, Ш.С. Маҳмадов***

Натиҷаҳои моделсозии системаи электротабминкунии коммуналӣ-маишӣ дар барномаи Matlab/Simulink барои ҳисоби коэффитсиентҳои қачхаттаи ҷараён ва шиддати нишон дода шудааст. Баҳодиҳии дурустии модели сохташудаи минтақаи интиҳобкардаи нақшаи электротабминкунии иҷро гардидааст. Баҳодиҳии ҳатогии модели сохташуда бо роҳи муқоисаи натиҷаҳои ченкунии нишондиҳандаҳои сифати энергияи электрикӣ бо натиҷаҳои моделсозӣ гузаронида шудааст. Дарачаи ҷараён ва шиддати гармоникаҳои оӣ ва коэффитсиентҳои тавсифдиҳандаи таҳрифи қачхаттаи шакли синусоидии ҷараён ва шиддат дар нуқтаҳои гуногуни ченкунии виртуалии модел муайян карда шудааст. Дарачаи ҷараён ва шиддати гармоникаҳои оӣ дар нуқтаҳои муайяни ченкунии шабакаи омӯхташуда истода, ҳангоми таркиби таносуби ҷамъи иқтидорҳои қабулкунакҳои барқии бо характеристикаи волтампери хаттӣ/ғайрихаттӣ пешгӯӣ шудааст. Коэффитсиенти иштироки қабулкунакҳои барқӣ бо характеристикаи волтампери ғайрихаттӣ ӯ ҳангоми ҳисоб ва пешгӯии дарачаи ҷараён ва шиддати гармоникаҳои оӣ дар нуқтаҳои муайяни ченкунии шабака пешниҳод карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: моделсозӣ, коммуналӣ-маишӣ, қабулкунакҳои барқӣ, гармоникаи оӣ, коэффитсиенти таҳриф.

ESTIMATION OF COEFFICIENTS CHARACTERIZING THE NON-SINUSOIDAL CURRENTS AND VOLTAGES IN THE NETWORKS OF PUBLIC UTILITY

***M.M. Kamolov, Z.S. Ganiyev, Kh.B. Nazirov,
Sh.D. Dzhuraev, Sh.S. Makhmadov***

The results of modeling the power supply system for municipal purposes in the Matlab/Simulink software complex for calculating the coefficients of the shape of the curve current and voltage are presented. The reliability of developed model of selected power supply circuit section is evaluated. Values of coefficients characterizing distortions of sinusoidal shape of curve current and voltage at different virtual points of model measurement are determined. The levels of higher harmonics of current and voltage at certain points of measurement of considered network are predicted with the combination of the ratio of the total power of linear/non-linear electric receivers with the current - voltage characteristic.

The coefficient of participation of electric receivers with nonlinear the current – voltage characteristic is proposed, at calculating and predicting the level of higher harmonics of current and voltage at certain points of considered network.

Keywords: modeling, municipal-household, electric receiver, higher harmonics, coefficient of distortion.

Сведения об авторах:

Камолов Мухаммаджон Мутайбович – ассистент кафедры «ТОР и Э», докторант PhD ТТУ им. акад. М.С. Осими.
E-mail: kamolov.m_93@mail.ru.

Ганиев Зокир Султонович – ст. пр. кафедры «Электроэнергетика» Филиала НИУ «МЭИ», РТ, г. Душанбе., E-mail: zoko1981@mail.ru.

Назирова Хуршед Бобоходжаевич – к.т.н., зав. кафедрой «Электроэнергетика» ДФ НИУ «МЭИ», РТ, г. Душанбе.
E-mail: hurshed84@mail.ru.

Джураев Шохин Джураевич – к.т.н., ассистент кафедры «ТОР и Э» ТТУ им. ак. М.С. Осими
E-mail: dzhuraevsh@mpei.ru

Махмадов Шариф Сафаралиевич – докторант PhD ТТУ им. ак. М.С. Осими, кафедра «Электрические станции».
E-mail: makhmadov-1993sh@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПАУЗЫ ОДНОФАЗНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ В ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ПО УСЛОВИЮ ГАШЕНИЯ ТОКОВ ДУГИ ПОДПИТКИ

С.Г. Джононаев, М.А. Балаев

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье рассматриваются особенности расчётных схем и алгоритмов для анализа восстанавливающихся напряжений и токов подпитки дуги (ТДП) в транспонированных воздушных линиях. При эксплуатации линий сверхвысокого напряжения (СВН) подавляющая доля однофазных коротких замыканий (ОКЗ) имеют неустойчивый характер, т.е. могут быть устранены в цикле однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ). Таким образом, ОАПВ является важной мерой для повышения надёжности работы линий электропередачи сверхвысокого напряжения. Безтоковая пауза ОАПВ должна превышать время гашения дуги на 0,2 сек для обеспечения восстановления электрической прочности канала дуги. Кроме того, пауза не должна быть менее 0,5 сек, так как такое время необходимо для полной деионизации первоначального мощного канала дуги однофазных коротких замыканий. Эффективность ОАПВ может быть повышена в значительной мере, если фиксировать определенные факторы или параметры во время безтоковой паузы из-за цикла однофазного автоматического повторного включения и по их изменению определять состояние вторичной дуги, а, главное, – момент ее погашения, после чего произойдёт повторное включение. Необходимо также контролировать устойчивость КЗ, чтобы исключить возможность неуспешных повторных включений.

Ключевые слова: *восстанавливающее напряжение, вторичный ток дуги, время горения дуги, безтоковая пауза ОАПВ, сопротивление вторичной дуги, сопротивление нейтрального реактора, процесс динамического перехода.*

Введение

Эффективность традиционного однофазного автоматического повторного включения, как уже отмечалось, снижается также за счет того, что не исключается возможность повторного включения на неустранившееся короткое замыкание. Это приводит к неуспешному однофазному автоматическому повторному включению, в результате чего возникают дополнительные динамические и тепловые воздействия токов коротких замыканий, скручивающие условия

на валах, что сокращает срок службы турбин, генераторов и трансформаторов, приводит к обгоранию в значительной мере контактов выключателей и расходу их ресурсов, в соответствии с чем тяжесть аварии увеличивается в целом. Также ухудшается и послеаварийная устойчивость энергосистемы. Известно, что сокращение бестоковой паузы ОАПВ можно осуществить путем применения компенсационного реактора в нейтрали шунтирующих реакторов или автоматических шунтирований отключенной фазы с обоих концов ВЛ с последующим ее расшунтированием [2,4–6]. В первом случае снижаются ток подпитки и восстанавливаемое напряжение, а во втором – резко уменьшается только восстанавливаемое напряжение, что заметно облегчает условия гашения дуги подпитки. Однако эти меры не исключают значительного разброса времени горения дуги подпитки, определяемого воздействием случайных факторов, при этом снижается только математическое ожидание времени горения дуги. Кроме того, не исключается также возможность повторного включения на неустранившееся короткое замыкание. Но, если получить возможность определения момента погасания вторичной дуги, то можно минимизировать длительность бестоковой паузы для данной аварии.

По имеющимся данным [1,3,7–10], среднее время горения вторичной дуги в основном зависит от величины установившегося ТДП. Зависимость максимального времени гашения вторичной дуги от амплитуды вынужденной составляющей вторичного тока дуги с достаточной точностью аппроксимируется следующим выражением

$$t_{\text{гаш}}(I_d) = 0,3 - 1,67 \cdot 10^{-3} \cdot I_d + 2,78 \cdot 10^{-4} \cdot I_d^2, \quad (1)$$

где I_d – амплитуда вынужденной составляющей вторичного тока дуги, А.

Анализ восстанавливающихся напряжений и вторичных токов дуги. На рис.1. показана эквивалентная схема замещения для расчётов установившихся восстанавливающихся напряжений и токов дуги подпитки в линиях с идеальной транспозицией, когда фазные сопротивления и проводимости, а также межфазные величины являются идентичными. Индуктивности примыкающих систем оказывают незначительное влияние на

искомые величины, поэтому системы могут быть представлены э.д.с., которые по модулю равны максимальному рабочему напряжению при расчета восстанавливающихся напряжений и токов дуги подпитки.

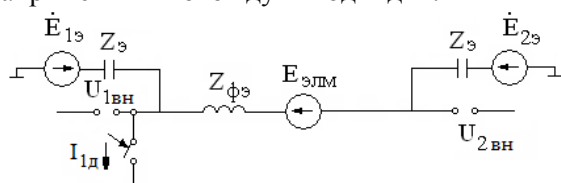


Рис. 1. Эквивалентная схема замещения линии при ОАПВ.

Параметры эквивалентной схемы замещения

$$E_{1з} = -\frac{Y_{фф} E_{1а}}{2Y_{фф} + Y_0}, E_{2з} = -\frac{Y_{фф} E_{2а}}{2Y_{фф} + Y_0} \quad (2)$$

Электромагнитное влияние здоровых фаз на аварийную фазу учитывается электромагнитной э.д.с., значение которой равно

$$E_{ЭЛМ} = -\frac{Z_{фф}(E_{1а} - E_{2а})}{Z_{фф} + Z_{фз}} \quad (3)$$

Сначала провести анализ ВН на отключённой фазе, после чего на основе теоремы об эквивалентном источнике ток дуги для концевых точек линии, где имеют место наибольшие значения искомых величин, определится как

$$I_{1д} = \frac{U_{1ВН}}{Z_{1ВХ}}, I_{2д} = \frac{U_{2ВН}}{Z_{2ВХ}} \quad (4)$$

где $U_{1ВН}$, $U_{2ВН}$ – ВН в соответствующей точке линии; $Z_{1ВХ}$, $Z_{2ВХ}$ – входные сопротивления схемы относительно соответствующих точек линии.

Поскольку схема симметрична, то достаточно ограничиться анализом искомых величин для одного из концов линии, например, для начала линии.

$$U_{1ВН} = \frac{E_{1з}(Z_{фз} + Z_з) + (E_{2з} + E_{ЭЛМ})Z_з}{Z_{фз} + 2Z_з} \quad (5)$$

$$Z_{1ВХ} = R_d + \frac{Z_з(Z_{фз} + Z_з)}{Z_{фз} + 2Z_з}, I_{1д} = \frac{U_{1ВН}}{Z_{1ВХ}} \quad (6)$$

где R_d – сопротивление вторичной дуги.

Параметры четырехлучевые реактор (шунтирующих реакторов с компенсационного реактора) определяется по выражения.

$$Y_{р0} = \frac{Y_p}{1 + 3Y_p Z_n}, Y_{рфф} = \frac{Y_p^2 Z_n}{1 + 3Y_p Z_n} \quad (7)$$

Реальная конструкция ВЛ сверхвысокого напряжения имеет горизонтальное расположение фаз, однократный цикл транспозиции (рис.2) и геометрические размеры, приведенные в таблице 1,

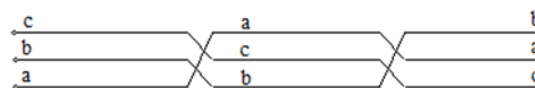


Рис. 2. Схема однократного цикла транспозиции.

Таблица 1.

Геометрические параметры линии.

U _н , кВ	D _ф , м	H _ф , м	D _т , м	H _т , м	Конструкция фазы	Конструкция троса	d, м
500	12	15	13	24	3×AC-400	АСУС-70	0,4

Длительность паузы успешного ОАПВ прогнозируется в пределах 0,5–1,0 сек, если ТДП будет удовлетворять условию

$$I_d \leq 10 - 45 A_{амп}$$

Таким образом, ВН в паузу ОАПВ в местах установки ОПН должно быть ограничено сверху

$$U_{ВН} \leq U_{ВНдоп}$$

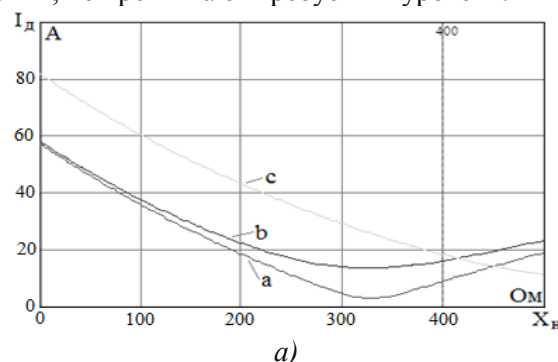
Однофазное автоматическое повторное включение на воздушной линии

Определим параметры нейтрального реактора, при котором имеют место минимальные вторичные токи дуги. На рис.3 показаны зависимости ТДП от сопротивления нейтрального реактора при аварии в начале и конце линии для угла отклонения, соответствующего исходному нормальному режиму.

Минимальные ТДП имеют место при сопротивлении реактора в диапазоне 200 – 400 Ом. Как показал анализ в процессе динамического перехода угол достигает 100°. На рис.4. приведены зависимости ТДП от угла для начала и конца ВЛ.

Как следует из расчётов, при максимальном угле отклонения ТДП составляет 35 А, и соответственно согласно выражению (1) длительность паузы ОАПВ будет составлять 0,8 сек.

Проверка по допустимости ВН в режиме паузы ОАПВ (рисунок 5) показала, что ВН как в начале ВЛ, так и в её конце, где установлены ОПН, не превышают требуемый уровень.



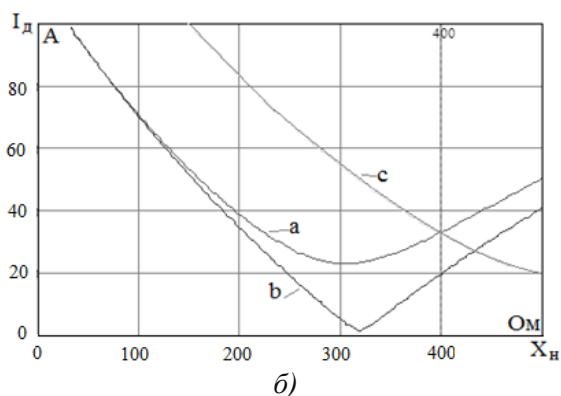


Рис. 3. Зависимость ТДП от сопротивления нейтрального реактора:
а – начало ВЛ; б – конец ВЛ.

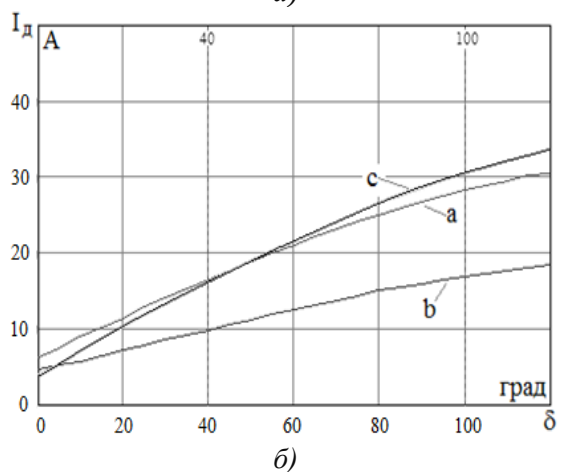
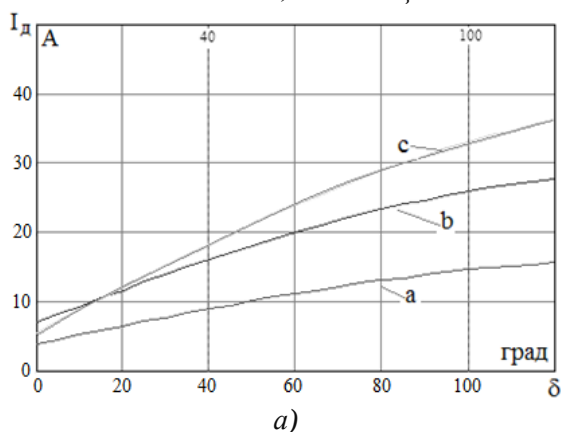


Рис. 4. Зависимость ТДП при отклонении угла:
а – начало ВЛ; б – конец ВЛ.

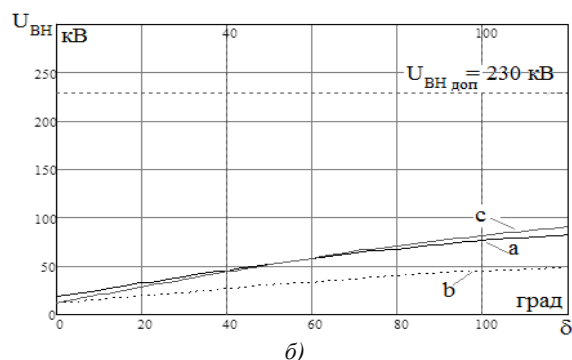
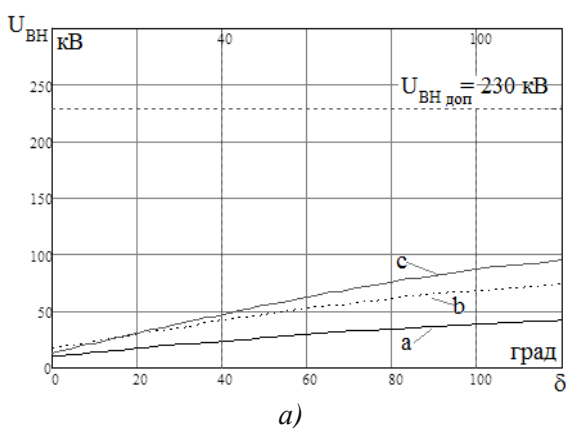


Рис.5. Зависимость ВН от отклонении угла: а – начало ВЛ; б – конец ВЛ.

Выводы

1. Максимальные токи дуги подпидки при реальной транспозиции превосходят несколько раз соответствующие величины в случае, когда линия представляется как идеально транспонированная. Поэтому учет реальной транспозиции необходим при расчете ВН и ТДП.

2. В данной статье предлагается алгоритм для анализа ОАПВ в транспонированных линиях сверхвысокого напряжения с использованием четырехлучевых реакторов.

3. Разработанный алгоритм позволяет определить ВН и ТДП вдоль аварийных фаз с учетом их положения в схеме транспозиции при горизонтальном расположении фаз.

4. В случае реальной транспозиции ВН и вторичных токов дуги зависят от того, в какой фазе выполняется ОАПВ.

Литература:

1. Беляков Н.Н., Зилес Л.Д., Камнева Н.П. Исследование ОАПВ в электропередачах 750 кВ с четырехлучевым реактором // Электрические станции.-1982.-№ 12.-С.43–48.
2. Беляков Н. Н., Кадомская К. П., Левинштейн М. Л. Процессы при однофазном автоматическом повторном включении линий высоких напряжений / под ред. М. Л. Левинштейна. – Москва : Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.
3. Некрасова А.М., Рокотяна С. С. Дальние электропередачи 500 кв: сборник статей/. – Москва; Ленинград: Энергия, 1964. – 390 с.
4. Джононаев С.Г. Ликвидация неустойчивых однофазных коротких замыканий в транспонированных линиях в цикле ОАПВ с использованием автоматического шунтирования фазы // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета.– 2018.–№3 (72).– С. 157–174.
5. Kimbark W. Supression of Ground-Fault Arcs on Single-Pole Switched EHV Lines by

Shunt Reactors [Text] / W. Kimbark // IEEE Transaction on Power Apparatus and System. – Mar.-Apr., 1964. – Vol. 83. – P. 285–290.

6. Левинштейн М. Л. Компенсация токов подпитки дуги при ОАПВ ЛЭП с однократным циклом транспозиции // Изв. АН СССР. Сер. Энергетика и транспорт. – 1988. – № 5. – С. 45–51.

7. Красильникова Т.Г., Джононаев С. Г. Влияние продолжительности паузы ОАПВ на пропускную способность электропередачи // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Сборник: Международного научного семинара имени Ю.Н. Руденка.– Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 2017. – С. 112–120.

8. Красильникова Т.Г., Джононаев С. Г. Влияние длительности паузы ОАПВ на пропускную способность электропередачи по условию динамической устойчивости // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета.- 2017. -2.(67) - С. 163-176.

9. Красильникова Т.Г., Джононаев С. Г. Сравнительный анализ способов ликвидации неустойчивых однофазных коротких замыканий в нетранспонированных линиях сверх- и ультравысокого напряжения // Электричество. – 2017. – №11. – С. 22–29.

10. Рашкес В. С. Обобщение эксплуатационных данных эффективности ОАПВ ВЛ СВН и опытных данных времени гашения дуги подпитки // Электрические станции. – 1989. – №3. – С. 65–72.

МУАЙЯН НАМУДАНИ ДАВОМНОКИИ ТАЛАБОТИ ТАВАҚҚУФИ ПАЙВАСТКУНИИ ЯКФАЗАИ АВТОМАТИИ ТАҚРОРӢ ДАР ХАТҲОИ ҲАВОӢ АЗ РӢИИ ШАРТИ НИШОНИШИ ҶАРАӢНҲОИ ТАЪМИНОТИ ИЛОВАГИИ КАМОНАК

С.Г. Ҷононаев, М.А. Балаев

Дар ин мақола ҳосиятҳои ҳисоби схема ва алгоритмҳои барои таҳлили шиддати барқароршаванда ва ҷараёнҳои таъминоти иловагии камонак дар хатҳои ҳавоии ҷойивазшаванда дида шудааст. Дар мавриди истифодаи хатҳои шиддати фавқулбаланд қисми зиёди расиши кӯтоҳи якфаза ҳосияти ноустуворро ҳос аст, яъне дар давраи пайвастунии якфазаи автомати тақрорӣ (ПЯТ) бартараф карда мешаванд. Ҳамин тавр ПЯТ ба меъёрҳои муҳиме мансуб аст, ки эътимодияти интиқоли энергияи шиддати фавқулбаландро таъмин менамояд. Таваққуфи бечараёни ПЯТ барои таъминоти

барқароршавии устувории электрикии роҳи камонак бояд аз вақти нишониши камонак 0,2 с зиёд бошад. Ба ғайр аз ин таваққуф бояд аз 0,5 с кам набошад, чунки ин вақт барои пурра деионизатсия намудани канали камонаки аввали пуриктидори расиши кӯтоҳи якфаза, зарур аст. Самаранокии ПЯТ ба дараҷаи баланд зиёд карда мешавад, агар омилҳои муайян ё параметрҳо дар вақти таваққуфи бечараёни давраи пайвастунии якфазаи автомати тақрорӣ (ПЯТ) қайд карда шаванд ва бо тағйирёбии онҳо ҳолати камонаки дуҷумӣ муайян карда шавад ва асосан лаҳзаи нишониши он ки баъди он пайвастунии тақрорӣ ба вучуд меояд. Зарур аст, ки устувории расиши кӯтоҳ назорат карда шавад, то ки имконияти пайвасти тақрорӣ нобарор бартараф карда шавад.

Калимаҳои калидӣ: шиддати барқароршаванда, ҷараёнҳои камонаки дуҷум, вақти сӯзиши камонак, таваққуфи бечараёни пайвастунии якфазаи автомати тақрорӣ, муқовимати реактори нейтрал, раванди гузариши динамикӣ, устувории системаи энергетикӣ.

DETERMINATION OF REQUIRED DURATION OF THE PAUSE OF SINGLE- PHASE AUTOMATIC RE-ACTIVATION IN OVERHEAD LINES BASED ON CONDITION OF QUENCHING THE SUPPLY ARC CURRENTS

S. G. Jononae, M. A. Balaev.

The article deals with the features of calculation schemes and algorithms for the analysis of regenerating voltages and currents of arc recharge (TDP) in transposed air lines. During operating ultra-high voltage lines (SVN), the vast majority of single-phase short circuits (short circuits) are unstable, i.e. they can be eliminated in the cycle of single-phase automatic re-activation (SPAR). Thus, SPAR is important measure to improve the reliability of ultra-high voltage transmission lines. The non-current pause of the SPAR must exceed the arc quenching time by 0.2 seconds to ensure the restoration of the electrical strength of the arc channel. In addition, the pause should not be less than 0.5 seconds, since this time is necessary for the complete deionization of the initial powerful channel of the single-phase short-circuit arc.

Efficiency of SPAR can be enhanced greatly if to capture certain factors or parameters, during non - current pause due to cycle single-phase automatic reclosing and their changes to determine the status of the secondary arc, and, most importantly, the moment of its maturity, and then re-enabling happens. It is also necessary to monitor the stability of the short circuit to exclude the possibility of unsuccessful re-inclusions.

Keywords: restoring voltage, secondary arc current, arc burning - time, non - current pause of

single-phase automatic re - activation, secondary arc resistance, neutral reactor resistance, dynamic transition process.

Сведения об авторах:

Джононаев Сайёд Гулмуродович – кандидат технических наук, ассистент кафедры «Электроснабжение» Энергетического факультета Таджикского

технического университета имени академика М.С. Осими. Тел: (+992) 93 433 44 40, E-mail: jononaev.87@mpei.ru

Балаев Мухамадшо Ахтамович – и.о. доцента кафедры «Электроснабжение» Энергетического факультета Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. Тел: (+992) 93 508 81 82, E-mail: muhamad65.balaev@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГОРОДСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6-10 кВ г. ДУШАНБЕ

А.И. Сидоров¹, С.Ш. Таваров², Г.Х. Маджидов³, О.А. Мираков⁴

^{1,2}Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия

^{3,4}Таджикский технический университет им. акад. М.С Осими,

В работе приведены распределения повреждений в распределительных сетях 6-10 кВ по причинам их возникновения. Установлена зависимость относительного потока отказов от электропотребления в течение суток.

На основе функциональной зависимости потока отказа и по предложенным графикам электропотребления рекомендован способ повышения надежности распределительных сетей 6-10 кВ г. Душанбе.

Кроме того, указанная зависимость позволяет контролировать условия, при которых относительный поток отказов не превышает нормируемых значений.

Ключевые слова: надежность электроснабжения, распределительные сети, электропотребление

Одним из основных показателей надежности распределительных сетей напряжением 6-10 кВ является относительный поток отказов [1, 2]. В свою очередь данный показатель надежности зависит от параметров сети и режима её работы. Следовательно, на данный показатель надежности косвенно может влиять возрастание электропотребления.

Возрастание электрической нагрузки связано, в частности, с климато-метеорологическими условиями местности [3] и при отсутствии тепло-горячего водоснабжения у городских потребителей данный фактор может являться основной причиной роста электрической нагрузки, что в последствии может приводить к увеличению относительного потока отказа и недоотпуску электроэнергии [4-6].

На рис. 1 приведено распределение повреждений на кабельных линиях (КЛ) 6-10 кВ распределительных электрических сетей г.

Душанбе. Здесь приняты следующие обозначения:

1. Нарушение структуры материала установки, ее деталей или узлов;
2. Термическое повреждение, перегрев, перегор;
3. Электродуговое повреждение;
4. Нарушение электрической изоляции;
5. Нарушение электрического контакта;
6. Причины не выявлены.

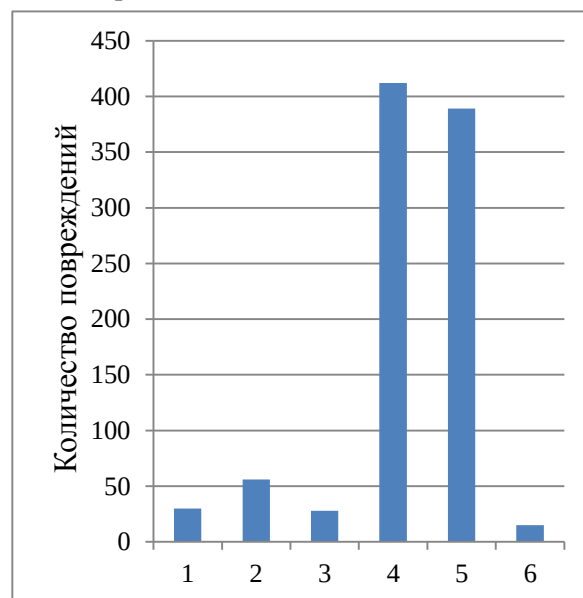


Рис. 1. Распределения повреждений КЛ 6-10 кВ по причинам их возникновения за 2018 г.

Согласно рис. 1 наибольшее количество повреждений на КЛ 6-10 кВ было вызвано нарушением электрической изоляции и электрического контакта.

На воздушных линиях (ВЛ), входящих в состав городских распределительных сетей, количество повреждений за этот же период

значительно меньше, при этом суммарная протяженность ВЛ 6-10 кВ, 336,024 км.

На рис.2. приведено распределение повреждений на ВЛ 6-10 кВ распределительных электрических сетей г. Душанбе. Здесь приняты следующие обозначения:

1. Нарушение структуры материала установки, ее деталей или узлов;
2. Нарушение сварки, пайки;
3. Нарушение механического соединения;
4. Коррозионный износ;
5. Нарушение электрической изоляции;
6. Нарушение электрического контакта;
7. Механическое разрушение;
8. Не выявленные причины;
9. Неклассифицированные причины.

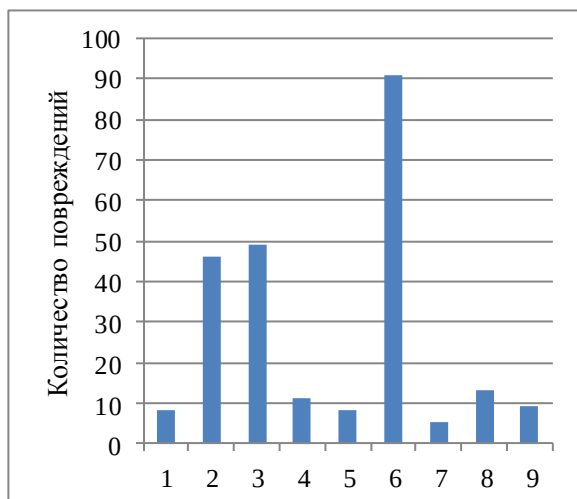


Рис. 2. Распределения повреждений ВЛ 6-10 кВ по причинам их возникновения за 2018 г.

Согласно рис. 2 наибольшее количество повреждений на ВЛ 6-10 кВ было вызвано нарушением электрического контакта.

Суммарное количество повреждений на понизительных трансформаторных подстанциях (ТП 6-10/0,4 кВ) превышает аналогичное число на ВЛ 6-10 кВ, однако значительно меньшего общего числа повреждений на КЛ 6-10 кВ городских распределительных сетей.

На рис. 3 приведено распределение повреждений на ТП 6-10/0,4 кВ распределительных электрических сетей г. Душанбе. Здесь приняты следующие обозначения:

1. Нарушение структуры материала установки, ее деталей или узлов;
2. Нарушение сварки, пайки;
3. Нарушение механического соединения;
4. Коррозионный износ;
5. Электродуговое повреждение;
6. Нарушение электрической изоляции;
7. Нарушение электрического контакта;
8. Загорание или пожар;
9. Неклассифицированные причины.

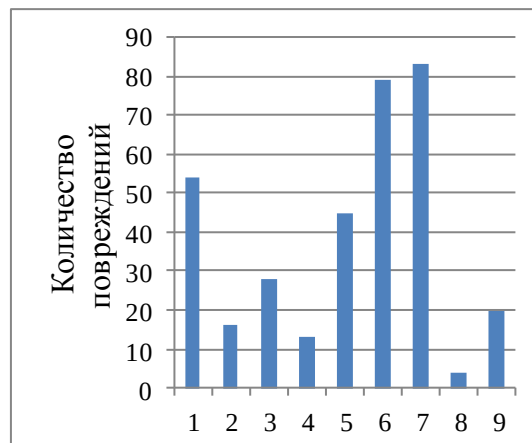


Рис. 3. Распределения повреждений ТП 6-10/0,4 кВ по причинам их возникновения за 2018 г.

Согласно рис.3. наибольшее количество повреждений на ТП 6-10/0,4 кВ было вызвано нарушением электрической изоляции и электрического контакта.

Из полученных диаграмм рис. 1-3 просматривается влияния электрической нагрузки на повреждаемость КЛ, ВЛ и ТП. Эта доказывается причинами возникновения, приводящими к повреждениям.

Следовательно, при разработке программы повышения надёжности городских распределительных сетей напряжением 6-10 кВ необходимо учитывать электропотребления и климато-метеорологических условия г. Душанбе.

Предлагаем выразить степень надежности через недоотпуск электроэнергии:

$$\Delta W = W_{\text{потр.}} \cdot \omega^* \cdot \left(\frac{t_{\text{восс.}}}{T_{\text{год}}} \right), \quad (1)$$

где $W_{\text{потр.}}$ – потребляемая электроэнергия, кВт·ч;

ω^* - относительный поток отказов;

$t_{\text{восс.}}$ - время восстановления поврежденного электрооборудования, ч;

$T_{\text{год}}$ – годовой запас времени, 8760 ч.

Согласно действующему в Республике Таджикистан (РТ) документу РД 34.20.801-90 «Инструкция по расследованию и учету технологических нарушений в работе электростанций, сетей и энергосистем» [7] все повреждения подразделяются на:

- 1) технические (технологические);
- 2) организационные.

Применительно к выражению (1) технические – это относительный поток отказов ω^* , а организационные – время восстановления ($t_{\text{восст.}}$).

Зависимость поток отказов от электропотребления можно представить в виде линейной функции [8] при этом, согласно нашим исследованиям [3-6], основным промежутком времени при котором возрастает вероятность повреждений, является время максимума нагрузок. На рис. 4 приведена зависимость относительного потока отказов - ω^* от электропотребления в часы максимума нагрузок, умноженная на нормируемый относительный поток отказов [1, 2] - $W_{\text{в.м.н.}}^* \cdot \omega_{\text{норм.}}^*$.

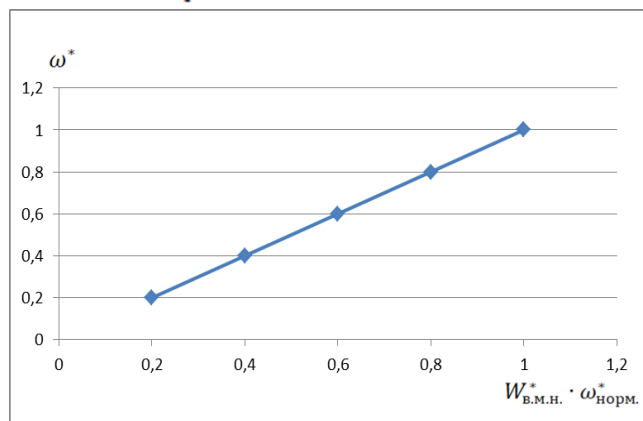


Рис. 4. Относительный поток отказов от электропотребления в часы максимума нагрузок.

Согласно рис. 4 можно утверждать то, что при возрастания электропотребления в часы утреннего и вечернего максимумов нагрузок

относительный поток отказов по отношению к нормируемому потоку отказов возрастает. Тем самым, вероятность повреждения увеличивается.

Зависимость приведенную на рис. 4, можно представить в виде следующей функции:

$$\omega^* = f(W_{\alpha_{\text{в.м.н.}}+1}^* \cdot \omega_{\text{норм.}}^*), \quad (2)$$

где: $W_{\alpha_{\text{в.м.н.}}+1}^* = \frac{W_{\text{в.м.н.}}}{W_{\text{реком.}}}$, о.е, $\omega_{\text{норм.}}^*$ -

нормированные потоки отказов для рассматриваемого электрооборудования согласно [1, 2].

Электропотребления в часы максимума нагрузок выразим в следующем виде:

$$W_{\alpha_{\text{в.м.н.}}+1} = W_{\text{сут.норм.}} \cdot \alpha_{\text{в.м.н.}} \cdot (1 - \alpha_{\text{в.м.н.}}) \quad (3)$$

где: $W_{\text{сут.норм.}} = P_{\text{разр.}} \cdot t_{\text{в.м.сут.}}$ -

суточная норма расхода электроэнергии, кВт·ч;

$P_{\text{разр.}}$ - разрешенная мощность, выдаваемая электроснабжающей организацией (4 – 5 кВт) [9, 10];

$t_{\text{в.м.сут.}}$ - время максимума нагрузок в течение суток, ч.;

$\alpha_{\text{в.м.н.}}$ - коэффициент времени максимума нагрузок.

На основании (3) были определены графики электропотребления в течение суток (рис. 5, 6) для г. Душанбе при соблюдении которых относительный поток отказов будет стремиться к нормируемой величине.



Рис. 5. Зимний ежечасный график электропотребления в г. Душанбе.

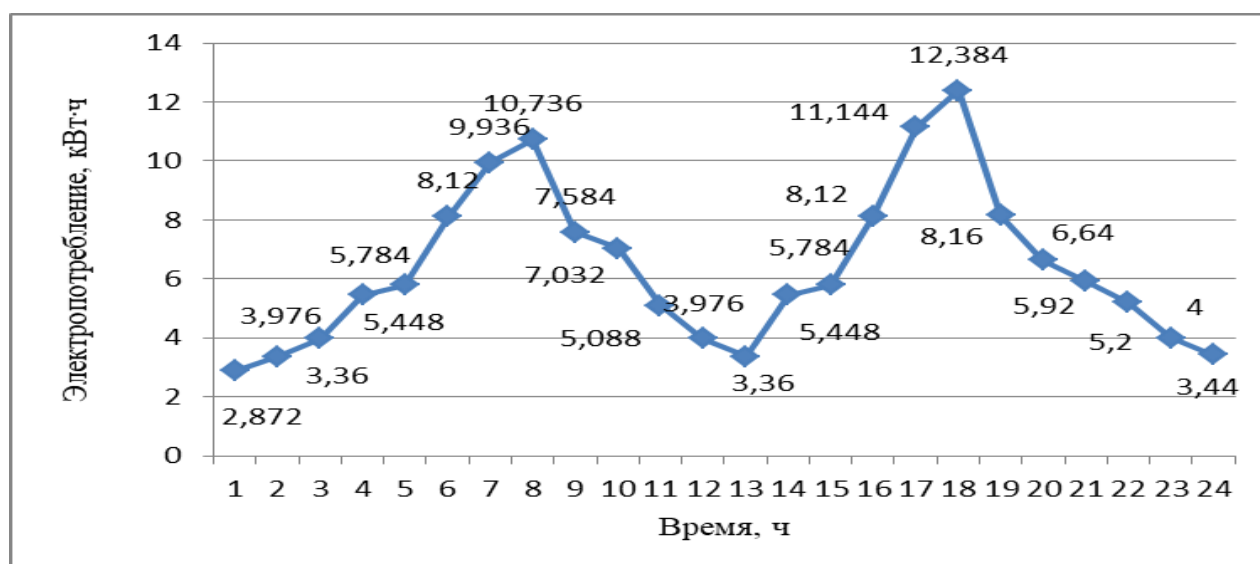


Рис. 6. Летний ежечасный график электропотребления в г. Душанбе.

Выводы

1. На основании статистических данных о повреждениях в распределительных сетях 6-10 кВ г. Душанбе установлена функциональная зависимость потока отказов от электропотребления в течение суток.

2. Предложена линейная функция, позволяющая влиять на надежность распределительных сетей 6-10 кВ г. Душанбе путём контроля графиков электропотребления.

Литература:

1. Савоськин Н.Е. Надежность электрических систем. Учебное пособие. Пенз. гос. ун-т, 2004. 101 с.

2. Шеметов А. Н. Надежность электроснабжения Учебное пособие для студентов специальности 140211 «Электроснабжение». – Магнитогорск : ГОУ ВПО «МГТУ им. Г. И. Носова», 2006. 149 с.

3. Сидоров А.И., Суворов И.Ф., Таваров С.Ш., Маджидов Г.Х. Повреждаемость в городских электрических сетях г. Душанбе. Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – 4(48) – С. 20 – 25.

4. Сидоров А.И., Таваров С.Ш. Нормирование электропотребления Республики Таджикистан с учетом климатических особенностей региона. Научно-технический журнал «Энергия единой сети». – 2019. – 3(45). – С.70-75.

5. Таваров С.Ш. Удельное электропотребление бытового сектора с учётом температуры окружающего воздуха и территориального расположения Республики Таджикистан. Промышленная энергетика. – 2019. – Том 7 № 7. – С.19-22.

6. A. I. Sidorov, O. A. Khanzhina, S. S. Tavarov, "Ensuring the Efficiency of Distribution

Networks C. Dushanbe and Republic of Tajikistan," 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, 2019, pp. 1-4.

7. СТП 34.20.801-90 (РД 34.20.801-90) Инструкция по расследованию и учету технологических нарушений в работе электростанций, сетей и энергосистем. Минэнерго СССР, ПО Союзтехэнерго. - 15 с.

8. Сидоров А.И., Таваров С.Ш., Маджидов Г.Х. Показатели надежности элементов распределительной сети 6-10 кВ. Вопросы электротехнологии. Серия «Электроснабжение». – 2019, № 3 (24). С. 55-61.

9. Официальный сайт ОАХК «Барки Точик» [электронный ресурс]. – URL: <http://www.barqitojik.tj> / (Дата обращения: 08.03.2020).

10. Официальный сайт Мини-стерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mewr.gov.tj/?page_id=61&lang=ru. (Дата обращения: 08.03.2020).

БАЛАНД БАРДОШТАНИ ЭЪТИМОДИЯТИ ШАБАКАҲОИ ТАҚСИМОТИИ ШАҲРИИ ШИДДАТИ 6-10 кВ ш. ДУШАНБЕ

А. И. Сидоров, С. Ш. Таваров,
Г.Х. Маджидов, О. А. Мираков

Дар мақола тақсимои вайроншавӣ дар шабакаҳои тақсимоии шиддати 6-10кВ бо сабаби пайдошавии онҳо нишон дода шудааст. Вобастагии нисбии сели азқормонӣ аз истифодабарии энергияи электрикӣ дар давоми шабонарӯз муқаррар карда шудааст.

Дар асоси ҷаъолияти вобастагии сели азқормонӣ ва графикҳои истифодабарии

энергияи электрикии пешниҳодшуда усулҳои баъд бардоштани эътимодинати шабакаҳои тақсимоии шиддати 6-10 кВ-и шаҳри Душанбе тавсия дода шудааст.

Ба ғайр аз ин вобастагии муқарраршуда имкони назорати шартӣ зиёдшавии сели азқормонии нисбӣ аз қимматҳои меъёри мидиҳад.

Калимаҳои калидӣ: эътимодинати электротаминкунӣ, шабакаҳои тақсимоӣ, истифодабарии энергияи электрикӣ.

IMPROVING THE RELIABILITY OF CITY DISTRIBUTION NETWORKS 6-10 KV C. DUSHANBE

**A. I. Sidorov, S. Sh. Tavarov,
G. Kh. Majidov, O. A. Mirakov**

The article deals with the distribution of damages in distribution networks of 6-10 kV for the reasons of their occurrence. The dependence of the relative flow of failures on power consumption during the day is established.

Based on the functional dependence of the failure flow and proposed power consumption schedule, a method for improving the reliability of 6-10 kV distribution networks in Dushanbe is recommended.

In addition, this dependence allows you to

control conditions under which the relative failure rate does not exceed normalized values.

Keywords: reliability of power supply, distribution networks, power consumption

Сведение об авторах:

Сидоров Александр Иванович – д.т.н., проф., заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Южно-Уральского государственного университета (национально исследовательского университета), г. Челябинск, Россия. E-mail: bgd-susu@mail.ru.

Таваров Саиджон Ширалиевич – к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Южно-Уральского государственного университета (национально исследовательского университета), г. Челябинск, Россия. E-mail: tabarovsaid@mail.ru.

Маджидов Гафуржон Хушбахтович – ассистент кафедры «Электроснабжение» Таджикского технического университета им. ак. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан. E-mail: madjidov-70@mail.ru.

Мираков Озод Абдуласанович – старший преподаватель кафедры «Электроснабжение» Таджикского технического университета им. ак. М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан. E-mail: mirakov-85@mail.ru.

КОМПЕНСАЦИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК ТОКА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ, СОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКИ С НЕЛИНЕЙНОЙ ВАХ

Ш. Д. Джурсаев

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

В статье представлено состояние энергосистемы Республики Таджикистан по качеству электроэнергии. Приведены результаты инструментального измерения показателей качества электроэнергии в исследуемой энергосистеме и выявлены причины ухудшения качества электроэнергии. Для обеспечения качества электроэнергии и нормальной работы электрооборудования гидроэлектростанций, предложены способы снижения влияния высших гармонических составляющих тока на режим работы электрооборудования станции. С помощью математической модели исследуемой энергосистемы показаны эффективность компенсации высших гармоник тока. Также предлагаются технические мероприятия по компенсации высших гармоник тока в энергосистеме Республики Таджикистан.

Ключевые слова. Компенсация, высшие гармоники, качества электроэнергии, электроэнергетическая система, инструментальная оценка, анализ, вольт-амперная характеристика.

Введение

Генерируемая электрическая энергия (ЭЭ) на электрические станции (ЭС) имеет практически синусоидальную форму кривой напряжения. Однако, при транспортировке ЭЭ по электрическим сетям с присоединёнными в узлах электроприёмников (ЭП) с нелинейной вольт-амперной характеристикой (ВАХ) форма кривой напряжения искажается [1]. К таким ЭП относятся мощные преобразовательные установки, полупроводниковые элементы, газоразрядные источники света, электроника и т.п.

Необходимо отметить, что в электроэнергетической системе (ЭЭС) существуют ЭП и электрооборудование (ЭО), которые чувствительны к ухудшению показателей качества электроэнергии (ПКЭ) и уровня высших гармоник тока (ВГТ) [1 – 4]. В некоторых случаях, в составе потребителей ЭЭ, мощность ЭП с нелинейной ВАХ (далее «нелинейная нагрузка») может быть такова, что коэффициенты, характеризующие форму кривого напряжения (суммарный коэффициент

гармонических составляющих напряжения (K_U) и коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения ($K_{U(n)}$) будут в пределах требований, установленным нормативными документами [5], а высокий уровень ВГТ приводят к нагреву ЭО сверх допустимых величин [6–9]. Такой вопрос имеет актуальность в ЭЭС, где мощность нелинейной нагрузки соизмерима с генерируемой мощностью генераторов электростанции. Образцом такой энергосистемы является ЭЭС Республики Таджикистан (РТ) [3, 4, 6–11], которая приведена на рисунке 1. Отличительная особенность ЭЭС РТ в том, что более 95 % ЭЭ в стране вырабатывается за счет гидроэлектростанции (ГЭС), а основными потребителями являются промышленные предприятия (в основном государственное унитарное предприятие «Таджикская алюминиевая компания» (ГУП «ТАЛКО»). Практически 90 % потребляемой электроэнергии данного предприятия расходуются на электроснабжение выпрямительных преобразователей, которые питают от электролизных ванн. С этой целью необходимо применить ряд мероприятий для компенсации ВГТ в электрических сетях РТ, в основном ЭО ГЭС.

Постановка задачи. На сегодняшний день существуют множество способов компенсации ВГТ [1 – 4, 12, 13]. В соответствии [1, 2] из всех разработанных способов уменьшения уровня ВГТ в электрических сетях, можно разделить на следующие группы:

- схемное решение (увеличение фазность преобразователей);
- использование фильтровых устройств;

Одним из основных способов компенсации ВГТ, который широко применяется в зарубежных опытах, являются фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ) [12, 14]. В основном их можно разделить на активные и пассивные фильтры.

Поэтому, в работе рассмотрена установка ФКУ для компенсации ВГТ на выводах 10 кВ группы трансформаторов (ГТ) ГУП «ТАЛКО». После чего оценены эффект от действия компенсирующих устройств в других узлах энергосистемы. Особое внимание надо обратить на ЭО электрических станций. С этой целью в качестве точки контроля (ТК) были выбраны выводы 10 кВ – ТК 1 и выводах генераторов Нурекской ГЭС – ТК 2 и Сангтудинской ГЭС-1 – ТК 3 (рис.1).

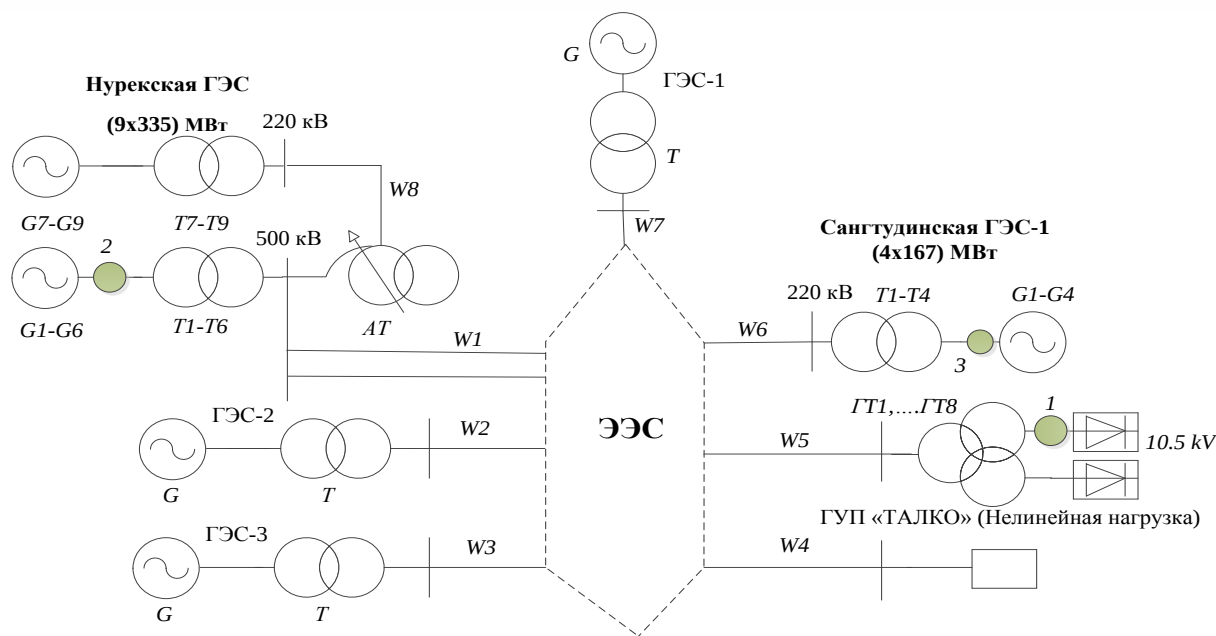


Рис.1. Электроэнергетическая система Республики Таджикистан.

Пассивные фильтры высших гармоник. Среди существующих методов компенсации высших гармоник тока и напряжения в системе электроснабжения (СЭС). Подробная информация и методы выбора пассивные ФКУ приведены на [1]. Принцип работы таких фильтров основан на явление резонанса

в электрических сетях. На рисунке 2 представлена однофазная принципиальная схема их включения. Полная компенсация резонансного ВГТ ($n = n_{рез}$) происходит тогда, когда суммарное реактивное сопротивление фильтра приблизительно будет равно нулю:

$$X_{\text{сумма}} = X_{L(n)} - X_{C(n)} \approx 0 \quad (1)$$

где $X_{L(n)}$, $X_{C(n)}$ – индуктивное и емкостное сопротивления ФКУ на резонансных частотах.

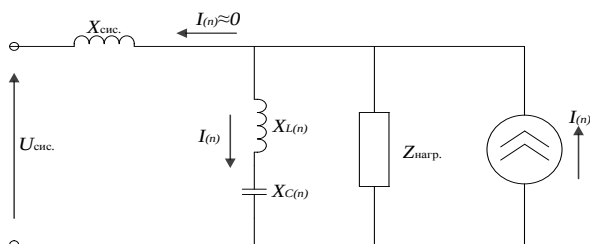


Рис.2. Однофазная принципиальная схема включения ФКУ.

Как правило, ФКУ на основной частоте является источником реактивной мощности [1], исходя из этого при его расчете следует учитывать реактивную мощность в СЭС. В соответствии вышесказанных принципов, при выборе ФКУ должны учитывать следующие основные критерии:

- при известном токе $I_{(n)}$ компенсируемой ВГ и напряжении сети $U_{(n)} \approx U_{\text{ном}}$ определить

параметры конденсаторных батарей и в том числе его установленную мощность, при которой мощность, генерируемая ФКУ в сеть, равна заданной реактивной мощности основной частоты ($Q_{(1)}$);

- в соответствии первой критерии при расчете и выбора установленной мощности конденсаторных батарей должна быть минимальна и учитывать генерируемая мощность ФКУ в сеть.

Использование пассивных фильтров для снижения уровня ВГТ. В программной среде Matlab/Simulink разработана имитационная модель ЭЭС РТ, с помощью которой выполнялась оценка уровня ВГТ в ЭЭС РТ. В качестве исходных данных приняты результаты инструментального контроля качества ЭЭ в ЭЭС РТ [14–21]. Параметры и мощности фильтра выбираем в соответствии с методикой, приведенной в [1].

Результаты моделирования представлены на рис.3.

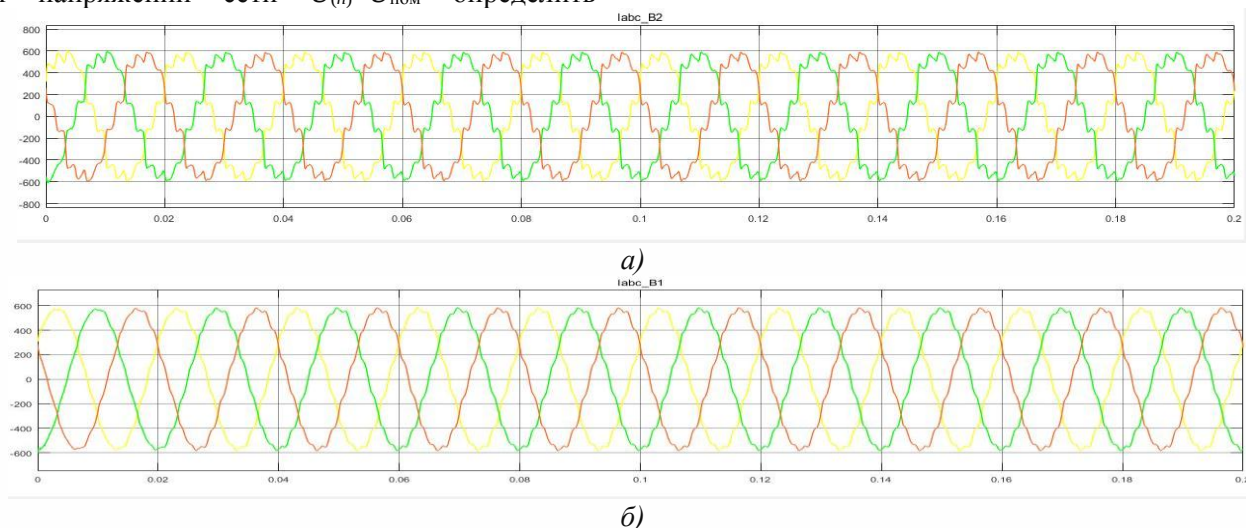


Рис.3. Осциллограммы фазных токов на выводах 10 кВ группа трансформатор (ГТ1) ГУП «ТАЛКО» до (а) и после (б) установки пассивного фильтра.

Из результатов моделирования видно, что величина ВГТ в сетях 10 кВ ГУП «ТАЛКО» до установки пассивных фильтров превышает 12 %. Однако, после установки пассивных ФКУ величина ВГТ снизилось, так, например, значение суммарного коэффициента n -го гармонического составляющая по току (K_I) уменьшилось в 4,2 раза. Значение K_I после установки пассивного фильтра снизился до 2,97 %, а коэффициент K_U составлял всего лишь 0,53 %, что значительно ниже допустимого значения.

Активные фильтры высших гармоник. Активные фильтры (АФ) в отличие от пассивных представляют собой электронные устройства, которые соединяются

параллельно или последовательно к шинам нелинейной нагрузки для компенсации высших гармонических составляющих тока. Принцип работы АФ приведен на [1], а принципиальная схема приведена на рис.4. Результаты моделирования показали, что после установки АФ, значение K_I составляла 2,1 %, что практически на 6 раз уменьшился по сравнению до его усановки (рис.5). Значения K_U уменьшился до 0,5 %.

При использовании ФКУ (рис.6) для снижения значения K_I на выводах генераторов электростанции (ТК 2 и 3) почти 1 %. Следует отметить, что при применении пассивных и активных фильтров значения коэффициента K_I на всех ТК практически не отличаются.

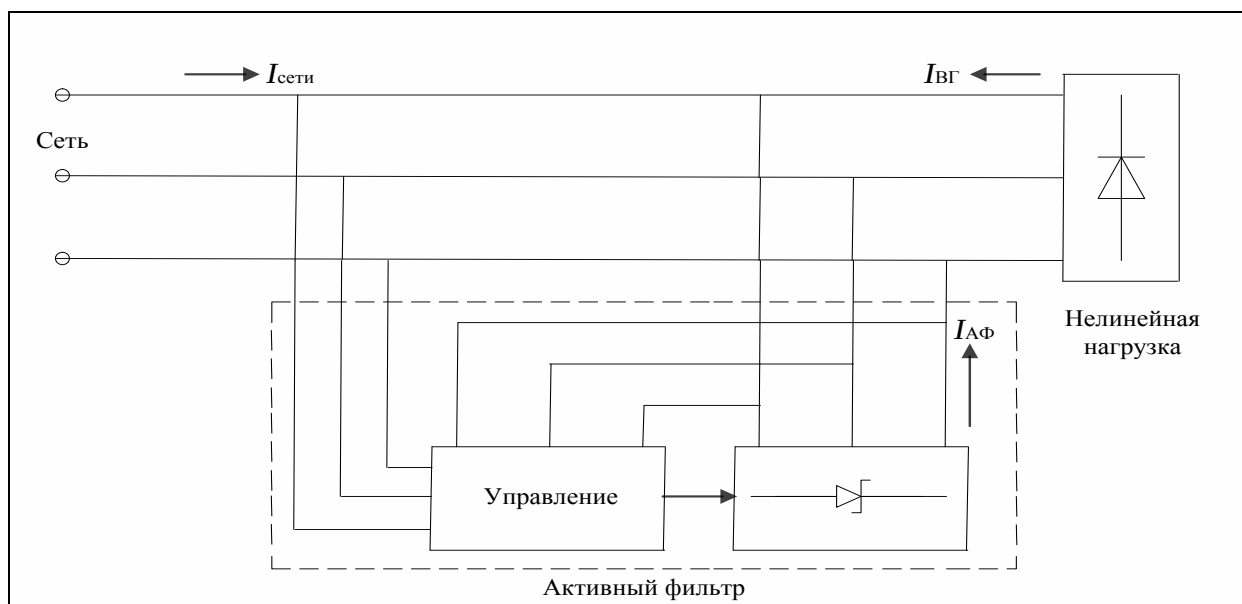


Рис.4. Схема подключения АФ параллельно к ЭП с нелинейной ВАХ.

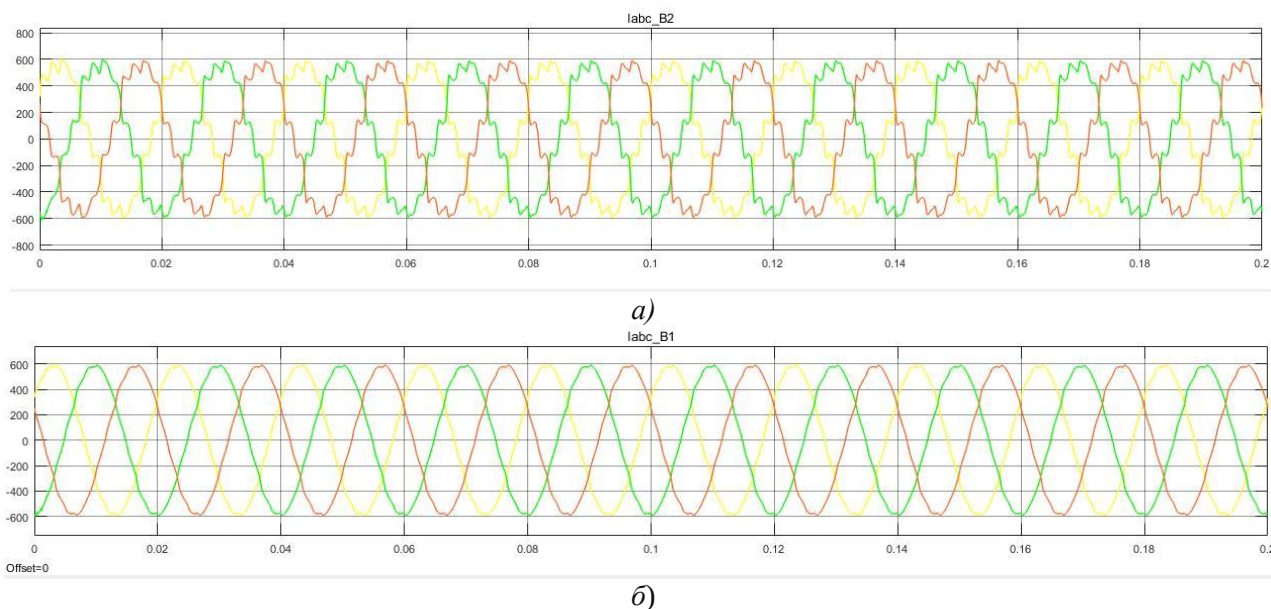


Рис.5. Осциллограммы фазных токов на выводах 10 кВ группа трансформатор (ГТ1) ГУП «ТАЛКО» до (а) и после (б) установки активного фильтра.



Рис.6. Гистограмма изменения значения суммарного коэффициента гармонических составляющих тока (в %) при применении средств компенсации токов высших гармоник.

Например, отличие коэффициента K_I в ТК 2 менее 4 %, а в точке 3 – 25 %. Поэтому с экономической точки зрения и доступности пассивных ФКУ, рационально применит их в качестве средства компенсации ВГ.

Многофазные схемы преобразования. Для преобразования переменного тока на постоянном в электрических сетях алюминиевых заводов в основном применяются многофазные схемы преобразования. Так, например, в преобразовательных трансформаторах таких предприятий используются 6, 12, 18, 24, 36 и 48-фазные схемы преобразования. Характеристика таких видов предприятий приведено в [1 – 3].

Преобразовательные установки генерируют ВГТ порядка $n = p \cdot k \pm 1$. С увеличением фазность преобразователя часть из ВГТ компенсируются, которые определяются в соответствии уравнению:

$$n = \frac{p}{2} \cdot (2 \cdot k - 1) \pm 1 \quad (2)$$

где p – пульсность преобразователя; $k = 1, 2, 3, \dots$ - число.

Известно, что 6-пульсный преобразователь генерирует нечетные гармоники порядка $n = 6 \cdot k \pm 1$. Поэтому компенсация ВГТ происходит каскадно в соответствии таблица 1. Например, на низшей ступени преобразования применяются 6-пульсные схемы, из которых формируются 12-пульсные, что позволяет компенсировать ВГТ

в соответствии выражению (2). Практика показала, что при использовании 6-пульсной и 12-пульсной схеме часть ВГТ некомпенсируются и соответственно значения некомпенсированных ВГТ при такие схемы преобразования очень высоки. Исходя из этого, для снижения некомпенсированных ВГТ на металлургических предприятиях в основном используются 18-, 24-, 36- и 48-фазные схемы преобразования. Например, при применении 18- и 36-фазных схем преобразования компенсируются ВГТ порядка $n = 11, 13, 23, 25$, а при 48-фазной – $n = 35, 37$.

Для компенсации ВГТ с помощью многофазных схем преобразования используются специальные преобразовательные трансформаторы. Компенсация осуществляется за счет обеспечения фазовых сдвигов углов токов. Подробное объяснение приведено в [1]. Фазовый сдвиг ВГТ следующим образом:

$$\alpha^{(n)} = -\alpha^{(1)} \cdot (1 \pm n) \quad (3)$$

где $\alpha^{(1)}$ – фазовый сдвиг основной гармоники тока; n – порядок гармоники; знак « $\pm$ » – зависит от последовательности гармоник тока («+» – для токов прямой последовательности; «-» – для токов обратной последовательности).

Каскадная компенсация ВГТ с помощью многофазных схем преобразования приведена в таблице 1.

Таблица 1.

Эффективность компенсации ВГ тока в m -фазных схемах преобразователей.

Схема преобразования	Порядок гармоник тока											
	5	7	11	13	17	19	23	25	29	31	35	37
6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	$_{12}$	$_{12}$	+	+	$_{12}$	$_{12}$	+	+	$_{12}$	$_{12}$	+	+
18	$_{18}$	$_{18}$	$_{18}$	$_{18}$	+	+	$_{18}$	$_{18}$	$_{18}$	$_{18}$	+	+
24	$_{12}$	$_{12}$	$_{24}$	$_{24}$	$_{12}$	$_{12}$	+	+	$_{12}$	$_{12}$	$_{24}$	$_{24}$
36	$_{12}$	$_{12}$	$_{36}$	$_{36}$	$_{12}$	$_{12}$	$_{36}$	$_{36}$	$_{12}$	$_{12}$	+	+
48	$_{12}$	$_{12}$	$_{24}$	$_{24}$	$_{12}$	$_{12}$	$_{48}$	$_{48}$	$_{12}$	$_{12}$	$_{48}$	$_{48}$

Условное обозначение:

«+»/«-» – гармоники присутствуют/отсутствуют в сетевой обмотке преобразовательного трансформатора;

$_{12}$ – пульсность схемы, за счет которой достигается компенсация ВГ.

Эффективность компенсации ВГТ оцениваются с помощью коэффициента некомпенсированности ($k_{ВГ}$):

$$k_{ВГ} = \frac{\sum_{k=1}^n I_k^{(n)}}{\sum_{k=1}^n |I_k^{(n)}|} \quad (4)$$

Тогда при полной компенсации $\sum_{k=1}^n I_k^{(n)} = 0$

и $k_{ВГ} = 0$. В целом, в зависимости от схемы преобразования, $0 \leq k_{ВГ} \leq 1$. Подробное

объяснение компенсации ВГ в многофазной схеме преобразования приведена в [1,2].

В качестве примера для компенсации ВГТ на рисунке 7 приведена 36-фазная схема преобразования. На рисунке приведены три группы кремниевопреобразовательной подстанции (КПП), каждая из которых образована двумя КПП (1 и 2, 3 и 4, 5 и 6), которые имеют одинаковые схемы

соединения обмоток трансформаторов преобразователей. Фазовый угол между каждой ветвей составляет $\alpha = 10^\circ$ ($\alpha_1 = -10^\circ$, $\alpha_2 = 0^\circ$, $\alpha_3 = +10^\circ$). Тогда для гармоник, образующих прямую последовательность, угол $\alpha_k^{(n)}$ поворота вектора n -ой $\alpha_k^{(n)} = -\alpha_0 \cdot (1-n)$, а для гармоник, образующих обратную последовательность, $\alpha_k^{(n)} = -\alpha_0 \cdot (1+n)$. Здесь $\alpha_0 = \alpha_k$.

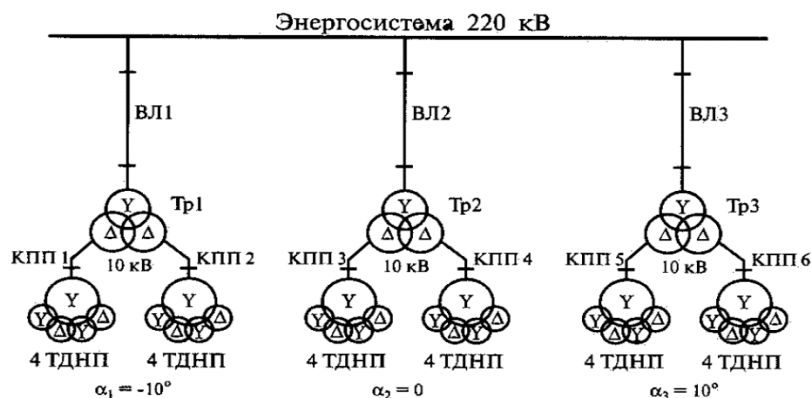


Рис.7. Фрагмент системы электроснабжения при 36-фазной схеме преобразования.

Если известно, что $\alpha_1 = -10^\circ$, тогда коэффициент нескомпенсированности в соответствии (2):

$$k = \frac{\sum_{i=1}^3 I_i^{(n)}}{\sum_{i=1}^3 |I_i^{(n)}|} = \frac{I_1^{(n)} + I_2^{(n)} + I_3^{(n)}}{I_1^{(n)} + I_2^{(n)} + I_3^{(n)}} = \frac{I^{(n)} \cdot (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2 + \cos \alpha_3)}{3 \cdot I^{(n)}} = \frac{1}{3} \cdot (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2 + \cos \alpha_3)$$

Например, при $n = 5$

$$k = \frac{1}{3} \cdot [\cos(-60^\circ) + \cos 0 + \cos(60^\circ)] = \frac{1}{3} \cdot (0,5 + 1 + 0,5) = 0,667$$

При $\alpha_1 = -10^\circ$ векторная диаграмма токов в сетевых обмотках преобразовательных трансформаторах принимает вид (рис.8).

В соответствии векторных диаграмм, приведенные на рисунке 8, можно сказать, что при 36-фазной схеме преобразования токи 11-ой гармоники полностью компенсируются ($k(11) = 0$).

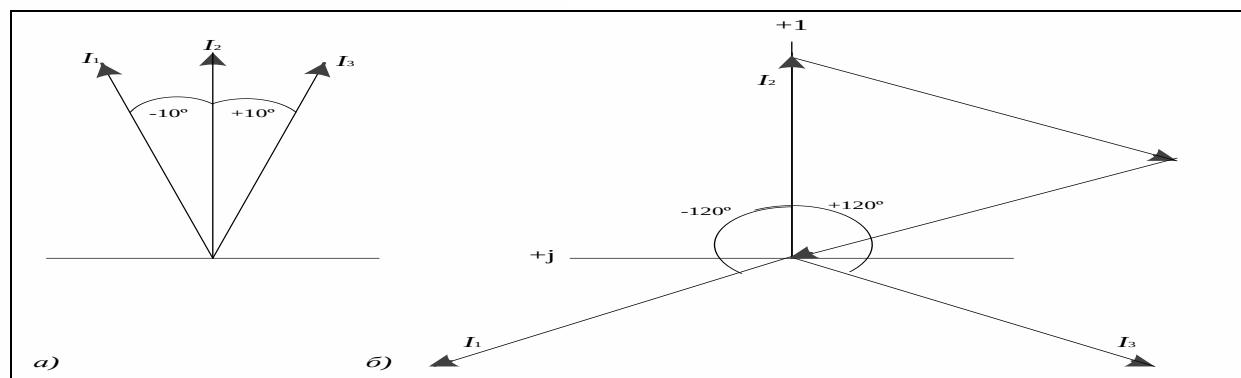


Рис.8. Векторная диаграмма токов основной частоты (а) и 11-ой гармоники (б) при 36-фазной схеме преобразования.

Из результатов расчета видно (рисунок 9), что с увеличением фазности преобразовательной установки значения коэффициента K_I в других точках контроля уменьшается. Так, например, при 18 – фазной схеме преобразования в точке контроля 2

значение $K_I = 2,35 \%$, а при 24 – фазной $K_I = 0,75 \%$. Однако при 36 – фазной схеме значения $K_I = 0,95 \%$ увеличивается. Это связано с тем, что при 36 – фазной схеме в основном токах ВГ порядка $12 \cdot n \pm 1$ полностью компенсируются, а

токов ВГ других порядок компенсируются частично или вообще не компенсируются. При этом в 24 – фазном – за исключением токов ВГ порядка $24 \cdot n \pm 1$, остальные полностью компенсируются (см. таблица 1 и рисунок 9).

При 48 – фазной схеме ВГТ практически полностью компенсируются. Поэтому целесообразно применять 48 – фазную схему преобразования.

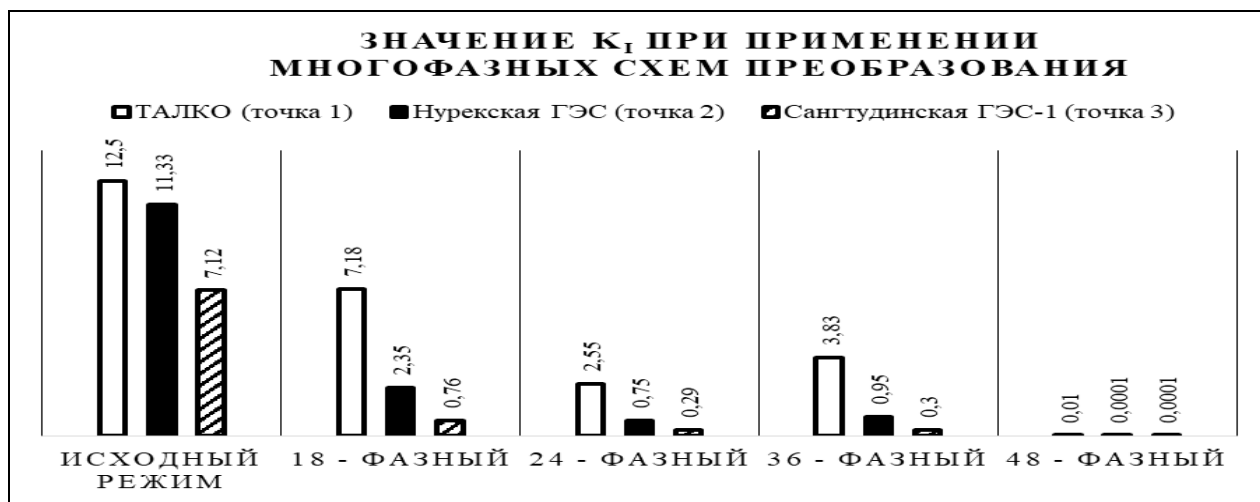


Рис.9. Гистограмма изменения значения суммарного коэффициента гармонических составляющих тока (в %) при применении многофазной схемы преобразования.

Выводы

Для компенсации ВГТ в ЭЭС РТ рекомендованы два подхода. Установка средств компенсации высших гармоник тока на выводах 10 кВ группа трансформаторов ГУП «ТАЛКО» и применение многофазных схем преобразования (на примере 36-фазного схема преобразования), также показаны эффективности применяемых способов компенсации ВГТ. Показано, что при установке фильтрокомпенсирующих устройств на выводах 10 кВ ГТ ГУП «ТАЛКО» значение коэффициента K_I в точке контроля VI (на выводах генераторов Нурекской ГЭС) уменьшается до 4 %, а на выводах генераторов Сангтудинская ГЭС №1 (точка VII) – до 25 %.

Результаты расчетов показывают, что с увеличением фазности преобразовательной установки значения коэффициента K_I на выводах генераторов электростанций уменьшаются, например, на выводах генераторов Нурекской ГЭС (ТК 2):

- при 18 – фазной схеме преобразования – $K_I = 2,35$ %;
- при 48 – фазной – $K_I = 0,0001$ %.

На выводах генераторов Сангтудинская ГЭС-1 (ТК 3):

- при 18 – фазной схеме преобразования – $K_I = 0,76$ %;
- при 48 – фазной – $K_I = 0,0001$ %.

Литература:

1. Карташев И.И. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н.

Тульский, Р.Г. Шамонов, Ю.В. Шаров, Р.Р. Насыров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 346 с.

2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И.В. Жежеленко. – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Энергоатомиздат, 1984. – 160 с.

3. Джураев Ш.Дж. Разработка алгоритма снижения влияния токов высших гармоник на режим работы гидрогенераторов: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Джураев Шохин Джураевич. – М. 2018. – 180 с.

4. Тульский В.Н. Расчет допустимой мощности синхронных генераторов при работе с преобразовательной нагрузкой / В.Н. Тульский, Ш.Дж. Джураев, Б.Дж. Инояттов // Электрические станции. 2018. №5. С. 27-34.

5. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость техниче-ских средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.

6. Тульский В.Н. Анализ результатов моделирования распределения высших гармоник тока в электрических сетях Республики Таджикистан / В.Н. Тульский, Ш.Д. Джураев, Валянский А.В., Султонов Ш.М. / Энергетик. 2018. № 7. С. 44-50.

7. Shokhin D. Dzhuraev, Vladimir N. Tulsy, Andrey V. Valianskii, Hamdy M. Sultan, Bekhruz J. Inoyatov. Analysis of the Results of Higher Harmonic Modeling in the Electric Networks of the Republic of Tajikistan with Various Voltage Levels // IEEE Conference of Russian Young

Researchers in Electrical and Electronic Engineering, IEEE Russia North West Section. - January 29 - February 01, 2018. - Saint Petersburg, Electrotechnical University «LETI», St. Petersburg, Russia: 2018. Section 7.- P. 616 - 621.

8. Джураев Ш.Дж., Султонов Ш.М. Обеспечение качества электрической энергии в энергосистемах, содержащих нелинейную нагрузку // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. №1 (41) - 2018 - С.20-33.

9. Амирханов А.С. Оценка результатов моделирования распределение высших гармоник тока в системе электроснабжения алюминиевого завода / А.С. Амирханов, М.М. Камолов, Х.Б. Назиров, С.Т. Исмоилов, Ш.Д. Джураев//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2019. № 2 (46). С. 14-20.

10. Шведов Г.В. Структурный анализ потерь электроэнергии в электрических сетях 35-500 кВ Республики Таджикистан / Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, Х.Б. Назиров//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. -2018. №1(41). С. 74-86.

11. Чоршанбиев С.Р. Расчет потерь электроэнергии в высоковольтных городских электрических сетях г. Душанбе Республики Таджикистан/С.Р. Чоршанбиев, Г.В. Шведов//Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии (ПЭЭЭ-2017): сб. тр. V Всероссийской нацнотехнической конференции (к 50-летию юбилею кафедры "Электроснабжение и электротехника" Института энергетики и электротехники) ТГУ, 01-06 ноября 2017 г. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. С. 178-183.

12. Joao Afonso L. Active Filters for Power Quality Improvement / Joao L. Afonso, H.J. Ribeiro and Julio S. Martins. // 2001 IEEE Porto Power Tech, 10-13 Set. – Porto, Portugal. – P. 1 – 8.

13. Venkata Ramana B. Analysis of Active and Passive Power Filters For Power Quality Improvement under Different Load Conditions / B. Venkata Ramana, S. Dayasagar Chowdary, G. Venkata Ratnam. // International Journal of Advanced Research in Electrical. – Electronics and Instrumentation Engineering, Issue 8. – August 2014. – P. 11102 – 11115.

14. Шаров Ю.В., Тульский В.Н., Джураев Ш.Д., Иноятв Б.Д., Чоршанбиев С.Р. Инструментальная оценка качества электроэнергии в энергосистеме Республики Таджикистан / Управление качеством электроэнергии: сборник трудов меж. научн.-

прак. конф., 23-25 ноября 2016 г. М.: Издательский дом МЭИ, 2017. С. 219- 226.

15. Тульский В.Н. Современное состояние и перспективы обеспечения качества электроэнергии в электрических сетях открытой акционерной холдинговой компании «Барки Точик» / В.Н. Тульский, Х.Б. Назиров, Ш.Дж. Джураев, Б.Дж. Иноятв // Вестник МЭИ. 2018. №1. С. 34-40.

16. Chorshanbiev S. R., Shvedov G. V., Nazirov K. B., Ganiev Z. S. Analysis of the influence of the operation of network-driven inverters of solar power plants on the operation mode of 0.4 kV electrical network in terms of electromagnetic compatibility// 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2019, pp. 946-950.

17. Shvedov G.V. Analysis and Evaluation of Potential of Renewable Energy Resources of Republic of Tajikistan 2018 International Ural Conference on Green Energy (UralCon). October 4-6, 2018, Chelyabinsk, Russia: 2018. Pp. 26-33.

18. Ковыркин А.В., Морсин И.А., Чоршанбиев С.Р., Шведов Г.В. Оценка влияния распределенной солнечной генерации на энергоэффективность электросетевой организации//Энергосбережение - теория и практика труды Девятой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. 2018. С. 187-191.

19. Шведов Г.В. Методика управления генерацией солнечных батарей по критерию минимизации относительных потерь электроэнергии в электрических сетях/ Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, Ш.Д. Джураев // Вестник Московского энергетического института. 2019. № 1. С. 20-28.

20. Tulskey V.N. [and others]. Study and Analysis of Power Quality of Electric Power System. Case Study: Republic of Tajikistan / IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, IEEE Russia North West Section. January 29 - February 01, 2018. Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI», St. Petersburg, Russia: 2018. Section 7. Pp. 837-843.

21. Джураев Ш.Дж. Анализ качества электроэнергии в электрических сетях ГУП «ТАЛКО» [Текст]: XXII Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» (25 - 26 февраля 2016 г.) / Ш.Дж. Джураев, В.Н. Тульский. - М.: Издательский дом МЭИ, 2016. - Т. 3. - С. 285.

**ЧУБРОНКУНИИ ЧАРАЁНҲОИ
ГАРМОНИКАҲОИ ОЛӢ ДАР
СИСТЕМАҲОИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИИ
ДОРОИ БОРИ ХАРАКТЕРИ ВОЛТ-
АМПЕРИИ ҒАЙРИХАТӢ ДОШТА**

Ш. Ҷ. Ҷӯраев

Дар мақола ҳолати кунунӣ ва ояндаи таъмини сифати энергияи электрикӣ дар системаи электроэнергетикии Ҷумҳурии Тоҷикистон нишон дода шудааст. Дар асоси ченкунии асбоби сифати энергияи электрикӣ ва баррасии адабиёти ватанӣ ва хориҷӣ сабабҳои паст шудани сифати энергияи электрикӣ дар системаи электроэнергетикии мазкур муайян карда шудааст. Барои таъмини сифати энергияи электрикӣ ва кори муътадили таҷҳизоти электрикии неругоҳҳои обии барқӣ, роҳҳои кам намудани таъсири ҷараёни гармоникаҳои олиро ба речаи кори таҷҳизоти электрикӣ пешниҳод шудааст. Дар асоси модели математикии системаи электроэнергетикии Ҷумҳурии Тоҷикистон самаранокии ҷуброн намудани ҷараёнҳои гармоникаҳои олӣ дар системаи мазкур нишон дода шудааст. Инчунин ҷорабиниҳои техникӣ барои таъмини сифати энергияи электрикӣ дар системаи электроэнергетикии тадқиқшаванда пешниҳод шудааст.

Калимаҳои калидӣ: ҷуброн, гармоникаҳои олӣ, сифати энергияи электрикӣ, системаи электроэнергетикӣ, баҳодиҳии асбобӣ, тадқиқ, характеристикаи волт-амперӣ.

**COMPENSATION HIGH CURRENT
HARMONICS IN ELECTRICAL POWER
SYSTEMS CONTAINING POWER-
CONSUMING EQUIPMENT WITH LINEAR
CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS**

Sh. D. Dzhuраev

The article deals with the state of the power system of the Republic of Tajikistan on the quality of electricity. The results of instrumental measurement of power quality indicators in the studied power system are presented and the reasons for the deterioration of power quality are identified. In order to ensure the quality of electricity and normal operation of hydroelectric power stations' electrical equipment, methods are proposed to reduce the influence of higher harmonic current components on the operation mode of the station's electrical equipment. Using a mathematical model of the power system under study, the efficiency of compensation of higher current harmonics is shown. Technical measures for compensation of higher current harmonics in the power system of the Republic of Tajikistan are also proposed.

Keyword: Compensation, higher harmonics, electric power quality, electric power system, instrumental assessment, analysis, the current - voltage characteristic

Сведение об авторе:

Джураев Шохин Джураевич – к.т.н., ассистент кафедры «ТОР и Э» ТТУ имени академика М.С. Осими,
E-mail: dzhuраevsh@mail.ru

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ ШТРАФНЫХ САНКЦИЙ**

Э. М. Султаналиева, Г. М. Султаналиева

Национальный исследовательский университет «МЭИ» г. Москва, Российская Федерация

Прогнозирование электропотребления становится по настоящему актуальной проблемой. В энергетической сфере понятие прогнозирования тесно связано с понятием планирования. Всем участникам рынка энергетических услуг необходимо составление максимально точного расчета объемов электрической энергии (ЭЭ). Потребителям знание данной величины позволит скорректировать расчет денежных средств на покупку энергетических ресурсов, энергосбытовым компаниям – снизить убытки, которые могут возникнуть из-за нехватки или, напротив, избытка запланированной для поставки ЭЭ. Современное законодательство предоставляет потребителям энергии выбирать сбытовую компанию, а сбытовой компании определять количество энергии,

реализованной на различных условиях, таких как договорная цена, свободная цена, определяемая рынком, а также повременная и позонная тарификация. Сложности, возникающие с необходимостью повышения точности планирования у энергосбытовых компаний, усугубляются проведенной реструктуризацией данной области промышленности [1]. Основная цель реформирования ЭЭ России – повышение эффективности предприятий отрасли, создание условий для ее развития на основе стимулирования инвестиций, обеспечение надежного и бесперебойного энергоснабжения потребителей. Повышение точности получаемого прогноза при планировании будущего потребления энергоресурсов должно являться одной из составляющих политики снижения издержек энергосбытовой компании

как следствие, повышения конкурентоспособности на обновленном рынке энергетических услуг.

Ключевые слова: график нагрузки, прогнозирование электропотребления, электрическая нагрузка, среднеквадратичное отклонение, штрафы за превышение прогноза и недобора мощностей.

Графики электрических нагрузок (ГЭН) позволяют правильно подойти к выбору основного оборудования подстанций и промышленных предприятиях – трансформаторов, компенсирующих устройств, кабелей и наметить наиболее экономичный режим их работы. В условиях действующего предприятия ГЭН помогают выявить основные показатели электрических нагрузок, которые необходимы для проектирования электроснабжения аналогичных производств.

Суточные графики показывают изменение нагрузок в течение суток. Их строят по показаниям счетчиков активной и реактивной энергии через каждый час либо каждые полчаса (для выявления получасового максимума нагрузки).

В проектировании используют типовые суточные графики, характерные для данного вида производства, в которых максимальная суточная нагрузка принята за единицу или за

100 %, а остальные нагрузки выражены в долях единицы или в процентах. Для построения конкретного суточного графика необходимо знать максимальную нагрузку и иметь типовой суточный график.

Для анализа и сопоставления показателей, полученных на одном предприятии, с показателями аналогичных производств других предприятий необходимо графики электрических нагрузок дополнять данными, характеризующими технологию производства в соответствующий графикам период времени.

Таким образом, точное прогнозирование – это важная задача, грамотное решение которой необходимо и целесообразно с точки зрения экономии и снижения затрат на ЭЭ. Для государственного унитарного предприятия “Строительство и эксплуатация промышленных объектов” (ГУП “Стройэкспром”) произведен месячный прогноз потребления ЭЭ на сентябрь и октябрь 2016 года и посуточный прогноз за тот же период, которая приведена в табл. 1. В данной работе проанализировано электропотребление по усредненным значениям нагрузки, построены графики нагрузки (ГН). ГН дают возможность более рационально выполнить систему электроснабжения, а также поддерживать нормальный режим работы, следить за потреблением и планировать расход ЭЭ [2].

Таблица 1.

Месячный прогноз потребления ЭЭ на сентябрь 2016 года ГУП “Стройэкспром”.

Время, ч	P, МВт.ч	P _{ср} , МВт.ч	СКО	СКО, %	Штраф за превышение прогноза, руб/ МВт.ч	Штраф за недобор, руб./МВт.ч
1:00	263,49	11,976	0,459	3,83	10,73	420,97
2:00	261,622	11,891	0,411	3,46	28,96	153,86
3:00	263,911	11,995	0,378	3,15	30,17	67,16
4:00	263,018	11,955	0,407	3,41	132,51	41,51
5:00	262,175	11,917	0,371	3,11	183,82	37,77
6:00	263,626	11,983	0,381	3,18	457,43	9,72
7:00	261,199	11,872	0,385	3,25	346,01	48,87
8:00	273,118	12,414	0,475	3,82	533,63	132,24
9:00	308,074	14,003	0,449	3,20	207,35	76,32
10:00	337,759	15,352	0,420	2,74	242,32	49,0
11:00	350,177	15,917	0,415	2,74	182,31	182,24
12:00	357,788	16,263	0,445	2,61	85,33	212,83
13:00	352,129	16,005	0,543	3,39	136,16	201,75
14:00	353,075	16,048	0,442	2,75	227,74	141,62
15:00	352,158	16,007	0,472	2,95	252,01	372,75
16:00	352,456	16,020	0,476	2,97	153,85	365,37
17:00	347,071	15,775	0,424	2,69	511,78	277,2
18:00	334,418	15,200	0,487	3,21	668,36	312,98
19:00	308,98	14,044	0,456	3,25	559,75	235,6
20:00	294,044	13,365	0,438	3,28	231,57	540,0
21:00	290,393	13,199	0,389	2,94	63,62	574,4
22:00	280,998	12,772	0,463	3,63	24,77	417,19
23:00	271,207	12,327	0,438	3,55	2,05	775,93
0:00	263,795	11,990	0,516	4,31	5,43	1026,3
Сумма	7266,681	330,303			5305,1	6673,7

Как видно в табл.1 в среднем за сентябрь СКО составляет 3,2 % от среднего значения мощности за месяц, минимальное значение (2,6 %) приходится на двенадцатый час, в этот час предприятие потребляет наибольшую мощность. Максимальное СКО (4,3 %) приходится на двенадцатый час ночи.

На основе полученного результата, приведенного в табл.1 построим ГЭН, который показан на рис.1.

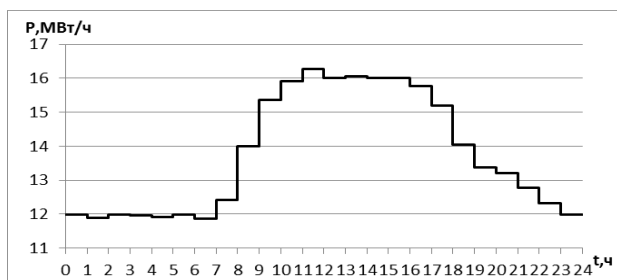


Рис.1. ГЭН за сентябрь ГУП "Стройэкспром".

На данном графике мы видим, что у предприятия не равномерный ГН, с характерно выраженными пиковыми значениями и минимумами, и разница между ними значительная [3-6].

Одним из основных интегральных показателей энергоэффективности использования поступающей на предприятие энергии является ГЭН. Неравномерный суточный график потребления ЭЭ снижает энергоэффективность производства, передачи и потребления ЭЭ. На каждом из этих этапов требуется установка дорогостоящего оборудования с завышенными характеристиками, которое работает на своих номинальных значениях лишь незначительный промежуток времени. Дополнительной проблемой является увеличение потерь ЭЭ в сетях в связи с неравномерностью ГЭН. Это значительно влияет на срок службы электрических сетей и их электрооборудования.

Регулирование электропотребления существенным образом влияет не только на процессы выработки ЭЭ, но и на процессы ее передачи. Задача повышения энергоэффективности производства является очень важной и продиктована прежде всего соображениями конкурентоспособности. От ее эффективного решения нередко зависит выживание предприятий, а в некоторых случаях и целых отраслей народного хозяйства. Существует множество способов ее повышения, зачастую связанных с внедрением новых технологий и изменением технологического процесса. Разработка подхода к рациональному использованию накопителей энергии с учетом исходного переменного ГЭН позволит существенно снизить не только затраты на

потребление ЭЭ предприятием, но и затраты при ее производстве.

Построение месячных ГЭН производится с целью определения расхода ЭЭ на производственные или непроизводственные нужды. При анализе таких графиков можно выделить потребление ЭЭ в будни и выходные (праздничные) дни, периоды, в течение которых имеет место наибольшее потребление.

Режимы работы потребителей ЭЭ не остаются постоянными, а непрерывно изменяются в течение суток, недель и месяцев года. Соответственно изменяется и нагрузка всех звеньев передачи и распределения ЭЭ и генераторов электрических станций. Изменение нагрузок электроустановок в течение времени принято изображать графически в виде ГЭН. Различают графики активных и реактивных нагрузок. По продолжительности графики нагрузки делятся на сменные, суточные и годовые. В условиях эксплуатации изменения нагрузки по активной и реактивной мощности во времени представляют в виде ступенчатой кривой по показаниям счетчиков активной и реактивной ЭЭ, снятыми через одинаковые определенные интервалы времени (30 или 60 мин).

На практике потребителю невозможно предсказать свой прогноз электропотребления абсолютно точно. При планировании будущего потребления имеют место неточности – потребитель или завышает, или занижает ожидаемое энергопотребление. Аналогично, по результатам проведенных расчетов в табл.1 можно провести расчет и планирование потребления электроэнергии за октябрь, отталкиваясь от средней нагрузки сентября (рис.2).

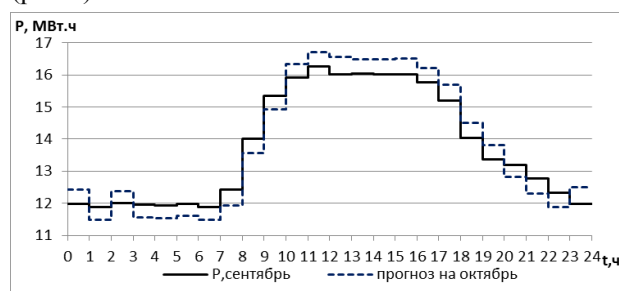


Рис.2. График планируемой нагрузки за октябрь от средней мощности сентября.

Контролируя нагрузку объекта, можно проследить в какое время суток идут штрафы за превышение прогноза, а в какое за недобор мощности. С учетом этого ГН при планировании регулируется в сторону завышения или занижения прогнозных значений на расчетную величину, что позволит относительно простыми методами уменьшить штрафные санкции из-за невозможности точного планирования [7,8,9].

Таблица 2.

Месячный прогноз потребления ЭЭ на октябрь 2016 года ГУП “Стройэкспром”.

Время, ч	P, МВт.ч	P _{ср} , МВт.ч	СКО	СКО, %	Штраф за превышение прогноза, руб/ МВт.ч	Штраф за недобор, руб./МВт.ч
1:00	260,085	12,385	670,4939	5,41	0,04	931,7
2:00	261,468	12,45	718,9634	5,77	0	1413,3
3:00	260,72	12,415	648,7661	5,22	9,4	339,1
4:00	263704	12,557	536,6769	4,27	29,7	323,3
5:00	260,79	12,418	599,0235	4,82	228,8	156,4
6:00	261,854	12,469	493,8274	3,96	435,25	0
7:00	262,812	12,514	638,8551	5,1	502,71	0,1
8:00	274,319	13,062	685,4213	5,24	447,38	113,3
9:00	308,695	14,699	532,4557	3,62	401,25	0,5
10:00	339,12	16,148	616,5663	3,81	286,26	50,5
11:00	347,445	16,545	632,8169	3,82	226,98	205,5
12:00	351,981	16,761	765,3018	4,56	123,59	508
13:00	352,17	16,771	678,5621	4,04	39,60	412,5
14:00	350,99	16,713	704,1982	4,21	103,49	455,7
15:00	349,703	16,652	592,1409	3,55	5,31	404,9
16:00	350,191	16,675	519,3598	3,11	16,44	391,4
17:00	346,486	16,499	649,1581	3,93	45,67	428,1
18:00	333,832	15,896	721,9127	4,54	220,89	62,8
19:00	313,514	14,929	590,7221	3,95	238,52	77,4
20:00	295,442	14,068	663,4129	4,71	63,00	528,9
21:00	291,563	13,883	619,317	4,46	0	1421,7
22:00	280,237	13,344	650,2038	4,87	0	2040,5
23:00	273,027	13,001	711,0641	5,46	0	3227,4
0:00	262,946	12,521	680,2773	5,43	0	2365,4
Сумма	270693,4	345,375			3424,3	15859,4

В табл.2. рассмотрено фактическое потребление ЭЭ за октябрь. В среднем за октябрь СКО составила 4,5 % от среднего значения мощности за месяц, минимальное значение (3,1 %) приходится на 16:00, в этот час предприятие потребляет наибольшую мощность. Максимальное СКО (5,77 %) приходится на два часа ночи. На основе полученного результата, приведенного в табл.2 построим ГН (см. рис.3).

Фактический график нагрузки может быть получен с помощью регистрирующих приборов, которые фиксируют изменения соответствующего параметра во времени. Перспективный ГЭН потребителей определяется в процессе проектирования. Для его построения надо располагать прежде всего сведениями об установленной мощности электроприемников.

В результате проведенного анализа видно, что фактическое потребление оказалось больше планового. Наибольшее значение электропотребления за исследуемый месяц

(октябрь) приходится с 10:00 – 18:00. Далее рассмотрены штрафы за превышение прогноза и недобор в будние дни за сентябрь и октябрь 2016 года.

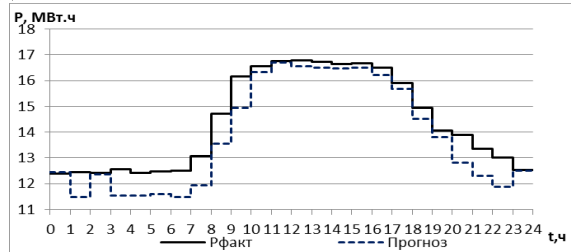


Рис. 3. График нагрузки за октябрь (фактический и прогноз).

В табл.3 представлены штрафы за сентябрь и октябрь 2016г. Где штрафы за превышение прогноза за сентябрь составило 5305,16 руб./МВт.ч, штраф за недобор составило 6673,780 руб./МВт.ч. Также за октябрь штрафы за превышение прогноза составил 3424,32 руб./МВт.ч и штрафы за недобор составил 15859,43 руб./МВт.ч [10].

Таблица 3.

Штрафы за превышение прогноза и недобор в будние дни за сентябрь и октябрь 2016 года ГУП
“Стройэкспром”.

Дни	Штрафы за превышение прогноза, руб/ МВт.ч	Штрафы за недобор руб/МВт.ч,	Дни	Штрафы за превышение прогноза, руб/ МВт.ч	Штрафы за недобор руб/МВт.ч,
01.09.2016	2,64	424,126	03.10.2016	1197,82	0
02.09.2016	1,730	999,976	04.10.2016	847,165	0
05.09.2016	175,174	275,043	05.10.2016	129,944	34,65
06.09.2016	42,897	342,862	06.10.2016	49,147	44,945
07.09.2016	197,207	25,082	07.10.2016	388,96	0
08.09.2016	20,778	156,427	10.10.2016	35,729	61,815
09.09.2016	60,812	49,429	11.10.2016	63,619	35,972
12.09.2016	170,051	522,973	12.10.2016	375,11	0
13.09.2016	1094,62	35,138	13.10.2016	212,24	1139,914
14.09.2016	1318,28	0,038	14.10.2016	1,005	790,796
15.09.2016	335,328	32,538	17.10.2016	1,360	1695,866
16.09.2016	124,533	16,698	18.10.2016	1,705	615,155
19.09.2016	298,804	36,903	19.10.2016	0	1651,373
20.09.2016	1111,02	148,09	20.10.2016	0	2049,344
21.09.2016	76,649	235,11	21.10.2016	0	998,325
22.09.2016	29,16	421,59	24.10.2016	0	294,855
23.09.2016	7,416	279,003	25.10.2016	0	635,367
26.09.2016	128,464	263,533	26.10.2016	0	2291,75
27.09.2016	3,825	583,096	27.10.2016	0	1800,97
28.09.2016	40,332	741,016	28.10.2016	120,51	783,25
29.09.2016	52,636	602,127	31.10.2016	0	935,062
30.09.2016	12,793	482,965			
Сумма	5305,1	6673,7	Сумма	3424,3	15859,4

Построив графики штрафов, можно наглядно увидеть изменение значение штрафов за превышение прогноза и недобор. Заранее прогнозировать в какое время будет штраф за превышение или недобор за какой время, и какой величины сделать невозможно, но можно проследить, в какое времени суток будут штрафы за превышение или недобор мощности. Учитывая этих параметров, можно при планировании адаптироваться, и сделать завышения или занижения прогноза проследив ГН. В графиках наблюдается, что в основном штрафы за превышение прогнозов берутся в рабочие часы времени суток, где наблюдается высокое потребление электроэнергии, а за недобор в основном берутся, там, где имеет наименьшее потребление электроэнергии, в ночные часы и в выходные дни.

Выводы

Для рационального проектирования электроустановок и их эксплуатации необходимо знать изменение нагрузок в течение смены,

суток, месяца, года. Это изменение характеризуется ГЭН. ГЭН – это кривая (диаграмма), показывающая изменение нагрузок за определенный промежуток времени. Обычно ГЭН строятся и анализируются за базисное время, кратное длительности законченного технологического цикла.

При оптимальном планировании ГЭН с учетом особенностей назначения штрафных санкций величина штрафов может быть сведена к минимуму, особое внимание следует уделять часам с наибольшими штрафами, регулярно контролируя нагрузку объекта. Регулярно контролируя нагрузку, можно проследить в какое время суток идут штрафы за превышение прогноза, а в какое за недобор мощности.

Литература:

1. Постановление: №442. О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии. Постановление

Правительства РФ: издание официальное: утвержден и введен в действие постановлением Правительства РФ от 04 мая 2012 года №442: введен впервые: дата введения: 2012-04-06 / разработан: Правительством РФ – Москва. – 2012. 3008 с. – Текст: непосредственный.

2. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: монография / Кудрин Б.И. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2007. – 672 с. – Текст: непосредственный.

3. Филатова Е. С. Система краткосрочного прогнозирования электропотребления / Е. С. Филатова, Д. М. Филатов, А. Д. Стоцкая // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10–1. – С.46–50. – Текст: непосредственный.

4. Кирпичникова И. М. Исследование методов прогнозирования электропотребления сбытового предприятия / И.М. Кирпичникова, К.Л. Соломахо // Журнал: «Электротехнические системы и комплексы». – 2014. – № 3. – С. 39–43. – Текст: непосредственный.

5. Грицай А.С. Классификация методов краткосрочного прогнозирования электропотребления для субъектов ОРЭМ / А.С. Грицай, Д.А. Тюньков // Актуальные вопросы энергетики: материалы Всерос. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов. – Омск. – 2016. – С. 41–45. – Текст: непосредственный.

6. Заименко А.А. Сравнительный анализ точности прогнозирования электропотребления / А.А. Заименко, А.В. Малащенко, А.В. Докучаев, В.С. Олейник // Труды X Междун. науч. конференции. – 2012. – С. 447-449. – Текст: непосредственный.

7. Матюнина Ю.В. Адаптация типового графика нагрузки с учетом штрафных санкций / Ю.В. Матюнина, Э.М. Султаналиева // Сборник статей по материалам XLIX Международной научно-практической конференции с элементами научной школы. под общ. ред. Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной: «Фёдоровские чтения — 2019» (20-22 ноября). – Москва: Национальный исследовательский университет "МЭИ". – 2019. – С. 256 – 262. – Текст: непосредственный.

8. Матюнина Ю.В. Оценка штрафных санкций при неточном планировании графика нагрузки / Ю.В. Матюнина, М.Е. Малыш, Э.М. Султаналиева // Сборник статей по материалам XLVII Международной научно-практической конференции с элементами научной школы. «Фёдоровские чтения - 2017» (15-17 ноября) –

Москва: Национальный исследовательский университет "МЭИ". – 2017. – С. 123 – 128. – Текст: непосредственный.

9. Акционерное общество «Мосэнергосбыт»: официальный сайт. – Москва. – URL: <http://www.mosenergosbyt.ru/> (дата обращения: 07.05.2020) – Текст: электронный.

10. Особая экономическая зона «Технополис «Москва»: официальный сайт. – Москва. – URL: <http://www.technomoscow.ru/> (дата обращения: 07.05.2020) – Текст: электронный.

ПЕШГУИҲОИ ЧАДВАЛИ БОР БАРОИ КОРХОНАҲОИ САНОАТӢ БО ИСТИФОДАИ МУҶОЗОТИ ҶАРИМАВӢ Э.М. Султаналиева, Г.М. Султаналиева

Пешгуиҳои чадвали бори истеъмоли қувваи барқ чун ҳамешагӣ яке аз масъалаҳои дахлдор ба шумор меравад. Дар соҳаи энергетика мафҳуми пешгӯӣ маънои ба ҳисоб гирифтани нерӯи барқи истифодашударо дорад. Қобили қайд аст, ки тамоми иштироккунандагони бозори хизматрасонии энергетикӣ бояд ҳисоботи пешакии максималии амиқи нерӯи электрикиро дошта бошанд. Истеъмолкунандагон аз ин ҳисоботи амиқ метавонанд ҳисоби омории худро амиқу дақиқ нисбат ба хариди нерӯи электрикӣ ба танзим дароварда, зиёни овардашударо бартараф намояд. Қонунҳои ҳозиразамон имконият медиҳад, ки истеъмолкунанда компанияи энергетикиро худ интиҳоб намояд, ки дар мадди аввал компанияҳои зикршуда сифати нерӯи электрикиро таъмин бояд намоянд ва ин имкон медиҳад, ки истеъмолкунанда метавонад шароитҳои мусоиди худро пешкаш кунад, аз қабилӣ нархи шартномавӣ, нархи озод, ки бозори энергетикӣ пешниҳод менамояд. Аммо барои компанияҳои энергетикӣ як қатор мушкилотро ба монанди корхонаҳои саноатӣ ҷӯр намуданаш мумкин аст [1]. Мақсади асосии истехсолкунандагони нерӯи электрикии Россия баландбардории таъсиринокии корхонаҳои саноатӣ, аз қабилӣ шароит муҳаё намудан барои пешравии техникаву технология, таъмин намудани эътимодияти воло ва беаҳдуд таъмин намудани нерӯи электрикӣ мебошад.

Калимаҳои калидӣ: чадвали бор, пешгуиҳои истеъмоли қувваи барқ, бори электрикӣ, майлхӯрии миёна, ҷарима барои афзудани пешгӯӣ ва норасоии тавоноӣ.

FORECASTING LOAD SCHEDULES FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES, TAKING INTO ACCOUNT PENALTIES

E. M. Sultanalieva, G. M. Sultanalieva

Predicting power consumption is becoming a really urgent problem. In the energy sector, the concept of forecasting is closely related to the concept of planning. All participants in the energy services market need to make the most accurate calculation of the volume of electric energy (EE). Knowledge of this value will allow consumers to adjust the calculation of funds for the purchase of energy resources, and energy sales companies to reduce losses that may arise due to a shortage or, on the contrary, an excess of the planned EE supply. Modern legislation allows energy consumers to choose a sales company, and the sales company to determine the amount of energy sold under various conditions, such as the contract price, the free price determined by the market, as well as time and position pricing. The difficulties arising from the need to improve the accuracy of planning for power supply companies are compounded by the restructuring of this industry [1]. The main goal of the Russian EE reform is to increase the efficiency of the industry's enterprises, create conditions for its

development based on investment incentives, and ensure reliable and uninterrupted energy supply to consumers. Improving the accuracy of the obtained forecast when planning future energy consumption should be one of the components of the energy sales company's cost reduction policy, as a result, increasing competitiveness in the updated energy services market.

Key words: load schedule, power consumption forecast, electrical load, standard deviation, penalties for exceeding the forecast and insufficient capacity.

Сведения об авторах:

Элиза Максатбековна Султаналиева, аспирант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий и электротехнологий», НИУ «МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14.
Тел: +7 (964) 705 24 35.
E-mail: energo_fak@bk.ru

Гулиза Максатбековна Султаналиева, аспирант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий и электротехнологий», НИУ «МЭИ», г. Москва,
Тел: +7 (965) 218 40 95
E-mail: lizalzasultan@gmail.com

ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ФЛЮСОВ ИЗ МЕСТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

И. А. Ахмадшоев, Р. С. Рафиев, К. Дж. Суяров, Дж. Р. Рузиев, Н. А. Наимов

Таджикский национальный университет

В данной работе приведены термодинамические параметры процесса получения флюсов из местного минерального сырья и отходов производства. Для выяснения возможности протекания химических реакций при взаимодействии между солевыми компонентами в интервале температур 298-1073K был осуществлён расчёт изменения термодинамических параметров и значения констант равновесий реакций при разных температурах. Сравнение зависимостей изменения теплоёмкости и энтальпии реакций от температуры свидетельствует о сходстве значений влияния температуры на изменения термодинамических параметров. В результате проведённых расчётов термодинамических величин исследуемых реакций при различных температурах выяснилось, что в процессе

плавления флюсов изменения значения энергии Гиббса отрицательны.

Ключевые слова: флюс, криолит, флюорит, хлорид натрия, рафинирования алюминия, энергия Гиббса, энтальпия, теплоёмкость, энтропия.

Введение

При плавлении алюминия, особенно при переплавке литейных отходов, обычно в том или ином количестве, образуются оксиды алюминия и других металлов, а также неметаллические загрязняющие соединения. Такие загрязнения находятся в жидких или твердых фазах, которые снижают качество металла. Эти включения проникают в алюминиевый расплав от загрязнённых инструментов, материалов литейных форм, шлака, футеровки печи, оксидов алюминия и других загрязняющих соединений.

Современные рафинирующие флюсы изготавливаются на основе натрий- и калийсодержащих солей, и других видов соединений. Такие компоненты имеют низкую температуру сублимации (1155 и 1103 К соответственно), поэтому их использование сопровождается обильным дымовыделением. Дымы представляют собой аэрозольные системы, содержащие образовавшиеся в процессе плавления газы (CO , CO_2 , H_2 , N_2 , H_2O , NO и др.), твердые частицы оксидов металлов, а также частицы, десорбированные с поверхности компонентов шихты. Они опасны для здоровья работающего персонала и состояния окружающей среды уже при температурах жидкого алюминия и резко ухудшают экологическую обстановку. Образующиеся газы и дым увлекают за собой дисперсные частицы шихтовых материалов и могут приводить к значительным (до 3-10% от массы проплавляемой шихты) выбросам и потере полезных элементов. Для очистки отходящих газов и улавливания ценных веществ требуются затраты, размер которых зачастую превышает стоимость технологического оборудования.

Теоретический анализ, проведенный в работе [1], показал, что процесс рафинирования алюминиевого расплава обусловлен адсорбционными и адгезионными процессами, которые, как правило, протекают одновременно. Равновесие реакции образования неметаллической фазы в условиях непрерывного изменения температуры расплава не успевает установиться ввиду трудности гомогенного зарождения включений, недостатка гетерогенных зародышей и ограниченной скорости доставки к ним компонентов [2]. Поэтому неравновесность реальных расплавов создает предпосылки очистки расплава путем введения в него готовых подложек для выделения неметаллической фазы.

Цель работы: Для достижения наиболее эффективной очистки расплавов от дисперсных включений и оксидной плёнки необходимо использовать в составе рафинирующего реагента материалы, несмачивающиеся расплавом; вводить в состав рафинирующего реагента мелкодисперсные частицы с целью увеличения их удельной поверхности.

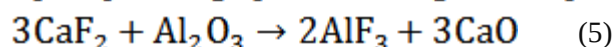
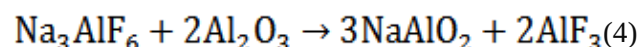
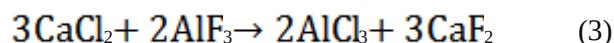
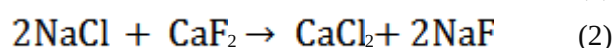
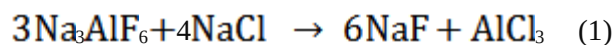
Поэтому с целью научного обоснования получения рафинирующего флюса из местного

минерального сырья и отходов производства проведен расчет термодинамических параметров, что позволяет добиться значительного экономического эффекта.

Экспериментальная часть

В качестве исходных материалов для рафинирующего флюса были использованы отходы ОАО «Таджикхимпром», ООО «Талко Кемикал», флюоритовый концентрат ООО «ТалКо Флюорит», электролитный оборот ГУП «ТалКо, криолит, фторид алюминия и натрия, химический состав, которых представлен в таблице 1 [3].

При плавлении флюсов в состав которых входят компоненты, представленных в табл. 1 появляется возможность протекания следующих химических превращений:



Для подтверждения протекания указанных химических реакций была изучена термодинамика процесса получения флюсов в области температур от 873 до 1073К, а также были рассчитаны константы равновесия реакций и изменения свободной энергии Гиббса, энтальпии и энтропии.

Расчёт значений энтальпии для всех исследуемых реакций проведен по уравнению Кирхгоффа [4]. Сравнение зависимостей, наблюдаемых в табл. 2. (изменения теплоёмкости реакций от температуры) и табл. 3. (изменения энтальпии реакций от температуры), свидетельствует о сходстве влияния температуры изменения термодинамических параметров, что указывает на правильность выбора возможных реакций при спекании шихты.

Проведенные термодинамические расчёты при различных температурах (табл. 3.) и полученные данные свидетельствуют о том, что значения ΔG для всех реакции меньше нуля и процесс спекания с образованием флюса при условиях эксперимента протекает самопроизвольно.

Таблица 1.

Химический состав используемых материалов для получения покровно-рафинирующих флюсов.

№	Содержанные компонентов, %	Наименование материалов						
		Отходы ОАО «Таджикхи мпром»	Флюорито вый Концентра т	Отходы ООО «ТалКо Кемикал»	Оборотный электролит	Криолит	Фторид алюминия	Фторид натрия
1	CaCO ₃	-	0.489	-	-	-	-	-
2	Fe ₂ O ₃	0.018	0.051	-	0,053	0,02-0,06	0,12-0,24	0,08
3	SiO ₂	1.83	0.329	-	0,011	0,25-0,4	0,15-0,25	0,09
4	Al ₂ O ₃	-	-	-	3,0-6,0	-	4,0-7,0	-
5	NaF	-	-	14.8	-	-	-	95-97
6	AlF ₃	-	-	19.68	13,2	-	88,0-93,0	-
7	CaCl ₂	7.6	-	-	-	-	-	-
8	Na ₃ AlF ₆	-	-	65.47	73,27	95	-	-
9	NaCl	89.43	-	-	-	-	-	-
10	CaF ₂	-	97.94	-	-	-	-	-
11	Na ₂ CO ₃	-	-	-	-	-	0.052	0,042
12	HF	-	-	-	-	-	0.014	-
Температура плавления, °C		780	1360	900	1050	1013	1291	710

Таблица 2.

Зависимость значений изменения энтальпии от температуры (по уравнению Кирхгоффа).

№ реакции	Коэффициенты уравнения $C_p = f(T)$, Дж/моль			Расчёт изменения энтальпии (ΔH) по уравнению Кирхгофа, кДж/моль					
	a	b · 10 ⁻³	c · 10 ⁻⁵	298K	873K	923K	973K	1023K	1073K
1	28.09	-0.0622	-828000	398.93	-6619.35	-8012.76	-9602.91	-11343.6	-13236.4
2	7.2	-0.0179	-330000	88.61	-2526.95	-3794.83	-5150.23	-6593.1	-8124.25
3	-36.43	0.0574	-2086000	337.59	-5895.29	-5268.86	-4486.42	-3547.96	-2457.65
4	6.98	-0.03941	-384000	239.79	-9863.60	-11307.92	-12848.45	-14485.21	-16916.96
5	-0.67	0.00101	-637100	511.56	-1042.28	-1069.93	-1091.23	-1106.18	-1116.06

Таблица 3.

Значения термодинамических параметров реакций, которые протекает при спекании.

№ реакции	T = 298 K			T=873K	T=923K	T=973K	T=1023K	T=1073K
	-ΔH, кДж моль	ΔS, кДж Моль	ΔG кДж/ моль	ΔG, кДж/ моль	ΔG, кДж/ моль	ΔG, кДж/ моль	ΔG, кДж/ моль	ΔG, кДж/ моль
1.	398.93	-0.0828	423.6	-6547.07	-7936.34	-9522.35	-11258.9	-13150.6
2.	88.61	-0.00174	89.12	-2525.43	-3793.22	-5148.53	-6591.36	-8122.38
3.	337.59	-0.0341	347.76	-5865.48	-5237.35	-4453.20	-3513.03	-2421.02
4.	239.79	-0.0415	252.157	-9827.37	-11269.6	-12808.0	-14442,7	-16872.4
5.	411.56	-0.0091	414.27	-1034.33	-1061.53	-1082.37	-1096.87	-1106.04

В области температур 298, 873, 923, 973, 1023, 1073 K были определены зависимости изменения свободной энергии Гиббса (ΔG^0) от температуры (рис. 1).

Из рис.1. видно, что при возрастании температуры плавление флюсов значения изменений свободной энергии Гиббса для реакции 1, 2, 4 и 5 отрицательны и плавно уменьшаются. Для реакции 3 хотя все значения ΔG отрицательны, однако с

возрастанием температуры ход прямой зависимости изменения свободной энергии Гиббса от температуры имеет обратный характер по сравнению с другими реакциями. Это свидетельствует о том, что при условиях эксперимента реакция 3 протекает также самопроизвольно, однако возрастание температуры замедляет ход реакции.

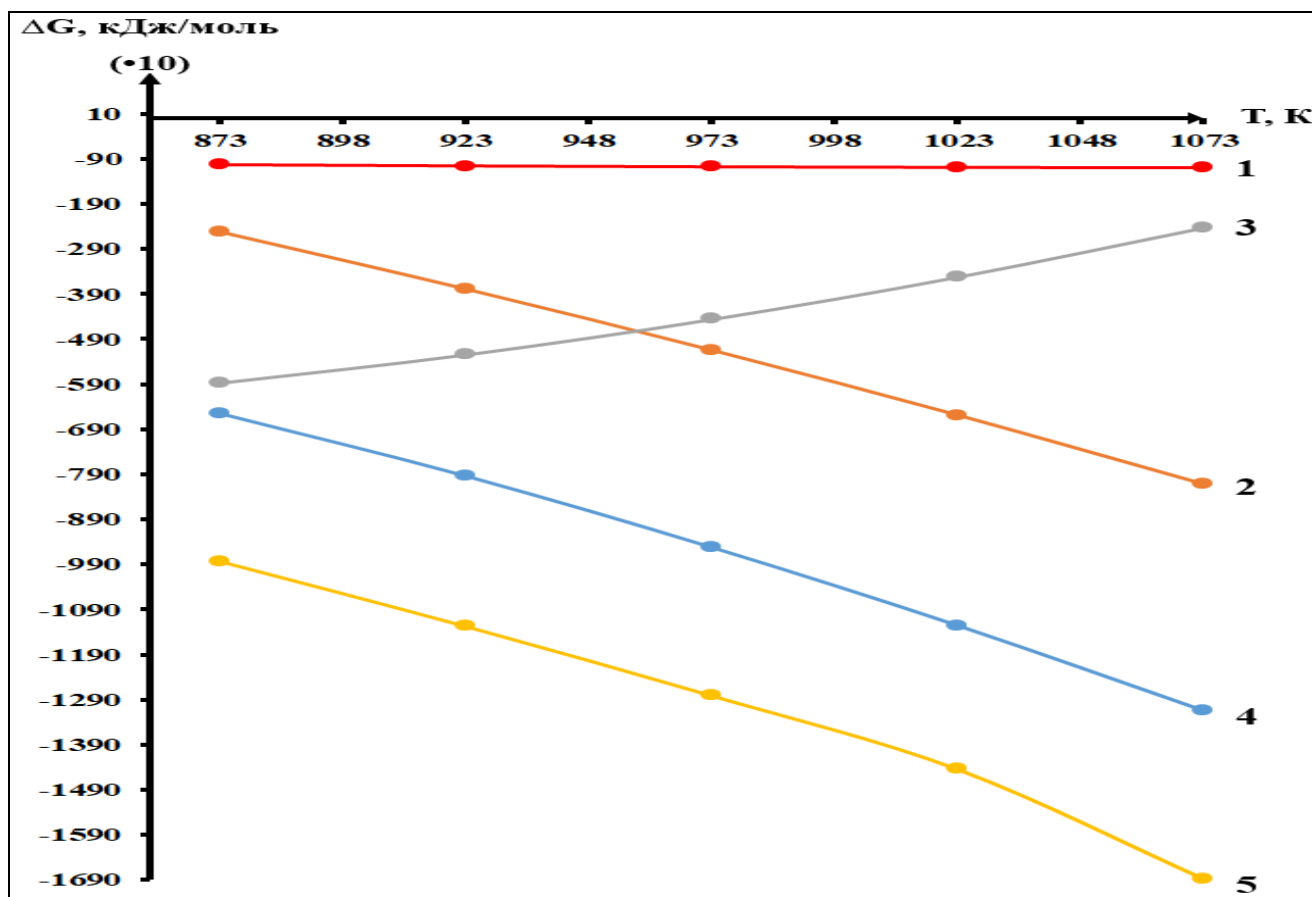


Рис.1. Зависимость свободной энергии Гиббса реакции от температуры.

Таким образом, полученные данные термодинамических расчётов процесса плавления флюсов свидетельствует о положительной вероятности протекания всех предполагаемые реакции в области температур от 873 до 1073 К.

Литература:

1. Дубровин А. С. Металлотермия специальных сплавов. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 254с.
2. Бранчуков Д. Н., Панфилов А. В. Теоретическое обоснование выбора составов новых комбинированных флюсов для рафинирования алюминиевых сплавов // Прогрессивные литейные технологии / Под ред. В. Д. Белова, Н. А. Белова. М.: Лаборатория рекламы и печати, 2009. С. 124-129.
3. Физико-химические аспекты технологии производства литейного флюса / И.Ш.Ахмадшоев, Н.П.Мухамедиев, А.Х.Сафиев, Р.С.Рафиев, Дж.Р.Рузиев, Х.Сафиев // Докл. АН

Республики Таджикистан. – 2019. –Т.62. - №5-6. – С.333-339.

4. Морачевский А.Г. Термодинамические расчеты в химии и металлургии / А.Г.Морачевский, И.Б.Сладков, Е.Г.Фирсова – СПб.: Изд. «Лань». – 2018. – 208 с.

ТЕРМОДИНАМИКА И РАВАНДИ ҲОСИЛКУНИИ ФЛЮСҲО АЗ АШЌИ ХОМИ МИНЕРАЛИИ МАҲАЛЛӢ ВА ПАРТОВҲОИ САНОАТӢ

И.А. Аҳмадшоев, Р.С. Рафиев, К.Ҷ. Суяров,
Ҷ.Р. Рузиев, Н.А. Наимов

Дар кори мазкур параметрҳои термодинамики раванди ҳосилкунии флюсҳо аз ашғи хоми минералии маҳаллӣ ва партовҳои саноатӣ оварда шудааст. Барои муайянкунии эҳтимолияти гузариши реаксияҳои химиявӣ зимни баҳамтаъсиркунии компонентҳои таркиби намакҳо дар ҳудудҳои ҳарорати 298-1073К, ҳисобҳои тағйирёбии параметрҳои термодинамикӣ ва қимати константаи мувозинати реаксияҳо дар ҳароратҳои гуногун

амалӣ гардонида шуданд. Мукоисаи вобастагии тағйирёбии гармиғунҷоиш ва энталпияи реаксияҳо аз ҳарорат шаҳодат медиҳад, ки ҳарорат ба тағйирёбии параметрҳои термодинамикӣ таъсири худро мерасонад. Дар натиҷаи гузаронидани ҳисоби бузургҳои термодинамикии реаксияҳои тадқиқшаванда дар ҳароратҳои гуногун муайян карда шуд, ки дар раванди гудозиши флюсҳо қимати тағйирёбии энергияи озоди Гиббс манфӣ мебошад.

Калимаҳои калидӣ: флюс, криолит, флюорит, хлориди натрий, тозакунии алюминий, энергияи Гиббс, энталпия, гармиғунҷоиш, энтропия.

THERMODYNAMICS OF PROCESSES FOR OBTAINING FLUXES FROM LOCAL MINERAL RAW MATERIALS AND PRODUCTION WASTE

I. A. Akhmadshoev, R. S. Rafiev,

K. J. Suyarov, J. R. Ruziev, N. A. Naimov

This paper presents the thermodynamic parameters of the process of obtaining fluxes from local mineral raw materials and production waste. To clarify the possibility of chemical reactions occurring during the interaction between salt components in the temperature range 298-1073K, changes in thermodynamic parameters and the values of equilibrium constants of reactions at different temperatures were calculated. Comparison of the dependences of changes in the heat capacity and enthalpy of reactions on temperature indicates the similarity of the values of influence of temperature on changes in thermodynamic parameters. As a result of calculations of thermodynamic values of the reactions studied at

different temperatures, it was found that during the melting of fluxes, changes in Gibbs energy value are negative.

Key words: flux, cryolite, fluorspar, sodium chloride, the refining of aluminum, the Gibbs free energy, enthalpy, heat capacity, entropy.

Сведение об авторах:

Ахмадшоев Иброҳим Шарифович – доктор PhD химического факультета Таджикского национального университета. Тел: +992 900-22-26-26. E-mail: ibrohim.ahmadshoev@mail.ru

Рафиев Рустам Сафаралиевич – кандидат химических наук, доцент, зав. кафедрой «Прикладная химия» Химического факультета Таджикского национального университета.

Тел: +992 939-06-69-59

E-mail: rustam.rafiiev@mail.ru

Суяров Курбон Джураевич – кандидат химических наук, доцент кафедры «Физическая и коллоидная химия» Химического факультета Таджикского национального университета.

Тел: +992 918-80-80-26

E-mail: n.kurbon.suyarov.1958@mail.ru

Рузиев Джура Рахимназарович – доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная химия» Химического факультета Таджикского национального университета.

Тел: +992 917-36-15-13

E-mail: gyra71@mail.ru

Наимов Носир Абдурахмонович – старший научный сотрудник Научно-исследовательского института Таджикского национального университета. Тел: +992 901-11-65-12

E-mail: nosser2016@outlook.com

ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

М. Х. Саидов, Х. М. Ходжаназаров

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Полученные результаты доказывают, что струйно-абразивная подготовка поверхности с удельной энергией потока в интервале 70 - 150 кДж/с·м² и размером частиц 0,8 - 1,5 мм обеспечивает наибольшие значения адгезии сцепления полимерных покрытий с подложкой.

Ключевые слова: адгезия, полимерные покрытия, подготовка поверхности, абразивные частицы, удельная энергия, шероховатость поверхности, полимерный порошок.

Для определения работоспособности покрытий из полимерных порошковых материалов проверяют адгезию составного материала покрытия к элементам конструкции. Кроме этого определяется стойкость покрытий к действию внешних факторов при эксплуатации. Как показывают результаты экспериментов на определение адгезии полимерных композиционных покрытий, предварительная подготовка поверхности элементов конструкции, на которую разными методами наносятся

полимерные порошковые покрытия, в значительной мере влияет на адгезионную прочность сцепления покрытия на основе.

Механическая обработка поверхности деталей, где наносятся композиционные полимерные покрытия, чаще всего используется чем другие существующие методы подготовки поверхности деталей. К такому методу относятся зачистка поверхности деталей различными металлическими щетками, струйно-абразивная обработка и дробеметная обработка. Высокая степень очистки поверхности элементов конструкции перед нанесением полимерного покрытия обеспечивается применением механической обработки. Адгезионная взаимодействия полимерного покрытия с металлической поверхности обеспечивается свежесформированной поверхности (после механической обработки), обладающей высокой поверхностной энергией. При этом, механическая обработка поверхности металла перед нанесением полимерных покрытий позволяет рационально использовать выделяемое тепло при такой обработки металлических изделий.

Вид абразивного материала при обработке поверхности металла, расход абразива, скорость частиц абразивного материала и расположение этих частиц в пятне обработки характеризуют свойства потока абразивных частиц [1, 2]. Определенные технологические рекомендации по механической обработке металлов перед нанесением полимерного покрытия вырабатывается с использованием результатов, полученных в ходе исследования зависимости адгезии наносимых полимерных покрытий и удельной энергии потока частиц абразива при обработке поверхности металлического элемента [3, 4]. Удельная энергия потока частиц абразива при механической обработке поверхности считается энергетическим параметром и широко используется при определении эксплуатационных показателей полимерных покрытий, наносимых на обработанной поверхности.

Размер частиц применяемых абразивов (колотая чугунная дробь и корунд) был выбран в интервале от 0,8 мм до 1,5 мм. Для струйно-абразивной обработки поверхности напыляемого элемента была использована камера с диаметром выходного сопла пистолета от 6,5 до 7,5 мм. При

таких параметров камеры струйно-абразивной обработки расход воздуха составлял около $40 \text{ м}^3/\text{ч}$. По изменению объема абразива в емкости за единицу времени (без попадания отработанной абразивной частицы в емкости) с помощью весов определяли расход абразивных материалов. Образцы для обработки изготавливали из марки стали 45 и после нанесения покрытий с помощью полимерного порошкового термораспылителя покрытию испытывали на прочность сцепления. В ходе испытания был использован штифтовый метод определения прочности сцепления полимерных порошковых покрытий на отрыв. В качестве полимерного покрытия использовали порошки из ПЭТФ и ПА 6 - ПЭНД.

Для оценки шероховатости поверхности элементов конструкции использовали профилограмму. Профилограммы поверхности получали при помощи профилографа-профилометра (Talusurf-4).

Анализируя параметры шероховатости поверхности элементов конструкции перед нанесением покрытий, обработанной струйно-абразивным методом, выяснили, что формируемая поверхность реально подходит для надежного сцепления напыляемого полимерного покрытия с элементами конструкции (рис. 1). Параметры шероховатости формируемой поверхности подложки после струйно-абразивной обработки имеет все необходимые параметры для обеспечения сцепления напыленного полимерного слоя с подложкой с большими адгезионными показателями (большие высотные размеры, средние значения шаговых размеров, малые радиусы впадин и выступов, большие углы наклона боковой стороны профиля).

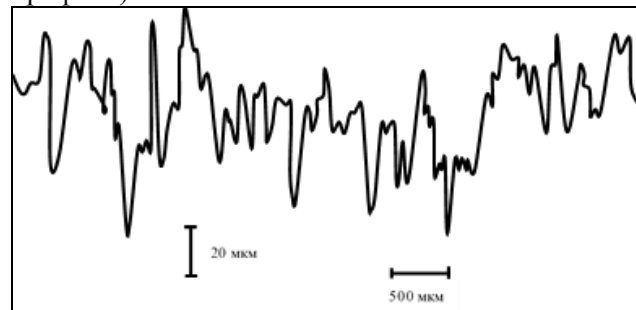


Рис. 1. Профилограмма обработанной поверхности основы струйно-абразивным методом.

Анализы показали, что изменение расстояния от среза сопла пистолета оборудования для струйно-абразивной обработки до поверхности основы влияет на диаметр пятна обработки и удельной энергии потока частиц абразива. Было установлено, что при изменении данного расстояния от дистанции 25 мм до дистанции 90 мм диаметр пятна обработки поверхности основы линейно возрастает от 10 мм до 30 мм. С геометрической точки зрения, конус распыла не должно изменяться с повышением дистанции между срезом сопла пистолета оборудования для струйно-абразивной обработки до поверхности основы. Но практика показала, что дальнейшее повышение этой дистанции приведет к снижению размера пятна на поверхности слоя. Дальнейшее повышение дистанции приведет к исчезновению четка выраженного светло-серого света пятна на обработанной поверхности основы. При этом, падает эффективность механической обработки поверхности. Эти изменения свидетельствуют о снижении качество подготовки поверхности элементов конструкции к нанесению полимерных покрытий. Дальнейший рост дистанции приведет к непропорциональному уменьшению величины удельной энергии потока частиц абразива. Непропорциональное изменение удельной энергии и дистанции характеризуется сложным характером изменения кинематических

параметров движения частиц абразива по всей длине потока при механической обработке.

Исследование адгезионных показателей покрытий из полимерных материалов, напыленных на поверхности основы с различными механическими обработками показывает, что максимальная прочность сцепления покрытия с основой обеспечивается тогда, когда в качестве абразива при подготовке основы используется корунд с удельной энергией потока в интервале от 70 кДж/с·м² до 150 кДж/с·м² (рис. 2). Как показывает диаграмма зависимости удельной энергии потока и адгезионная прочность сцепления покрытия с основой, адгезионная прочность покрытия уменьшается при повышении удельной энергии потока. При малой дистанции (менее 50 мм) обработки поверхности величина удельной энергии потока увеличивается, при этом снижается адгезионные показатели покрытия.

Исходя из вышеизложенных, прилагается рациональная дистанция для механической обработки струйно-абразивным методом в пределах от 70 мм до 90 мм.

Для автоматизации процесса механической обработки поверхности подложки для нанесения полимерных покрытий (защитные и антифрикционные) разрабатываются новые методы: обработка резанием, шлифованием, иглофрезерованием, обезжириванием и обработка металлическими щетками.

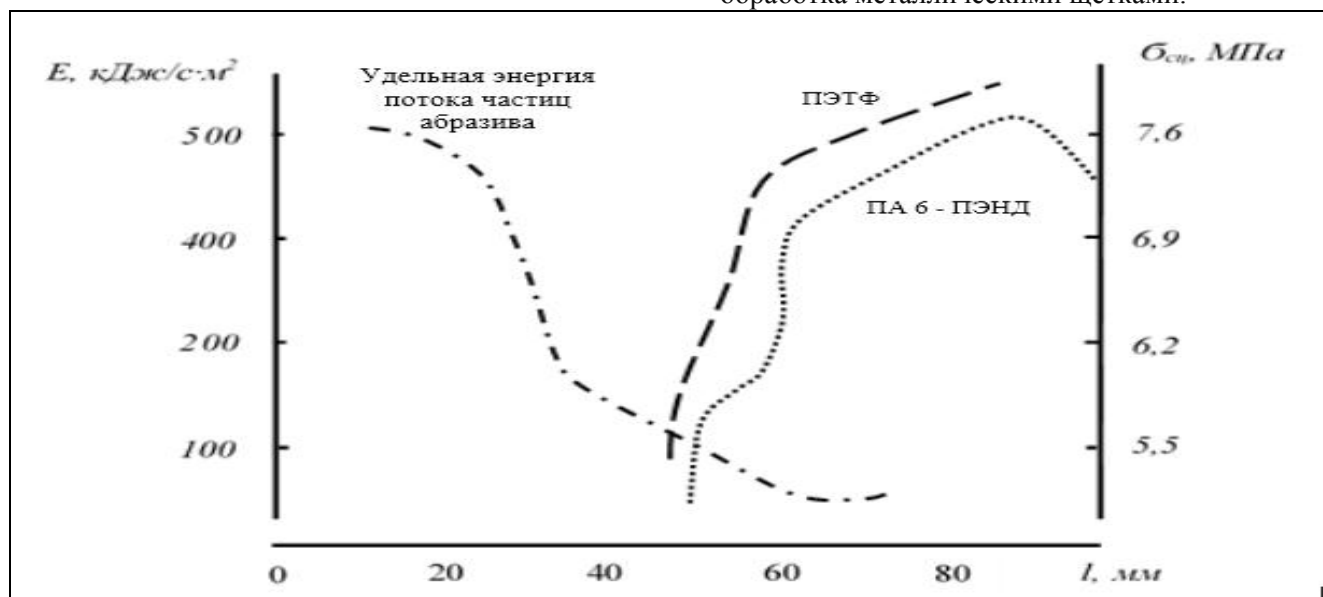


Рис. 2. Диаграмма зависимости удельной энергией потока частиц абразива и прочности сцепления полимерных покрытий от дистанции струйно-абразивной обработки.

Таблица 1.

Прочность сцепления полимерного покрытия с подложкой.

Вид механической обработки	Полимерный порошковый материал	Прочность сцепления покрытий с подложкой $\sigma_{\text{сц}}$, МПа					
Обезжиривание	ПЭТФ	4,0	4,1	3,9	4,1	3,9	4,0
	ПА 6 - ПЭНД	3,8	3,9	3,8	3,9	3,9	3,8
Иглофрезерование	ПЭТФ	5,6	5,7	5,9	5,6	5,8	5,9
	ПА 6 - ПЭНД	5,5	5,6	5,4	5,4	5,5	5,4
Струйно-абразивная обработка	ПЭТФ	8,0	7,9	7,9	8,2	8,1	8,1
	ПА 6 - ПЭНД	7,7	7,6	7,5	7,7	7,5	7,4

После проведения ряд экспериментальных исследований для определения прочности сцепления напыленных полимерных покрытий на поверхности основы, обработанной различными способами механической обработки, были получены результаты адгезионной прочности сцепления порошковых покрытий с подложкой (табл.1).

Полученные результаты прочности сцепления полимерных порошковых покрытий с подложкой $\sigma_{\text{сц}}$ показывают, что если соблюдать режим удельной энергии потока абразива в интервале от 70 кДж/с·м² до 150 кДж/с·м² и выбирать размеров частиц абразива от 0,8 мм до 1,5 мм, тогда при струйно-абразивной обработке поверхности подложки можно получать наибольшие значения прочности сцепления полимерных порошковых покрытий чем другие методы обработки поверхности подложки (для ПА 6 – ПЭНД: $\sigma_{\text{сц}} = 7,5 \div 7,7 \text{ МПа}$ для ПЭТФ: $\sigma_{\text{сц}} = 7,9 \div 8,2 \text{ МПа}$).

Литература

1. Попович В.А., Сухомлин А.И., Острин В.Г. Коррозионная стойкость газотермических алюминиевых и цинковых покрытий в эксплуатационных условиях // Защита металлов. – 1990. – т. 26. - №3. – С. 447 – 452.
2. Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Анищенко Л.М. Высокотемпературные технологические процессы: Теплофизические основы. – М.: Наука, 1985. – 176 с.
3. Азизов Р.О., Саидов М.Х. Повышение эксплуатационных показателей полимерных покрытий // ТТУ. Вестник. – 2015. - №1(29) – С.32-35.
4. Саидов М.Х. Адгезионные характеристики полимерного покрытия // Политехнический

вестник. Серия Инженерные исследования. № 2 (46) – 2019. – Стр.60 - 63.

МУСТАҲКАМИИ ЧАСПИШИ РҶЙПҶШИ ОРДМАЙДАҲОИ ПОЛИМЕРӢ

М.Х. Саидов, Х.М. Хочаназаров

Натиҷаҳои бадастомада исбот менамоянд, ки омодакунии фавравӣ-абразивии сатҳ бо 70 - 150 кҶ/с·м² энергияи хоси сел ва 0,8 - 1,5 мм андозаи зарраҳо нишондиҳандаи зиёдтари адгезияи часпиши рӯйпӯшҳои полимери бо таҳкурсии таъмин менамояд.

Калимаҳои калидӣ: адгезия, рӯйпӯшҳои полимерӣ, омодакунии сатҳ, зарраҳои абразивӣ, энергияи хос, шахшӯлии сатҳ, ордмаидаи полимерӣ.

ADHESION STRENGTH OF POLYMER POWDER COATINGS

M.Kh.Saidov, Kh.M.Khojanazarov

The results obtained prove that jet-abrasive surface preparation with specific flow energy in the range of 70-150 kJ/s · m² and particle size of 0.8-1.5 mm provides the highest values of adhesion of polymer coatings to the substrate.

Key words: adhesion, polymer coatings, surface preparation, abrasive particles, specific energy, surface roughness, polymer powder.

Сведения об авторах:

Саидов Мансур Хамрокулович – к.т.н., и.о. доцента кафедры «Металлургия» ТТУ им. ак. М.С.Осими. E-mail: mansur_saidov@mail.ru.

Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович – старший преподаватель кафедры «Технология, машины и оборудование полиграфического производства» ТТУ им. ак. М.С. Осими. Тел.+992-985-26-87-37
E-mail: alesha--91@mail.ru

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АК12, МОДИФИЦИРОВАННОГО СКАНДИЕМ

С. Т. Бадурдинов¹, И. Н. Ганиев², М. М. Махмадизода³, Н. Ф. Иброхимов⁴,
А. Э. Бердиев⁵, Р. Х. Саидзода⁶

^{1,2,3,4}Таджикский технический университет им. М. С. Осими

⁵Российско таджикский славянский университет

⁶Филиал Национально исследовательского технологического университета “МИСиС”
в г. Душанбе

В работе приведены результаты экспериментального исследования влияния скандия на удельную теплоемкость алюминиевого сплава АК12. Показано, что добавки скандия незначительно уменьшает удельную теплоемкость исходного сплава АК12.

Ключевые слова: алюминиевый сплав АК12 – скандий - режим «охлаждения» - удельная теплоёмкость – температурная зависимость.

Введение

Изучению физико-механических свойств алюминиевых сплавов в настоящее время придаётся большое значение, поскольку они стали широко применяться в различных областях промышленности. Однако в сети интернета и общедоступных литературных источниках практически отсутствуют сведения о влиянии скандия на теплоёмкость алюминиевого сплава АК12. Кроме того, недостаточно изучены теплофизические свойства металлов и сплавов в режиме «охлаждения». На равномерность изменения температуры объекта в режиме «охлаждения» влияет ряд внешних факторов, таких, как напряжение в сети питания печи, теплопроводность окружающей среды и др., вследствие чего при постановке эксперимента необходимо учитывать множество факторов [1,2].

В настоящей работе исследование теплоемкости сплава АК12 со скандием проводилось в режиме «охлаждения». Согласно закона охлаждения Ньютона-Рихмана каждое твердое тело, имеющий температуру выше окружающей среды, начинает охлаждаться, причём на скорость его охлаждения оказывает влияние величина теплоёмкости тела и коэффициент теплоотдачи.

Сравнивая кривые охлаждения двух металлических стержней определённой формы (в зависимости от времени и

температуры), один из которых является эталоном (то есть его теплоёмкость и скорость охлаждения являются известными величинами), рассчитывают значения теплоёмкости другого металлического стержня по его скорости охлаждения.

Разогретый ранее предмет массой m теряет количество теплоты δQ при его охлаждении на T градусов согласно формуле:

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

где C_p^0 – удельная теплоёмкость вещества предмета.

Учитывая, что потеря энергии происходит через поверхность предмета, отмечается, что количество теплоты δQ_s , которое предмет теряет через свою поверхность за время $d\tau$, будет зависеть от площади поверхности S , времени τ , разности температур предмета (T) и окружающей среды (T_0) и рассчитывается по формуле:

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

Закон охлаждения Ньютона-Рихмана применительно к удельной теплоёмкости является приближительным, поскольку коэффициент теплоотдачи α ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$) при изменении температур на 1 К не является постоянной величиной, а зависит от разности температур.

Рассматривая тепловой поток, как вектор, учитывают его перпендикулярную направленность к поверхности образца, через которую при единичном температурном значении проходит количество тепла, отдаваемое с 1 м^2 поверхности образца за определённую единицу времени. Значения теплового потока зависят от различных свойств образца: геометрии предмета, направления обтекания и состояния поверхности; вида конвекции и режима течения; вида теплоносителя и его температуры. Таким образом, α -функция процесса теплоотдачи определяется

расчётным методом, а не является табличной величиной.

Если из образца тепло выделяется так, что изменяется одинаково температура всех его точек, расчёт проводят по уравнению

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

Далее уравнение (3) приводим к следующему виду:

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

Если считать, что значения C_p^0 , ρ , α , T и T_0 в незначительных температурных интервалах не связаны с координатами точек поверхности образца, температура которых соответствует температуре окружающей среды, можно представить уравнение (4) для двух образцов в следующем виде

$$C_{p1}^0 m_1 S_2 \alpha_2 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_1 = C_{p2}^0 m_2 S_1 \alpha_1 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_2 \quad (5)$$

Данное равенство применимо для двух образцов (из них один эталонный), имеющих равные размеры ($S_1 = S_2$) и состояния поверхностей. В этом случае их коэффициенты теплоотдачи будут равны $\alpha_1 = \alpha_2$, а уравнение примет вид

$$C_{p2}^0 = C_{p1}^0 \cdot \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau} \right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau} \right)_2} \quad (6)$$

Зная удельную теплоёмкость эталона C_{p1}^0 , скорости охлаждения $(dT/d\tau)$ эталона и исследуемого образца и их массы m_1 и m_2 , можно по (6) рассчитать, теплоёмкость вещества C_{p2}^0 .

В работах [3,4] для алюминия и меди представлены температурные зависимости образцов от времени охлаждения, принимая в расчёт допущение $\alpha_1 = \alpha_2$. Полученные экспериментальные результаты достаточно хорошо коррелируют с литературными данными [5].

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Исследуемые сплавы были получены с использованием следующих компонентов: алюминий марки А5 (ГОСТ 55375-2012), кристаллический кремний (ГОСТ 25347-82), промышленная лигатура на основе алюминия с содержанием 2 мас% скандия. Алюминиевые лигатуры получены в

инертной атмосфере в вакуумной печи СНВЭ-1.3.1/16ИЗ при избыточном давлении 0.5 мПа. При шихтовке сплавов учитывался угар металлов. Модифицирование сплавов лигатурами проводилось в шахтных открытых печах типах СШОЛ. Составы полученных сплавов были определены методом химического анализа, а также сравнением масс полученных образцов до сплавления и после. Для изучения отбирались сплавы, разница в весе которых не превышала 2% (отн.) до и после сплавления.

Из полученных сплавов для исследования отливались цилиндрические пробы диаметром 16мм и высотой 30мм. Для образцов из алюминиевого сплава АК12, модифицированного скандием были сняты кривые охлаждения в зависимости от времени (рисунок). Исследования проводились по методике описанной в работах [6-10].

Температурная зависимость скорости охлаждения образцов из сплава АК12, модифицированного скандием, графически представлены на рисунке а и описываются уравнением (7).

$$\frac{dT}{d\tau} = \frac{1}{2} \left[-\left(\frac{T_1 - T_0}{\tau_1} \right) e^{-\tau/\tau_1} - \left(\frac{T_2 - T_0}{\tau_2} \right) e^{-\tau/\tau_2} \right] \quad (7)$$

Значения коэффициентов уравнения (7) для исследованных образцов сплавов представлены в таблице 1.

Для сплава АК12 и скандия по уравнению (7) определены полиномы зависимости теплоемкости от температуры

$$\begin{aligned} C_p^{oAK12} &= 0.6461 + 1 \cdot 10^{-3} T - 1.2356 \cdot 10^{-6} T^2 - 8.2498 \cdot 10^{-10} T^3; \\ C_p^{Sc} &= 0.4898 + 3.765 \cdot 10^{-4} T + 4.7143 \cdot 10^{-7} T^2 + 3.0556 \cdot 10^{-10} T^3. \end{aligned} \quad (8)$$

По уравнению (6) для сплава АК12, модифицированного скандием, с использованием значений скорости охлаждения найдены полиномы удельной теплоёмкости от температуры

$$\begin{aligned} 0.05\% \text{ Sc: } C_p^o &= 0.6459 + 1.00 \cdot 10^{-3} T + 1.2352 \cdot 10^{-6} T^2 - 8.2472 \cdot 10^{-10} T^3; \\ 0.1\% \text{ Sc: } C_p^o &= 0.6458 + 1.00 \cdot 10^{-3} T - 1.2348 \cdot 10^{-6} T^2 - 8.2446 \cdot 10^{-10} T^3; \\ 0.5\% \text{ Sc: } C_p^o &= 0.6593 + 9.24 \cdot 10^{-4} T - 1.1 \cdot 10^{-6} T^2 + 7.436 \cdot 10^{-10} T^3. \end{aligned} \quad (9)$$

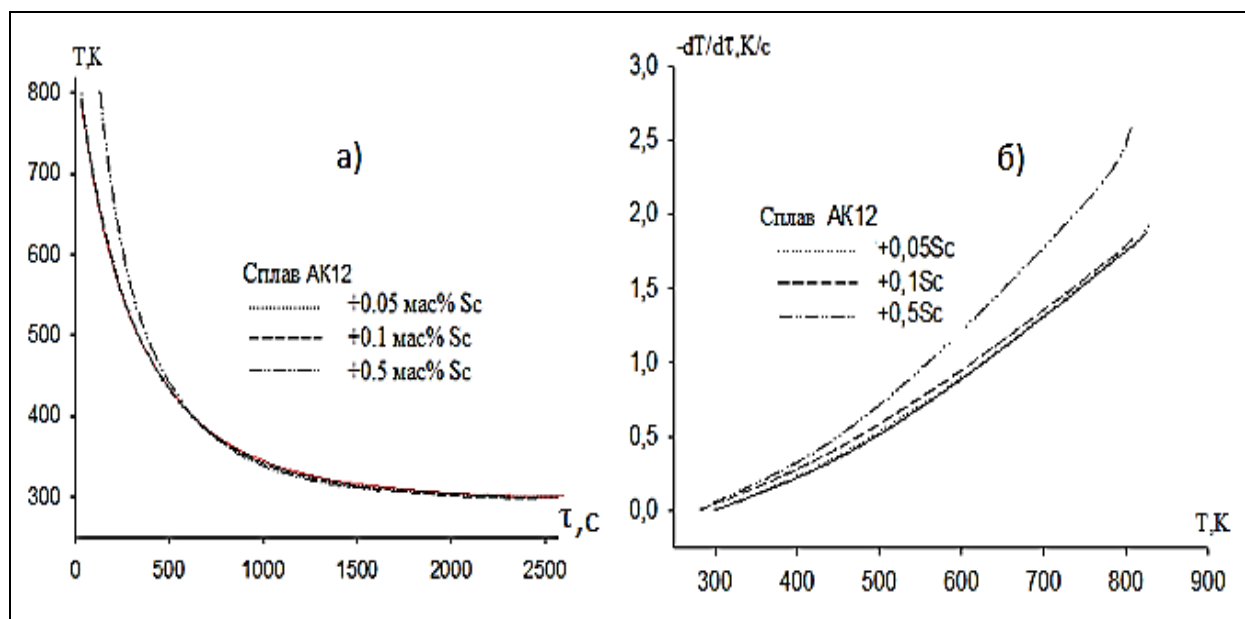


Рис. Зависимость температуры от времени (а) и скорость охлаждения образцов от температуры (б) для образцов из сплава АК12, модифицированного скандием.

Таблица 1.

Значения коэффициентов уравнения (7), для образцов из сплава АК12, модифицированного скандием.

Содержание скандия в сплаве, мас%	$\Delta T_1, K$	τ_1, c	$\Delta T_2, K$	τ_2, c	$\Delta T_1/\tau_1, K/c$	$\Delta T_2/\tau_2, K/c$	$\Delta T_0, K$
Сплав АК12	209.89	161.68	338.62	503.78	1.30	0.67	297.41
+0.05 Sc	203.85	158.97	351.15	478.88	1.28	0.73	297.78
+0.1 Sc	190.88	164.51	360.10	482.74	1.16	0.75	295.72
+0.5 Sc	533.73	121.03	438.51	420.24	4.41	1.04	297.58

Таблица 2.

Температурная зависимость удельной теплоемкости ($kJ/(kg \cdot K)$) сплава АК12, модифицированного скандием.

Содержание скандия в сплаве, мас%	T, K					
	300	400	500	600	700	800
Сплав АК12	0.859	0.903	0.943	0.983	1.028	1.082
+0.05 Sc	0.858	0.903	0.943	0.983	1.028	1.082
+0.1 Sc	0.858	0.903	0.943	0.983	1.027	1.082
+0.5 Sc	0.857	0.900	0.939	0.978	1.022	1.075

Выводы

В режиме «охлаждения» экспериментально установлена зависимость теплоёмкости сплава АК12, модифицированного скандием от температуры. Показано, что с ростом температуры теплоёмкость сплавов увеличивается, а от количества скандия незначительно уменьшается, что связан с изменением микроструктуры сплава АК12 в результате модифицирования.

Литература:

1. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение.) Справочник // Под общей редакцией И.Н. Фридляндера. Киев: Коминтех. 2005. 365с.
2. Золоторевский В.С., Белов Н.А. Металловедение литейных алюминиевых сплавов. М.: МИСиС. 2005. 376 с.
3. Низомов 3. Исследование температурной зависимости удельной теплоёмкости алюминия марок ОСЧ и А7 / 3. Низомов, Б. Гулов, И.Н. Ганиев [и др.] //

Доклады АН Республики Таджикистан. – 2011. -Т.54. -№1. -С.53-59.

4. Иброхимов Н.Ф. Влияние церия на теплофизические свойства сплава АМг2 / Н.Ф. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З. Низомов, Н.И. Ганиева С.Ж. Ибрахимов // Физика металлов и металловедение.- 2016, т.117, №1, С.53–57.

5.Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. М.: Металлургия, 1989. 384 с.

6.Ганиев И.Н., Муллоева Н.М., Низомов З., Обидов Ф.У., Иброхимов Н.Ф. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплавов системы Pb-Sn // Теплофизика высоких температур. 2014. Т52. №1. С.147-150.

7.Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Низомов З., Ганиева Н.И., Иброхимов С.Ж. Влияние церия на теплофизические свойства сплава АМг2 //Физика металлов и металловедения. 2016. т.117. №1. С.53-57.

8.Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф. Влияние скандия на физико-химические свойства сплава АМг4 // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2014. т.16. №4. С.256-260.

9.Иброхимов Н.Ф., Ганиев И. Н., Ганиева Н.И. Влияние иттрия на теплофизические свойства сплава АМг2//Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2017.№2(67). -С. 177-187.

10. Ганиев И.Н., Отаджонов С.Э., Иброхимов Н.Ф., Махмудов М. Температурная зависимость теплоемкости и изменении термодинамических функций сплава АК1, легированного стронцием // Теплофизика высоких температур. - 2019. - Т.57. -№1. -С. 26-31.

ВОБАСТАГИИ ҲАРОРАТИИ ГАРМИҒУНҶОИШИ ХОСИ ХҶЛАИ АК12 БО СКАНДИЙ МОДИФИКАТСИЯШУДА

**С.Т. Бадурдинов, И.Н. Ганиев,
М.М. Махмадизода, Н.Ф. Иброҳимов,
А.Э. Бердиев, Р.Ҳ. Саидзода**

Дар мақола таъсири скандий ба гармиғунҷоиши хоси хўлаи алюминийи АК12 оварда шудааст. Нишон дода шудааст, ки иловаи скандий гармиғунҷоиши хоси хўлаи АК12-ро каме паст менамояд.

Калимаҳои калидӣ: хўлаи алюминийи АК12, скандий, гармиғунҷоиши хос, речаи «хунуккунӣ».

TEMPERATURE DEPENDENCE OF SPECIFIC HEAT CAPACITY OF ALUMINIUM ALLOY AK12 MODIFIED SCANDIUM

**S.T. Badurdinov, I. N. Ganiev , A.E.Berdiev,
N.F Ibrohimov,
M.M. Mahmadiyoda, R. H. Saidzoda**

The paper presents the results of an experimental study of the effect of scandium on the specific heat of aluminum alloy AK12. It has been shown that scandium additives slightly decrease the specific heat capacity of the initial AK12 alloy.

Keywords: AK12 aluminum alloy - “cooling” mode specific heat capacity - temperature dependence.

Сведения об авторах:

Бадурдинов Садулло Тоджидинович -старший преподаватель кафедры «Материаловедение, металлургические машины и оборудование» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел: +992 902 02 70 27
E-mail: sbadurdinov@gmail.com

Ганиев Изатулло Наврузович - доктор химических наук, профессор кафедры “Технология химического производства” ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел.: +992 93 572 88 99, E-mail: ganiev48@mail.ru

Махмадизода Муродали Махмади – к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение, металлургические машины и оборудование» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел: +992 907 90 16 00

Иброхимов Насимжон Файзуллоевич – к.т.н., и.о. доцента кафедры «Материаловедение, металлургические машины и оборудование» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел: +992 93 944 47 46
E-mail: nasimjon@mail.ru

Бердиев Асадкул Эгамович – заведующий кафедрой «Химия и биология» РТСУ. Тел: +992 91 900 72 82, E-mail: berdiev75@mail.ru

Саидзода Рахимджон Хамро – д.т.н., и.о. профессора, директор филиала Национально-исследовательского технологического университета “МИСиС “ в г. Душанбе, Тел: +992 981 01 00 72

ПОВЕРХНОСТЬ ЛИКВИДУСА КВАЗИТРОЙНЫХ РАЗРЕЗОВ СИСТЕМЫ Mg-Al-Ba

Т.Д. Джуроев, Ф.К. Рахимов, И.Р. Исмоилов, И.Ш. Муслимов

Таджикский технический университет имени акад. М.С.Осими

В работе установлено существование три квазитройных разрезов в тройной системе Mg-Al-Ba. Построенные диаграммы состояния разрезов систем Mg-Mg₁₇Ba₂-Mg₁₇Al₁₂, Al-BaAl₄-Mg₂Al₃ и Ba-Mg₂Ba-BaAl₄ и их поверхности ликвидуса дают возможность определить температуры начала кристаллизации магниевых и алюминиево-магниевых сплавов в присутствии бария.

Ключевые слова: магний, алюминий, барий, диаграмма состояния, квазитройные разрезы системы Mg-Mg₁₇Ba₂-Mg₁₇Al₁₂, Al-BaAl₄-Mg₂Al₃ и Ba-Mg₂Ba-BaAl₄, эвтектика.

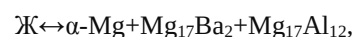
Данная работа посвящена построению поверхности углов магния и алюминия диаграммы состояния Mg-Al-Ba. Исследования выполнялись с применением микроструктурного, дифференциально-термического и рентгенофазового методов анализа в сочетании с измерением микротвердости структурных составляющих сплавов. Для приготовления сплавов использовали барий марки БМ (ТУ 48-4-465-85) с суммарным содержанием примесей 0,02% (по массе), магний марки Мг90 (ГОСТ 804-72) с содержанием основного компонента 99,90% (по массе) и алюминий марки А995 (ГОСТ 11069-74). Сплавление шихты производилось в электрической печи сопротивления под слоем флюса (карналлита). Серией опытов было установлено, что потери от испарения составили 1-2% от исходной загрузки. В последующем состав загрузки корректировался добавками магния и бария для компенсации потерь от испарения. Полученные сплавы подвергались гомогенизирующему отжигу в течение 72 ч при температуре 400°C в вакуированных кварцевых ампулах с последующей закалкой в холодной воде. Ниже приводятся результаты исследований.

Система Mg-Mg₁₇Ba₂-Mg₁₇Al₁₂ (рис.1). Двойные системы, ограничивающие квазитройную систему, являются эвтектическими с непрерывной растворимостью компонентов в жидком и ограниченном в твердом состояниях. Максимальная растворимость алюминия и

бария в магнии при эвтектической температуре составляет 11,6% ат., а бария в магнии около 1% ат. Эвтектическое равновесие в системе Mg-Mg₁₇Al₁₂ имеет место при 438°C и 30,2% ат. алюминия, а в системе Mg-Mg₁₇Ba₂ при 634°C и 2,5% ат. Бария [1-2].

Система Mg₁₇Al₁₂-Mg₁₇Ba₂ построенная по результатам наших исследований является квазибинарной, эвтектического типа с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и ограниченной в твердом состояниях. По излому на кривых зависимостей “микротвердость-состав” и “параметр решетки-состав” было установлено, что в Mg₁₇Ba₂ при температуре плавления эвтектики растворяется 43,3% мол. Mg₁₇Al₁₂, а растворимость Mg₁₇Ba₂ в соединении Mg₁₇Al₁₂ составляет около 3,15% мол. Эвтектика содержит 33,6% мол. Mg₁₇Ba₂ и 66,4% мол. Mg₁₇Al₁₂ и представляет собой смесь α и β-фаз [3].

Проекция поверхности ликвидуса (рис. 2) включает три поля первичной кристаллизации сплавов: α-Mg, Mg₁₇Ba₂ и Mg₁₇Al₁₂. Большую часть поверхности ликвидуса системы составляет поле первичной кристаллизации α-Mg и соединения Mg₁₇Ba₂. Кристаллизация сплавов заканчивается образованием тройной эвтектики (табл.1).



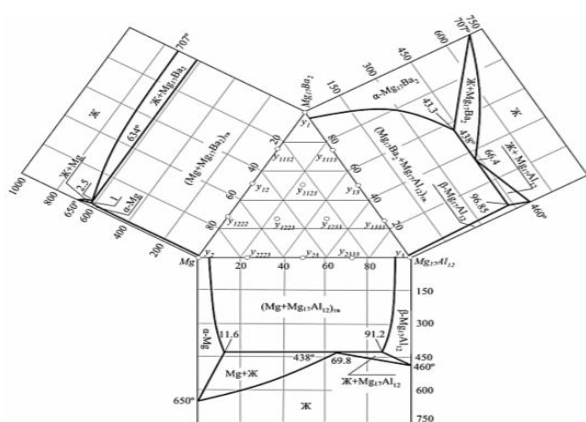
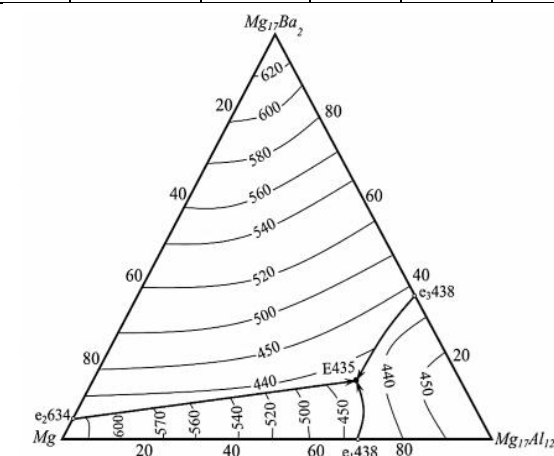
наступает при температуре 435°C и содержании 82,8% ат. Mg, 13,7% ат. Al и 3,5% ат. Ba.

Система Al-BaAl₄-Mg₂Al₃ (рис.3). Двойные системы, ограничивающие данную квазитройную систему также являются эвтектическими. Эвтектика в системе Al-Mg₂Al₃ образуется при 63,1% ат. Al и температуре 450°C. Алюминиевый твердый раствор содержит до 17,4% ат. Mg при эвтектической температуре. В системе Al-BaAl₄ эвтектика образуется при 1,8% ат. Ba и температуре 651°C. Растворимость бария в алюминии при эвтектической температуре составляет около 1% ат. Квазибинарная система Mg₂Al₃-BaAl₄, отделяющая алюминиевый угол от тройной диаграммы Mg-Al-Ba характеризуется образованием твердых растворов на основе BaAl₄ (17,4% мол) и Mg₂Al₃ (3,14% мол.). Эвтектика содержит 15,8% мол. BaAl₄ при температуре 446°C [4].

Таблица 1.

 Координаты трех- и четырехфазных невариантных равновесий в тройных системах Mg-Mg₁₇Ba₂-Mg₁₇Al₁₂, Al-BaAl₄-Mg₂Al₃ и Ba-Mg₂Ba-BaAl₄.

Система	Фазовые равновесия	Состав, % ат.				t _{пл} , °C
		Обозн.	Mg	Al	Ba	
Mg-Mg ₁₇ Ba ₂ -Mg ₁₇ Al ₁₂	Ж ↔ α - Mg+Mg ₁₇ Al ₁₂	e ₁	71.1	28.9	0	438
	Ж ↔ α - Mg+Mg ₁₇ Ba ₂	e ₂	99.74	0	0.26	634
	Ж ↔ α - Mg ₁₇ Ba ₂ +Mg ₁₇ Al ₁₂	e ₃	69.0	27.5	3.5	438
	Ж ↔ α - Mg+Mg ₁₇ Ba ₂ +Mg ₁₇ Al ₁₂	E	82.8	13.7	3.5	435
Al-BaAl ₄ -Mg ₂ Al ₃	Ж ↔ α - Al+Mg ₂ Al ₃	e ₁	25.2	74.8	0.0	450
	Ж ↔ Mg ₂ Al ₃ +BaAl ₄	e ₂	33.6	63.2	3.2	446
	Ж ↔ α - Al+BaAl ₄	e ₃	0	98.2	1.8	651
	Ж ↔ α - Al+Mg ₂ Al ₃ +BaAl ₄	E	13.6	79.8	6.6	440
Ba-Mg ₂ Ba-BaAl ₄	Ж ↔ α - Ba+BaAl ₄	e ₁	0	57.6	42.4	528
	Ж ↔ Ba+Mg ₂ Ba	e ₂	43.3	0	56.7	358
	Ж ↔ Mg ₂ Ba+BaAl ₄	e ₃	38.7	33.6	27.7	542
	Ж ↔ α - Ba+Mg ₂ Ba+BaAl ₄	E	22.0	26.4	51.6	354


 Рис.1. Развертка квазитройной системы Mg-Mg₁₇Al₁₂-Mg₁₇Ba₂.

 Рис.2. Проекция поверхности ликвидуса квазитройной системы Mg-Mg₁₇Al₁₂-Mg₁₇Ba₂

Система Al-BaAl₄-Mg₂Al₃ (рис.3). Двойные системы, ограничивающие данную квазитройную систему также являются эвтектическими. Эвтектика в системе Al-Mg₂Al₃ образуется при 63.1% ат. Al и температуре 450°C. Алюминиевый твердый раствор содержит до 17.4% ат. Mg при эвтектической температуре. В системе Al-BaAl₄ эвтектика образуется при 1.8% ат. Ba и температуре 651°C. Растворимость бария в алюминии при эвтектической температуре составляет около 1% ат. Квазибинарная система Mg₂Al₃-BaAl₄, отделяющая алюминиевый угол от тройной диаграммы Mg-Al-Ba характеризуется образованием твердых растворов на основе BaAl₄ (17.4% мол) и Mg₂Al₃ (3.14% мол.). Эвтектика содержит 15.8% мол. BaAl₄ при температуре 446°C [4].

Результаты исследований поверхности ликвидуса квазитройной системы Al-BaAl₄-

температуре 440°C имеет место эвтектическое равновесие:



Эта система также характеризуется наличием широкой области полей первичной кристаллизации сплавов на основе тугоплавкого интерметаллического соединения BaAl₄, а также незначительными полями кристаллизации сплавов на основе твердого раствора α-Al и соединения Mg₂Al₃.

Координаты трех и четырехфазных невариантных равновесий и температуры плавления сплавов Al-BaAl₄-Mg₂Al₃ приведены в таблице. Система Ba-Mg₂Ba-BaAl₄ (рис.5). Двойные системы Ba-Mg₂Ba и Ba-BaAl₄ являются также эвтектическими. Двойная эвтектика Ba-Mg₂Ba плавится при температуре 358°C и содержании Mg₂Ba составляет 35% моль.

Квазибинарная система Ba-BaAl₄ также является эвтектической с ограниченной

растворимостью алюминия в барии. Двойная эвтектика содержит 72% ат. бария и плавится при 528°C. Растворимость алюминия в барии при эвтектической температуре составляет 5% ат. Кроме того в этой системе имеет место образование двух соединений Ba_4Al_5 и Ba_7Al_{13} по перитектической реакции при 730°C и 914 °C, соответственно [1].

Система $Mg_2Ba-BaAl_4$ также является квазибинарной, эвтектического типа с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге. Двойная эвтектика содержит 42% мол. Mg_2Ba и плавится при температуре 542°C. Соединение $BaAl_4$ растворяет при температуре эвтектики 45.5% мол. в Mg_2Ba , а соединение Mg_2Ba растворяет 23% мол. в $BaAl_4$.

Для построения поверхности ликвидуса в системе $Ba-Mg_2Ba-BaAl_4$ нами был применен симплексный метод планирования эксперимента, который описан в работах [4-6]. С этой целью упомянутая система была

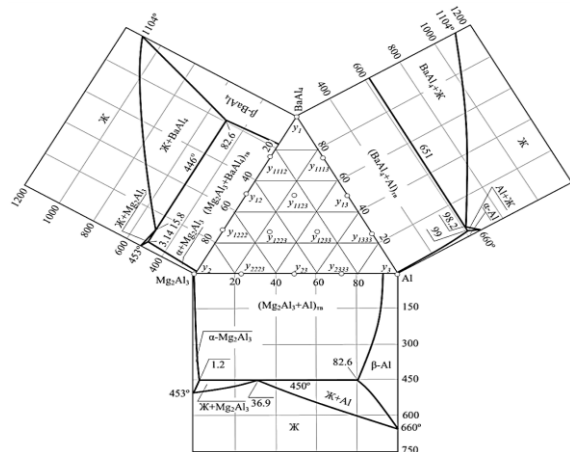


Рис.3. Развертка квазитройной системы $Al-BaAl_4-Mg_2Al_3$.

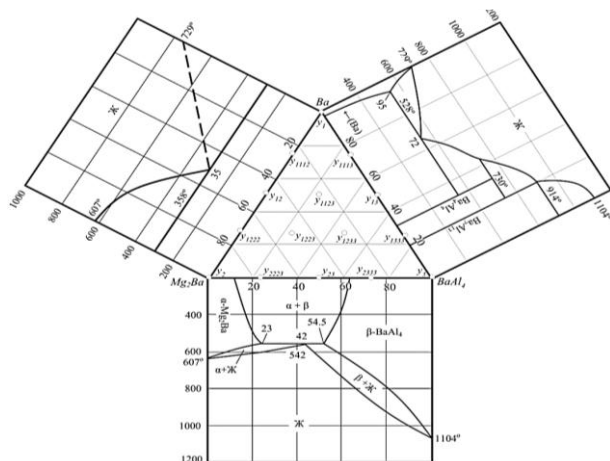


Рис.5. Развертка квазитройной системы $Ba-Mg_2Ba-BaAl_4$.

разбита на ряд простых тройных систем (рис.6). Линии раздела проходили через точки двойных эвтектик e_1 , e_2 и e_3 . В результате такого разделения тройная система $Ba-Mg_2Ba-BaAl_4$ была разбита на четыре простейшие системы: $Mg_2Ba-e_2-e_3$, $Ba-e_1-e_2$, $BaAl_4-e_3-e_1$ и $e_1-e_2-e_3$.

Общая поверхность ликвидуса системы $Ba-Mg_2Ba-BaAl_4$ строилась путем суммирования частных простейших квазитройных систем. При этом композиция сплавов, соответствующих вершинам треугольников, принимались за самостоятельные псевдо компоненты с тем расчетом, чтобы сумма мольных долей трех компонентов равнялась единице и полностью соответствовала стратегии планирования эксперимента.

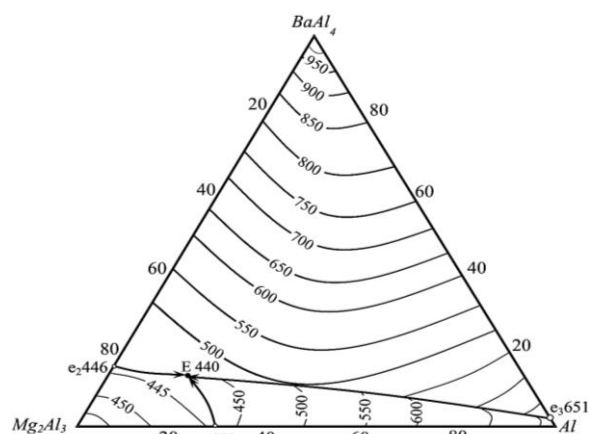


Рис.4. Проекция поверхности ликвидуса квазитройной системы $Al-BaAl_4-Mg_2Al_3$.

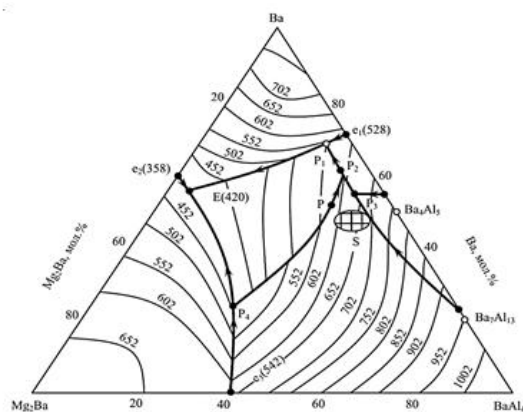


Рис.6. Проекция поверхности ликвидуса квазитройной системы $Ba-Mg_2Ba-BaAl_4$.

Литература:

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. акад. РАН Н.П. Лякишева. М.: Машиностроение, 1996, 1997, 2001, т. 1-3, 992, 1024, 1320с.
2. Диаграммы состояния систем на основе алюминия и магния. Справочник. М.: Наука, 1977. 225 с.
3. И.Ш.Муслимов, И.Р.Исмоилов, Ф.К.Рахимов, Э.Р.Газизова, Т.Д.Джураев Квазибинарные разрезы системы Mg-Al-Ba // Вестник Таджикский технический университет. Серия инженерные исследования Душанбе, 2019, №3 (47), С. 60-63.
4. Исмоилов И.Р., Джураев Т.Д., Рахимов Ф.К. Поверхность ликвидуса системы Al-BaAl₄-Mg₂Al₃. // Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых учёных и специалистов «Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе» Тюмень ТИУ 2016 г. Том II, С. 139-144.
5. Джураев Т.Д., Рахимов Ф.К., Газизова Э.Р. Исследование квазибинарного разреза YbAl₂-SrAl₄ // Вестник Таджикский технический университет. Серия инженерные исследования Душанбе, 2018, №1 (41), С. 91-95.
6. Рахимов Ф.К., Исмоилов И.Р., Газизова Э.Р., Джураев Т.Д. Построение поверхности ликвидуса квазитройной системы Al-BaAl₄-Mg₂Al₃ методом симплексных решеток. // Материалы II Международной научной конференции «Химия алифатических и циклических производных глицерина и аспекты их применения» посвященной 75-летию памяти д.х.н., профессора, член-корр. АН РТ Кимсанова Бури Хакимовича, ТГНУ Душанбе 2016 г. С. 137-142.

САТҲИ ЛИКВИДУСИ БУРИШҲОИ КВАЗИСЕЧАНДАИ СИСТЕМАИ Mg-Al-Ba

**Т.Д. Ҷӯраев, Ф.К. Раҳимов,
И.Р. Исмоилов, И.Ш. Муслимов**

Дар мақолаи мазкур мавҷудияти се буриши квазисечанда дар системаи Mg-Al-Ba муайян карда шуд. Диаграммаҳои ҳолати сохташудаи буришҳои Mg-Mg₁₇Ba₂-Mg₁₇Al₁₂,

Al-BaAl₄-Mg₂Al₃ ва Ba-Mg₂Ba-BaAl₄, инчунин сатҳи ликвидуси онҳо имкони муайян намудани оғози ҳарорати сахтшавии ҳулаҳои магний-алюминий ва алюминий-магнийро бо иштироки барий дорад.

Калимаҳои калидӣ: магний, алюминий, барий, диаграммаи ҳолат, буришҳои квазисечандаи системаҳои Mg-Mg₁₇Ba₂-Mg₁₇Al₁₂, Al-BaAl₄-Mg₂Al₃ и Ba-Mg₂Ba-BaAl₄, эвтектика.

SURFACE OF THE LIQUIDUS OF QUASI-LINEAR SECTIONS

**T. D. Juraev, F. K. Rakhimov, I. R. Ismoilov,
I. Sh. Muslimov**

The existence of three quasi-triple sections in the triple MD-Al-Ba system is determined in this article. The state diagrams of sections of the Mg-Mg₁₇Ba₂-Mg₁₇Al₁₂, Al-BaAl₄-Mg₂Al₃ and Ba-Mg₂Ba-BaAl₄ systems and their liquidus surfaces make it possible to determine the temperatures of the beginning of crystallization of magnesium-aluminum and aluminum-magnesium alloys in the presence of barium.

Keywords: magnesium, aluminum, barium, state diagram, quasi-linear sections of the system Mg-Mg₁₇Ba₂-Mg₁₇Al₁₂, Al-BaAl₄-Mg₂Al₃ and Ba-Mg₂Ba-BaAl₄, eutectic.

Сведения об авторах:

Джураев Тухтасун Джураевич – доктор химических наук, профессор кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими.
E-mail: mcm45@mail.ru

Рахимов Фаррух Каюмович – к.т.н., доцент кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими.
E-mail: rahimov_83F@mail.ru

Исмоилов Исмоил Ризоевич – старший преподаватель кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими.
E-mail: krypton_89@bk.ru

Муслимов Имомали Шохимардонович – к.х.н., доцент кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими.
E-mail: muslimov_72@bk.ru

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ ЭВТЕКТИКИ СИСТЕМ СУРЬМА – ЛАНТАНИДЫ В ОБЛАСТИ БОГАТЫХ СУРЬМОЙ

Цюан Цзингжи, Ю. С. Азизов, А. Б. Бадалов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Полуэмпирическим методом определены и/или уточнены температура плавления эвтектики систем сурьмы – лантаниды богатых сурьмой. Закономерность изменения изученной характеристики эвтектики в зависимости от природы лантанидов имеет сложный характер с проявлением «тетрад-эффект»а. Эвтектик систем Sb-Eu и Sb-Yb выпадают из общей закономерности. Получены математические модели этой закономерности для цериевой и иттриевой подгрупп лантанидов.

Ключевые слова: - температура плавления, эвтектика, сурьма, лантаниды, закономерность изменения, математическая модель.

Достоверные сведения о физико-химических, термических и термодинамических свойствах отдельных компонентов и коллективных свойствах сложных, поликомпонентных систем, в частности металлических, позволяют установить закономерности изменения характеристик материалов в зависимости от различных факторов. Эти сведения способствуют подобрать соответствующие, наиболее рациональные способы синтеза веществ и материалов с заданными «запрограммированными» характеристиками. Такие исследования приобретают особое научно-прикладное значение для металлических систем с участием лантанидов, связанное со сложным их электронным строением, возможности перехода различных переходов валентных электронов в зависимости от природы атомов – партнёров и проявлением важных прикладных характеристик сплавов на их основе.

В продолжение исследований [1-5] посвящённых физико-химическим свойствам двойных металлических систем с участием лантанидов, в настоящей работе приведены результаты системного анализа литературных и полученных нами сведений по температуре плавления установленных или виртуальных эвтектик систем сурьма (Sb) - лантаниды (Ln)

в области богатых сурьмой и их математические модели.

Обобщённые сведения о диаграмме состояния сурьма – лантаниды, приведённые в фундаментальном справочнике [6] показывают, что в этих системах наряду с образованием интерметаллидов составов Sb_2Ln , $SbLn$, Sb_3Ln_4 , Sb_3Ln_5 , $SbLn_2$ существуют и эвтектические превращения. Анализ литературных источников показывает об отсутствии сведений по температуре плавления эвтектических сплавов для систем Sb – Pm и Sb - Eu в области богатых сурьмой (см. таблицу).

Системный анализ по определению и/или уточнению температуры плавления ($T_{пл}$:К) эвтектики систем сурьма – лантаниды проведён полуэмпирическим методом [7,8] по корреляционному уравнению

$$T_{пл. (SbxLny)} = T_{(SbxLay)} + \alpha N_f + \beta S + \gamma' L_{(Ce-Eu)} (\gamma'' L_{(Tb-Yb)}) \quad (1)$$

где коэффициенты: α - учитывает доленое участие 4f – электронов, β – спиновых (S) – и γ - орбитальных (L) моментов движения атомов лантанидов на значения искомой характеристики. Значения коэффициентов уравнения (1) равны

$$\alpha = -0,3571; \quad \beta = -1,0000; \quad \gamma' = -3,9411 \text{ и } \gamma'' = -0,1321.$$

На рис.1 изображён график закономерности изменения температуры плавления эвтектики систем Sb - Ln, богатых сурьмой в зависимости от природы лантанидов.

Из рис.1 наглядно видно проявление «тетрад - эффект»а в закономерности изменения температуры плавления эвтектик систем Sb-Ln в зависимости от природы лантанидов. Хорошее совпадение литературных и расчётных значений температуры плавления эвтектик для лантанидов иттрие-вой подгруппы свидетельствует о достоверности полученных результатов. Отличие литературных и расчётных значений температуры плавления эвтектик наблюдается для лантанидов цериевой подгруппы.

Полученные полные сведения по температуре плавления эвтектик систем Sb-Ln позволили провести математическое моделирование закономерности их изменения в зависимости от природы лантанидов. Моделирование результатов проведено по стандартной программе MICROSOFT EXCEL. Исходя из разного характера закономерностей в изменениях свойств, обработка данных проведена отдельно для цериевой и иттриевой подгруппы лантаноидов. При расчётах не учтены значения характеристик для ИМ европия и иттербия, так как они выпадают из общих закономерностей. Отличие

обусловлено особенностями их электронного строения.

Линии тренда выражаются следующими уравнениями

$y = 2,1429x^2 - 259,43x + 8727$ при степени достоверности $R^2 = 0,9793$ и

$y = 0,0962x^2 - 12,842x + 1324,6$ при $R^2 = 0,9904$, соответствующим под-группам лантанидов.

На рисунках 2 и 3 в более уточнённых масштабах представлены характерные особенности установленных закономерностей в пределах подгрупп лантанидов.

Таблица 1.

Температура плавления эвтектики богатых сурьмой в системах Sb – Ln:

(а) - литература [6], (б) – расчёт.

№ атом.	Ln	Превращения	% ат. Sb	Т _{пл.} , К	
				(а)	(б)
57	La	Ж=LaSb ₂ + (Sb)	99	903	903
58	Ce	Ж=CeSb ₂ + (Sb)	98,8	873	886
59	Pr	Ж= PrSb ₂ +(Sb)	99	893	881
60	Nd	Ж= NdSb ₂ +(Sb)	98	873	876
61	Pm	-	-	-	876
62	Sm	Ж= SmSb ₂ +(Sb)	96	875	879
		Ж= SmSb ₂ +(Sb)	99,8	898	
63	Eu	-	-	-	865
64	Gd	Ж=GdSb ₂ +(Sb)	99	897	897
65	Tb	Ж=TbSb ₂ +(Sb)	99,2	896	896,4
66	Dy	Ж = DySb ₂ + (Sb)	98	895	896,3
67	Ho	Ж = HoSb ₂ + (Sb)	99	897	896,3
68	Er	Ж =(Sb) + ErSb ₂	99	898	896,4
69	Tm	Ж =(Sb)+ TmSb ₂	99	893	896,7
70	Yb	Ж =(Sb) + YbSb ₂	90	893	882
71	Lu	Ж = LuSb ₂ + (Sb)	99	898	898

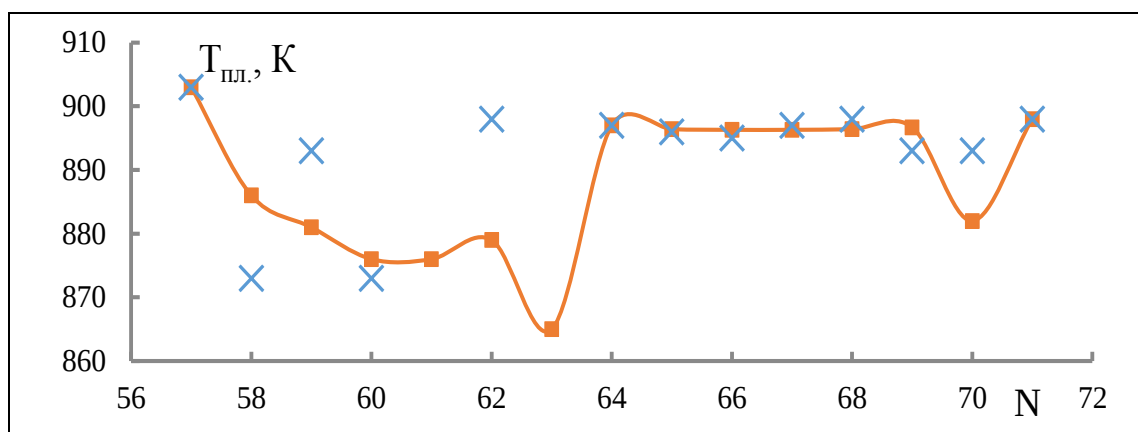


Рис.1.График закономерности изменения температуры плавления эвтектики систем Sb -Ln, богатых сурьмой от природы лантанидов: x – литература; •- расчёт.

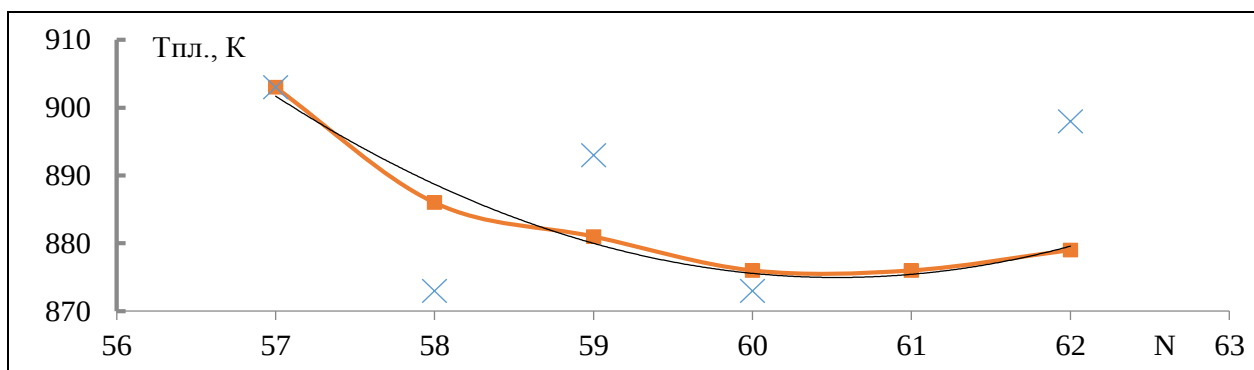


Рис.2. Линия тренда (—) изменения температуры плавления эвтектики систем Sb - Ln , богатых сурьмой от порядкового номера (N) лантанидов цериевой подгруппы: x – литература; ■ – расчёт.

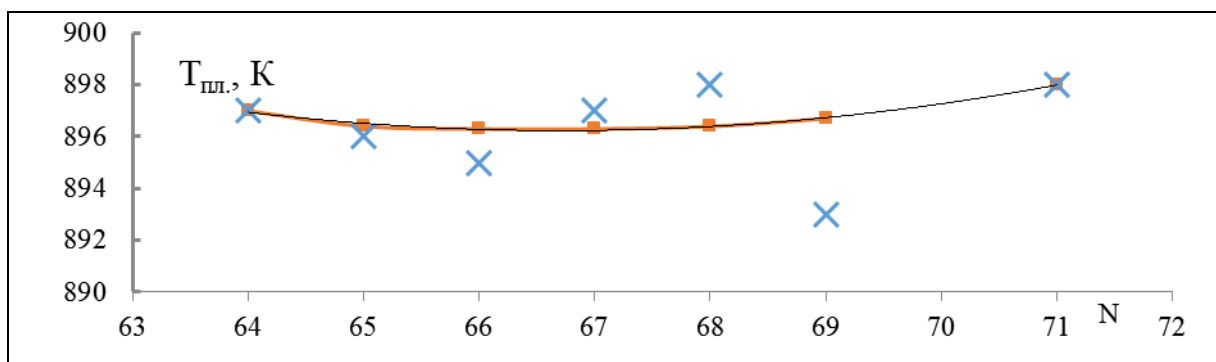


Рис.3. Линия тренда (—) изменения температуры плавления эвтектики систем Sb - Ln, богатых сурьмой от порядкового номера (N) лантанидов иттриевой подгруппы: x – литература; ■ – расчёт.

Выводы

Установленная закономерность изменения температуры плавления эвтектик систем Sb -Ln в зависимости от природы лантанидов показывает следующие особенности:

- разделение графика закономерности по подгруппам лантанидов - цериевой и иттриевой;

- выпадение характеристики для систем Sb - Eu и Sb - Yb из общей

закономерности, обусловленное их частичным (для европия) или полным (для иттрия) заполнением 4f – орбиталей электронами;

- для систем Sb - Ln цериевой подгруппы (от Sb - La до Sb - Sm) с ростом порядкового номера лантанида наблюдается незначительное уменьшение величины температуры плавления эвтектик до середины подгруппы Sb-Nd ($\Delta T = -27$) и заметное её повышение во второй части подгруппы ($\Delta T = +3$);

- для систем Sb-Ln иттриевой подгруппы (от Sb - Gd до Sb - Lu)

закономерность имеет почти прямолинейный характер ($\Delta T = \pm 1$);

- полученные математические модели установленных закономерностей температуры плавления эвтектик систем Sb – Ln богатых сурьмой позволяют подобрать соответствующий состав эвтектик с определенной температурой плавления и пополняют банк термохимических величин новыми данными.

Литература:

1. Ахмедов Ш.А., Мирзоев Ш.И., Бадалова М. А., Эшов Б.Б., Бадалов А. Уточнение и закономерности изменения температуры плавления эвтектики систем алюминий-лантаноиды, богатых лантаноидом. Кишоварз, ТАУ им. Ш Шотемур, №3 (83), 2019, с.99- 102.
2. Хайдаров А.М., Эшов Б.Б., Рахмонов Б.Ш., Пирова Ш.Х., Бадалов А. Термические и термодинамические характеристики интерметаллидов систем свинец – лантаниды цериевой подгруппы, богатых свинцом.

Известия АН РТ, отд. физ. - матем., хим., геол. и тех. наук, №3(172), 2018, с. 66-72.

3. Бадалова М.А., Тсюан Тингжи, Самаров Ш., Махмудов Ф.А., Бадалов А. Закономерности изменения температуры плавления интерметаллидов систем сурьма - лантаноиды и их моделирование. Матер. 3-й междун. науч.-практ. конф. «Технология машиностроения и материаловедение», РФ, Новокузнецк, 26.04.2019, с.63-65.

4. М. Чаманова, Ш.А. Ахмедов, Б.Б. Эшов, А.Б. Бадалов. Моделирование закономерности изменения температуры и энтальпии плавления интерметаллидов систем алюминий – лантаниды, богатых алюминием. Вестник Иркутского государственного университета. 2018;22(12): 221-230. DOI:10.21285/1814-3520-2018-12-221-230.

5. Исмоилов И.Р., Додхоев Э. С., Исмоилов Р., Нажмудинов Ш. З., Бадалов А. Моделирование закономерности изменения энтальпии плавления интерметаллидов систем магний – лантаноиды богатых магнием. Горные науки и технологии. Россия, Москва, МИСиС, нац. иссл. технол. универс. 2019;4(2): 111-121. DOI: 10.17073/2500-0632-2019-2-111-121.

6. Н.П. Лякишева. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. акад. РАН– М.: Машиностроение, 1996, т.1, - 992с.; 1997, т. 2, - 1024с.; 2001, т.3, - 1320 с.

7. Полуэктов Н.С., Мешкова С.Б., Коровин Ю.В., Оксиденко И.И. Корреляционный анализ в физико-химических соединений трёхвалентных ионов лантаноидов.- Докл. АН СССР, 1982, т. 266, №5, с.1157 – 1159.

8. Мешкова З.Б., Полуэктов Н.С., Топилова З.М., Данилкович М.М. Гадолиниевый излом в ряду трехвалентных лантаноидов. – Коорд. хим., 1986, Т. 12, вып. 4, с. 481 – 484.

ҚОНУНИЯТИ ТАҒЙИРЁБИИ ҲАРОРАТИ ҲУДОХТАШАВИИ ЭВТЕКТИКАИ СИСТЕМАҲОИ СУРМА- ЛАНТАНИДҲОИ АЗ СУРМА ҒАНИ

*Тсюан Тзингжи, Ю.С. Азизов,
А.Б. Бадалов*

Маълумот оид ба ҳарорати ғудохташавии эвтектикаи системаҳои сурма – лантанидҳои аз сурма бой таҳлил карда шуд. Бо усули

нимэмпирикӣ ҳарорати ғудохташавии эвтектикаи муқарраршуда ва ё виртуалӣ муайян ва ислоҳ карда шуд.

Қонуниятҳои тағйирёбии ҳарорати ғудохташавии эвтектикаҳои аз сурма бой дар зергурӯҳҳои лантанидҳо бо зухуроти “тетрад-эффект” тавсироти ғуноғун доранд. Эвтектикаи системаҳои Sb-Eu ва Sb-Yb ба қонуният риоя намекунд. Модели қонуниятҳои муқарраршуда дар зергурӯҳҳои лантанидҳо тартиб дода шуд.

Калимаҳои калидӣ: ҳарорати ғудохташавӣ, эвтектика, сурма, лантанид, қонуниятҳои тағйирёбӣ, модели математикӣ.

REGULARITY OF CHANGES IN THE MELTING TEMPERATURE OF EUTECTIC SYSTEMS, ANTIMONY, LANTHANIDES

IN A REGION RICH IN ANTIMONY

Quan Jingzhi, Y.S. Azizov, A.B. Badalov

The melting point of the eutectic of antimony – lanthanide systems rich in antimony was determined and/or refined using a semi-empirical method. The regularity of changes in studied eutectic characteristic depending on the nature of lanthanides has a complex character with the manifestation of the "tetrad effect". The eutectic of Sb-Eu and Sb-Yb systems fall out of the General pattern. Mathematical models of this regularity are obtained for the cerium and yttrium subgroups of lanthanides.

Keywords: melting point, eutectic, antimony, lanthanides, regularity of change, mathematical model.

Сведения об авторах:

Цюан Цзингжи – аспирант кафедры «Общая и неорганическая химия» ТТУ им. ак. М.С.Осими.

Тел: +992 93 800 77 16

E-mail: btj20091111@mail.ru

Азизов Юсуф Самиевич – к.т.н., доцент кафедры «ТКНТ» ТТУ им. ак. М.С.Осими. Тел: +992 93 155 22 60, E-mail: usuf60@mail.ru

Бадалов Абдулхайр Бадалович – чл. – корр. АН РТ, д.х.н., профессор кафедры «Общая и неорганическая химия» ТТУ им. ак. М.С.Осими. Тел: +992 93 571 21 25

E-mail: badalovab@mail.ru

ПОДБОР РЕЦЕПТУРЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ОБРАЗЦОВ БОРТОВЫХ БЛОКОВ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

Б. С. Джамолзода

Разработаны дебета синтетической шихты, гранулометрического состава и некоторые требования к антрациту месторождения Назарайлок как к сырью для производства бортовых блоков, применяемых при футеровки алюминиевых электролизёров. Определены физико-химические и физико-механические показатели опытных образцов бортовых блоков, такие как пористость, удельное электросопротивление, истинная плотность, кажущаяся плотность, прочность на сжатие и прочность на изгиб.

Приведены сравнения полученных данных с аналогичными показателями качества таких производителей как Российского Донбасса и Украины (Донецк).

Приведенные экспериментальные данные и обобщение результатов свидетельствуют о пригодности антрацита месторождения Назарайлок для производства бортовых блоков алюминиевых электролизеров, которые по качественным показателям соответствовали требованиям ТУ - 1913 - 109 - 014 - 99.

Ключевые слова: бортовые блоки – антрацит – гранулометрический состав – удельное электросопротивление – плотность – прочность – каменноугольный пек.

Бортовые блоки алюминиевых электролизеров изготавливаются из антрацита и связующего – каменноугольного пека. Технология производства бортовых и подовых плит почти одинаковые, лишь с той разницей, что в состав шихты (наполнителя) графит не добавляется. Поэтому, бортовые блоки не должны хорошо проводить электрический ток.

Технические характеристики бортовых блоков несколько отличаются от подовых. Например, для бортовых блоков тест Рапопорта особенно не распространяется, также не учитывается прочность на изгиб и модуль упругости Юнга. Кроме того содержание золы допускается до 5,0 % (по массе), а в то время для подовых блоков зольных примесей допускается до 4% (по массе).

В любом случае, бортовые блоки должны быть стойкими в среде

глиноземкриолитового расплава, достаточно прочными, иметь низкую стоимость и простоту в изготовлении. Однако в КНР при изготовлении бортовых блоков в состав шихты добавляют от 10 до 15% (по массе) искусственного графита. Бортовые блоки с целью создания надежных бортовых настелей должны обладать высокой теплопроводностью и не смачиваться с электролитом, не окисляться при контакте с воздухом. Поэтому ведется поиск подбора материалов, пригодных для футеровки электролизеров и обеспечивающих длительный срок службы.

Следует отметить, что на электролизерах ГУП «ТАЛКО» бортовые блоки изготавливаются на основе углеграфита (без добавки графита), а в подовых блоках добавляют до 30% (по массе) графита. В электролизерах ГУП «ТАЛКО» используются углеграфитовые бортовые блоки следующих типоразмеров, мм:

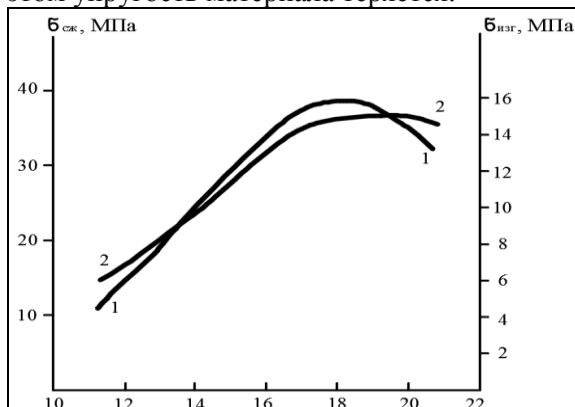
200 × 550 × 650; 115 × 400 × 600. В среднем, расход катодных блоков (бортовые, подовые) на одном электролизере ГУП «ТАЛКО» составляет 25 тонн [1,2].

С целью подбора оптимального состава «зеленой» массы бортового блока с улучшенными качественными показателями изучались зависимость предела прочности на сжатие $\sigma_{сж}$, (МПа); изгиб $\sigma_{изг}$, (МПа), и пористость общая (ПО, %), кажущаяся плотность (d_k , кг/м³), истинная плотность (d_u , кг/м³) и УЭС от содержания пека в составе шихты [3,4].

На рисунках 1, 2, 3, приведены зависимости $\sigma_{сж}$, $\sigma_{изг}$, d_k и d_u от содержания пека в составе шихты. Как видно из рисунка 1 с увеличением содержания пека $\sigma_{сж}$ и $\sigma_{изг}$ возрастают до определенного предела, далее падают. При концентрации пека равным 18,0% (по массе) достигается максимальное значение предела прочности на сжатие. Такая же картина наблюдается с изменением предела прочности на изгиб ($\sigma_{изг}$). Чрезмерное увеличение содержания пека в составе шихты приводит к возрастанию внутреннего механического напряжения, образец теряет свою упругость и в итоге

прочностные свойства материала ухудшаются.

Зависимость общей пористости (ПО) и кажущейся плотности (d_k) от содержания связующего приведены на рисунке 2. Как видно с увеличением концентрации связующего ПО уменьшается, а d_k возрастает. По мере увеличения содержания пека, имеющие пустоты в межгранулах шихты заполняются компонентами пека в результате чего приводит к уменьшению пор, но при этом упругость материала теряется.



Содержание пека, % (по массе)

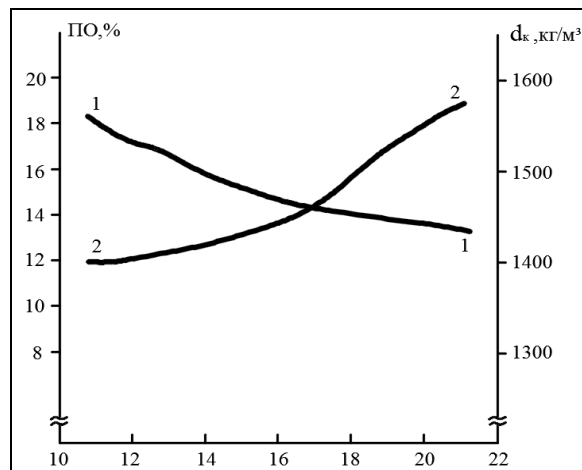
Рис. 1. Зависимость предела прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$) и предела прочности на изгиб ($\sigma_{изг}$) от количества связующего (пека): 1- предел прочности на сжатие; 2- предел прочности на изгиб.

Что касается d_k она увеличивается. Как показывает эксперимент, имеется определенный предел концентрации пека, где достигаются хорошие физико-механические показатели образцов. Как видно из рисунков, содержание пека должен быть в пределах 17-19% (по массе).

На рисунке 3 приведена зависимость удельного электросопротивления (УЭС) и истинной плотности ($d_{пл}$) образцов от содержания связующего. Как видно с увеличением содержания пека УЭС падает, а истинная плотность возрастает. С увеличением количества связующего уменьшаются общая пористость так и открытые поры. Пек, внедряя в поры, обеспечивает монолитность образцов.

Как показывает эксперимент, имеется определенный предел концентрации

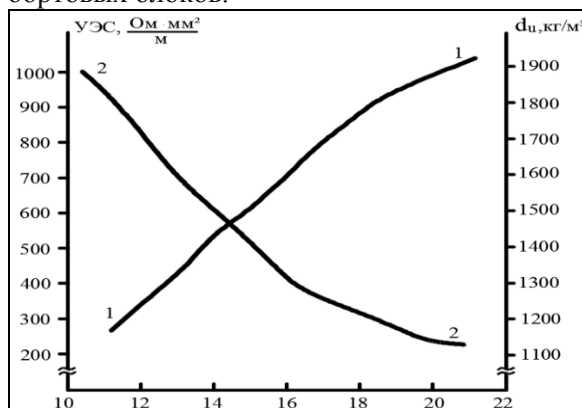
пека, где достигаются высокие физико-механические показатели материала при содержании пека в пределах 17-19% (по массе).



Содержание пека, % (по массе)

Рис. 2. Зависимость пористости общей (ПО) и кажущейся плотности (d_k) от количества связующего (пека): 1 - изменение общей пористости; 2 - изменение кажущейся плотности.

Следует отметить, что для бортовых блоков алюминиевых электролизеров имеется определенное требование к УЭС, чем больше УЭС тем лучше. Дело в том, что бортовые блоки должны плохо проводить электрический ток, иначе при работе электролизера образуются горизонтальные токи, которые спровоцируют «волнение» жидкого алюминия в электролизной ванне, способствующего к уменьшению выхода по току. В этом плане, увеличение пористости играет положительную роль в росте УЭС бортовых блоков.



Содержание пека, % (по массе)

Рис. 3. Зависимость удельного электросопротивления (УЭС) и истинной плотности от содержания пека: 1-изменение истинной плотности; 2-изменение УЭС.

Далее на основе оптимизации количества вводимого пека подбиралась рецептура сухой шихты. Для дальнейшей работы содержание пека поддерживался в количестве 18,0% (по

массе), и поменялся фракционный состав сухой шихты (наполнителя).

В таблице 1 приведены дебета синтетической шихты, гранулометрического состава и показатели качества лабораторных образцов бортовых блоков. Как видно наилучшие показатели качества соответствуют рецептурам №№10 и 12.

В таблице 2 приведены технические характеристики опытных промышленных бортовых блоков. Для сравнения приведены технические характеристики бортовых блоков ОАО «Укрграфит» (Украина) и России.

Как видно показатели качества опытных образцов бортовых блоков по всем показателям почти совпадают с Украинским бортовым блоками. Из-за отсутствия возможности мы не смогли определить относительное удлинение, хотя данный показатель более приемлема для подовых блоков. В наших образцах содержание золы намного превышала Украинским. Видимо по этой причине коэффициент термического расширения, механическая прочность на сжатие чуть ниже, чем Украинские. С другой стороны, некоторые отличия в показателях качества может быть связаны с тем, что

Украинский антрацит (Донецкий) испытывал более высокий метаморфизм, чем антрацит месторождения Назарайлок. В любом случае, при правильном подборе шихты, количества связующего (пека), режима обжига можно достичь показатели качества бортовых блоков соответствующего ISO/9001, ISO14001, который придерживает ОАО «Укрграфит» [5]. Например, Российские производители при производстве бортовых блоков, придерживаются техническому условию ТУ 1913-109-014-99 [6].

Предел прочности на сжатие и пористость бортовых блоков России уступают другим производителям, например Украинским. В целом, по качественным показателям Российские бортовые блоки несколько уступают Украинских. Многолетние наблюдения по сроком службы электролизеров ГУП «ТалКо» показывают, что средний срок службы электролизеров с катодными блоками Украины составляли от 50 до 57 месяцев, а в отдельных случаях электролизеры имели срок службы до 87 месяцев.

Таблица 1.

Показатели качества лабораторных образцов бортовых блоков и дебета сухой шихты.

N № п.п	Дебет синтетической шихты и гранулометрический состав				Объемная плотность, d_k , кг/м ³ (1,45-1,55)	Истинная плотность, d_{tr} , кг/м ³ (1,82-1,85)	Пористость общая (ПО), % (17-20)	Пористость открытая (П), % (14-16)	Прочность на сжатие, $B_{сж}$, МПа (38-50)	Прочность на изгиб, $B_{изг}$, МПа (13-15)	КТР · 10 ⁻⁶ , 1/°C (2,5-3,5)	λ , Вт/(М·К) (9-12)
	(12+5) мм, %	(5+1) мм, %	(1+0,15) мм, %	(0,15+0) _м м, %								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	8,00	37,0	23,0	32,0	1420	1910	20,4	13,2	25,0	13,2	2,2	8,4
2	10,0	35,0	23,0	32,0	1480	1930	21,6	14,2	30,3	12,1	2,0	9,2
3	12,0	33,0	23,0	32,0	1440	1860	22,0	15,3	24,0	12,2	1,8	9,0
4	14,0	31,0	23,0	32,0	1420	1810	22,3	16,2	23,4	12,0	1,7	8,6
5	16,0	29,0	23,0	32,0	1400	1805	23,0	16,5	22,6	11,3	1,7	8,4
6	18,0	27,0	23,0	32,0	1350	1755	24,2	17,6	20,2	10,2	1,9	8,7
7	10,0	40,0	20,0	30,0	1380	1796	22,1	17,2	25,6	10,5	2,1	9,0
8	10,0	40,0	25,0	25,0	1400	1825	19,2	16,6	28,0	11,6	2,4	9,2
9	10,0	40,0	27,0	23,0	1420	1900	17,3	14,6	30,0	12,5	2,8	9,6
10	10,0	25,0	30	35,0	1520	1960	18,2	15,7	32,0	13,6	3,0	10,3
11	15,0	30,0	25	30	1480	1920	17,1	14,3	29,2	14,2	2,8	10,4
	(10+5) мм, %	(5+1) мм, %	(1+0,15) мм, %	(0,15+0) мм, %								
12	10,0	35,0	25,0	30,0	1550	2000	18,5	15,5	42,0	14,4	2,82	10,7
13	12,0	33,0	25,0	30,0	1480	1995	17,4	14,8	40,0	14,6	2,74	10,5
14	14,0	31	25,0	30,0	1490	1990	17,2	15,1	38,0	14,1	2,69	10,4
15	16,0	29	20,0	35	1495	1985	19,1	16,4	35,0	13,7	3,05	9,8
16	18,0	26	28	28	1392	1970	20,5	17,2	26,4	12,3	3,24	9,5

Примечание: КТР-коэффициент термического расширения, 1/°C (измеряется в пределах 20-520 °C); λ - коэффициент теплопроводности, измеряется при температуре 293 °K.

Конечно, нельзя не упоминать о качестве проведения капитального ремонта, который играет важную роль в сроке службы алюминиевых электролизеров.

Таким образом, можно заключить физико-химические и физико-механические показатели лабораторных образцов бортовых блоков, полученных с разного состава шихты (составы №10 и 12) по своим техническим характеристикам ближе или равноценны с показателями зарубежных фирм (производителей), которые по качественным показателям соответствовали требованиям ТУ - 1913 - 109 - 014 - 99. В будущем, эти рецептуры могут быть рекомендованы для производства бортовых блоков на промышленной основе для ГУП «ТалКо». Положительные результаты лабораторных испытаний, полученных бортовых блоков, служат основанием для получения и внедрения их взамен импортных блоков на собственный и снижения за счет транспортных расходов их себестоимости.

Литература:

1. Джамолзода Б.С. Исследование антрацита месторождения Назарайлок как сырья для производства электродного термоантрацита / Б.С. Джамолзода, А. Муродиён, К. Кабутов, Б.С. Азизов, А.Г. Сафаров, Х.А. Мирпочаев, Х.С. Сафиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2015. – Т. 58, №10. – С. 929 – 935.

2. Джамолзода Б.С. Катодные блоки для алюминиевых электролизеров / Б.С. Джамолзода, Х.А. Мирпочаев, А. Муродиён, Б.С. Азизов, А.Г. Сафаров, Х. Сафиев // Сб. материалов «Достижения химической науки за 25 лет Государственной Независимости Республики Таджикистан, посвященные 70 летию образования института химии им. В.И. Никитина АН РТ, – Душанбе. – 2016. – С. 85 – 86.

3. Джамолзода Б.С. Влияние концентрации связующего и гранулометрического состава шихты на качественные показатели лабораторных образцов подовых блоков / Б.С. Джамолзода, А. Муродиён, А.Г. Сафаров, Х. Сафиев // Сб. материалов XIV Нумановские чтения «Вклад молодых учёных в развитие химической науки», – Душанбе. – 2017. – С. 52 – 54.

4. Джамолзода Б.С. Физико – химические и технологические основы использования антрацита месторождения Назарайлок для производства катодных

блоков алюминиевых электролизеров. Дисс...к.т.н. – М., 2018, 135с.

5. ОАО «Укрграфит» -70 лет на рынке, Украина, г. Запорожье, 2003.

6. Минцис М.Я. Электрометаллургия алюминия. / М.Я. Минцис, П.В.Поляков, Г.А. Сиразутдинов. – Новосибирск: Наука, 2001. - 368 с.

ИМКОНИ ИСТИФОДАИ АНТРАТСИТИ КОНИ МАЪДАНИ НАЗАРАЙЛОҚ БАРОИ ИСТЕҲСОЛИ БЛОҚҲОИ ФАРШӢ

Б.С. Чамолзода

Таркиби гранулометрии омехтаи хушк ва якчанд талабот оид ба ашёи хоми антрацити маъдани Назарайлок, ки барои истехсоли блокҳои паҳлӯӣ ҳангоми бутабандии электролизёрҳои алюминий таҳия шудааст. Нишондоди физикию химиявӣ ва физикию механикии намунаҳои озмоишии блокҳои паҳлӯӣ, аз он ҷумла ковокии умумӣ, муқовимати хос, зичии ҳақиқӣ, зичии зоҳирӣ, мустаҳкамӣи фишӯрдашавӣ ва мустаҳкамӣи қатшавӣ муайян карда шуд.

Муқоисаи маълумоти гирифташуда мувофиқи нишондоди сифати талаботи истехсолкунандаҳои Донбасси Россия ва Украина (Донецк) монанд буда, оварда шудааст.

Маълумоти таҷрибаҳои гузаронидашуда ва натиҷаҳои ҷамънамуда мувофиқ ба антрацити Назарайлок, ки барои истехсоли блокҳои паҳлӯӣ электролизёрҳои алюминийи ҳосилкунанда мувофиқ буда, аз рӯи нишондоди сифат ба талаботи ТУ - 1913 - 109 - 014 – 99 ҷавобгӯ мебошад.

Калимаҳои калидӣ: блокҳои паҳлӯӣ, антрацит, таркиби гранулометрӣ, муқовимати хос, зичӣ, мустаҳкамӣ, пеки ангиштсанг.

SELECTION OF RECIPE FOR OBTAINING LABORATORY SAMPLES OF ON-BOARD BLOCKS OF ALUMINUM ELECTROLYZERS

B. S. Jamolzoda

The debit of synthetic charge, granulometric composition and some requirements for anthracite of Nazaraylok Deposit as a raw material for the production of on-Board blocks used for lining aluminum electrolyzers have been developed. Physical-chemical and physical-

mechanical parameters of experimental samples of onboard blocks, such as porosity, electrical resistivity, true density, apparent density, compressive strength and bending strength were determined.

The author compared the data obtained with analogical indicators of the quality manufacturers such as Russian Donbass and Ukraine (Donetsk). The experimental data and generalization of results indicate the suitability of anthracite of Nazaraylok Deposit for the production of on-Board blocks of aluminum electrolyzers, which met the requirements of

technical SPECIFICATIONS in terms of quality indicators - 1913 - 109 - 014 - 99.

Key words: airborne blocks, anthracite, particle size distribution, electrical resistivity, density - strength - coal tar pitch.

Сведение об авторе:

Джамолзода Бехрузи Саъдонхужа – к.т.н., старший преподаватель кафедры «Электроснабжение», ГТУ им. ак. М.С. Осими. Тел: +992 918 10 50 14
E-mail: behruz_5014@mail.ru

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ КАФИРНИГАН

Д. А. Абдушукуров¹, И. М. Рахимов², К. Ф. Эмомов³,
Т. С. Маджидов⁴, Ф. И. Шаймурадов⁵, З. В. Кобулиев⁶

^{1,2,3,5,6}Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ,

⁴Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими

Проведено изучение элементного состава донных отложений реки Кафирниган в Центральном Таджикистане. В ходе исследований выявлены геохимические аномалии, связанные с повышенным содержанием сурьмы и мышьяка. В верховьях наблюдается повышенное содержание золота. По мере продвижения к устью реки в донных отложениях увеличивается концентрация почвенных пород, которые становятся доминирующими в долинах, в условиях спокойного течения реки. В целом в долине р. Кафирниган породные аномалии преобладают над техногенными, несмотря на присутствие объектов промышленного характера по р. Варзоб.

Ключевые слова: Химический состав донный отложений, река Кафирниган, Центральный Таджикистан, макро- и микроэлементы.

The elemental composition of the bottom sediments of the Kafirnigan river in Central Tajikistan was studied.

Река Кафирниган - наиболее крупный правый приток Амударьи. Длина реки составляет 387 км. Площадь водосборного бассейна - 11600 км². Кафирниган принимает 3 крупных правобережных притока: Обиёс, Варзоб и Хонака и один левобережный - Еляк. Кроме четырех крупных притоков река принимает также 375 мелких притоков длиной менее 10 км.

С юга бассейн реки ограничен границей между Таджикистаном и Афганистаном. На западе граница проходит по водоразделу хребта Бабатаг и южному отрогу Гиссарского хребта. На севере граница бассейна проходит по водоразделу Гиссарского хребта. На востоке границей бассейна является гребень северо-восточной части Каратегинского хребта, юго-западная часть хребта Сурхку, перевал Зардолу и водораздел хребта Актау [1].

Кафирниган образуется от слияния рек Сорво и Сардаи миёна в ущелье Ромит. В 20 км ниже слияния рек Сорво и Сардаи миёна в Кафирниган впадает крупный правый приток - река Обиёс. Сток Обиёса формируется на южном склоне Гиссарского хребта. В верховьях левого притока реки Обиёс - реки Джуряз находятся несколько довольно крупных ледников.

У западной оконечности Каратегинского хребта Кафирниган выходит из гор и течёт по широкой межгорной Гиссарской долине, принимая реки Варзоб, Хонака и Еляк. Ниже устья реки Хонака в Кафирниган не вливается ни одна крупная река, лишь небольшие ручьи с временными стоком впадают в реку со склонов хребтов Бабатаг и Актау.

В одном километре ниже устья реки Варзоб в Кафирниган впадает река Эляк, протяженностью 110 км. Исток реки находится на Каратегинском хребте и

формируется за счёт дождевой и талой снеговой воды.

Последний крупный приток Кафирнигана - река Хонако берёт начало на южных склонах Гиссарского хребта. Ниже её устья Кафирниган, поворачивая на юг, течёт в межгорной долине между хребтами Бабатаг и Актау и впадает в Амударью.

На рисунке 1 представлена геологическая карта бассейна реки Кафирниган [2].

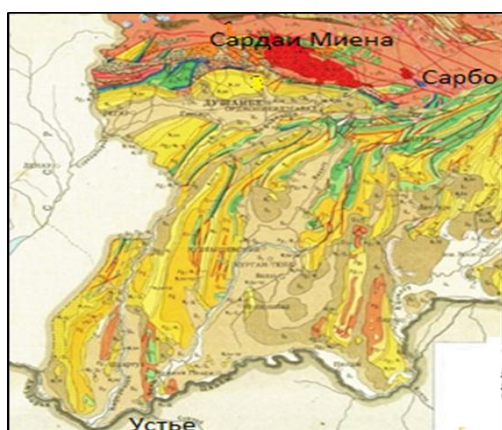


Рис. 1. Геологическая карта центрального и юго-западного Таджикистана [2].

Из рис. 1 отчетливо видно разделение территории на две части: многофазный Гиссарский батолит, сложенный различными гранитоидами среднекаменноугольного-раннепермского возраста и местами прорванный раннемезозойскими дайками

лампрофиров и трубками взрыва со щелочными базальтами. Южнее расположена Таджикская депрессия, представляющая собой зону накопления осадочных пород мезозой-кайнозойского возраста – континентальных и прибрежно-морских, терригенных и хемогенных, иногда угленосных, соленосных и гипсоносных, которые интенсивно деформированы во время коллизии альпийского цикла при взаимодействии Индо-Азиатских плитных систем, продолжающемся и поныне. Памир и Южный Тянь-Шань (как выражение крайних точек соприкосновения плитных систем) являются обрамлением депрессии, поставляя в нее громадное количество обломочного материала при эрозии пограничных высокогорных сооружений.

Работа посвящена изучению геохимических особенностей донных отложений реки Кафирниган, начиная от образования реки до её устья. Работа по изучению геохимии наиболее крупного притока Кафирнигана реки Варзоб будет опубликована отдельно.

Методы исследования. В рамках эксперимента на реке Кафирниган были выбраны 10 точек отбора образцов. Описание точек отбора пробы приведены в таблице 1 и показаны на рисунке 2. Кроме того, на реке Варзоб были отобраны образцы из 21 точки. Реки Варзоб и Кафирниган составляют основу водозабора города Душанбе и их гидро- и геохимическому исследованию было придано особое значение.

Таблица 1.

Точки и координаты отбора проб.

№	№ Навруз	Река	Позиция		Расположение
			Широта	Долгота	
1	TJ66	Сардаи миена	38,7286	69,322	Выше образования Кафирнигана
2	TJ67	Сорво	38,7276	69,327	Выше образования Кафирнигана
3	TJ3	Кафирниган 1	38,4935	68,7847	1 км выше слияния с р. Варзоб
4	TJ6	Эляк	38,479	68,7867	1 км выше впадения в р. Кафирниган
5	TJ4	Кафирниган 2	38,4569	68,7364	3 км ниже слияния с р.Эляк
6	TJ71	Хонако 1	38,6515	68,5768	Верховье
7	TJ70	Рогова	38,6498	68,5726	Слияние с р. Хонако
8	TJ59	Хонако 2	38,5815	68,5559	Выше Гиссара
9	TJ5	Кафирниган 3	37,2513	68,1526	Шаартуз
10	TJ43	Кафирниган 4	36,9463	68,0413	Устье

Отобранные образцы направлялись для нейтронно-активационного анализа (НАА) в ИЯФ г. Ташкента и ИЯФ г. Алматы. В ИЯФ г. Алматы проводился также рентгенно-флуоресцентный анализ (РФА) донных отложений и почв. Результаты полученные обеими методами близки и подтверждают их правильность. Методом НАА анализировалось 38 элементов. Определяли содержание

макроэлементов (в алфавитном порядке): Ca, Fe, K, Mn, Na, Ti и микроэлементы: As, Au, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Eu, Ga, Hf, La, Lu, Mo, Nb, Nd, Ni, Rb, Sb, Se, Sr, Sc, Sm, Ta, Th, U, V, Y, Yb, Zn, Zr. Содержание 14 элементов, таких как: K, Ti, Br, Cu, Ga, Mo, Nb, Nd, Ni, Se, Sr, V, Y, Zr, определяются только при помощи РФА, остальные элементы определяются методом НАА, или двумя методами одновременно.

Элементы с концентрацией <1 мкг/г (ppm) могут быть определены только при помощи НАА [4].

Результаты исследования. Картина распределения макроэлементов в образцах представлена на рис. 3. Во всех точках наблюдения концентрация кальция выше кларковых значений для земной коры - 4,15% [5]. Средняя концентрация составляет 5,3%, с двумя максимумами в Сорво (6,42%) и Рогова (6,37%), минимальное значение в точке Кафирниган 2 (4,26%) и Сардаи миена (4,38%). Во всех точках наблюдения практически в два раза меньше кларка концентрации железа, марганца и титана.

Значительно сложнее в образцах распределились микроэлементы, рис. 4. Концентрации всех элементов за исключением Ас, Ес, Lu и Tb в образцах выше 1 мкг/г (1 ppm). На логарифмической шкале (оси ординат) видны значительные колебания в содержании микроэлементов.



Рис. 2. Карта расположения точек отбора образцов на реке Кафирниган [3].

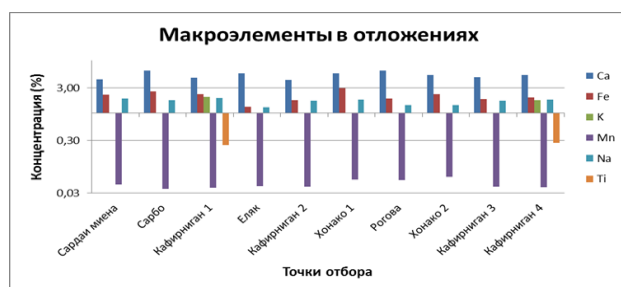


Рис. 3. Распределение макроэлементов в образцах.

В качестве примера на рис. 5 показано распределение элементов в двух точках Кафирниган 1 (выше слияния с Варзоб) и Кафирниган 4 (устье реки). Как видно из

рисунка, концентрации практически всех микроэлементов падают по мере продвижения к устью реки.

Обсуждение полученных результатов. Высокое содержание кальция в исследуемых образцах вполне закономерно и вызвано крупными выходами карбонатных пород силур-девона в верховьях реки Сорво, а также карбона (точка Рогова в верховьях р. Хонако). Немного меньшая концентрация кальция в точке Кафирниган 2 объясняется влиянием притока Варзоб. Большая часть Варзоба протекает среди гранитоидов с меньшим количеством кальция. Малая концентрация марганца и железа характерна для донных отложений рек Центрального Таджикистана.

Как было отмечено выше, микроэлементы в образцах распределены более сложно. В таблице 2 приведены значения концентрации микроэлементов в образцах, отобранных в 10 точках на реке Кафирниган и кларки в земной коре [5].

В литературе не существует обобщенных данных о кларках донных отложений. Многие российские авторы при расчетах используют кларки почв. Это справедливо для долинных рек, донные отложения которых формируются за счёт сноса почв.

Иная картина наблюдается для горных рек, донные отложения которых в основном формируются за счёт выветривания горных пород и, протекая по глубоким ущельям, содержат малое количество почвенных пород.

Для таких рек более правильным является использование кларка земной коры. В то же время, вытекая из горных ущелий на равнины, реки начинают смывать и поглощать почвенные породы. Количество почв в донных отложениях увеличивается по мере продвижения к устьям рек. В ряде случаев более правильным было бы использовать локальные кларки [6].

Для всех точек отбора произведен расчет КК (концентрация/кларк) отношений, равный отношению концентрации элементов в образцах к их кларку в земной коре. КК отношение позволяет производить геохимическое районирование местностей. На рисунках 6 и 7 показаны картины распределения КК для двух составляющих Кафирнигана, рек Сардаи миёна и Сорво.

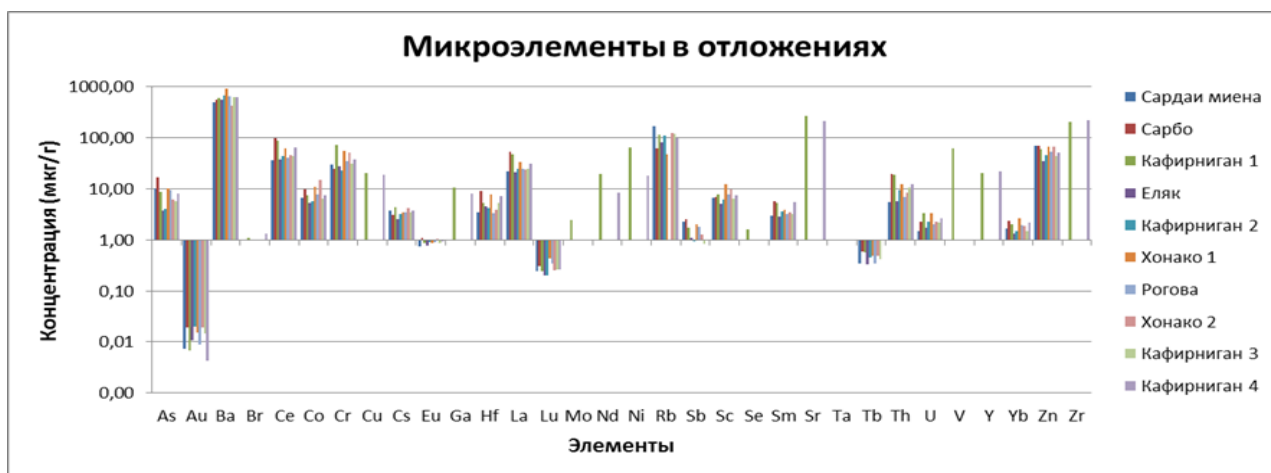


Рис. 4. Распределение микроэлементов в образцах.

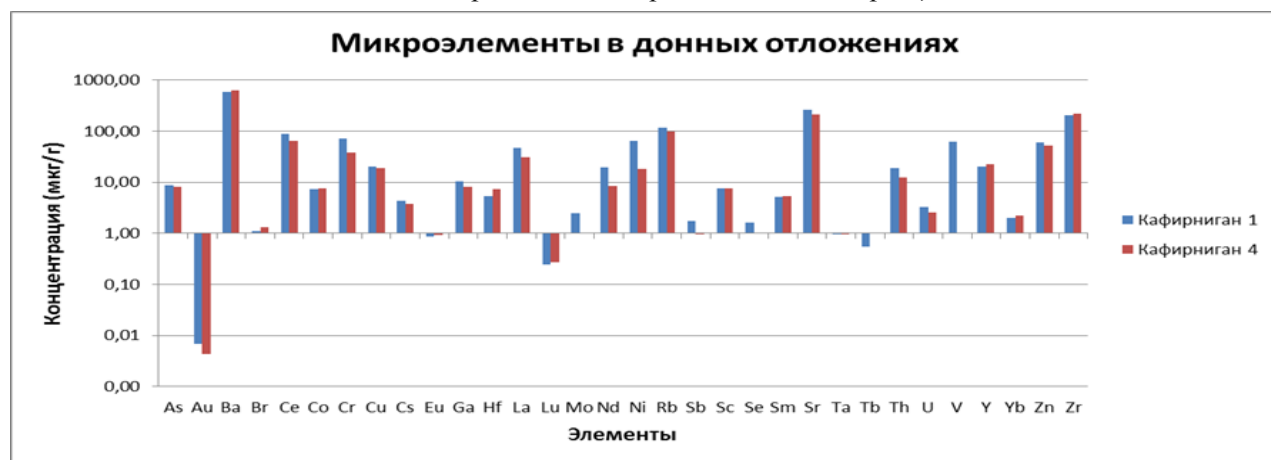


Рис. 5. Картина распределения микроэлементов в донных отложениях для двух точек отбора образцов.



Рис. 6. Отношение концентрации элементов к их кларкам для реки Сардаи миена.



Рис. 7. Отношение концентрации элементов к их кларкам для реки Сорво.

Таблица 2.

Концентрация микроэлементов в образцах (мкг/г) и кларки для земной коры.

Элементы	Сардаи миёна	Сорво	Кафирниган 1	Эляк	Кафирниган 2	Хонако 1	Рогова	Хонако 2	Кафирниган 3	Кафирниган 4	Кларк
As	10,30	16,50	8,75	3,78	4,00	10,20	9,36	6,06	5,60	8,0	2,1
Au	0,007	0,019	0,007	0,011	0,020	0,015	0,009	0,019	0,014	0,004	0,004
Ba	497,0	557,0	589,1	562,3	666,8	912,0	636,0	431,5	612,0	620,7	340,0
Br	нд	нд	1,09	нд	нд	нд	нд	нд	нд	1,30	
Ce	36,50	99,70	88,99	36,88	43,05	63,00	40,50	45,50	43,13	65,25	60,00
Co	6,54	9,90	7,37	5,30	5,60	11,10	7,73	14,69	6,44	7,55	30,00
Cr	30,30	24,70	71,28	27,60	22,88	54,30	34,50	50,95	30,45	37,87	140,00
Cu	нд	нд	20,00	нд	нд	нд	нд	нд	нд	19,00	68,00
Cs	3,71	3,03	4,27	2,53	3,21	3,50	3,46	4,11	3,50	3,78	1,90
Eu	0,73	1,11	0,86	0,76	0,88	0,86	0,91	1,02	0,87	0,94	1,80
Ga	нд	нд	10,37	нд	нд	нд	нд	нд	нд	8,00	17,00
Hf	3,46	8,99	5,26	4,44	4,12	7,86	3,27	3,83	5,19	7,20	3,30
La	21,50	52,30	47,41	20,78	24,55	33,60	24,20	23,70	24,85	31,00	34,00
Lu	0,24	0,31	0,24	0,20	0,20	0,44	0,34	0,25	0,26	0,27	0,50
Mo	нд	нд	2,46	нд	нд	нд	нд	нд	нд	нд	1,10
Nd	нд	нд	19,63	нд	нд	нд	нд	нд	нд	8,50	18,00
Ni	нд	нд	64,19	нд	нд	нд	нд	нд	нд	18,00	75,00
Rb	169,0	63,00	115,4	81,4	110,5	47,0	нд	123,3	117,6	98,97	60,00
Sb	2,28	2,53	1,72	1,11	0,94	1,98	1,83	1,28	0,82	0,95	0,20
Sc	6,58	6,88	7,65	5,02	6,12	12,30	7,78	9,82	6,29	7,60	26,00
Se	нд	нд	1,60	нд	нд	нд	нд	нд	нд	нд	0,05
Sm	2,93	5,80	5,20	2,85	3,53	3,95	3,16	3,46	3,15	5,40	6,00
Sr	нд	нд	264,6	нд	нд	нд	нд	нд	нд	215,0	360,0
Ta	нд	нд	0,99	нд	нд	нд	нд	нд	нд	0,99	1,70
Tb	0,35	0,58	0,56	0,33	0,45	0,48	0,35	0,49	0,42	нд	0,90
Th	5,39	19,80	18,88	5,75	9,37	12,20	6,86	8,24	10,71	12,42	6,00
U	1,48	2,29	3,28	1,71	2,28	3,33	2,01	2,27	2,21	2,60	1,80
V	нд	нд	62,00	нд	нд	нд	нд	нд	нд	нд	190,0
Y	нд	нд	20,37	нд	нд	нд	нд	нд	нд	22,30	29,00
Yb	1,68	2,39	2,03	1,31	1,47	2,61	1,91	1,90	1,49	2,20	31,00
Zn	69,80	68,30	60,08	34,68	45,38	66,00	52,50	66,10	43,98	51,51	79,00
Zr	нд	нд	206,0	нд	нд	нд	нд	нд	нд	217,0	130,0

где: нд - нет данных

Повышенный фон сурьмы и мышьяка является геохимической аномалией, связанной с интенсивной сульфидной минерализацией в венд-раннепалеозойской зеленосланцевой формации – Пакрут-Руфиганском рудном узле в так называемых «ягнобских» сланцах с повышенным значением геохимической ассоциации As-Sb-Au-Ba, которая по сути является поисковым критерием для данного типа месторождений. К сожалению, в площадь опробования не вошли верхние составляющие

реки Сардаи-Миёна, где развита своеобразная рудоносная зеленосланцевая формация (Au, Sb с высокой составляющей As, S в составе сульфидных соединений), но влияние стока из этой области отчетливо наблюдается по всей долине р. Кафирниган, особенно в ее верхней части.

Сходная картина наблюдается на Сорво, но дополняется повышением содержания Th, Hf, Ce, La, характерных для гранитоидов позднего палеозоя и триас-юрских трубок взрыва

(щелочные базальты), развитых по всей ее протяженности.

Сравнение двух картин позволяет сделать вывод о том, что донные отложения реки Сорво гораздо богаче микроэлементами. Большое количество сурьмы связано с тем, что южные отроги Гиссарского хребта относятся к Зеравшано-Гиссарскому ртутно-сурьмяному поясу, имеющему ширину до 35 и протяженность до 200 км и обладающим крупным металлогеническим потенциалом по запасам сурьмы [7].

Донные отложения реки Эляк вызвали интерес, благодаря тому, что воды реки формировались на другом - Каратегинском хребте. Река имеет снего-дождевое питание, в составе вод большая доля принадлежит подземным водам. Обычно в составе вод рек с подземным питанием содержится повышенное количество растворенных тяжелых металлов. Растворенные металлы могут седиментироваться в донные отложения. Результаты анализа представлены на рис. 8.

Донные отложения р. Еляк имеют сходные характеристики, отражая сходную геохимию мезозой-кайнозойских осадков, сформированных водотоками главных притоков р. Кафирниган. Тем не менее, несмотря на подземное питание, в донных отложениях р. Еляк наблюдается незначительное содержание тяжелых металлов. Река протекает по долине и вымывает значительное количество почвенных пород. Почвы в бассейне реки преимущественно составляют лёссы (пылевые частицы).

В состав лёссовых пород входит более 50 различных минералов: из них лишь 10-15 минералов являются породообразующими, а остальные минералы относятся к аксессуарным.

Лёссовые породы на 99-99,8% состоят из минералов легкой фракции (удельный вес менее $2,75 \text{ г/см}^3$). Среди этой сравнительно большой группы минералов главная роль принадлежит кварцу и полевым шпатам, а карбонаты, слюды, гипс и другие минералы содержатся в меньшем количестве [8].

Кварц - один из самых распространённых минералов в земной коре, породообразующий минерал большинства магматических и метаморфических пород. Свободное содержание в земной коре 12% [9]. Входит в состав других минералов в виде смесей и силикатов. Химическая формула: SiO_2 - диоксид кремния.

Большинство полевых шпатов - представители твёрдых растворов тройной системы изоморфного ряда $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ - $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ - $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Полевые шпаты - также наиболее распространённые породообразующие минералы, они составляют около 50% от массы земной коры. При распаде образуют глины и другие осадочные породы [10].

Калий может быть определен только при помощи метода РФА, а натрий при помощи НАА. Кальций определяется обеими методами. К сожалению, возможности нашего метода не позволяют определять концентрации лёссовых пород в составе донных отложений. В то же время наличие лёссовых пород уменьшает удельное количество микроэлементов в осадках.

Состав донных отложений в точке Кафирниган 1, до впадения рек Варзоб и Эляк, несет информацию о геохимических особенностях горной части Рамитского ущелья. Картина распределения КК отношений в точке Кафирниган 1 представлена на рис. 9.

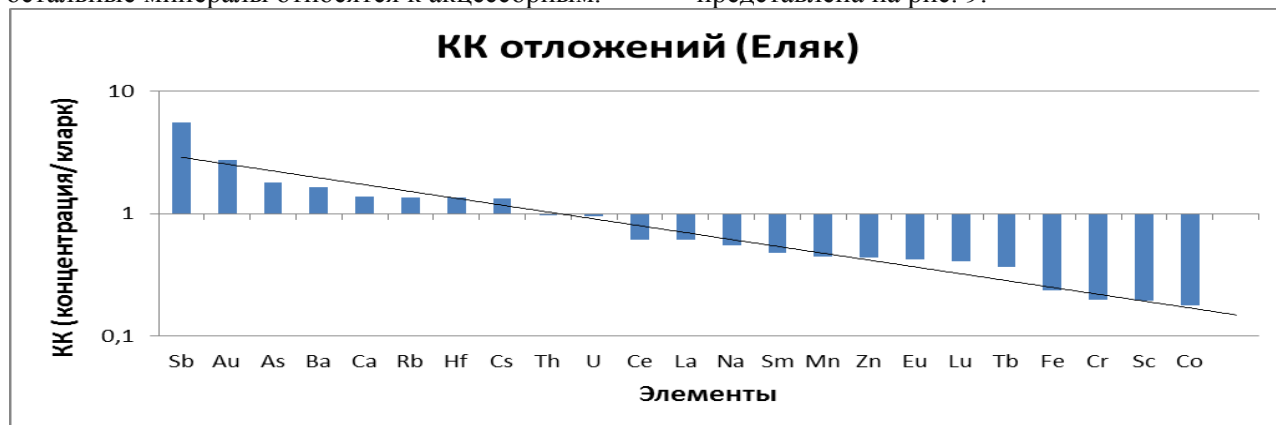


Рис. 8. Распределения КК (концентрация/кларк) для донных отложений реки Эляк.



Рис. 9. Распределение КК отношений для донных отложений точки Кафирниган 1.

В отложениях содержится значительное количество тяжелых металлов. Наблюдается геохимическая аномалия в содержании сурьмы (8,6 раз), мышьяка (4,2) и тория (3,1). По распространённости элементы распределились следующим образом:

$Ca > Fe > K > Na > Ti > Mn > Ba > Sr > Zr >$

$Rb > Ce > Cr > Ni > V > Zn > La > Y > Cu > Nd > Th > Ga > As >$

$Sc > Co > Hf > Sm > Cs > U > Mo >$

$Yb > Sb > Br > Ta > Eu > Tb > Ti > Lu > Au.$

Такое распределение отличается от кларкового распределения, в частности, в земной коре железа содержится больше, чем кальция, а натрия содержится больше калия.

После впадения р. Варзоб состав донных отложений меняется. Воды реки Варзоб, протекая преимущественно через гранитоиды, обогащены тяжелыми металлами. Река Эляк, с небольшим дебитом воды, выносит в основном грунтовые породы.

КК распределение в устье реки (Кафирниган 4) отличается от точки Кафирниган 1 уменьшением общего количества тяжелых металлов и увеличением

дефицита элементов. Подобное изменение в первую очередь связано с увеличением доли почвенных пород (легких фракций) в донных отложениях, что, соответственно, приводит к уменьшению удельного содержания тяжелых минералов.

Подобное уменьшение наблюдается для всех точек отбора на реке Кафирниган по мере продвижения к устью реки. Лёссовые породы, будучи легкими и рыхлыми, легко уносятся быстрым течением реки в низовья, где в условиях относительно спокойного течения реки седиментируются в донные отложения.

В целом, геохимический состав продуктов выноса из долины р. Варзоб, практически целиком состоящей из позднепалеозойских гранитов с трубками триас-юрских щелочных базальтов, отчетливо чувствуется в нижнем течении р. Кафирниган (рис. 10). Zr, Rb и U здесь тоже отражают «гранитоидный профиль», но уран может быть связан еще и с палеогеновыми «черными сланцами», для которых повсеместно характерна рассеянная урановая минерализация.

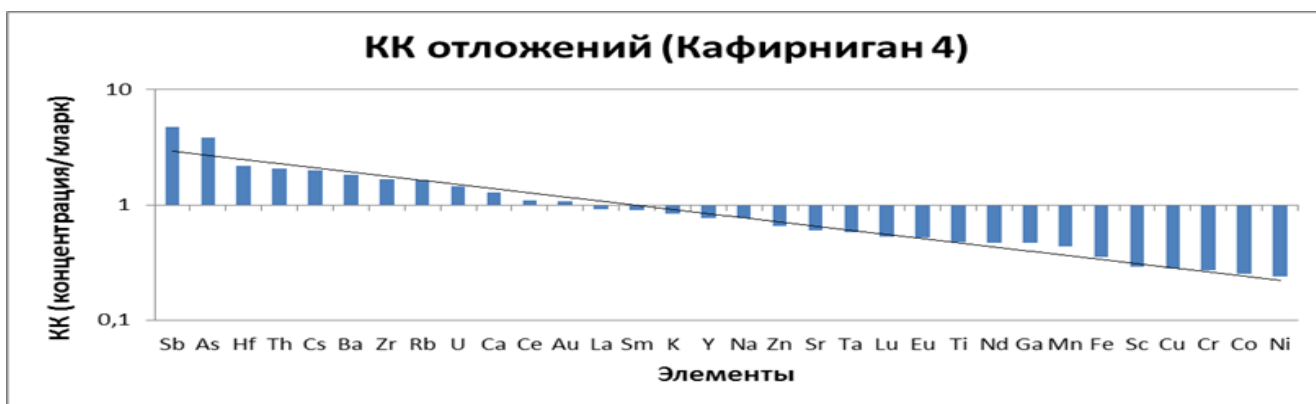


Рис. 10. КК распределение элементов в донных отложениях в устье реки.

На донные отложения в устье реки оказывает влияние также и река Амударья, которая в период половодья может приносить свои донные отложения в устье р. Кафирниган.

В точке Кафирниган 4 также наблюдается геохимическая аномалия, связанная с повышенным содержанием сурьмы и мышьяка. Также с превышением над кларком встречаются торий и уран.

Выводы

Проведено исследование элементного состава донных отложений, отобранных в 10 точках в реке Кафирниган в Центральном Таджикистане. При проведении анализов были определены содержание 38 элементов, начиная от натрия до урана.

В реке Кафирниган выявлена геохимическая аномалия, связанная с повышенным содержанием сурьмы и мышьяка. В верховьях наблюдается повышенное содержание золота.

По мере продвижения к устью реки в донных отложениях увеличивается концентрация почвенных пород, которые становятся доминирующими в долинах, в условиях спокойного течения реки.

В целом, можно отметить, что в долине р. Кафирниган породные аномалии преобладают над техногенными, несмотря на присутствие объектов промышленного характера по р. Варзоб.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ИЯФ г. Ташкента и ИЯФ НЯЦ г. Алма-Аты за проведенный элементный анализ образцов.

Литература:

1. Крюков В.И. Схема территориального деления Таджикской ССР для целей экологического мониторинга окружающей среды республики / В.И. Крюков // Рукопись статьи депонирована в ТаджикНИИТИ. 07.08.1989. № 48 (648), Тиа-Д-89. – Душанбе, 1989. – С.39-41.
2. Атлас Таджикской ССР. – Душанбе: Географическое общество СССР, 1968. – 123 с.
3. Google Earth, http://Google_earth.com.
4. Barber D.S. "Radioecological situation in river Basins of Central Asia, Syrdarya and Amudarya according to the results of the international project "NAVRUZ"" / D.S. Barber, B.S. Yuldashev, K.R. Radyrkhanov et. al. // NATO Science, Series IV, 2003, V. 33, pp. 39-51.
5. Taylor S.R. "Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table" /

S.R.Taylor // «Geochimica et Cosmochimica Acta», 1964, v. 28, pp. 1273-1285.

6. Алексеенко В.А. «Экологическая геохимия» / В.А. Алексеенко // Учебник. – М.: Издательство: Логос, 2000, ISBN: 5-88439-001-7, www.Vuzer.info.

7. Бахтдавлатов Р.Д. Полезные ископаемые Таджикистана, / [Электронный ресурс] // www.geoportal-tj.org/images/pi_tjk.pdf.

8. Лёссовые почвы [Электронный ресурс] www.arsena-hotel.com/gruntovedenie/...porod/lyessovye_porody1/

9. Каталог минералов [Электронный ресурс] <http://www.catalogmineralov.ru/mineral/quartz.html#>

10. Полевой шпат / [Электронный ресурс] // https://ru.wikipedia.org/wiki/Полевые_шпаты

ТАРКИБИ ХИМИЯВИИ ХОҚҲОИ ПОЁНИИ ДАРЁИ КОФАРНИҲОН

**Ҷ.А. Абдушукуров, И.М. Раҳимов,
К.Ф. Эмомов, Т.С. Маҷидов,
Ф.И. Шаймуродов, З.В. Кобулиев**

Тадқиқот оид ба таркиби химиявии ҳоқҳои поёнии дарёи Кофарниҳон дар қисмати Тоҷикистон Марказӣ гузаронида шуд. Дар рафти тадқиқот аномалияи геохимиявӣ, ки бо зиёдшавии концентратсияи сурма ва арсен алоқаманд аст, муайян карда шуд. Дар қисмати болоии дарё концентратсияи зиёди тилло муайян гардид. Ҳангоми то ба қисмати поёнӣ расидани об дар таркиби ҳоқҳои поёнӣ миқдори чинсҳои ҳокӣ зиёд мегардад, ки ин ҳангоми ором ҷорӣ шудани дарё дар водихо ба амал меояд. Умуман сарфи назар аз мавҷуд будани иншооти истехсолии ба дарёи Варзоб хосбуда дар водии дарёи Кофарниҳон аномалияи геохимиявӣ аз тарафи чинсҳои кӯҳӣ нисбат ба аномалияи техногенӣ бештар мушоҳида мегардад.

Калимаҳои калидӣ: таркиби химиявии ҳоқҳои поёнӣ, дарёи Кофарниҳон, Тоҷикистони Марказӣ, макро- ва микроэлементҳо.

CHEMICAL COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS OF THE KAFIRNIGAN RIVER

**D. A. Abdushukurov, I. M. Rakhimov,
K. F. Emomov, T. S. Majidov,
F. I. Shaimuradov, Z. V. Kobuliev**

The elemental composition of the bottom sediments of the Kafirnigan river in Central

Tajikistan was studied. The research revealed geochemical anomalies associated with an increased content of antimony and arsenic. In the upper reaches, there is an increased gold content. As you move to the mouth of the river in the bottom sediments increases the concentration of soil rocks, which become dominant in the valleys, in a calm river flow. In General, weather anomalies prevail over man-made ones in the Kafirnigan river valley, despite the presence of industrial objects along the Varzob river.

Keywords: chemical composition of bottom sediments, Kafirnigan river, Central Tajikistan, macro-and microelements.

Сведения об авторах:

Джамшед Алиевич Абдушукуров – к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан.

Тел: +992 919 00 08 32 E-mail: abdush_dj@mail.ru

Илхомиддин Мирзоевич Рахимов – специалист Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук

Республики Таджикистан. Тел: +992 907 77 79 57 E-mail: rahimzod_74@mail.ru

Каримджон Файзидинович Эмомов – к.т.н., старший научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан. Тел: +992 93 440 65 04 E-mail: imomov-08@mail.ru

Тохир Саидович Маджидов – к.т.н., доцент кафедры «БЖД и Э» Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими. Тел: +992 93 586 13 67 E-mail: mr.majidov@mail.ru

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

Зайналобуди Валиевич Кобулиев – д.т.н., профессор, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан.

Тел: +992 372245231. E-mail: kobuliev@mail.ru

КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АБ1 (Al+1%Be) С ИНДИЕМ, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

Р. Д. Исмонов¹, И. Н. Ганиев², Х. О. Одиназода³, А. М. Сафаров⁴

^{1,2,3}Таджикского технического университета имени М.С. Осими

⁴Институт химии имени В.И. Никитина АН Республики Таджикистан

Используя термогравиметрический метод, был изучен взаимодействие сплава АБ1, содержащего индий с кислородом воздуха в интервале 773-873К, рассчитана эффективная энергия активации процесса окисления. Добавление индия до 0.5 мас.%, повышают скорость окисления, что сопровождается уменьшением величины эффективной энергии активации процесса окисления от 118.5 до 76.4 кДж/моль.

Ключевые слова: истинная скорость окисления, механизм окисления, индий, энергия активации, метод термогравиметрии, сплав АБ1, кинетика окисления.

В современных условиях защита жидких металлов и сплавов из окисления производства становится важным, поскольку оно определяет угар, степень загрязнения окисленными соединениями, качество поверхности и т.д. Изучение окислительных процессов жидких сплавов необходимо, также и для рационального использования раскислителей и комплексных лигатур [1-3].

Введение небольших количеств бериллия (0,1-1,0%) в отливки из алюминиевых сплавов имеет большое значение (они улучшают компенсацию этих сплавов и способствуют очистке зерна). Для устранения вредного действия железа, также используются добавки бериллия. Алюминиевый сплав с 1 мас.% бериллия (АБ1) также является эвтектическим составом и обладает рядом уникальных свойств. [4].

Сплав АБ1 изготовлен на основе некондиционного алюминия с высоким содержанием железа с индием и представляет особый интерес в качестве материала анода для защиты от коррозии стальных конструкций.

Целью данной работы является исследование кинетики окисления алюминиевых сплавов с бериллием (1 мас.%), легированного индием в твердом состоянии. Таким образом, улучшение свойства такого металла путем модификации и легирования с различными металлами и создания новых

сплавов на его основе является актуальной задачей.

Экспериментальная часть. Для исследования, сплавы, были получены в печи СШОЛ прямого сплавления компонентов. Шихты взвешивали на аналитических весах АРВ-200 с точностью $0.1 \cdot 10^{-6}$ кг. В качестве объекта исследования использовали алюминий марки А995 (ГОСТ 11069-2001), металлический бериллий марки БрМ1 (ТУ-112-40) и индий марки Ин-1 (ГОСТ 10297-94).

Кинетику окисления алюминиевых сплавов АБ1 с индием в твёрдом состоянии исследовали методом термогравиметрии, по различным методикам описанные в работах [5-15].

Измерительным прибором катетометром модель КМ-8 регистрировали изменения веса по растяжению пружины. В экспериментах использовались глиноземные тиглы диаметром 18–20 мм и высотой 25–26 мм. Глиноземные тиглы перед испытанием подвергались прокаливанию при температуре 1200°C в окислительной среде в течение 1.5 часа до постоянного веса.

Для исследования влияния индия на кинетику окисления алюминивно-бериллиевых сплавов (1 мас.%) в твердом состоянии, были синтезированы ряд сплавов с содержанием индия от 0.01 до 0.5 мас.%. Исследования проводили в атмосфере воздуха при температурах 773 К, 823 К и 873 К. Кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплава АБ1, содержащего индия приведены в таблице 1.

Как видно, из таблицы добавки индия снижают эффективную энергию активации окисления сплавов. Константа скорости окисления при той же температуре для сплава АБ1, содержащего 0.01; 0.05; 0.1 и 0.5 мас.% индия немного больше, чем у исходного сплава АБ1. Оксидная пленка, образованная в начальных стадиях процесса, в частности, не обладает достаточными защитными свойствами, о чем свидетельствует рост скорости окисления сплавов при повышенной температуре. Средняя скорость окисления, рассчитанная по исходным касательным, проведённым от начала координат к кривым окисления и рассчитанная по формуле $K = g/s \cdot \Delta t$, относится к сплаву, содержащего 0.5% индия с $4.13 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹ и $4.67 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹, соответственно при температурах

773 К и 873 К. Энергоэффективное активации окисления, который вычисляется по тангенсу угла наклона прямой зависимости $\lg K - 1/T$, составляет 76.4 кДж/моль (табл.1).

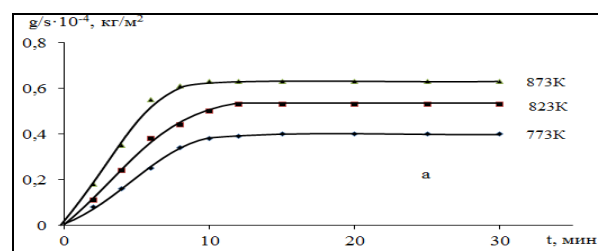
С повышением температуры отмечается рост скорости окисления образцов (рис. 1). Однако последующее окисление рассматриваемых сплавов может продолжаться в соответствии с различными механизмами. Для сплавов с 0.01; 0.05; 0.1 и 0.5 мас.% индием имеют явная тенденция к увеличению скорости окисления и после 15 минут процесс приближается к нулю. В этом случае имеет место наглядный пример проявления защитных свойств пленки, как это имеет место при окислении сплава АБ1, когда энергетические затруднения лимитирующего этапа настолько велики, что приводят к прекращению процесса окисления.

Приведенная на рис. 3 зависимости $\lg K - 1/T$, для сплава АБ1 с индием показывает, что сплав, содержащему 0.5 мас.% индия, характерно минимальное значение кажущейся энергии активации равное 76.4 кДж/моль,

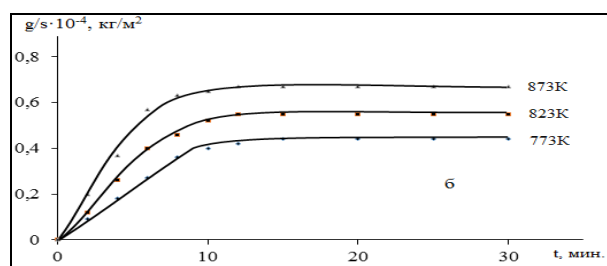
Таблица 1.

Кинетические и энергетические параметры процесса окисления алюминиевого сплава АБ1 с индием, в твёрдом состоянии.

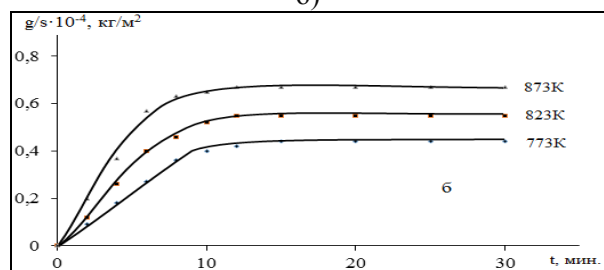
Содержание индия в сплаве АБ1, мас. %	Температура окисления, К	Средняя скорость окисления $K \cdot 10^{-4}$, кг·м ⁻² ·сек ⁻¹	Эффективная энергия активации окисления, кДж/моль.
0.0	773	3.67	118.5
	823	3.89	
	873	4.28	
0.01	773	3.70	114.5
	823	3.92	
	873	4.33	
0.05	773	3.82	105,3
	823	4.02	
	873	4.38	
0.1	773	4.00	96.2
	823	4.17	
	873	4.60	
0.5	773	4.13	76.4
	823	4.26	
	873	4.67	



а)



б)



в)

Рис. 1. Кинетические кривые окисления
алюминиевого сплава АБ1 (а) с индием, мас. %:
0,01(б); 0,05(в)

и соответственно максимальное значение истинной скорости окисления- $4,67 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ при 873К. Остальные сплавы характеризуются более низким значением фактической скорости оксида, чем у данного сплава, хотя оно выше, чем у исходного сплава.

Изохроны окисления сплава АБ1 с индием, представлены на рис. 4. Видно, что в окислительной среде наблюдается увеличение скорости окисления от содержания индия как при 10 и 20 минутной выдержке сплавов, которое сопровождается снижением величины эффективной энергии активации окисления сплавов.

Таблица 2.

Результаты математической обработки кривых окисления алюминиевого сплава АБ1 с индием, в твёрдом состоянии.

Содержание индия в сплаве АБ1, мас. %	Температура окисления, К	Полиномы кривых окисления	Коэффициент регрессии R ² , %
0.0	773	$y = 2\text{E-}06x^4 - 6\text{E-}05x^3 - 0,001x^2 + 0,0501x$	0,979
	823	$y = 6\text{E-}05x^3 - 0,0039x^2 + 0,0816x$	0,982
	873	$y = -3\text{E-}06x^4 + 0,0003x^3 - 0,0091x^2 + 0,13x$	0,965
0.01	773	$y = -3\text{E-}07x^5 + 2\text{E-}05x^4 - 0,0006x^3 + 0,0039x^2 + 0,0386x$	0,998
	823	$y = 5\text{E-}07x^4 + 3\text{E-}05x^3 - 0,0037x^2 + 0,0836x$	0,992
	873	$y = -3\text{E-}06x^4 + 0,0003x^3 - 0,0095x^2 + 0,1354x$	0,989
0.05	773	$y = -3\text{E-}07x^5 + 2\text{E-}05x^4 - 0,0004x^3 + 0,0021x^2 + 0,0496x$	0,998
	823	$y = -3\text{E-}07x^5 + 2\text{E-}05x^4 - 0,0004x^3 + 0,0005x^2 + 0,0754x$	0,996
	873	$y = -3\text{E-}06x^4 + 0,0003x^3 - 0,0101x^2 + 0,1413x$	0,991
0.1	773	$y = -1\text{E-}06x^6 + 9\text{E-}05x^5 - 0,0024x^4 + 0,0258x^3 - 0,0509x^2 + 0,1063x$	0,994
	823	$y = -1\text{E-}06x^6 + 8\text{E-}05x^5 - 0,0022x^4 + 0,0209x^3 - 0,0108x^2 + 0,1367x$	0,995
	873	$y = -8\text{E-}07x^6 + 6\text{E-}05x^5 - 0,0013x^4 + 0,0054x^3 + 0,1002x^2 + 0,0146x$	0,993
0.5	773	$y = -1\text{E-}06x^6 + 8\text{E-}05x^5 - 0,0021x^4 + 0,0198x^3 - 0,0077x^2 + 0,0424x$	0,996
	823	$y = -9\text{E-}07x^6 + 7\text{E-}05x^5 - 0,0019x^4 + 0,0168x^3 + 0,0146x^2 + 0,1306x$	0,994
	873	$y = -8\text{E-}07x^6 + 6\text{E-}05x^5 - 0,0013x^4 + 0,0059x^3 + 0,0985x^2 + 0,0393x$	0,991

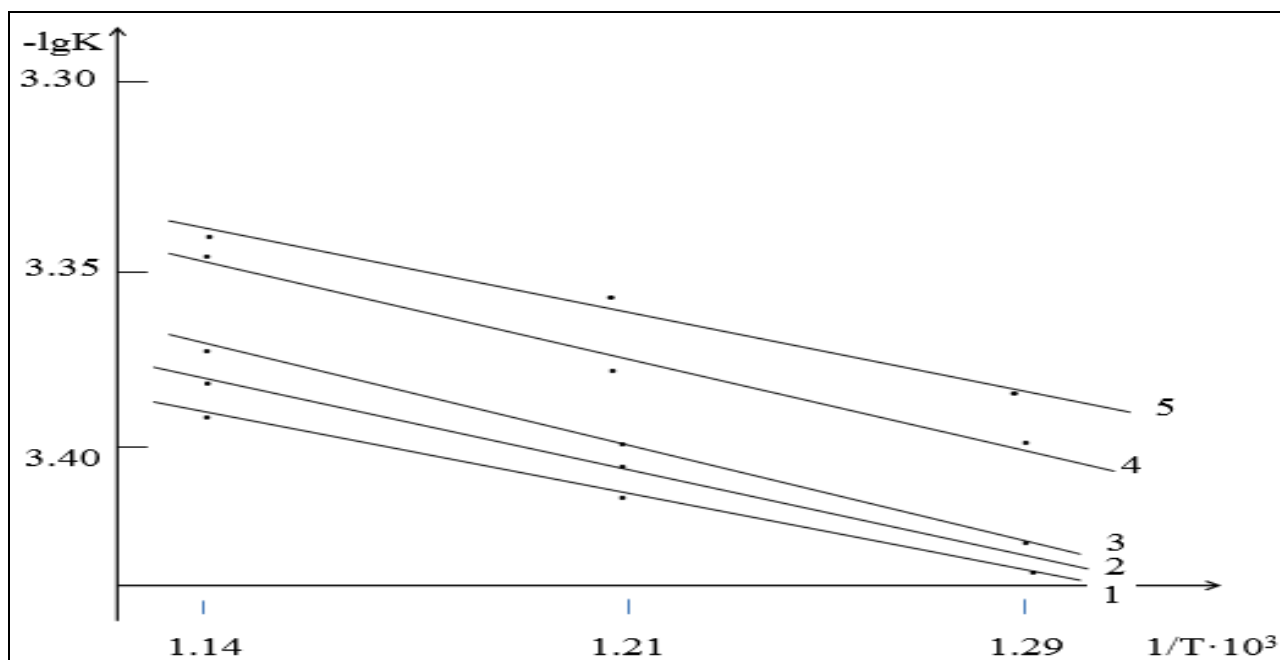


Рис. 3. Зависимость $\lg K$ от $1/T$ для алюминиевого сплава АБ1 (1) с индием, мас. %: 0.01(2); 0.05(3); 0.1(4); 0.5(5).

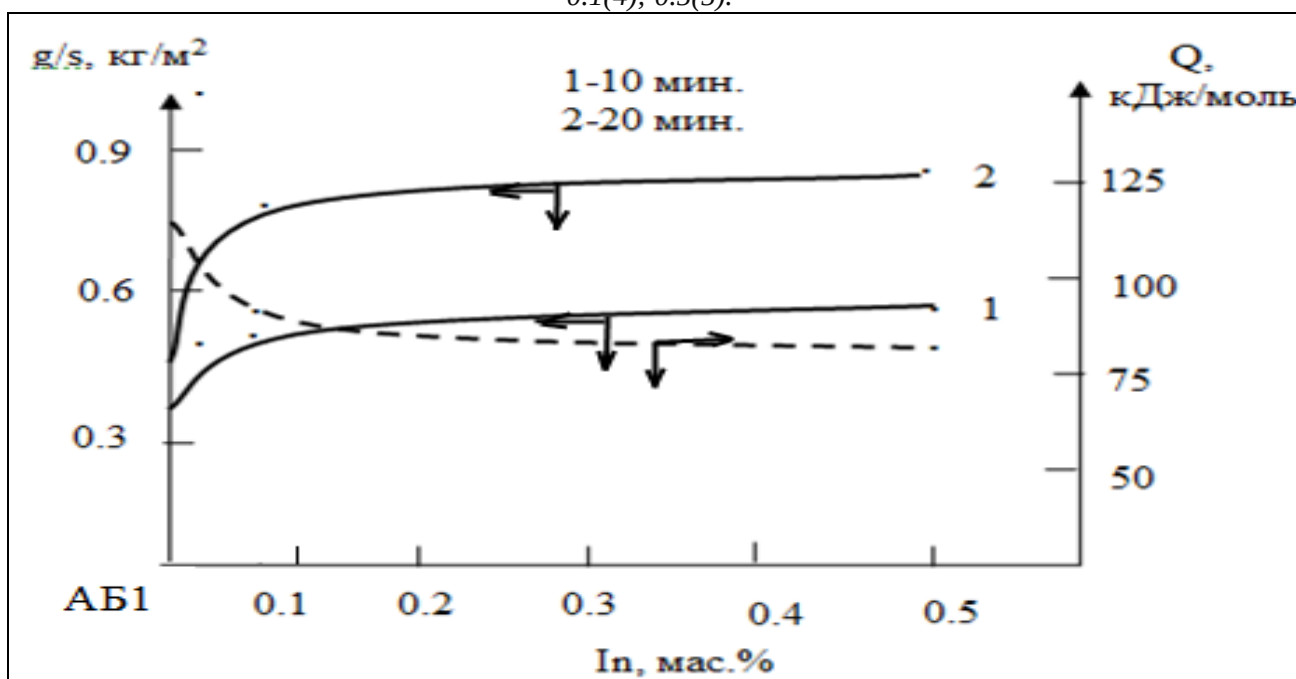


Рис. 4. Изохронны окисления алюминиевого сплава АБ1 с индием при 773К, в твёрдом состоянии.

Выводы

1. Методом термогравиметрии исследована кинетика окисления сплава АБ, легированного индием, в твердом состоянии, кислородом из газовой фазы.

2. Видно, что при добавки индия до 0,5 мас. % увеличивает окисляемость первоначального сплава АБ1, о чём свидетельствует снижение величины

эффективной энергии активации окисления от 118,5 до 76,4 кДж/моль.

3. В результате доказано, что к гиперболическому закону подчиняется механизм окисления сплавов.

Литература:

1. Бердиев А.Э., Ганиев И.Н., Гулов С.С. Силумины, модифицированные элементами подгруппы германия и стронцием. Германия:

Изд. дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 152 с.

2. Ганиев И.Н. Высокотемпературная и электрохимическая коррозия алюминиево-скандиевых сплавов // Защита металлов. 1995. Т.31. №6. С. 597-600.

3. Ганиев И.Н., Умарова Т.М., Обидов З.Р. Коррозия двойных сплавов алюминия с элементами периодической системы: Германия, Изд. дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 198 с.

4. Исмонов Р.Д., Ганиев И.Н., Одиназода Х.О., Сафаров А.М. Повышение анодной устойчивости сплава АБ1 (Al+1%Be), легированием индием. Вестник ИргТУ 2018 Т. 22. №8 С. 123-130

5. Сафаров А.М., Халимова М.И. Окисление твердых сплавов системы Al-Be-Се кислородом воздуха. // Доклады АН Республики Таджикистан. 2010. Т. 53. №7; С. 561-564.

6. Сафаров А.М. Влияние празеодима и неодима на кинетику окисления сплава Al+1%Be. // Вестник Таджикского технического университета. 2011. №1 (13). С. 23-27.

7. Сафаров А.М. Особенности окисления и электрохимического поведения сплава Al+1%Be, легированного РЗМ. // Вестник Таджикского технического университета. 2010. №2 (10). С. 23-27.

8. Исмонов Р.Д., Ганиев И.Н., Одиназода Х.О., Сафаров А.М. О коррозионном потенциале сплава АБ1, легированного индием, в среде электролита NaCl. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. ТТУ им. М.С. Осими. 2017. №3(39). С. 17-23.

9. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И., Бердиев А.Э. Кинетика окисления сплава Al+2.0% Mg, легированного церием // Доклады Республики Таджикистан. 2012. Т.55. №5. С. 407-411.

10. Сафаров А.М. Влияние лантана на кинетику окисления сплава Al+1%Be. // Становление современной науки. 2011. Т. 12. С. 10-13.

11. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б. Кинетика окисления сплавов Pb-Sr (Ba), в жидком состоянии // Журнал физической химии, 2015, Т.89, №10, С.1-5.

12. Исмонов Р.Д., Ганиев И.Н., Сафаров А.М., Азимов Х.Х. Кинетика окисления сплава

Al+1%Be, легированного галлием, в твердом состоянии. // Вестник Таджикского национального университета. 2017. №1/3. С.134-138.

13. Ганиев И.Н., Назаров Х.М., Одинаев Х.О. Сплавы алюминия с редкоземельными металлами. Душанбе: Маориф, 2004 – 190 с.

14. Умаров М.А., Ганиев И.Н., Махмадулов Х., Бердиев А.Э. Влияние алюминия на кинетику окисления твердого свинца. // Доклады АН Республики Таджикистан. 2014. Т.57. №3. С. 230-234.

15. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И., Бердиев А.Э. Влияние иттрия на кинетику окисления твердого сплава Al+2.0% Mg // Доклады Республики Таджикистан. 2013. Т.56. №7. С. 559-564.

КИНЕТИКА И ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ АЛЮМИНИЙ АБ1 (Al+1%Be) БО ИНДИЙ ДАР ҲОЛАТИ САХТ

***Р.Д. Исмонов, И.Н. Ганиев,
Х.О. Одиназода, А.М. Сафаров***

Бо усули термогравиметрӣ таъсири байниҳамдигарии ҳулаи АБ1 иборат аз индий бо ҳавои оксиген дар фосилаи 773-873К тадқиқ карда шуда, энергияи эҳтимолии раванди оксидшавӣ ҳисоб карда шуд. Иловаи индий то 0,5%-и вазн суръати оксидшавиро зиёд менамояд, ки аз ин камшавии бузургии энергияи эҳтимолии раванди оксидшавӣ аз 118,5 то 76,4 кҶ/мол мушоҳида мешавад.

Калимаҳои калидӣ: ҳулаи АБ1, индий, усули термогравиметрӣ, кинетикаи оксидшавӣ, механизми оксидшавӣ, суръати ҳақиқии оксидшавӣ, энергияи эҳтимолий.

OXIDATION KINETICS of ALUMINUM ALLOY A1 (Al+1%De) WITH INDIUM, IN SOLID STATE

***R.D. Ismonov, I.N. Ganiev,
H.O. Odinazoda, A.M. Safarov***

Using the thermogravimetric method, the interaction of an AB1 alloy containing indium with air oxygen in the range 773-873K was studied, and the effective activation energy of the oxidation process was calculated. Adding indium to 0.5 wt.% increases the rate of oxidation, which is accompanied by a decrease in the effective activation energy of the oxidation process from 118.5 to 76.4 kJ/mol.

Keywords: true oxidation rate, oxidation mechanism, indium, activation energy,

thermogravimetry method, AB1 alloy, oxidation kinetics.

Сведения об авторах:

Исмонов Рустам Довудович – аспирант ТТУ им.ак. М.С. Осими. Тел:+992 918 78 68 98, E-mail: ird-78@mail.ru

Ганиев Изатулло Наврузович – академик АН Республики Таджикистан, д.х.н., профессор-консультант научно-исследовательского отдела ТТУ им.ак.

М.С.Осими. Тел:+992 93 488 48 79, E-mail: ganiev48@mail.ru

Одиназода Хайдар Одина – Ректор ТТУ им.ак. М.С.Осими, член.-корр. АН Республики Таджикистан, д.т.н., профессор. Тел:+992 987 76 44 44, E-mail: odhaidar@mail.ru

Сафаров Ахрор Мирзоевич – Директор Института химии имени В.И. Никитина АН Республики Таджикистан, д.т.н., профессор. Тел: +992 93 535 09 00 E-mail: ahrorsafarov1963@mail.ru

ИННОВАТСИЯ – МАҲАКИ АСОСИИ АМАЛИГАРДИИ СТРАТЕГИЯИ МИЛЛИИ РУШД

А.А. Раҷабов, А.А. Раҷабов*, М. Иззатов*

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

*Коллеҷи техникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М. Осимӣ

Стратегияи инноватсионӣ тавассути ҷорӣ намудани навоариҳо ба корхонаҳои нақлиёти мусофирбар имкон медиҳад, ки рушди устувори иқтисодиро таъмин карда, рақобатпазирии хизматҳои пешниҳод-кардаашонро баланд бардоранд.

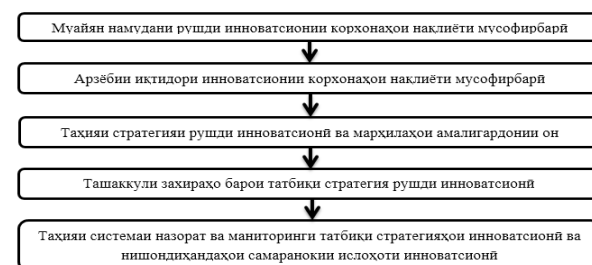
Калимаҳои калидӣ: инноватсия, стратегия, логистика, корхонаҳои нақлиёти мусофирбар, бозор ва рақобат.

Дар марҳилаи кунунии рушд барномаи давлатии “Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030” вазифаи муҳими тақвияти фаъолияти инноватсиониро пеш мегузорад, ки ҷустуҷӯ ва татбиқи инноватсияхоро дар фаъолияти субъектҳои хоҷагидорӣ муайян мекунад ва бархӯрдҳои сифатан нави идоракуниро талаб менамояд. Нақши назарраси идоракунӣ дар муваффақияти ҷараёни инноватсионӣ дар корхона таҳияи механизмҳои мушаххасро талаб мекунад, ки ба табaddулотии иқтисодӣ дар сатҳи инноватсионии рушд мусоид мегардад [3].

Нақшаи пешниҳодшудаи сохтори мантиқии механизми ташкилию иқтисодии идоракунии фаъолияти инноватсионии корхонаи нақлиёти мусофирбарӣ дар расми 1 оварда шудааст.

Дар ин робита ҷорӣ намудани инноватсия дар фаъолияти корхонаҳо, алаҳхусус нақлиётӣ айнӣ муддао мебошад. Мафҳуми “инноватсия” аз калимаи англисии «innovation» гирифта шуда, ҳамчун чизи нав ё маҳсулоти такмилёфта ё технологияе, ки дар натиҷаи истифодаи навоарӣ ба амал омадааст ва дар бозор ё истеҳсолот ҷорӣ гардидааст, фаҳмида мешавад [5].

Низомии хизматрасониҳои нақлиёти мусофирбарӣ дар иқтисодиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки айнӣ ҳол тақрибан 96,62 фоизи ҳаҷми мусофирбариро дар ҳама намудҳои нақлиёти кишвар ташкил медиҳад (Ҷадвали 1).



Расми 1. Сохтори мантиқии механизми ташкилию иқтисодии идоракунии фаъолияти инноватсионии корхонаи нақлиёти мусофирбарӣ.

Ҷадвали 1.

Мусофирбарӣ бо ҳамаи намудҳои нақлиёт, ҳазор мусофир.

Намудҳои нақлиёт	Ҳаҷми мусофирбарӣ дар соли 2019	Таъноси мусофирбарӣ нисбат ба ҳаҷми умумӣ, соли 2019	с.2019 нисбат ба с.2018, фоиз	с.2018 нисбат ба с.2017, фоиз
Нақлиёти роҳи оҳан	551,7	0,08	101,2	103,2
Нақлиёти автомобилӣ	648788,3	96,62	109,3	103,4
Нақлиёти барқӣ	21398,7	3,2	2,0	95,5
Нақлиёти ҳавоӣ	730,6	0,1	90,8	93,3
ҲАМАҲИ	671469,3	100	110,9	103,2

Сарчашма: Вазъи иқтисодии Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соли 2019, Агентии омили назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, саҳифаи 44.

Самтҳои афзалиятноки рушди иқтисодиёти миллӣ тағйир додани фаъолияти иқтисодии корхонаҳои нақлиёти мусофирбарро ба рушди инноватсионӣ муайян мекунамд, ки бидуни истифодаи инноватсия номумкин аст ва аз ин рӯ механизми идоракунии самараноки фаъолияти инноватсионӣ пеш меояд.

Ба масъалаҳои арзёбии самаранокӣ ва ҳалли муаммоҳои марбут ба татбиқи инноватсияҳо мавқеи махсус дода мешавад. То имрӯз дар илми иқтисод оид ба нақши дастовардҳои илмию техники ва татбиқи инноватсияҳо дар рушди иҷтимоию иқтисодии кишварҳо андешаҳои гуногун ташаккул ёфтаанд.

Таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки дар шароити бозор низоми хизматрасонӣ дар нақлиёти мусофирбар дар шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон мавқеи муҳимро ишғол менамояд ва ин мушкилотро корхонаҳои нақлиёти мусофирбар ҳал мекунамд. Самтҳои афзалиятноки рушди иқтисодиёти миллӣ, ки дар ҳуҷҷатҳои барномавии рушди кишвар муайян шудаанд, бо навоарӣ ва афзоиши фаъолияти инноватсионии субъектҳо алоқаманд мебошанд. Ҳалли муаммоҳои мазкур ҳадафи корхонаҳои нақлиёти мусофирбар мебошад, ки ноил шудан ба онҳо дар шароити муосир бидуни истифодаи инноватсия ва механизми идоракунии инноватсия ғайриимкон аст.

Ҳадафи мақолаи мазкур пешниҳоди принципҳои назариявӣ ва равишҳои методологии ташаккул ва рушди механизми ташкилию иқтисодии идоракунии фаъолияти инноватсионӣ дар корхонаҳои нақлиёти мусофирбар мебошад.

Барои ноил шудан ба ин ҳадаф ҳалли масъалаҳои зерин ба миён меояд:

- омӯхтани фаъолияти инноватсионии корхонаҳо, механизмҳо ва усулҳои идоракунии фаъолияти инноватсионии онҳо дар шароити бозор, инчунин муайян намудани хусусиятҳо ва мушкилоти идоракунии фаъолияти инноватсионии корхонаҳои нақлиёти мусофирбар;

- таҳлили вазъ ва тамоюлҳои рушди инноватсионии хизматрасониҳои нақлиётӣ ба аҳолии минтақаҳои ҷумҳурӣ дар алоҳидагӣ;

- муайян намудани омилҳое, ки ба самаранокии идоракунии инноватсионии корхонаҳои нақлиёти мусофирбар таъсир мерасонанд;

- ташаккули стратегияи идоракунии фаъолияти инноватсионии корхонаҳои мусофирбар дар шароити иқтисоди бозорӣ;

- тақмили технологияи идоракунии инноватсионӣ дар корхонаҳои нақлиёти мусофирбар, асоснок кардани самти рушди механизми идоракунии инноватсия.

Корхонаю муассисаҳои нақлиёти мусофирбар дар минтақаҳои ҷумҳурӣ дар давоми соли 2019 аз имкониятҳои мавҷуда ба таври бояду шояд истифода накарданд, ки ин ҳам бошад, идоракунии инноватсиониро тақозо менамояд. Ҳаҷми мусофирбарӣ дар минтақаҳои ҷумҳурӣ чунин аст (ҷадвали 2):

Ҷадвали 2.

Ҳаҷми мусофирбарӣ бо ҳамаи намудҳои нақлиёт дар минтақаҳои ҷумҳурӣ, ҳазор мусофир.

Намудҳои нақлиёт	Ҳаҷми мусофирбарӣ дар соли 2019	Таносуби мусофирбарӣ нисбат ба ҳаҷми умумӣ, соли 2019
1	2	3
Ноҳияҳои тобеи ҷумҳурӣ	64951,5	10,1
Шаҳри Душанбе	289250,9	44,8
Вилояти Хатлон	95905	14,2
Вилояти Суғд	190811,9	29,6
ВМКБ	7868,8	1,3
ҲАМАГӢ	648788,3	100

Сарчашма: Вазъи иҷтимоию иқтисодии Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соли 2019, Агентии омили назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, саҳифаи 45.

Диаграммаи ҳаҷми мусофирбарӣ бо ҳамаи намудҳои нақлиёт дар минтақаҳои ҷумҳурӣ дар шакли зерин оварда шудааст.

Технологияи идоракунии инноватсия дар корхонаҳои нақлиёти мусофирбар бо назардошти истифодаи самарабахши иқтидори инноватсионӣ, қонеъ гардонидани эҳтиёҷоти инноватсионӣ, натиҷаҳои тадқиқоти амалӣ ва маркетингӣ, инчунин қабули қарорҳои оқилонаи идоракунӣ бо назардошти талабот ба хизматрасониҳои нақлиётӣ ва баланд бардоштани сифати онҳо дар соҳаи хизматрасонӣ тақмил мебояд ва онҳоро номбар менамоем:

1. Такмили заминаи меъёрӣ-ҳукукии рушди фаъолияти инноватсионии низоми нақлиёти мусофирбар;

2. Муносибгардонии механизми дурнамо барои фаъолияти корхонаҳо ва идоракунии арзиши аслии нақлиёти мусофирбар, инчунин такмили механизми нархгузории хизматрасонии нақлиёти мусофирбар;

3. Ҷорӣ намудани системаи муосири ташкили технологияҳои нақлиётӣ, равандҳои инноватсионӣ ва логистикӣ дар корхонаҳои нақлиёти мусофирбар ва баланд бардоштани сифати хизматрасонӣ;

4. Баланд бардоштани эътимоднокии истифодабарии воситаҳои ҳаракат дар хатсайрҳои автобус ва беҳтар кардани онҳо вобаста ба ҳаҷми чараёни азхудкардаи мусофирон;

5. Баланд бардоштани сатҳи ташкилӣ ва техникии корхонаҳои нақлиёти мусофирбар ва рақобатпазирии онҳо дар бозори хизматрасонии нақлиёти мусофирбар;

6. Рушди инфрасохтори корхонаҳои нақлиёти мусофирбар ва такмили системаи таъминоти моддию техникии онҳо;

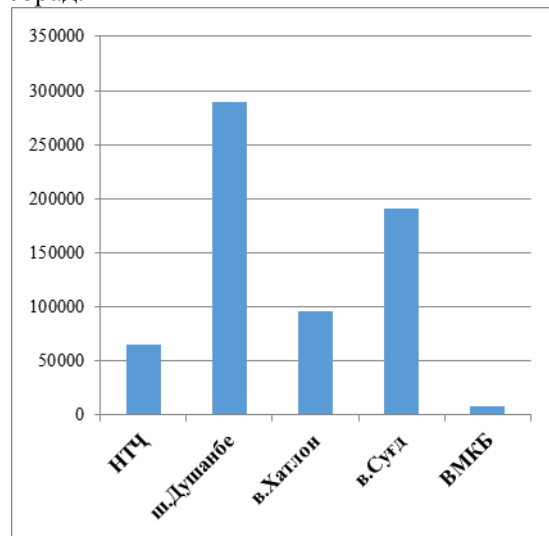
7. Ҷорӣ намудани мониторинги самаранокӣ татбиқи механизми идоракунии навоариҳо дар корхонаҳои нақлиёти мусофирбар;

8. Мафҳуми «бозори хизматҳои нақлиёти автомобилӣ» дар сохтори иқтисодӣ омӯхта шуда, самаранокӣ иҷтимоӣ ва иқтисодӣ он дар системаи хоҷагии халқ муайян карда шавад [6].

Беҳтар гардонидани сифати хизматрасониҳои корхонаҳои нақлиётӣ тавассути татбиқи инноватсия яке аз вазифаҳои афзалиятноки корхонаҳои нақлиётӣ ба ҳисоб меравад. Бо назардошти вазъи кунунии соҳаи нақлиёти автомобилӣ самтҳои фаъолияти инноватсионӣ бо мақсади баланд бардоштани афзалиятҳои рақобатӣ ба ду гурӯҳ мутахид карда шудаанд: инноватсияҳои маҳсулотӣ барои таъмини интиқоли босифати мусофирон ва навоариҳои технологӣ, ки ба ҷорӣ намудани навоариҳои техникӣ ва технологӣ бо назардошти истифодаи оқилонаи захираҳои мавҷуда бо мақсади беҳтар кардани сифати равандҳои корчаллонӣ равона карда шудаанд.

Ворид намудани инноватсияҳо ба фаъолияти корхонаҳои нақлиёти мусофирбар раванди мураккаб ва тӯлонӣ буда, таҳияи

механизми ташкилӣ ва иқтисодиро талаб мекунад, ки барои дигаргунсозӣ ва рушди фаъолияти инноватсионӣ шароит фароҳам меорад.



Диаграммаи 1. Ҳаҷми мусофирбарӣ бо ҳамаи намудҳои нақлиёт дар минтақаҳои ҷумҳурӣ.

Адабиёт:

1. Бобоев О.Б. “Маркетологистика”, Душанбе, 2012с., сах.85.
2. Вазъи иҷтимоӣ-иқтисодии Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соли 2019, Агентии омили назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, саҳифаҳои 44-45.
3. Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон “Дар бораи тасдиқи Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030”
4. Паёми Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон “Дар бораи самтҳои сиёсати дохилӣ ва хориҷии Ҷумҳурии Тоҷикистон”, ш. Душанбе, 26.12.2019;
5. Раджабов А.А. Методика определения доли сельской местности при перевозках грузов и пассажиров автомобильным транспортом/Раджабов А.А.//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования.- 2018, №2(42), стр. 90.
6. Раджабов А.А., Султонов А.Б. Инновационный процесс рынка автосервисных услуг на сельской территории Таджикистана/Раджабов А.А., Султонов А.Б.//Политехнический вестник. Серия: Интеллект.

Инновации. Инвестиции – 2017, Том:4(40), стр.85.

7. Раҷабов А.А., Раҷабов А.А. Муқаммалгардонии бозори хизматрасонии нақлиётӣ маҳаки асосии рушди устувори маҳали деҳоти Тоҷикистон/Раҷабов А.А., Раҷабов А.А./Паёми Политехникӣ. Бахши тадқиқотҳои муҳандисӣ – 2018, №1(41), саҳ.195.

ИННОВАЦИЯ - ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СТРАТЕГИИ НАЦИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

А. А.Раҷабов, А.А. Раҷабов, М.Иzzатов

Инновационная стратегия при осуществлении новаторства на пассажирских автомобильных предприятиях позволяет обеспечить устойчивое развитие экономики, повысить предложенные услуги конкурентоспособности.

Ключевые слова: инновация, стратегия, логистика, пассажирских автомобильных предприятий, рынок и конкуренция.

INNOVATION OF MAJOR CRITERION IMPLEMENTATION OF THE STRATEGY OF NATIONAL DEVELOPMENT

A.A. Rajabov, A.A., Rajabov, M. Izzatov

The innovation strategy through the implementation of innovation in passenger car enterprises allows to ensure sustainable economic development, increase the offered services of competitiveness.

Keywords: innovation, strategy, logistics, passenger automobile enterprises, market and competition.

Маълумот дар бораи муаллифон:

Раҷабов Абдуҳалим Абдурахимович – н.и.и., муаллими калони кафедраи “Ташкили интиқол ва идора дар нақлиёт”-и ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ. Тел.: +992 988729272. E-mail: raa_16.12.78@mail.ru

Раҷабов Абдусалим Абдурахимович – муаллими калони кафедраи “Нақлиёт ва технология”-и Коллеҷи техникии ДТТ ба номи академик М.Осимӣ. Тел.:+992 93 415 60 34

Иzzатов Мавлонназар – ассистенти кафедраи “Нақлиёт ва технология”-и Коллеҷи техникии ДТТ ба номи академик М.Осимӣ Тел.: +992 919 69 69 81

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СДВИГОУСТОЙЧИВЫХ АСФАЛЬТОВЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ДОРОГИ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

Г. Н. Нурмадов, Р. Х. Сайрахмонов, С.Б. Мирзозода

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В работе проведены результаты исследования влияния добавок из госсиполовой смолы (ГС) и добавок из резинового порошка (РП) на сдвигоустойчивости и водостойкости горячего асфальтового бетона. Показано, что с введения ГС в битум в количестве (2-5%) и РП (в частицы мелочи 1мм) непосредственно в минеральный материал асфальтового бетона значительно повышаются параметры связующего с характеристиками сдвигоустойчивости и его водостойкости.

Ключевые слова: госсиполовая смола, резиновой порошок, адгезионное свойство, сдвигоустойчивость, водостойкость и температура.

В последние годы из-за повышения интенсивности движения и напряженности транспортных потоков, а также все увеличивающиеся нагрузки от тяжелых грузовых транспортных средств, значительно

ухудшалось техническое состояние автомобильных дорог. Практика эксплуатации автомобильных дорог показывает, что ранее проектированные и построенные автомобильные дороги с учетом меньших нагрузок дорожной одежды, без учета динамики роста интенсивности движения различных по напряженности транспортных средств в современных условиях, стремительно снижаются их качество, а также наблюдается значительный рост пластической деформации и перестают удовлетворять требованиям безопасного и комфортного движения.

Опыт последних лет показал, что битум и материалы на его основе являются наиболее универсальными материалами, применимыми при устройстве дорожных покрытий автомобильных дорог. Практический опыт и анализ эксплуатируемых дорожных покрытий

на основе асфальтовых материалов показывали, что максимум через 3-4 года на них традиционно требуется проведение ремонтных работ. Эта связывается с недостаточными обеспечениями асфальтовых бетонов, трещиностойкость и сдвигоустойчивость. Опыт эксплуатации показывает, что покрытия на основе асфальтовых материалов не могут быть как абсолютно трещиностойкими и сдвигоустойчивыми. Однако применение рациональных методов в борьбе с различными пластическими деформациями позволило бы увеличить сроки службы покрытий, снизить затраты на их содержание и ремонт.

Применение асфальтового бетона с высокой эксплуатационной качества в дорожном покрытии это означает обеспечение функциональные свойства и покрытия в межремонтный период. Основной задачи строительно-технического обеспечения является проектирование свойства такого асфальтового бетона, который способен в течение максимально возможного времени обеспечивать требуемые эксплуатационные качества покрытия и противостоять нормированным видом разрушений. В настоящее время имеется научные исследования и практический опыт, в которое позволяют определить основные пути обеспечения эксплуатационные качества асфальтовых бетонов. Практика производства асфальтобетонов показывает, что битум является основной компонент в его состав. Проведение эксперименты в направлении регулированием качества битуме в его составе, которое битум так же, как и в случае асфальтового бетона оценивается набором показателей является актуальной [1]. При этом выполнение требований ГОСТ 22245-90 в некоторых случаях не гарантирует, требуемого качества асфальтового бетона, необходимо использование различных эффективных добавок, модифицирующих битум.

Так как битум является одним из распространенных материалов, используемых в строительстве покрытий. Разработка путей повышения качества материалов на его основе представляется актуальной задачей, позволяющей решать проблему надежности покрытий, эксплуатируемых в условиях жаркого климата [2].

Основными требованием, которому должен

удовлетворять асфальтовый бетон, эксплуатируемый в условиях жаркого климата является его сдвигоустойчивость. Сдвигоустойчивость асфальтобетонных покрытий определяется пределом прочности на сдвиг верхнего слоя степенью его сцепления с нижним слоем и общей прочностью на сдвиг перекрываемых слоев покрытия [3].

В последнее время для решения проблемы обеспечения сдвигоустойчивости асфальтовых бетонов используется качественные вяжущие с применением различных модифицирующих добавок: продукт полимеризации углеводородов C8-C9, гранулированный каучук СКЭПТ, госсиполовая смола и т.д [8].

В данной работе предлагается в качестве добавки использовать резинового порошка, получаемого при переработке изношенных автомобильных шин [4] и поверхностно-активной из госсиполовой смола (ГС) [5]. В наших предыдущих исследованиях [4,5] получены предварительные положительные результаты по применению добавки из резиновой порошок (РП) и госсиполовой смолы (ГС) в составы горячего асфальтобетона типа А с целью увеличения его прочности. Установлено, что введение в состав асфальтобетонной смеси количества РП (2-3мас, %) и (3-4мас, %) вяжущего. Существенно повышает прочности характеристики асфальтобетона в сравнение с асфальтобетонами без добавки.

В работе проводятся данные по результатам исследования водостойкости и сдвигоустойчивости асфальтобетона типа А применением добавки из ГС и РП. Влияние добавки резиновой порошок (РП) и госсиполовой смолы (ГС) на водостойкость асфальтобетона определены по методике [6].

Для сравнения в составе асфальтобетона использовали добавки резиновой порошок (РП) и госсиполовой смолы (ГС) в отдельности и совместно, а также подвергли испытаниям асфальтобетон типа А без добавки. Водостойкость определяли величиной водонасыщения, набухания и коэффициентом водостойкости (отношение прочности водонасыщения и прочности сухих образцов).

Показатели свойств образцов горячего асфальтобетона, характеризующих его устойчивость против действия воды приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Набухание и водонасыщение асфальтобетона с добавками и без добавки.

Длительность водонасыщения, суток	Набухание				Водонасыщение			
	А/Б на:			А/Б, без добавки	А/Б на:			А/Б, без добавки
	РП и ГС	РП	ГС		РП и ГС	РП	ГС	
0	0,43	0,94	0,45	0,50	1,87	1,91	1,93	2,21
15	0,53	0,59	0,56	0,59	1,91	1,96	1,97	2,53
30	0,56	0,57	0,59	0,68	2,15	2,25	2,34	2,86
60	0,59	0,61	0,64	0,74	2,30	2,28	2,42	3,61
90	0,62	0,69	0,77	0,83	2,68	2,91	3,06	3,70

Так, анализ данные таблица 1 показывает, что после 90 суток водонасыщения добавки в комплексе резиновой порошок (РП) и госсиполовой смола (ГС) увеличилось на 52,1%, с добавкой резиновой порошка на 53,2 %, и госсиполовой смолы на 54,3% соответственно, а у образцов асфальтобетона без добавки на 61,8%. У образцов асфальтобетона с добавками в комплексе резиновой порошок (РП) и госсиполовой смола (ГС) показатель водонасыщения увеличился на 26,4%, с добавкой госсиполовой смола (ГС) на 28,3%, с добавкой резиновой порошок (РП) на 27,2%, а у образцов асфальтобетона без добавки на 46,5%.

Меньшие показатели набухания и водонасыщения образцов исследуемого горячего асфальтобетона, в состав которых входит комплексная добавка из резиновой порошок (РП) и госсиполовой смола (ГС), свидетельствует о, том, что меньшие показатели набухания и водонасыщения образцов в состав которых входит пластифицирующих и структурообразующий добавка из (РП) и (ГС) свидетельствует о том, что госсиполовая смола имея высокая

разветвленность молекул с полярными группами, способствующие большой подвижности звеньев макромолекул приведены в состав битум будет способствовать повышению его адгезию к каменным материалам а также пленки битума поверхности каменных материалов отличаются высокой устойчивостью к отслаиванию при воздействии агрессивной среды. Это глубокому проникновению воды в поры и капилляры материала, а также диффузии воды под битумной плёнкой.

Эта объясняется наличием прочных адгезионных связей, обусловленным химсорбционным воздействием на границе раздела фаз «битум-поверхности минеральных материалов и частицы резинового порошка» которые обеспечивают высокую водоустойчивость асфальтобетона с использованием исследуемых добавки.

Эти результаты были подтверждены стандартными исследованиями определены водостойкость образцов коэффициент исследуемого асфальтового бетона через 15, 30, 60 и 90 суток водонасыщения (см таблица 2).

Таблица 2.

Показателей водостойкости асфальтобетона с добавками и без.

Образцы	Коэффициент водостойкости при длительности водонасыщения, сутки				
Сутки	0	15	30	60	90
РП и ГС	0,94	0,91	0,87	0,83	0,73
РП	0,89	0,86	0,78	0,81	0,68
ГС	0,86	0,84	0,83	0,78	0,67
Без добавки	0,81	0,82	0,78	0,70	0,61

Таблица 3.

Сдвиговые характеристики асфальтобетона.

Свойства	Асфальтобетон с добавками			Асфальтобетон без добавками
	ГС	РП	СГ и РП	
Коэффициент внутреннего трения	0,86	0,88	0,91	0,79
Сцепление при сдвиге, МПа	0,41	0,47	0,46	0,39

Научные опыты показывают, что в практике на сдвигоустойчивость асфальтового бетона влияет сцепление, обусловливаемое степенью взаимодействия минеральных материалов с битумом. При температуре 50° С у образцов асфальтобетона с добавкой, сцепление при сдвиге на 18% выше чем у образцов без добавки.

Как было указано выше, сдвигоустойчивость дорожных покрытий из асфальтовых бетонов зависит от сцепления его с нижним слоем. С целью оценки сдвигоустойчивости покрытия на основе исследуемых асфальтовых бетонов и его сцепление в зоне контакта с нижележащими слоями в лабораторных условиях проводили по методике [7].

Анализ данные таблица 2 показывают, что коэффициент водостойкости образцов асфальтового бетона с добавкой РП и ГС вплоть до 90 суток остается более высоким по сравнению с другими образцами асфальтобетона. Особенно в сравнение с образцов асфальтобетона без добавки. Коэффициент водостойкости через 90 суток водонасыщение у образцов с добавкой РП и ГС снижается на 22,3%, а у образцов асфальтобетона без добавок на 32,4%.

Определение сдвигоустойчивости: для определения сдвигоустойчивость асфальтобетона были изготовлены образцы асфальтобетона с добавками ГС и РП по отдельности, а также образцы асфальтобетон с добавкой ГС и РП вместе. Полученные результаты сравнивались с показателями образцов асфальтобетона без добавки.

Для оценки сдвигоустойчивости асфальтобетона с исследуемые добавки были определены максимальные нагрузки и соответствующие предельные деформации изготовленных образцов при двух деформированных состояниях: при одноосном сжатии и при сжатии по схеме Маршала.

Коэффициент внутреннего трения образцов

асфальтобетона с добавкой в комплексе (РП и ГС) на 16,5% выше, чем у образцов асфальтобетона без добавки и на 8 и 9% чем у образцов асфальтового бетона с добавками ГС и РП в отдельности.

Было изготовлено образцы цилиндрической формы асфальтового бетона с добавкой и без добавок диаметром 7,0 см и высотой 3,0 см

Для полного изучения кинетики изменения адгезионной прочности производили формовку исследуемых образцов асфальтовых бетонов на цементобетонные основание (подложки) различного срока твердения (1,7,14,25) во влажной среде. Эксперимента проводили в следующей технологической последовательности.

Образец из цементного бетона укладывали в металлическую форму, засыпали с верху смесью исследуемого асфальтового бетона и формировали на гидравлическом прессе по нагрузку 40 МПа, где температура смеси асфальтобетона составляла 150° С.

Испытание на сдвиг составленных образцов асфальтобетона (А/Б) и цементобетона (Ц/Б) производили после 28 суток твердения цементобетона: по выше указанной методике: при температуре 0, +20, +50 и +75° С. При этих же температурах испытывали образцы из исследуемой асфальтобетона с добавками. Результаты испытаний представлены в табл.2. и 3.

Из анализов данный таблица 2. следует отметить, что образцы асфальтобетона с добавками имеют значительно больше преимущество по сдвигоустойчивости чем у образцов без добавки.

Это объясняется тем, что вводимые добавки из (РП и ГС) создает в асфальтобетоне развитию систему «центров эластичности», способствующую существенному улучшению структурно – механических свойств, а также облегчают и ускоряют обволакивание и повышают сцепление битума с каменными материалами.

Таблица 4.

Испытания асфальтобетона на сдвиг.

Параметры	Асфальтобетон	
	Без добавок	С добавкой (РП и ГС)
Предельное сдвигающее усилие, МПа, при 0° С	0,91	1,01
+20° С	0,89	0,99
+50° С	0,21	0,24
+75° С	0,18	0,23

Таблица 5.

Испытаний асфальтобетон на сдвиг (на основание из цементобетона).

Параметры	Технологический разрыв, сут.			
	Несформировавшийся	7	14	28
Предельное сдвигающее усилие, МПа, при +20° С	0,98	0,86	0,82	0,75
+50° С	0,398	0,369	0,319	0,19
+75° С	0,301	0,20	0,13	0,10

Таким, образом в результате проведения исследования добавок на их можно отметить что при обсуждении результатов, проведенных в таблице 1 можно сказать, что один их определяющим условием получения асфальтового бетона с высокими сдвиговыми показателями для дорожных покрытий эксплуатируемые в условиях жаркого и сухого климата, является хорошее сцепление битума с минеральными материалами, которое обеспечивается, прежде всего хорошим смачиванием и химическим взаимодействием активных компонентов битума с минеральным заполнителем.

Выводы

1. Исследования показали, что коэффициент длительной водостойкости асфальтобетона с исследуемыми добавками более высокий в сравнении с асфальтобетоном без добавок.

2. Асфальтобетон с применением добавки из резинового порошка и госсиполовой смолы показывает лучшие результаты при определении коэффициента внутреннего трения и сцепления при сдвиге, что повышает сдвигоустойчивость покрытия при высоких летних температурах, характерных для Республики Таджикистан.

3. Улучшение сдвигоустойчивости асфальтобетонов позволяет предполагать более длительные сроки службы покрытия на их основе при эксплуатации в условиях жаркого и сухого климата, а именно таких асфальтобетонов в покрытиях, уложенных на цементобетонный слой.

4. Применение исследуемых добавок из местного сырья и отходов промышленности расширяют возможности улучшения качества дорожных покрытий автомобильных дорог и снижают стоимость их строительства.

Литература:

1. ГОСТ 12801-98 и материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства.

2. Полимерно-битумные вяжущие во Франции и Германии // Автомобильные дороги: по вопросам строительства, ремонт и содержания автомобильных дорог и мостов // Информавтодор. -2002. -вып 2. –С.31.

3. Кирюхин Г.И. Сдвигоустойчивость асфальтобетона в покрытиях дорог / Г.Н. Кирюхин // Вопросы проектирования и стр-ва автомоб. дорог. - Москва 2001. - С.79-91.

4. Нурмадов Г.Н. Влияние дробленной резиновой крошки на свойства битума (статья) Вестник Таджикского технического университета имени М.С. Осими, 2019.

5. Умаров С.С. «Повышение адгезионных свойств битума путем применения комплексной добавки» Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2016. № 1-1 (192). С. 181-185.

6. ГОСТ 9128 - 09. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М. Изд-во стандартов, 2009-28с.

7. Методические рекомендации по оценке сдвигоустойчивости асфальтобетона. - М.,2002. -25 с.

8. Оев А.М., Касымов А.К. и др. Влияние порошковых целлюлоз на свойства битумо-минеральных покрытий // Доклады АН РТ.1993. -№10-II/-том 36.

**ЧАНБАҲОИ НАЗАРИЯВИИ ТАДҚИҚОТИ
ОЗМОИШӢ ВА САМАРАНОКИИ
ИСТИФОДАИ АСФАЛТОБЕТОНИ
ҒЕЧИШУСТУВОР БАРОИ ҶОДАИ РОҶ
ДАР ШАРОИТИ ИҚЛИМИ ГАРМ
Ғ.Н. Нурмадов, Р.Ҳ. Сайраҳмонов,
С. Б. Мирзозода**

Дар мақола таҳлили тадқиқоти таъсири иловаҳои аз қатрони госсипол ва иловаҳои аз хокаи резинӣ ба ғеҷишустуворӣ ва муқовимат ба об дар асфалтобетони гарм оварда шудааст. Нишон дода шудааст, ки ҳангоми илова кардани қатрони госсипол дар мум ба миқдори (2-5%) ва хокаи резинӣ (дар зарраҳои хурди 1

мм) бевосита дар маводи минералии асфалтобетон хусусиятҳои ғеҷишустуворӣ ва муковимат ба об ба таври назаррас меафзояд.

Калимаҳои калидӣ: қатрони госсипол, хокаи резинӣ, хосиятҳои часпакӣ, ғеҷишустуворӣ, муковимат ба об ва ҳарорат.

THEORETICAL ASPECTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH AND THE EFFICIENCY OF USING SHEAR-RESISTANT ASPHALT CONCRETES FOR COVERING ROADS IN HOT CLIMATES

G. N. Nurmadoy, R.H. Sairakhmonov, S. B. Mirzozoda

The article presents the results of study of the effect of additives from gossypol resin (GS) and additives from rubber powder (RP) on the shear and water resistance of hot asphalt concrete. It is shown that with the introduction of HS in bitumen in an amount of (2-5%) and RP (in 1 mm fine particles) directly into the mineral material of asphalt concrete, the parameters of the binder with

the characteristics of shear stability and its water resistance increase significantly.

Keywords: gossypol resin, rubber powder, adhesive properties, shear resistance, water resistance and temperature.

Сведения об авторах:

Нурмадов Гайрат Нурмадович—докторант кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортные коммуникации» ТТУ им. ак.М.С.Осими. Тел:+992 93 777 73 27
E-mail: Gayrat1993@mail.ru

Сайрахмонов Рахимчон Хусейнович- к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Строительство дорог, сооружений и транспортные коммуникации» ТТУ им. ак. М.С. Осими, Тел: +992 906 22 96 96, E-mail:Rahim1962@mail.ru

Мирзозода Сухроб Бегмад – к.т.н., доцент, первый заместитель министра транспорта Республики Таджикистан.
Тел: +992 93 980 00 01

РАБОТА АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА НА ДОРОГАХ С КОРОТКИМИ НЕРОВНОСТЯМИ Н.Б.Сахибов

Таджикский технический университет им. М.С.Осими, г.Душанбе

В данной статье проведен анализ влияния неровности дороги на колесо автомобиля во время движения. Показано влияние неровности дороги при движении автомобиля с низкой скоростью, также рассмотрены особенности поведения шины при проезде короткого участка неровности дороги. Рассмотрены изменения, происходящие при проезде автомобиля на коротких неровностях, при увеличенной скорости движения.

Ключевые слова: автомобиль, дорога, неровность, движение, шина, скорость автомобиля.

Развитие автомобильного транспорта вызвало расширение строительства автомобильных дорог. В связи с ростом скоростей движения, повышаются требования к ровности дорожных покрытий [1]. Появилась потребность рассмотрения влияния неровностей дороги на движение автомобиля.

Колесо автомобиля, являясь связывающим звеном между дорогой, подвеской и трансмиссией автомобиля играет важную роль в плавности хода, в уменьшении динамических нагрузок в трансмиссии,

устойчивости и управляемости автомобиля [2]. Рассмотрим движение автомобильного колеса через неровность с малой скоростью движения, когда относительные перемещения кузова и колёс незначительны, то есть работа подвески автомобиля фактически исключена. Схематично это представлено на [рис.1^а]. Какой-то период времени, после соприкосновения колеса с неровностью, оно продолжает движение по дороге без скольжения. В этот момент колесо имеет две точки опоры: дорожное полотно и неровность и оно отделяется от дороги не сразу же, как это имеет место с жестким колесом при встрече с неровностью. Процесс перехода точки опоры колеса от дороги на ребро неровности длится тем продолжительнее, чем больший прогиб имела шина колеса на плоскости и чем ниже жесткость беговой дорожки шины, что способствует быстрому износу беговой дорожки колеса [3]. Этот переходный процесс характеризуется уже не качением колеса по неровности, поскольку беговая дорожка её заблокирована плоскостью и неровностью, а «обтеканием» шиной неровности. В месте соприкосновения колеса с неровностью

возникает радиальная деформация шины и скольжение элементов её относительно неровности. В точке соприкосновения колеса с неровностью возникает реакция, которая вызовет подъём колеса, что свою очередь приводит к увеличению тангенциальной реакции между колесом и неровностью. Когда тангенциальная реакция достигает предельного значения по сцеплению с дорогой, шина начинает проскальзывать относительно дороги. При этом некоторый период возможно одновременное скольжение шины как относительно дороги, так и относительно неровности. Скольжение шины относительно дороги будет продолжаться до тех пор, пока колесо, вследствие вертикального перемещения, не потеряет связь с дорогой. Скольжение шины относительно неровности при некотором соотношении момента и сил, действующих на колесо, прекратится. Прекращение скольжения шины относительно неровности, в зависимости от величины коэффициента сцепления, может наступить либо одновременно с началом скольжения шины по дороге, либо после. Следует отметить, что скольжение шины как относительно дороги, так и относительно неровности зависит также и от её жесткостных показателей, то есть, чем ниже радиальная и тангенциальная жесткость шины, тем лучшими обтекающими способностями обладает она и менее подвержена скольжению в процессе движения по короткой неровности. Дальнейшее движение колеса, вплоть до въезда на неровность, будет представлять поворот колеса относительно ребра неровности, как мгновенного центра. На характер кривой этого участка влияет падение величины горизонтальной реакции, возникающей между неровностью и колесом. По мере въезда колеса на вершину неровности, горизонтальная реакция падает до нуля и это приводит к тому, что дополнительная радиальная деформация шины, обусловленная действием этой силы на начальном участке въезда, снимается. Ось эластичного колеса при этом совершает более крутой подъём на вершину неровности, чем жесткое, и тогда процесс качения колеса при въезде на неровность может быть разбит на три этапа:

1) от момента соприкосновения колеса с неровностью до момента начала скольжения колеса по дороге;

2) от момента начала скольжения колеса по дороге до момента прекращения колеса относительно неровности. В случае, совпадения момента прекращения скольжения колеса относительно неровности с моментом начала скольжения колеса по дороге, второй этап отсутствует;

3) от момента прекращения колеса относительно неровности до момента въезда колеса на вершину неровности. После въезда на неровность колесо, двигаясь по верхней грани неровности, будет совершать вертикальные колебания вследствие того, что система обладает некоторым запасом энергии, накопленной в процессе въезда на неровность.

Процесс съезда колеса с неровности может быть также разбит на три этапа:

1) поворот колеса относительно ребра неровности;

2) поворот колеса относительно ребра неровности с одновременным скольжением относительно дороги;

3) качение колеса по дороге с одновременным скольжением относительно ребра неровности.

Здесь так же, как и при въезде колеса, между вторым и третьим этапом возможно одновременное скольжение относительно ребра неровности и дороги.

В процессе всего периода движения колёс по неровности характеризуется проявлением «сглаживающей» способности шины её, которая заключается в способности сглаживать острые выступы и переходы дорожных неровностей. Этот пример зависит в основном от радиальной и тангенциальной жесткостей шин, а также от жесткости беговой дорожки её.

Движение колеса по вершине короткой неровности характеризуется поглощающей способностью шины, определяющей способностью шины, определяющей собой максимальную высоту подъёма оси колеса над неровностью дороги. Этот параметр зависит от радиальной жесткости и жесткости беговой дорожки шины. Из-за большого прогиба шин в процессе движения по короткой неровности показатели радиальной жесткости их начинают резко падать по мере въезда на неровность, и это явление означает

амортизацию толчков, вызванных наездом колеса на дорожные препятствия. При котором соотношении между высотой неровности и скоростью движения автомобиля во время съезда колеса с неровности имеет место [2].

Следующий этап отрыв колеса от неровности и полёт в воздухе до соприкосновения с полотном дороги. При этом исключаются второй и третий этапы съезда.

В начальный момент встречи колеса с неровностью, т.е. в период, когда беговая дорожка колеса находится в заблокированном состоянии, шина подвергается под действием инерционного момента колеса и всех вращающихся с ним частей автомобиля окружной (касательной, тангенциальной) деформации.

В результате окружной деформации шины расстояние между центром колеса и дорогой несколько уменьшается. Увеличение

скорости движения колеса через неровность сопровождается некоторым повышением жесткостных параметров шины, связанных с быстротой протекания процесса деформации элементов шины, которые не успевают полностью сформироваться под действием ударного взаимодействия с короткой неровностью дороги. Горизонтальная составляющая реакция взаимодействия колеса с неровностью не изменяет своего направления (знака) в процессе переезда неровности, как это имеет место при медленном движении.

При повышенных скоростях проезд через неровность сопровождается работой подвески автомобиля.

Схема движения колеса представлена на рис. 1.

Схема движения колеса представлена на рис. 1^б

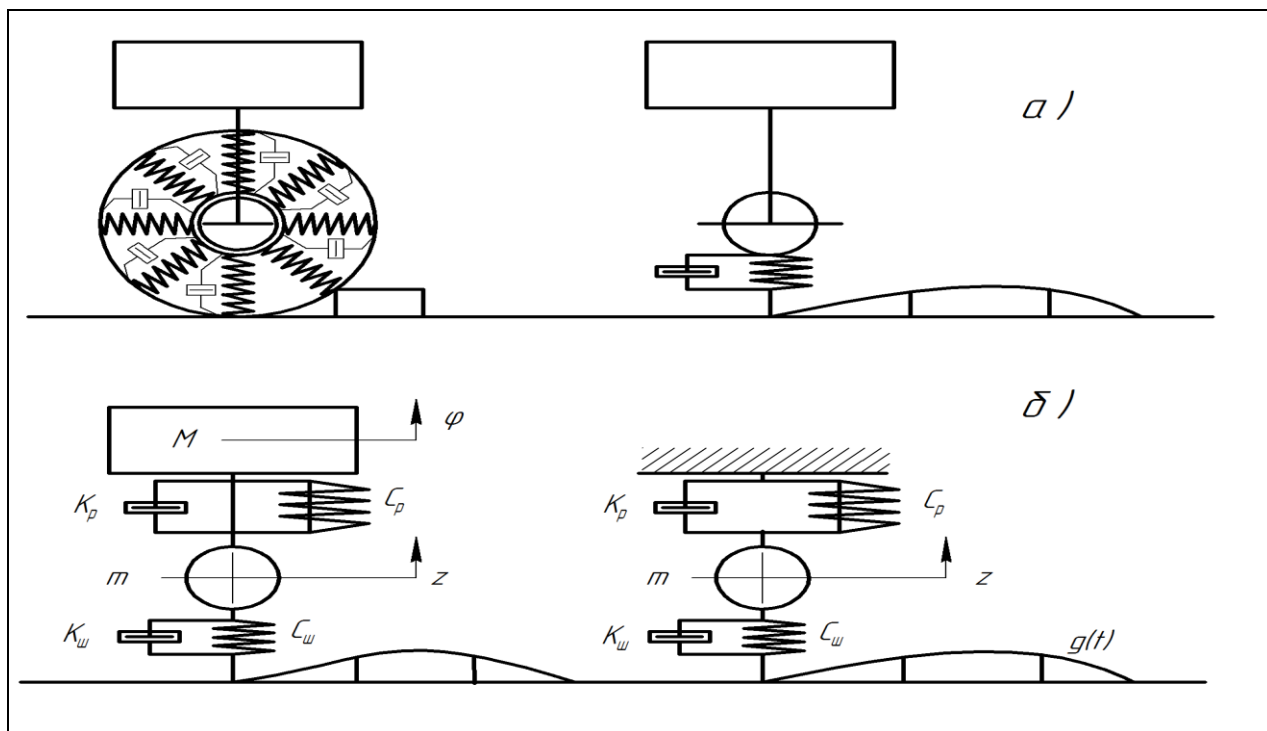


Рис.1. Схема движения колеса на коротких неровностях дороги.

В момент наезда колёсо на неровность ось перемещается вверх, преодолевая сопротивление рессоры. При съезде с препятствия колесо теряет контакт с неровностью, совершая полёт, ударяется о покрытие дороги. Продолжительность полёта колеса зависит от высоты подъёма её над неровностью, скорости движения и конструкции подвески автомобиля. В этих

условиях автомобиль может потерять управляемость, и видимо, применение независимой подвески сведёт к минимуму время полёта колёс.

В процессе переезда коротких неровностей со скоростью более 3-5 м/с поддрессоренная масса автомобиля не получает значительных перемещений и практически её можно считать неподвижной.

Выводы

После съезда с неровности колесо совершает затухающее колебательное движение, причем свободные колебания поддресоренного колеса имеют свои характерные участки:

1. После съезда с неровности некоторое время ось колеса колеблется под действием двух упругих элементов: рессоры и шины;

2. Кузов и мост, как одно целое, колеблются только на шинах.

Увеличение скорости движения автомобиля вызывает изменения в процессе переезда коротких неровностей, а именно:

а) съезд колеса с неровности сопровождается полётом в воздухе;

б) сглаживающая способность шин возрастает, что связано с увеличением силового взаимодействия между колесом и неровностью значения которых достигает своего максимума на участке въезда на неровность;

в) подъём оси колеса достигает своего максимума не на вершине неровности, а гораздо позднее, после отрыва колёс от неровности. С увеличением скорости движения автомобиля высота подъёма оси линейно или почти линейно понижается.

Литература:

1. Васильев А.П., Сиденко В.М. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения: Учебник для вузов / под. Редакцией А.П.Васильева – М. Транспорт, 1990. – 304с.

2. Бабков В.Ф. Дорожное условия и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1993. – 271с.

3. Мажитов Б.Ж. Рациональное управление процессом технической эксплуатации автомобиля путём прогнозирования затрат на запасные части / Б.Ж. Мажитов, М.Ю. Юнусов, Н.Б.Сахибов, С. Хамиджонов /

Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. №1(41)-2018 стр. 182-191. г.Душанбе.

КОРИ ЧАРХИ АВТОМОБИЛ ДАР РОҲҶОИ НОҲАМВОРИДОШТА

Н.Б. Сахибов

Дар мақолаи мазкур таҳлили таъсири роҳи ноҳамвор ба чархи автомобил дар вақти ҳаракат гузаронида шудааст. Таъсири роҳи ноҳамвор ба чарх дар вақти суръати пасти автомобил, ҳамчунин хусусиятҳои чарх дар вақти ҳаракати қисми муайяни ноҳамвории роҳ нишон дода шудааст. Дигаргунӣ, ки дар вақти ҳаракати автомобил бо суръати баланд дар қисми муайяни роҳи ноҳамвор мушоҳида мешаванд, дида баромада шудааст.

Калимаҳои калидӣ: автомобил, роҳ, ноҳамворӣ, ҳаракат, чарх, суръати автомобил.

CAR WHEEL OPERATION ON ROADS WITH SHORT BUMPS

N. B. Sahibov

In this article the analysis of influence of roughness of the road on a wheel of the car during the movement is carried out. It is shown the influence of road roughness during driving a car at low speed, and the behavior of the tire when driving a short section of road roughness is also considered. The change occurring when driving a car short bumps at increased speed is considered.

Keywords: car, road, roughness, movement, tire, car speed.

Сведение об авторе:

Сахибов Нурулло Бобоевич – к.т.н., и.о. доцента кафедры «Техническая эксплуатация воздушного и железнодорожного транспорта» ТТУ им. ак. М.С. Осимӣ.

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ИЗМЕРЕНИЯ ИЗНОСА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Р. Х. Сайрахмонов, С. Б. Мирзозода, М. С. Пирумиди, Ф. А. Шарифов

Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими

В статье рассматривается анализ многообразных способов определения износа дорожных покрытий, где существующие методы не позволяют получать объективные сведения износа дорожных покрытий в эксплуатационных условиях. На этой основе

предложен метод и сконструирован прибор для измерения износа дорожных покрытий, заключающийся в определении износа покрытий в натуральных условиях при эксплуатации.

Ключевые слова: износ, дорожные покрытия, износомер, прибор, измерения, способы.

Исследованию износа, обеспечению износостойкости и шероховатости дорожного покрытия автомобильных дорог посвящены многие научные труды авторов [5-6]. В этих трудах затрагиваются некоторые аспекты исследования износа и его влияния на сроки службы дорожных покрытий.

Вопросам влияния различных факторов на износ покрытий посвящено значительное количество исследований [2, 4]. Некоторыми авторами довольно подробно исследованы отдельные этапы износа покрытий или износ конкретного материала покрытий и получены весьма ценные выводы, имеющие как теоретическое, так и практическое значение.

Многообразие способов по определению износа требует адаптации, проверки адекватности в условиях Республики Таджикистан. Разработка единой научно обоснованной теории, наиболее близко моделирующей натурные условия, затруднительна для оценки износа различных видов дорожных покрытий и их материалов. Поэтому исследование износа покрытия в натуральных условиях с использованием более точного прибора является важной задачей.

Однако данные методы не позволяют наглядно отразить изменение фактического износа покрытия по ширине проезжей части, а также определять износ покрытий с одновременным учетом движения потока в процессе эксплуатации.

В целом же по предварительным соображениям наиболее привлекательным представляется использование прибора конструкции МАДИ. Такой способ дает более точные результаты, так как на них не влияют местные просадки дорожной конструкции в местах установки металлических стаканчиков реперов.

Определение износа асфальтобетонного покрытия при эксплуатации с помощью представленного прибора износомера, который представлен на рисунке 1 был применен на участке автомобильной дороги МД-11, Душанбе – Курган –Тюбе.

Металлические стаканчики прибора «Износомер» из латуни для определения износа покрытия устанавливались на участке 94+000 данной автомобильной дороги. Металлические стаканчики устанавливались по полосам наката в каждом направлении по 2

штуки. Схема установки стаканчиков представлена на рисунке 2.



Рис.1. Измерение износа асфальтобетонного покрытия.

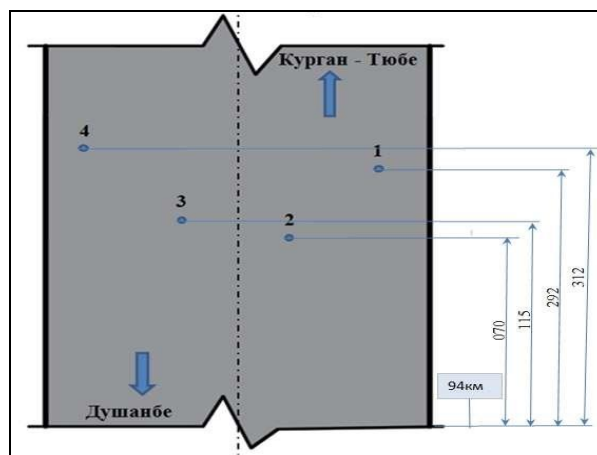


Рис.2. Схема установки стаканчиков из латуни на участке 94+000 автомобильной дороги МД-11.

Для натурного измерения, а также с целью получения достоверной информации износа дорожного покрытия было проведено полевое исследование некоторых эксплуатируемых участков дороги. Металлические стаканчики, предназначенные для измерения износа, нами были установлены в верхнем слое покрытия на участке км 94+000 исследуемой автомобильной дороги МД-11, Душанбе–Курган-Тюбе в июне 2017г. (рис.3).

На участке км 94+000 автомобильной дороги МД-11 Душанбе–Курган-Тюбе обслуживаются преимущественно транспортные средства с грузами промышленного и сельскохозяйственного назначения, включая международные перевозки, осуществляемые крупнотоннажными транспортными средствами.



Рис.3. Подготовка прибора к работе для измерения износа дорожного покрытия.

На дороге имеется регулярное автобусное движение, обеспечивающее пассажирские перевозки, деловые связи и туристические маршруты. Интенсивность и состав движения определялись по пункту учета на км 94+000 в 2017 году.

Среднесуточная годовая интенсивность движения на исследуемом участке автомобильной дороги определена по методике [7] и составляет по участку 1651 авт./сутки. В составе транспортного потока преобладают легковые автомобили – 81% картины результатов исследования по составу транспорта приведен от всех транспортных средств на рисунке 4.

Анализ данных по определению интенсивности и состава транспортного потока в исследуемом участке, км 94+000, автомобильной дороги МД-11 Душанбе–Курган-Тюбе показывает, что грузовые автомобили в транспортном потоке различной грузоподъемности составляют – 8,8%, где

состав грузового потока автопоездов составляет 10,1%.



Рис.4. Среднесуточная годовая интенсивность движения.

Однако, по экспертным оценкам Министерства транспорта республики, состав транспортного потока по типам автомобилей имеет тенденцию к изменению.

Измерение проводили по следующему порядку:

- первое измерение с 10.06.2017 до 02.09.2018;
- второе измерение с 10.06.2018 до 17.03.2019;
- третье измерение с 10.06.2018 до 15.05.2019.

Результаты замеров износа верхнего слоя покрытия на участке км 94+000 международной автомобильной дороги МД-11 Душанбе–Курган-Тюбе приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты замеров износа покрытия на международной дороге М 11 Душанбе - Курган–Тюбе.

№ точки	Место у установки стаканчиков	Дата установки стаканчиков	а Величина износа h, мм		
			Первое измерение (02.09.2016)	Второе Измерение (17.03.2017)	Третье Измерение(15.05.2017)
1	Км 94+292	10.06.2016	0,21	0,78	0,79
2	Км 94+070	10.06.2016	0,34	0,81	0,85
3	Км 94+115	10.06.2016	0,11	0,69	0,7
4	Км 94+312	10.06.2016	0,43	0,8	1,3
Среднее значение			0,28	0,77	1,05

По результатам натурных измерений выявлено, что износ покрытий на участке дороги М 11 Душанбе – Курган-Тюбе км

94+000 за период с июня по сентябрь 2017г. составил в среднем 0.28мм (таблица 1). Износ покрытия за период с сентября 2018г. по март

2019г. на том же участке автомагистрали МД-11 на обеих полосах движения составил 0,77 мм, и за период с июня 2018г. по май 2019г. при общей среднесуточной годовой интенсивности движения 11651 авт./сут составил в среднем 1,05. График изменения износа покрытия по результатам натурных измерений приведен на рисунке.5.

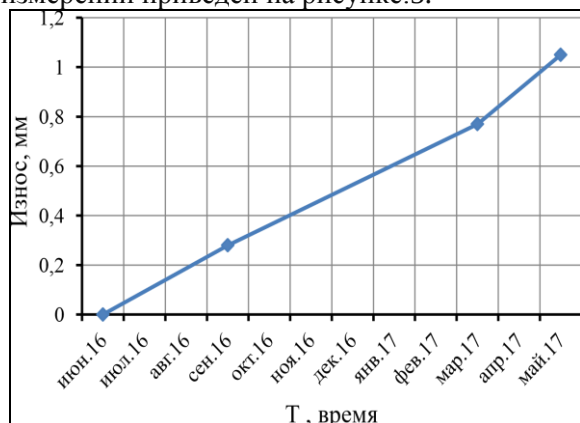


Рис.5. Результаты измерения износа на участке автодороги МД-11 (Душанбе - Курган-Тюбе) во времени.

Долгое время по данным некоторых исследователей [1, 3] считалось, что среднее значение износа покрытий (уменьшение толщины покрытий) является незначительным и составляет примерно 1мм в год. Предполагалось также, что износ покрытий можно определить аналитически с помощью формул.

Согласно формуле М.Б. Корсунского, износ покрытия составил 1,24мм в год, и по результатам натурных измерений было выявлено, что среднее значение износа дорожного покрытия за год 1,05 мм и по расчётам Д. М. Файзиева составило 1,19 мм в год, представленное на рисунке 6.

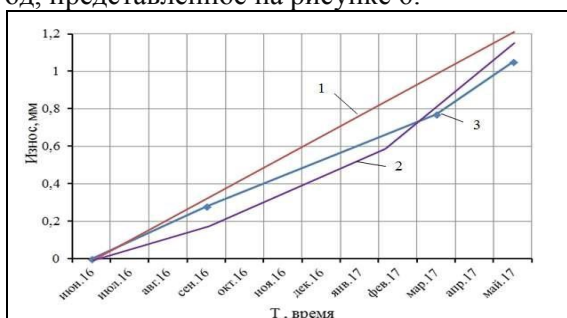


Рис.6. Измерение износа дорожного покрытия.

1 – М.Б. Корсунского;
2 – Д.М. Файзиева;

3 – по результатам натурных измерений на МД-11, Душанбе – Курган-Тюбе

Теоретическое сопоставление фактических результатов с расчетами по эмпирическим закономерностям показало, что наиболее близкие результаты достигаются использованием формулы Корсунского.

Выводы

Надо подчеркнуть, что предлагаемая конструкция прибора для измерения износа слоев на основе контроля частот колебаний поверхности автомобильной дороги, вызванных движением автомобильных транспортных средства, дает возможность получить качественные показатели и требует дальнейших теоретических и практических исследований.

Таким образом, проведение исследования позволило охватить широкий круг вопросов, решение которых позволяет относительно полно изучить рассматриваемый материал и рекомендовать для широкого внедрения «Износмер» в качестве прибора для измерения износа дорожных покрытий автомобильных дорог.

Литература:

1. Ковалев Я.Н. Дорожно-климатическое районирование территории БССР для строительства асфальтобетонных покрытий [Текст] / Я. Н. Ковалев /Применение местных материалов в дорожном строительстве БССР: сб. статей. - М.: Транспорт, 1966. - С. 64-71.
2. Некрасов В.К., Алиев Р.М. Эксплуатация автомобильных дорог [Текст]. М., Высшая школа. 1983 г. 287с.
3. Некрасов В.К. Обоснование методов оценки и выбора дорожных каменных материалов [Электронный ресурс]. Автореферат диссертации докт. техн. наук. МАДИ. М. 1962г. С. 40
4. Прямой метод оценки взаимодействия колеса транспортного средства и неровностей дорожного покрытия / Кочетков А.В., Беляев Д.С., Шашков И.Г. / Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 4(17). С. 38.
5. Строительные нормы и правила Республики Таджикистан (МКСЧТ 23.012007). Строительная климатология [Текст]. /Агентство по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан /. – Душанбе: Издательство «Мир полиграфии», 2007.- 30 с.

6. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги [Текст] / Минрегион России. – Москва : Росстандарт, 2013. – 110 с.

7. Cheod D.R. Bituminous surface treatments are the answer for low volume roads in Northern Canada // Revue General des Routes et des Aerodromes. (Мачед Д.Р.)

КОРКАРДИ УСУЛИ БОСАМАРИ ЧЕНКУНИИ ХҲРДАШАВИИ БОЛОҶШИ РОҶИ АВТОМОБИЛГАРД

**Р.Х. Сайрахмонов, С.Б. Мирзозода,
М.С. Пирумшоҳ, Ф.А. Шарифов**

Дар мақолаи мазкур усулҳои гуногуни ченкунии хӯрдашавии болоҷи роҳи автомобилгард омӯхта шуда, муайян карда шудааст, ки усулҳои мавҷудаи ченкунии хӯрдашавии болоҷи роҳи автомобилгард ба мо маълумоти объективӣ онд ба қабати хӯрдашуда дода наметавонад. Дар ин асос усули нав ва асбоб барои ченкунии қабати хӯрда пешниҳод карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: хӯрда, рӯйпӯши роҳ, хӯрдаченкунак, таҷҳизот, ченкунӣ, усулҳо.

DEVELOPMENT OF EFFECTIVE METHOD FOR MEASURING WEAR OF ROAD COATINGS

**R.Kh. Sairakhmonov, S. B. Mirzozoda,
M.S. Pirumshohi, F.A. Sharifov.**

The article deals with the analysis of various methods for determining the wear of road

surfaces, where existing methods do not allow obtaining objective information about the wear of road surfaces in operational conditions. On this basis, the method is proposed and a device is constructed for measuring the wear of road surfaces, which consists in determining the wear of coatings in natural conditions during operation.

Keywords: wear, road surfaces, wear meter, device, measurements, methods.

Сведения об авторах:

Сайрахмонов Рахимдҷон Хусейнович – заведующий кафедрой «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. акад. М.С. Осими, Тел: +992 906 22 96 96, E-mail: srivakn@mail.ru

Мирзозода Сухроб Бегмат – к.т.н., первый заместитель Министра транспорта Республики Таджикистан. E-mail: sukhrob63@mail.ru

Пирумшохи Мухаммадхуҷаи Сафарзода – докторант PhD кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. ак. М.С. Осими. Тел: +992 93 777 73 25

E-mail: pirumsho_safarov@mail.ru

Шарифов Фируз Абдулмаджидович – докторант PhD кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. ак. М.С.Осими. Тел: +992 90 759 03 00, E-mail: F_sharifov@mail.ru

БИТУМОМИНЕРАЛЬНЫЕ ОТКРЫТЫЕ СМЕСИ (БМО) ДЛЯ МАКРОШЕРОХОВАТЫХ СЛОЕВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОБАВКИ ИЗ ГОССИПОЛОВОЙ СМОЛЫ

Р. Х. Сайрахмонов, С.Б. Мирзозода, М.С. Пирумшохи, Ф.А. Шарифов, Ф.Б. Нуров
Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими

В работе рассмотрены теоретические аспекты создания битумоминеральных открытых смесей (БМО) для устройства износостойких слоев дорожных покрытий. Разработан состав БМО. Определены физико-механические характеристики разработанных составов БМО с поверхностно-активной добавкой из госсиполовой смолы (ГС). Показано положительное влияние ГС на структуру и физико-механические характеристики БМО, а именно снижение остаточной пористости, улучшающие прилипание битума к минеральным материалам. Разработана технология приготовления БМО с

использованием добавки из госсиполовой смолы.

Ключевые слова: битумоминеральные открытые смеси, износ, дорожные покрытия, госсиполовая смола, испытания.

Опыт эксплуатации дорожных покрытий из многощелевистых битумоминеральных смесей [1, 3] показывает, что основным их недостатком иногда являются значительно снижающий срок службы их в покрытиях и пониженная стойкость против воздействия всех влияющих на них факторов. Одним из наибольших эффективных путей повышения надёжности дорожных покрытий и мероприятия по предупреждению износа на вновь

строящихся или на эксплуатируемых дорогах, по мнению авторов [3-5], является поверхностная обработка или устройство тонкого слоя износа.

Анализ ранее выполненных работ [8-9] показал, что лучшим материалом для устройства шероховатых слоев покрытий дорог высоких категорий мог бы быть материал, обладающий высокой износостойкостью и высокой усталостной стойкостью литого асфальтобетона. Наиболее доступным способом получения такого материала является повышение плотности битумоминеральных смесей, открытых с использованием добавки разного назначения, что позволит в отличие от литых смесей асфальтобетонов использовать традиционную технологию для устройства покрытий.

Открытыми называют смеси из битумоминералов, содержащие более 55% по массе щебня или других каркасных частиц и образующие материал с пористостью, заполняющий каркас в 1,5 и более раз и превышающий общую пористость материала. Исследование составляющих компонентов и разработки технологии производства таких смесей является важной актуальной задачей.

С точки зрения современной технологии производство таких материалов не составляет трудностей. Однако достижение проектных параметров, а также выбор оптимального состава битумоминерала при использовании добавки требуют научного исследования и экспериментальной проверки его качества.

В этой связи целью исследования является разработка состава и технологии приготовления битумоминерала открытой (БМО) смеси с использованием добавки из госсиполовой смолы (ГС).

Исследования физико-механических характеристик БМО проводились на образцах, изготовленных из открытых битумоминеральных смесей с добавкой и без добавками. Результатом этих исследований явились разработки составов открытых битумоминеральных смесей БМО 65/75.

Подбор состава произведен в соответствии с ГОСТ 31015-2002, ГОСТ 9128-84 и ТУ 218РСФСР601-88 (таблица 1) по принципу использования щебня прочных пород (марки не ниже 1000, обеспечивающей сохранение каркаса), обязательного соблюдения пределов пористости скелета и показателей физико-механических свойств.

Для обеспечения постоянного гранулометрического состава битумоминеральных смесей открытые минеральные материалы предварительно рассеивались, а затем для каждой партии смеси из этих отдельных фракций составлялись минеральные части смесей. Остаточная пористость образцов из открытых битумоминеральных смесей составляла 2,6-3,7%.

Госсиполовую смолу ввели в оптимальный состав БМО с шагом 2% путем замены битумов.

Таблица 1.

Подбор состава БМО.

Наименование смеси	Щебень, %	Песок от отсева дробления, %	Минеральный порошок, %	Битум, % сверх 100%	Добавка, %	Кэф-т удобоукладываемости ($K_{уд}$)
БМО 65/75-10	67	27	6	5,5	0	0,91
	67	27	6	5,4	2	0,93
	67	27	6	5,34	3	0,94
	67	27	6	5,28	4	0,96
БМО 65/75-15	71	23	6	5,0	0	0,91
	71	23	6	4,9	2	0,93
	71	23	6	4,84	3	0,96
	71	23	6	4,78	4	0,98
БМО 65/75-20	73	21	6	5,0	0	0,91
	73	21	6	4,9	2	0,94
	73	121	6	4,84	3	0,96
	73	21	6	4,78	4	0,99
БМО 65/75-25	75	19	6	5,0	0	0,92
	75	19	6	4,9	2	0,93
	75	19	6	4,84	3	0,96
	75	19	6	4,78	4	0,99

Из составленных смесей были изготовлены образцы битумоминеральных смесей, открытых и испытанных по стандартным методикам согласно ГОСТ 9128-84 и ГОСТ 12801-98.

Кроме этого, были определены условные коэффициенты удобоукладываемости, формуемости и уплотняемости смесей.

Условные коэффициенты удобоукладываемости ($K_{уд}$) и формуемости ($K_{ф}$) характеризуют смесь при рабочей температуре по степени отклонения объема смеси от требуемого ее объема при

самопроизвольном распределении смеси $K_{уд}$ и при распределении под нагрузкой $K_{ф}$.

Условный коэффициент уплотняемости ($K_{уу}$) характеризует смесь, уплотненную при рабочей температуре по степени отклонения объемной массы смеси, распределенной под нагрузкой от объемной массы оптимально уплотненной смеси.

Результаты исследований физико-механических характеристик образцов всех разработанных составов с добавкой и без добавки приведены в таблицах 2.

Таблица 2.

Физико-механические показатели смеси БМО 65/75-10.

Наименования показателя	Значения показателя по ГОСТ	ГС,2%	ГС,3%	ГС,4%	Без добавки
Пористость минеральной части, %	15-19	15,9	15,9	15,9	15,8
Водонасыщение образцов, % по объём	3,00-7,00	2,8	2,6	2,5	3,3
Предел прочности при сжатии, МПа:					
При температуре 50°C	0,7-0,9	1,2	1,4	1,5	1,08
При температуре 20°C	2,2-2,4	3,94	3,90	4,25	3,10
При температуре 0°C не более	Ненормир.	9,8	9,70	9,70	9,50
Набухание Н, % объёма	0,5-1,5	0,63	0,54	0,42	0,66
Кдв	0,7-0,9	0,91	0,90	0,92	0,88
Квд	0,60-0,85	0,81	0,84	0,89	0,78

Кдв-коэффициент водоустойчивости при длительном водонасыщении по прочности на растяжение при расколе. Квд-коэффициент водоустойчивости при длительном водонасыщении по прочности при сжатии. Н% набухание объёма после 15 суток выдерживания в воде после вакуума.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что все показатели, характеризующие физико-механические свойства образцов из

исследуемых битумоминералов, удовлетворяют требованиям ГОСТа, но преимущества имеют образцы из БМО с поверхностно-активной добавкой из госсиполовой смолы.

При сравнении показателей свойств БМО с добавкой ГС разной дозировки, а также исследуемых смесей битумоминералов без добавки видно, что смесь с исследуемой добавкой госсиполовой смолы имеет лучшие физико-механические характеристики.

Таблица 3.

Физико-механические показатели смеси БМО 65/75 – 15.

Наименования показателя	Значения показателя по ГОСТ	ГС,2%	ГС,3%	ГС,4%	Без добавки
Пористость минеральной части, %	15-19	16,9	16,9	16,9	16,8
Водонасыщение образцов, % по объём	3,00-7,00	2,7	2,4	2,3	3,1
Предел прочности при сжатии, МПа:					
При температуре 50°C	0,7-0,9	1,4	1,6	1,8	1,2
При температуре 20°C	2,2-2,4	3,9	3,89	4,41	3,15
При температуре 0°C не более	Ненормир.	9,1	9,68	9,80	9,60
Набухание Н, % объёма	0,5-1,5	0,66	0,64	0,46	0,65
Кдв	0,7-0,9	0,86	0,89	0,91	0,87
Квд	0,60-0,85	0,80	0,82	0,89	0,77

Так, например, предел прочности образцов БМО с поверхностно- активной добавкой ГС при температуре 20⁰С возрастает на 12,4% в сравнении со смесями образцов без добавки. Кроме этого, образцы БМО с добавкой ГС при температуре 50⁰С имеют прочность на 13% больше по сравнению с образцами без добавки.

Выводы

По результатам приведенных исследований и, основываясь на многолетние опыты, пришли к выводу, что наиболее эффективной технологией ремонта покрытий автомобильных дорог для условий сухого жаркого климата является технология устройства тонкого (от 20 до 35мм) ремонтного макрошероховатого слоя из битумоминеральной открытой (БМО) смеси с использованием поверхностно-активной добавки.

Физико-механическими исследованиями установлено, что БМО с госсиполовой смолой (ГС) обладает более высокой плотностью и прочностью по сравнению со смесями БМО без добавки. Кроме этого, по данным [2, 6, 7, 10], госсиполовая смола улучшает сцепление вяжущего с поверхностью каменных материалов, входящих в состав битумоминералов, снижает температуру нагрева, сокращает время перемешивания, улучшает удобоукладываемость и уплотняемость смеси, а также повышает долговечность покрытия при эксплуатации.

Литература:

1. Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. Т. 1 / А. П. Васильев. — 2-е изд., стер. — Москва: Академия, 2011. — 320с.
2. Каримов М.Ш. Диссертация «Физико-химические аспекты получения композиционного вяжущего на основе госсиполовой смолы для дорожного строительства», Душанбе – 1999
3. Кучма М.И. Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве / М.И. Кучма // М.: Транспорт, 1980, 191с.
4. Методические рекомендации по устройству защитного слоя износа из литых эмульсионно-минеральных смесей типа «Сларри Сил». // Росавтодор. -М., 2001г.-с.34.
5. Никитина И.Г. Опыт устройства поверхностной обработки дорог на объектах

ДОФФ. / И.Г. Никишина //Техника и технология дорожного хозяйства. 1998г.-№3. - с.39-41.

6. Оев А.М., Каримов М.Ш., Махкамов К.М. Исследование композиционного вяжущего на основе госсиполовой смолы // Труды ТТУ, серия Транспорт и дорожное хозяйство, 1999. 43-47 с.

7. Оев А.М., Каримов Б.Б., Махкамов К.М., Атакузиев Т.А. Вяжущее на основе госсиполовой смолы для дорожного строительства // Сб. науч. труд. МАДИ (ТУ). Проблемы строительства и эксплуатации автомобильных дорог. – Москва – Иркутск, 1998. – 59-65 с.

8. Рекомендации по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью / РОСАВТОДОР. -М. 2004г. - 58с.

9. Строительные нормы и правила Республики Таджикистан (МКСЧТ 23.012007). Строительная климатология [Текст]. /Агентство по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан /. – Душанбе: Издательство «Мир полиграфии», 2007.- 30 с.

10. Сайрахмонов Р.Х. Повышение адгезионных свойств битума путем применения комплексной добавки // «Вестник Таджикского национального университета», Душанбе-2016 – 1(110). Национальный университет, Сайрахмонов Р.Х., Иброхимов О.А., Собиров Дж.Д.

ОМЕХТАИ БИТУМОМИНЕРАЛҲОИ КУШОДА БАРОИ ҚАБАТҲОИ НОҲАМВОР БО ИСТИФОДА АЗ ИЛОВАГӢ АЗ ҚАТРОНИ ГОССИПОЛӢ

*Р.Х. Сайрахмонов, С.Б. Мирзозода,
М.С. Пирумишох, Ф.А. Шарифов, Ф.Б. Нуров*

Дар мақолаи мазкур ҷабҳаҳои назариявии сохтмони қабатҳои роҳ бо истифода аз омехтаи битумоминералҳои кушода (БМК) омӯхта шудааст. Инчунин таркиби БМК коркард шудааст. Хосиятҳои физикӣ-механикии БМК бо иловагии ғайри сатҳӣ аз қатрони госсиполӣ (ҚГ) муайян карда шудааст. Ҷабҳаҳои мусбӣи таъсири ҚГ ба сохт ва хосиятҳои физикӣ-механикии БМК, яъне ковокии боқимонда, ҳақиқи мум бо маводи минералӣ нишон дода шудааст. Технологияи тайёркунии БМК бо истифодаи иловагӣ аз қатрони госсиполӣ коркард шудааст.

Калимаҳои калидӣ: омехтаи битумоминералҳои кушода, хӯрда, рӯйпӯши роҳ, қатрони госсиполӣ, тадқиқот.

**BITUMOMINERAL OPEN MIXTURE
(BMO) FOR MACRO-ROUGH LAYERS
USING AN ADDITION FROM HOSSYPE
RESIN**

**R. Kh. Sairakhmonov, S.B. Mirzozoda
M.S. Pirumshohi, F.A. Sharifov, F.B. Nurov**

The article deals with the theoretical aspects of creating a bituminous mineral open mix (BMO), for the device wear-compensating layers of road surfaces. The composition of the BMO is developed. The physicommechanical characteristics of the developed BMO compositions with a surface-active additive of gossypol resin (HS) are determined. The positive effect of the HW on the structure and physicommechanical characteristics of the BMO was shown, namely, a decrease in the residual porosity that improves the adhesion of bitumen to mineral materials. The technology has been developed for the preparation of BMO using additives from gossypol resin.

Key words: bituminous mineral open mixes, wear, pavement, gossypol resin, tests.

Сведения об авторах:

Сайрахмонов Рахимджон Хусейнович – заведующий кафедрой «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. акад. М.С. Осими,
Тел: +992 906 22 96 96, E-mail: srivakn@mail.ru

Мирзозода Сухроб Бегмат – к.т.н., первый заместитель Министра транспорта Республики Таджикистан. E-mail: sukhrob63@mail.ru

Пирумшохи Мухаммадхуцаи Сафарзода – докторант PhD кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. ак. М.С. Осими.

Тел: +992 93 777 73 25

E-mail: pirumsho_safarov@mail.ru

Шарифов Фируз Абдулмаджидович – докторант PhD кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. ак. М.С.Осими. Тел: +992 90 759 03 00, E-mail: F_sharifov@mail.ru

Нуров Фуркат Бойевич – соискатель кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. акад. М.С. Осими.Тел: +992 93 501 24 99

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ РАЗЛИЧНОГО
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СОСТАВЕ ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ**

Т. Асад, М. Ю. Юнусов, С.С. Умаров, Р. Х. Сайрахмонов

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

В работе проведены теоретические аспекты получения высококачественного дорожного битума для дорожных композиций. Показаны положительные влияния комплексной добавки из госсиполовой смолы (ГС), смолы от газификации углей (СГУ) и остатков от регенерации смазочных масел (ОРСМ) на физико-механические характеристики дорожных битумов, а именно глубины проникновения иглы, температуры размягчения и растяжимости. Выявлено, что при добавлении в вязкие битумы до 2% добавок из ОРСМ и СГУ стандартные характеристики битума: пенетрация, температура размягчения и растяжимость- остаются в пределах требований ГОСТ – 22245-90.

Ключевые слова: битум, смола, масло, остаток от регенерации, пенетрация, температура, размягчение, растяжимость, вторичное сырьё.

В настоящее время одним из основных путей перехода к ресурсосберегающим и безотходным технологиям в промышленности

является рациональное использование всех видов ресурсов и снижение их потерь при производстве. При этом мобилизация некондиционных и вторичных ресурсов и их более полное всестороннее использование в производстве является важной экономической задачей. Особенно основными направлениями фундаментальных и прикладных исследований является исследование комплексной и химической переработки органического сырья, побочных продуктов, отходов предприятий и вторичного сырья. Побочные продукты и отходы разных отраслей промышленности используют в качестве заменителей компонентов, исходного сырья для производства материалов или в качестве химических добавок и реагентов, повышающих надежность дорожных композитов, упрощающих технологии их производства. Среди органического сырья ведущее значение имеют нефть, разновидности углей и продукты их переработки, они являются одним из основных источников получения вяжущих, в частности

битума для производства дорожных материалов и широко используемых в строительстве.

Многочисленные исследования авторов [7, 9] показывают, что широкое применение в дорожном строительстве отходов промышленности позволяет в значительной степени снизить дефицит традиционных органических вяжущих, каким является дорожный битум.

Однако в настоящее время битум является особо важным вяжущим в производстве композитов при строительстве, в частности строительстве автомобильных дорог. Несмотря на ряд неоспоримых достоинств битумов, в последние годы их качество заметно ухудшается. В настоящее время традиционно решаются эти проблемы с применением добавок как модифицирующих, так и пластифицирующих к битумам, относительно в различных количествах, что позволяет рационально использовать отходы и увеличить выход вяжущих [7-8].

Среди модифицирующих добавок к битумам по функциональному назначению можно выделить добавки, которые можно получить на месте в виде побочных продуктов или отходов различных отраслей промышленности. К ним относятся битумосодержащие породы, тяжелые высокосмолистые нефти, угольные смолы, углеводородный хлопковый гудрон, а также так называемое вторичное сырье изношенных покрышек транспортных шин и отработавших смазочных масел.

Применение добавок относительно в большом количестве, которые существенно влияют на структуру и свойства получаемых вяжущих, называют комплексными. Добавки в зависимости от их природы по-разному воздействуют на физико-химические свойства органических вяжущих веществ. Для понижения вязкости битума вводят в его состав разжижающие добавки. При относительно малом содержании вязкость битума изменяется незначительно. При дальнейшем увеличении содержания разжижителя [10] происходит резкое падение вязкости битума. Применение разжижителя, в котором содержатся ароматические углеводороды, приводит к пластификации битума.

Пластифицирующие добавки применяют в составе битума для уменьшения его хрупкости и снижения температуры стеклования, а также придания ему большей пластичности.

При использовании высоковязких продуктов деасфальтизации возникает необходимость понизить их хрупкость, что может быть достигнуто введением специальных пластифицирующих добавок. Добавки, улучшающие прилипание битума к каменным материалам, вводят непосредственно в его состав, в которых смола и масла в его составе являются в известной мере пластификаторами, характер температуры размягчения и интервала пластичности будет зависеть от структуры группового состава вводимого пластификатора.

Научные исследования и практические опыты показывают, что основные пути обеспечения качества битума и битумо-минеральных материалов связаны с направленным регулированием качества битума, который также, как и в случае с материалом на его основе оценивают набором показателей, и который является прилипанием (адгезией) битума к минеральным материалам.

Анализ работ [2] по адгезии битумов показывает, что она определяется двумя факторами: степенью гибкости звеньев макромолекулы и полярностью группы входящих в структуру макромолекул. Ориентированная структура, наличие поперечных мостиков между цепями макромолекулы снижают адгезию.

Высокая разветвленность молекулы с полярными группами увеличивает ее. Все факторы, способствующие большей подвижности звеньев макромолекул и содержанию полярных групп, повышают адгезию. Таким образом, введение в битум добавок, содержащих полярные группы и увеличивающих подвижность звеньев высокомолекулярных соединений, будет способствовать повышению его адгезии к минеральным материалам. Такие добавки называются поверхностно-активными веществами (ПАВ) [6], повышают физико-механические свойства битумо-минеральных композиций и улучшают их уплотняемые смеси. Практические опыты [2, 10]

показывают, что ПАВ принимается двух классов: анионные и катионные. К катионным ПАВ относятся соли высших алифатических аминов. Наиболее доступной в условиях нашей республики является смола от газификации углей (СГУ) и моноэтаноламин (МЭА). При введении в битум СГУ и МЭА в пределах 0,5 – 1,5% сцепления битум повышается с гранитом и другими кислыми породами. Наиболее распространёнными анионными ПАВ является госсиполовая смола (хлопковый гудрон), её вводят в битум в количестве 3-7% по массе. Однако чрезмерное введение более 6% в битум ГС повышает вязкость и хрупкость битума.

Рассмотрев теоретические аспекты применения добавки, улучшающие свойства битума и композиционные вяжущие на его основе для устройства дорожных покрытий, можно заключить:

- имеется положительное влияние добавок на структуру и физико-механические свойства битума и дорожных композиций на его основе, а именно: незначительное изменение структурно-реологических модификаций, уменьшение хрупкости, снижение температуры стеклования и придания большей пластичности битумным вяжущим, улучшение прилипания битума к каменным материалам.

Добавки обеспечивают:

- обволакивание минерального материала при слабом подогреве в результате дает возможность достаточно хорошо смачивать тонким слоем битума поверхность минерального сырья и проникать в его поры, снижать расход битума в составе битумосодержащих материалов и повышать эксплуатационные качества материалов на основе битума.

С точки зрения современной технологии повышение эксплуатационных качеств битума не представляет принципиальных трудностей. Однако при чрезмерном увеличении содержания добавки в составе битума происходит относительно резкое ухудшение структурно-реологических свойств битума. Достижение проектных параметров, а также

выбор оптимального количества добавки для улучшения свойства битума требует научного исследования и экспериментальной проверки его качества.

В этой связи целью исследования является изучение влияния комплексных добавок из отходов промышленности и вторичного сырья на физико-механические свойства битума. Для решения поставленной задачи были использованы битум нефтяной дорожный БНД 60/90, глубина проникновения иглы (пенетрация) $^0\text{П} - 77$, температура размягчения -47^0C , растяжимость при $25^0\text{C} - 80\text{см}$.

Госсиполовая смола (ГС) – отход масложиркомбината, кислотное число, мг кон – 70-100, растяжимость в ацетоне 80%, содержание золы 1%, влажность влаги 4% [2, 3, 5].

Смола от газификации углей (СГУ) - черная жидкость с характерным фенольным запахом с содержанием в них фенолов и их эфиров 35-52% [6].

Остаток от регенерации смазочных масел (ОРСМ) содержит 5% воды, 3% механических примесей, температуру вспышки 160^0C , вязкость $\text{C}_{60}^5 = 24\text{с}$.

Исследование влияния добавки из (ГС+ОРСМ+СГУ) на физико-механические свойства дорожного битума БНД 60/90 складывалось из определения стандартных характеристик: глубины проникновения иглы, температуры размягчения и растяжимости при температуре 25^0C .

Для этого были приготовлены смеси и испытаны их разным содержанием, полученные из них смеси приведены в таблице 1.

Анализ данных таблицы 1. показывает, что при добавлении в битум БНД 60/90 ГС в количестве до 8% и добавки из СГУ и остатков от регенерации отработанных смазочных масел (ОРСМ) до 2-% стандартных характеристик: глубина проникновения иглы, температура размягчения и растяжимости остается в пределах требования ГОСТ 22245-92.

Анализ проведенных ранее исследований авторами [1, 4, 10] показывает, что чрезмерное увеличение количества ГС в битуме его физико-механические свойства заметно ухудшаются, которые могут повлиять на вязкопластические свойства битума.

Таблица 1.

Совместное влияние добавки из ГС и СГУ и ОРСМ на физико-механические свойства дорожного битума.

№п/п	Состав вяжущих, %				Глубина проникновения иглы, (Пенетрация), °П	Температура размягчения (КиШ), °С	Растяжимость при 25°С, см
	Битум	ГС	СГУ	ОРСМ			
1	100	-	-	-	77	47	80
2		2	0,5		71,5	54	80
3		2	-	0,5	73,5	52	80
4		2	0,5	0,5	70,5	54	76
5		2	1,0	0,5	74,0	53,5	75
6		4	0,5	-	68	61	72
7		4	-	0,5	72	62	72
8		4	1,0	0,5	71,5	61	74
9		6	0,5	-	64,5	64	73
10		6	-	0,5	63,5	63	72
11		6	1,0	0,5	60,5	65	73
12		7	0,5	-	60,4	67	61
13		7	-	0,5	62,4	68	60
14		7	1	0,5	64	69	61
15		7	2	0,5	68	63	59

Выводы

Таким образом, проведенные исследования показывают, что применение добавок из СГУ и ОРСМ в вязких битумах снижает вязкость и улучшает его реологические свойства.

Это обеспечивает обволакивание минерального материала даже при слабом подогреве и, в результате, даёт возможность достаточно хорошо смачивать тонким слоем битума поверхность минерального сырья и проникнуть в его поры и, с одной стороны, снижают затраты тепловой энергии на подогрев, а с другой стороны, предотвращают преждевременное старение битума.

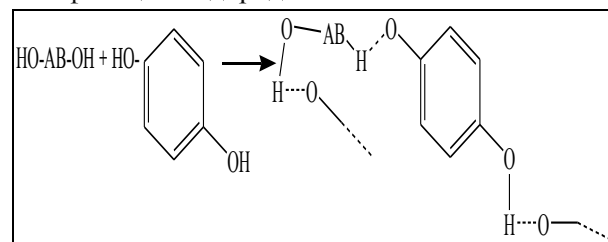
Оставшиеся в битуме СГ в результате окисления и уплотнения защищают битум от старения, сравнительно быстро и равномерно формируют устойчивую структуру.

Доминирующей причиной старения битума является окисление, и оно протекает через промежуточное образование перекисей. Антиокислительные функции фенольных соединений СГ состоят во взаимодействии их и продуктов окисления с перекисными радикалами.

Как известно, фенольные соединения препятствуют распаду перекисей на свободные радикалы и, следовательно, развитию окислительных цепей. Они ускоряют процесс и окислительную полимеризацию, и конденсацию, вследствие которых накапливаются смолообразные вещества.

Эти продукты окисления обогащают битум высокомолекулярными кислотами и другими кислородсодержащими группами. Они, в свою очередь, вступают в химическое взаимодействие с катионами металлов на поверхность минерального сырья и, в результате чего, образуются поверхностно-активные соединения типа мыл. Следовательно, образовавшиеся новые соединения на поверхности раздела обеспечивают прочную связь битума с минеральными материалами.

Кроме того, при перемешивании смол газификации с асфальто-связующими гидроксильными (-ОН) или аминогруппами (NH₂) битума образуют оксигруппы смол газификации водородные связи по схеме:



Проведённые исследования показывают, что применение СГ в комплексе со структурообразующими добавками приведёт к получению связующих, отвечающих всем требованиям ГОСТа.

Литература:

1. Горелышев Н.В. Эксплуатационные свойства асфальтобетона: Тез. докл. меж. гос. Ассос. исслед. асфальтобетона 27.01.2000, - М.: МАДИ. 2000. -С. 13-15.
2. Каримов М.Ш. Диссертация «Физико-химические аспекты получения композиционного вяжущего на основе госсиполовой смолы для дорожного строительства», Душанбе – 1999
3. Маркман А.Л., Ржехин В.П. Госсипол и его производные. – М.: Пищевая промышленность, 1965. – 243 с.
4. Оев А.М., Каримов М.Ш., Махкамов К.М. Исследование композиционного вяжущего на основе госсиполовой смолы // Труды ТТУ, серия Транспорт и дорожное хозяйство, 1999. 43-47 с.
5. Оев А.М., Каримов Б.Б., Махкамов К.М., Атакузиев Т.А. Вяжущее на основе госсиполовой смолы для дорожного строительства // Сб. науч. труд. МАДИ (ТУ). Проблемы строительства и эксплуатации автомобильных дорог. – Москва – Иркутск, 1998. – 59-65 с.
6. Оев А.М., Махкамов К.М. Исследования вяжущих свойств госсиполовой смолы // Доклады АН РТ, №3 (11), 1995. – 119-121 с.
7. Сайрахмонов Р.Х. Повышение адгезионных свойств битума путем применения комплексной добавки //Научно-теоретический журнал «Вестник Таджикского национального университета», Душанбе-2016 – 1(110). Национальный университет, Сайрахмонов Р.Х., Иброхимов О.А., Собиоров Дж.Д.
8. Сайрахмонов Р.Х., Файзиев Ф.Х., Сафиев Х., Усманов Р. Влияние смол газификации Фан-Ягнобского угля на свойства дорожного битума, материалы научно-практической конференции «Таджикская наука – ведущий фактор развития общества» Душанбе – 2016
9. Умаров С.С. Влияние комплексной добавки на адгезионные свойства битума //Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение «Физико-математических, химических и геологических наук» №3-4/125 Душанбе 2006, с. 32-35, Оев А.М., Махкамов К.М., Марупов Р.М.
10. Умаров С.С. Отходы и вторичные продукты промышленности – эффективное сырье для дорожного строительства, //Материалы VII международной научно-

практической конференции «Перспективы развития науки и образования»– Часть 2, Душанбе ТТУ им. ак. М.Осими-2014, с. 26-28, Сайрахмонов Р., Оев С.А., Файзиев Ф.Дж.

ЧАНБАҲОИ НАЗАРИЯВӢ, ТАДҚИҚОТИ ОЗМОИШИИ САМАРАНОКИИ ИСТИФОДАИ ИЛОВАГИИ КОМПЛЕКСӢ ДАР ТАРКИБИ МУМҲОИ СОХТМОНИ РОҲ

*Т. Асад, М.Ю. Юнусов, С.С. Умаров,
Р.Х. Сайрахмонов*

Дар мақолаи мазкур чанбаҳои назариявӣ коркарди мумҳои баландсифат барои таркиби маводи сохтмони роҳ оварда шудааст. Таъсири мусбӣ иловагӣҳои комплексӣ аз қатрони госсиполӣ (ҚГ), қатрон аз газкунонии ангишт (ҚГА) ва боқимонда аз коркарди равшанҳои молидани автомобилӣ (БКРМ) ба ҳосиятҳои физикӣ-механикии муми роҳ, махсусан ба чуқури ғӯтиши сӯзан (пенетратсия), ҳарорати мулоимшавӣ ва ёзиш нишон дода шудааст. Тадқиқоти гузаронидашуда нишон дод, ки ҳангоми ба таркиби мум то 2% ҳамроҳ намудани иловагӣ аз БКРМ ва ҚГА ҳосиятҳои стандартӣ мум – пенетратсия, ҳарорати мулоимшавӣ ва ёзиш аз ҳудуди талаботи ГОСТ-и – 22245-90 берун намешаванд.

Калимаҳои калидӣ: мум, қатрон, равшани техникаӣ, партов аз коркарди равшанҳо, ҳарорат, мулоимшавӣ, ёзиш, партов.

THEORETICAL ASPECTS, EXPERIMENTAL RESEARCH EFFICIENCY OF APPLICATION OF THE COMPLEX ADDITIVE OF VARIOUS FUNCTIONAL PURPOSE IN THE COMPOSITION OF ROAD BITUMEN

*T. Asad, M. Yu. Yunusov, S.S. Umarov
R. H. Sairahmonov*

The theoretical aspects of obtaining high-quality road bitumen for road compositions are carried out in the work. The positive effects of a complex additive from gossypol resin (HS), tar from coal gasification (SGU) and the remainder from the regeneration of lubricating oils (ORSM) on the physicomachanical characteristics of road bitumen, namely, needle penetration depth, softening temperature and extensibility, are shown. It was revealed that when adding up to 2% of additives from ORSM and SSU to viscous bitumen, the standard characteristics of bitumen: penetration, softening temperature and

extensibility remain within the requirements of GOST - 22245-90.

Key words: bitumen, resin, oil, regeneration residue, penetration, temperature, softening, extensibility, oils, secondary raw materials.

Сведения об авторах:

Асад Тошмахмадзода – ассистент кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. ак. М.С.Осими. Тел.+992 93 543 05 00
E-mail: srivakn@mail.ru

Юнусов Мансур Юсуфович - заведующий кафедрой «Эксплуатация автомобильного

транспорта» ТТУ им. ак. М Осими. Тел: +992 93 448 83 99, Email: m-yunusov@mail.ru

Умаров Саиджамол Саидмухторович – старший преподаватель кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. ак. М Осими. Тел.: +992 93 512 16 75

Сайрахмонов Рахимджон Хусейнович – заведующий кафедрой «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» ТТУ им. акад. М.С. Осими, Тел: +992 906 22 96 96, E-mail: srivakn@mail.ru

ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ГОРОДА, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Т.У. Самадов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Транспортная система города как комплекс транспортных средств в целом, и транспортной инфраструктуры играет важную роль в социально-экономическом развитии города. Он в основном разделен на четыре уровня и состоит из внешнего, пригородного, междугородного и локальный (экзотический) – эскалатор, движущегося тротуары.

Развитие городской транспортной системы соответствует общему плану города и должно соответствовать градостроительным стандартам, а также строительству объектов и транспортной инфраструктуры.

Основные проблемы транспортной системы всех городов практически одинаковы. Они могут быть сгруппированы и сосредоточены на объективной и субъективной проблеме. Перспективы развития транспортной системы и его эффективность определяется исходя из факторов и их взаимосвязи с ними.

Ключевые слова: транспортная система города; магистраль; сеть дорог; дорожная инфраструктура; генплан.

Транспортная система города это комплекс транспортных средств и транспортных коммуникаций, которые обеспечивают перевозку грузов и пассажиров между и внутри населенных пунктов.

Городской транспорт является связующим звеном между основными элементами города, включая жилые районы, рабочие места, культурные и торговые районы, зоны отдыха и

многое другое. Транспортную систему города можно разделить на четыре уровня: 1. Внешний транспорт; 2. Городской транспорт; 3. Пригородный транспорт; 4. Движущиеся дорожки (эскалатор)¹.

Основной задачей транспорта, как известно, является прежде всего, обеспечение своевременного и полного удовлетворения потребностей народного хозяйства и населения в перевозках, повышение экономической эффективности и качества работы транспортной системы.

Достижение этих целей требует решение следующих задач:

- организация согласованной работы различных частей транспортной системы;
- улучшение организации процесса перевозки;
- обеспечение дальнейшего развития проектных работ;
- повышение уровня использования технических средств транспорта;
- регулярное увеличение скорости перевозки пассажиров;
- улучшение координации деятельности всех видов транспорта;
- регулярное улучшение обслуживания пассажиров;

¹ Транспортная система города, ее составляющие и уровни. Основная задача городского пассажирского транспорта. Транспортные разделы в градостроительном проектировании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studopedia.org/5-114033.html> (дата обращения 30.01.2020);

- повышение безопасности движения.

Городскую транспортную систему необходимо решать в координации с генеральным планом города на ближайшие несколько лет. Генеральный план города является ключевым документом, определяющим перспективы его развития и комплексное решение его основных элементов, в том числе системы общественного транспорта города [4]. Для городов с населением 500 тыс. и более, Душанбе также подпадает под эту категорию, проектные работы выполняются в два этапа: первый этап - это технико-экономическое обоснование развития города с эскизом генерального плана, а второй этап - генеральный план. Разработка общего плана сравнительно небольших городов будет сопровождаться одним этапом, на котором будет осуществлено технико-экономическое обоснование как часть процесса.

Независимо от одноэтапности или двухэтапности генерального плана города, в отдельные его главы приводятся основные (магистральные) дороги городского транспорта соответственно с их описанием, в которых описывается условная выполнимость проектных решений для развития транспортной системы. Транспортный раздел генерального плана города должен включать классификацию существующих услуг для населения по городскому транспорту и обоснование проектных решений. Это должно сопровождаться прогнозом перевозок, прогнозом грузопотоков, расчетом спроса на территорию транспортных средств и парковок, а также возможностью эксплуатации основных автомагистралей и транспортных центров.

Как правило, все планировочные материалы (данные), входящие в общий план города, можно разделить на три группы:

- материалы с описанием текущей ситуации;
- материалы, содержащие проектные принятые решения;
- материалы, отражающие перспективы развития транспортной системы.

Транспортная часть генерального плана состоит из схем, содержащие следующие позиции:

- проект сети магистральных дорог, дорог жилых районов, площадей и магистралей, автостоянок, мостов, эстакад;

- классификация основных дорог (магистралей);

• территория существующих и проектных объектов, а также объектов внешнего транспорта с привязкой к вокзалам, автовокзалам, станциям и т.п.;

- будущая система общественного транспорта с высокоскоростными разделительными линиями;

• существующие и прогнозируемые картограммы (статистические карты) потока пассажирского транспорта (пассажирооборот) и грузового транспорта;

- продольные и поперечные пересечения главных улиц и городских дорог со смешением с существующими поперечными и продольными пересечениями, а также с проектными предложениями;

Основные трудности для транспортных систем всех городов практически одинаковы. Их можно сгруппировать по категориям и разделить на объективные и субъективные проблемы [1].

К объективным проблемам может включать:

- повышение уровня автомобилизации населения;
- повышенная интенсивность использования частных транспортных средств;
- снижение эффективности городского пассажирского транспорта;
- несоответствие уровня роста транспортных средств скорости строительства дорог;
- проблемы городского планирования и градостроительства;

Субъективные проблемы могут включать в себя:

- несовершенство системы организации и управления развитием транспорта и дорожного сектора;
- недостаточная правовая база на местном и региональном уровнях для управления городскими и региональными транспортными системами;
- недостаточно данных, имеющихся в управленческих решениях;
- недостаточное финансирование дорожной сети и транспортной инфраструктуры;
- не нахождения решения вопросов, связанных с собственным владением, сокращения ограничения прав собственников

и контроля объектов транспортной инфраструктуры;

- неблагоприятные воздействия человеческого фактора.

Очевидно, что развитие городской транспортной системы стоит под влияющих на

нее факторов. Факторы и их взаимодействие, которые в основном влияют на эффективность городской транспортной системы, в целом можно проиллюстрировать следующим образом (рис. 1) [1].



Рис.1. Факторы, влияющие на эффективность городской транспортной системы.

Душанбе как групповая система поселений в долине Гиссар (города Турсунзода, Гиссар, Вахдат, Рудаки, Файзабад) и города за пределами данной территории, но с учетом близости подчиненные ему (города Нурек, Яван и др.) имеют непосредственное влияние на дальнейшее развитие городов и поселков всей системы.

Для развития системы групп районов поселений город Душанбе играет важную роль в транспортных связях этих населенных пунктов с центром системы и ее подразделениями, в том числе, в дополнение к соединению автомагистралей и автобусов с другими возможными скоростными видами транспорта.

Городское развитие происходит на данном этапе в условиях сложных процессов социально-экономических реформ, значительного роста городского населения, а также высокого уровня автомобилизации городов.

В этих условиях городской транспорт является одним из важнейших и жизненно важных вопросов города, который определяет ключевые моменты его будущего развития. Вдвое роста населения города, три-четыре раза прироста автомобилизации населения (до 400 легковых автомобилей на 1000 человек жителей), в 1,5-2 раза увеличение городской

подвижности населения города, значительное увеличение городских территорий за счет земель прилегающих районов и многое другое, являются проблемами, возникающие с точки зрения доступа к транспорту, безопасности дорожного движения, их пропускная способность отвечающие требованиям, уровня и качества дорожного хозяйства, которые требуют их своевременного решения.

Системный подход к решению транспортных проблем - это скоординированная национальная политика, основанная на синтезе управления транспортом, городского планирования, землепользования и безопасности дорожного движения через соответствующие отраслевые и правовые рамки. Только такой синтез управления станет предпосылкой для устранения транспортных проблем в крупных городах.

Наиболее эффективными способами решения проблем городского транспорта являются:

- совершенствование отраслевой нормативно-правовой базы, государственные методы управления автомобильным транспортом и системная организация дорожного движения;
- эффективное и комплексное транспортное и городское планирование;

- оперативная организация дорожного строительства и максимальное содержание существующей сети дорог;

- внедрение современной системы контроля и управления движением на городских дорогах, обеспечивающей равный доступ к ресурсам основных транспортных сетей для участников дорожного движения;

Основными показателями городской транспортной сети являются:

- показатели планирования;
- показатели организации и безопасности движения;
- финансовые показатели;
- перевозочные показатели;
- сравнительные показатели общественного и частного транспорта;
- показатели воздействия на окружающую среду.

Цели градостроительства включают не только установление связей между различными сферами человеческой деятельности, которые формируются из объектов различного назначения, но также сокращение времени перемещения между объектами - жилыми, рабочими, сервисными и развлекательными центрами.

Для решения транспортных проблем, включая развитие городской транспортной системы города Душанбе, на сегодня были приняты и реализуются конкретные программы, в том числе «Программа развития автомобильных дорог города Душанбе на 2016 - 2020 годы», утвержденное Постановлением Председателя города Душанбе, за №145-3 от 05 мая 2016 г.² Также вопросы развития транспортной системы концептуально включены в Генеральный план города Душанбе, который был разработан институтом «Душанбегипрогор» и утвержден Постановлением Совета Министров Таджикской ССР от 30 декабря 1983 года №382³. Генеральный план социально-экономического развития города Душанбе на тот момент был рассчитан из расчета на 750 тысяч городского населения (до 2005 года), и в нем вновь были внесены дополнения в 2010 году при участии ОАО «Российский

государственный институт градостроительства и инвестиционного развития «Гипрогор».

Во время работы над Генеральным планом города Душанбе в новой редакции была принята и реализована «Программа социально-экономического развития города Душанбе на 2007-2015 годы».

Литература:

1. Игорь Пугачев. Проблема транспортных систем городов и возможные пути их решения. Координационный совет по организации дорожного движения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ksodd.ru/bdd/publication/the_problem_of_transport_systems_of_cities_and_possible_solutions.php (дата обращения: 07.04.2017);
2. «Программа социально-экономического развития города Душанбе на 2007-2015 годы»;
3. Программа развития автомобильных дорог города Душанбе на 2016 - 2020 годы;
4. Транспортная система города, ее составляющие и уровни. Основная задача городского пассажирского транспорта. Транспортные разделы в градостроительном проектировании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studopedia.org/5-114033.html> (дата обращения 30.01.2020);
5. Е.М. Лобанов. Транспортные проблемы современных больших городов. «Транспорт Российской Федерации», №1, 2005;
6. Постановление Председателя города Душанбе, за №145-3 от 05 мая 2016 года;
7. Генеральный план города Душанбе, «Душанбегипрогор», Решение Совета Министров Таджикской Советской Социалистической Республики, № 382 от 30 декабря 1983 года;
8. С.И. Кузьмич, Т.О. Федина. Транспортные проблемы современных городов и моделирование загрузки улично-дорожной сети. Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2015.

СИСТЕМАИ НАКЛИЁТИ ШАХР, МУШКИЛОТ ВА ДУРНАМОИ РУШДИ ОН

Т.У. Самадов

Системаи наклиёти шаҳр ҳамчун маҷмӯи воситаҳои нақлиёт ва иншооти нақлиётӣ барои рушди босуботи иҷтимоӣ ва иқтисодии шаҳр

² Постановлением Председателя города Душанбе, за №145-3 от 05 мая 2016 года.

³ Генеральный план города Душанбе, «Душанбегипрогор», Решение Совета Министров Таджикской Советской Социалистической Республики, № 382 от 30 декабря 1983 года.

накши муҳим мебошад. Он асосан ба чор сатҳ тақсим гардида, аз нақлиёти беруна, наздишаҳрӣ, байнишаҳрӣ ва роҳравҳои ҳаракаткунанда иборат мебошад. Рушди системаи нақлиёти шаҳр дар навбати худ дар мувофиқа бо нақшаи генералии шаҳр алоқамандӣ дошта, риояи меъёрҳои шаҳрдорӣ ва сохтмони иншоот ва инфрасохтори нақлиётро тақозо мекунад.

Мушкилоти асосии фаъолияти системаи нақлиёти ҳамаи шаҳрҳо қариб якхелаанд. Онҳоро метавон гурӯҳбандӣ ва ба мушкилоти объективӣ ва субъективӣ ҷудо намуд. Дурнамои рушди системаи нақлиётӣ ва самаранокии фаъолияти он бо назардошти омилҳо ва алоқамандии байни онҳо муайян карда мешавад.

Калимаҳои калидӣ: системаи нақлиёти шаҳр, роҳҳои асосӣ, шабакаи роҳҳо, инфрасохтори роҳ, нақшаи генералӣ.

THE CITY'S TRANSPORT SYSTEM, PROBLEMS AND PROSPECTS

T. U. Samadov

The transport system of the city as a complex of vehicles in general, and transport infrastructure plays an important role in the socio-economic development of the city. It is mainly divided into four levels and

consists of an external, suburban, intercity and local (exotic) - escalator, moving sidewalks.

The development of the urban transport system corresponds to the general plan of the city and must comply with urban planning standards, as well as the construction of facilities and transport infrastructure.

The main problems of the transport system of all cities are almost the same. They can be grouped and focused on an objective and subjective problem. Prospects for the development of the transport system and its effectiveness are determined on the basis of factors and their relationship with them.

Key words: city transport system; highway; network of roads; road infrastructure; general plan.

Сведения об авторе:

Самадов Толибҷон Умаралиевич – аспирант кафедри «Организация перевозок и управление на транспорте» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, контактная информация. Тел. +992 93 317 61 61
E-mail: tolibjon.samadov@bk.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМИРОВАНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ

Ф.Н. Нажмудинов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В данной статье представлены перспективы формирования мультимодальных транспортно-логистических центров в Балхском, Вахдатском и Яванском районах. Также, проведен анализ транспортно-логистических центров, являющихся основными функциональными элементами региональных и международных транспортно-логистических систем, и перспективы развития мультимодальных перевозок с использованием системы интегрированной логистики.

Ключевые слова: транспортно-логистические центры, мультимодальная перевозка, международные транспортные коридоры

Таджикистан относительно «открыт», при экономическом сравнении с другими странами СНГ (в т.ч. с Казахстаном в отношении

коэффициента торговли к ВВП). Всегда имеется сильная корреляция/взаимосвязь между ВВП на душу населения и торговлей – страны богатеют, если увеличивается торговля. Однако, степень «открытости» не может быть сравнена с, например, странами Европейского Союза. Еще имеется значительный потенциал для улучшения в содействии торговли, как подтверждает ряд предыдущих и текущих исследований.

В связи с этим, макроустойчивость таджикской экономики очень восприимчива к внешним факторам вследствие ее открытости и узкой зависимости от импорта.

Исходя из этого, в условиях преобладания тенденций роста конкуренции на рынках и глобализации, немаловажное значение имеет развитие мультимодальных перевозок в РТ,

что обуславливает необходимость развития интегрированной логистики.

Концепция интегрированной логистики базируется на консолидации различных участников, вовлеченных в систему доставки грузов, с целью обеспечения последовательного и бесперебойного грузопотока из пункта отправки в пункт назначения. В этом состоит задача мультимодальных перевозок, которая может быть достигнута только при условии наличия эффективных логистических сетей. Однако мультимодальные цепочки не могут быть реализованы без наличия адекватных терминалов/логистических узлов, позволяющих обеспечить взаимодействие различных видов транспорта в рамках единой транспортной цепочки. Таким образом, логистические центры являются важнейшим компонентом транспортной инфраструктуры с точки зрения мультимодальных перевозок.

Мультимодальные транспортно-логистические центры (ТЛЦ) являются основными функциональными элементами региональных и международных транспортно-логистических систем, обеспечивающими скоординированное взаимодействие участников продвижения и обслуживания товароматериальных потоков, рассматриваемыми в качестве стратегических точек роста экономики. Под мультимодальным ТЛЦ понимается многофункциональный терминальный комплекс, сооружаемый в узлах транспортной сети на пересечении магистральных путей сообщения, гарантированно обеспечивающий клиентуру комплексным транспортно-экспедиционным и логистическим сервисным обслуживанием, функционирующий на основе логистических технологий и обеспечивающий максимальный синергетический эффект на основе логистической координации и согласования экономических интересов участников транспортно-логистического процесса, интеграции товароматериальных, информационных, сервисных и финансовых потоков.[1].

Общими признаками, характерными для всех ТЛЦ являются [3]:

- ✓ Наличие нескольких видов транспорта, обслуживаемых ТЛЦ, при совмещении технологии грузопереработки;

- ✓ Размещение на территории (или в непосредственной близости) транспортных

узлов на пересечении магистральных путей сообщения;

- ✓ Основополагающими элементами ТЛЦ являются многофункциональные терминальные комплексы, обеспечивающие грузонакопление, грузопереработку, краткосрочное и длительное хранение, сервисное и коммерчески-деловое обслуживание;

- ✓ Функционирование в составе ТЛЦ транспортно-экспедиционных компаний-провайдеров логистических услуг, осуществляющих комплексное транспортно-экспедиционное обслуживание клиентуры;

- ✓ Наличие в составе ТЛЦ информационных компаний (информационно-аналитических логистических центров), обеспечивающих информационное сопровождение перевозочного процесса, хранения, грузопереработки, сервисного и др. видов логистического обслуживания;

- ✓ Применение новейших логистических технологий при планировании, организации и управлении товароматериальными, транспортными, сервисными и сопутствующими информационными и финансовыми потоками;

- ✓ Направленность деятельности ТЛЦ на обеспечение максимального синергетического эффекта на основе установления партнерских, взаимовыгодных отношений между участниками транспортно-логистического процесса при максимальном удовлетворении запросов клиентуры в качестве обслуживания;

Опыт использования логистических систем (ЛС) в развитых странах показывает, что транспортные расходы при этом сокращаются на 7 – 20%, расходы на погрузочно-разгрузочные работы и хранение материальных ресурсов и готовой продукции уменьшается на 15–30 %, общие логистические издержки на 12 – 35 %, а также ускоряется оборачиваемость материальных ресурсов на 20 – 40% и снижаются запасы материальных ресурсов и готовой продукции на 50 – 70.

Исследовательская работа показала, что Таджикистан по созданию мультимодальных коридоров и сети ТЛЦ находится у ее источников. Исходя из экономического положения страны, для организации инфраструктуры ТЛЦ предпочтительнее использовать существующие объекты и

оборудование, в настоящее время находящихся у железнодорожного узла предполагаемых мультимодальных коридоров (независимо от форм собственности), существующая инфраструктура, расположение на транспортном коридоре и грузообразующих центров влияющих на выбор предполагаемых логистических центров.

а) г. Вахдат находится на мультимодальном коридоре ТМК -1 и в 20 км от столицы республики. Территория ТЛЦ 2 гектара. Собственность – частная.

Груз, попадающий в ТЛЦ Вахдат после обработки, на более маневренном автотранспорте будет доставляться потребителю. За время создания ТЛЦ, предвидится сдача в эксплуатацию железнодорожной ветки Вахдат-Яван. Поэтому, освободившиеся контейнеры могут использоваться для транспортировки необходимого груза, предназначенного для Юга республики, т.е. в Бохтаре вплоть до второго ТЛЦ в Балхе. Обследование существующих объектов под ТЛЦ г.Вахдат показало, что для размещения, хранения контейнеров и погрузочно – разгрузочных работ имеются все условия.

Необходимые из шести, имеющихся кранов, два крана находятся в работоспособном состоянии. В двух отсутствуют двигатели, еще в двух надо произвести ремонт двигателей и обновить электрические кабели. Необходимо будет проложить 500м рельсовой дороги от станции «Элок» и подъездные пути по территории ТЛЦ. Оба крана грузоподъемностью 330т ремонтируются за счет АОО «Барки Точик» и будут использованы для разгрузки гидротурбины Рогунской ГЭС.

В качестве ЛЦ наиболее подходит территория АО «Барки Точик» и частный склад «Лесоснаб» имеющие сопредельные общие стены с территорией станции «Элок». Также работа с местным населением показала, что на сегодня частные лица готовы задействовать на 100% склад «Лесоснаб», гостиницу для отдыха перевозчиков, а также оплатить 50% стоимости пяти контейнеровозов евростандарта при случае постоянной загрузки.

Работа с местным населением (по методу опроса) и местной властью показала, что основная ветка ТЛЦ «Вахдат» до

месторасположения кранов грузоподъемностью 330т на сумму 1,5 миллион долларов США, будет проложена предприятием АОО «Барки Точик».

в) Район Балхи расположен на коридоре ТМК -2 в 30 км от областного центра Бохтара и привлекателен тем, что находится на территории свободной экономической зоны Нижний Пяндж. Активность данного ТЛЦ зависит от ситуации в Афганистане. Намечающийся международный рынок на территории СЭЗ на Нижнем Пяндже откроет реальные перспективы развития товарооборота с Пакистаном и др. регионами Южной Азии.

Обследование объектов под ТЛЦ в Балхи показало, что до увеличения грузопотока, для размещения и хранения контейнеров, с учетом имеющихся погрузочно-разгрузочных механизмов, подходит территория станции «Колхозабад» с мощностью 50 контейнеров в сутки. Работа с местными деловыми кругами показала, что в противоположность к ТЛЦ Вахдат, частные лица (предприниматели) не заинтересованы инвестировать инфраструктуру ТЛЦ Балхи. Несмотря на то обстоятельство, что местная власть района и КВД «Рохи охани Токистон» имеют программу расширения рабочей контейнерной территории до одного гектара, государство пока не имеет своих средств, чтобы вложить в развитие ТЛЦ.

В настоящее время на территории станции имеется всего один кран, что необходимо будет закупить ещё два крана.

Естественно, в дальнейшем международное товародвижение РТ не возможно представить без создания сети логистических центров, мультимодальных коридоров. Для осуществления этой цели необходимо привлечь специалистов в сфере логистических услуг и финансовую поддержку инвесторов, включая государственно-частное партнерство.

Другим важным источником роста надежности и снижения стоимости в секторе транспорта и логистики является развитие и внедрение современных информационных технологий. Работа с государственным и частным сектором показала, что частный сектор в состоянии инвестировать создание и развитие ТЛЦ, однако для этого необходимо будет показать реальный грузопоток и экономическую эффективность коридоров.

Литература:

1. Ф.Н. Начмудинов, М.Г. Бобоев, Р.С. Бобиев. Роль транспортно-логистических центров в развитие экономики страны Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. №3 (39) - 2017

2. Государственная целевая программа развития транспортного комплекса Республики Таджикистан до 2025 года, утвержденная постановлением Правительства Республики Таджикистан от 1 апреля 2011 года, №165.

3. Т.А.Прокофьева. Логистические центры в транспортной системе России, Москва 2012г.

ДУРНАМОИ ТАШАККУЛИ МАРКАЗҲОИ ЛОГИСТИКИЮ НАҚЛИЁТИИ МУЛТИМОДАЛИ

Ф.Н. Начмудинов

Дар мақолаи мазкур дурнамои ташаккули марказҳои мултимодалии логистику нақлиётӣ дар ноҳияҳои Чалолитдини Балхӣ, Ваҳдат ва Ёвон оварда шудааст.

Инчунин таҳлили марказҳои логистикии нақлиётӣ гузаронида шудааст, ки ҳамчун элемент минтақавӣ ва байналмилалӣ системаи логистикии нақлиётӣ ва дурнамои рушди интиқоли мултимодали бо истифодаи логистикаи ҳамохангӣ ба ҳисоб меравад.

Калимаҳои **калидӣ:** марказҳои логистикии нақлиётӣ, интиқоли мултимодали, долонҳои байналмилалӣ нақлиётӣ.

PROSPECTS FOR FORMING MULTIMODAL TRANSPORT AND LOGISTICS CENTERS

F. N. Nazhmudinov

This article presents the prospects for the formation of multimodal transport and logistics centers in the Balkh, Vahdat and Yavan districts. The analysis of transport and logistics centers, which are the main functional elements of regional and international transport and logistics systems, and the prospects for the development of multimodal transport using integrated logistics are also carried out.

Keywords: transport and logistics centers, multimodal transportation, international transport corridors

Сведения об авторе:

Назмудинов Фахриддин Низомович – ассистент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» факультета «Менеджмент и транспортная коммуникация» ТТУ им. ак. М.С. Осими, Тел: +992 985 17 71 07, E-mail: fakhriddinchon@mail.ru

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ И ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ДИНАМИЧНОСТИ ГУСЕНИЧНЫХ ЛЕНТ ОТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗВЕЗДОЧКИ ХОДОВОГО МЕХАНИЗМА

Х. Н. Султонов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Выполнен анализ проведенных исследований учеными в области воздействия динамических нагрузок на гусеничные движители ходового механизма тяжелых машин. Известно, что причинами многих поломок и выхода со строя гусеничных машин являются именно воздействие динамических нагрузок приложенные на детали и узлы его основных механизмов. Механизм передвижения гусеничных машин подвергается больше динамических нагрузок, чем остальные механизмы по причине нахождения под давлением вес машины и грузом. Особенно нагрузка ещё более увеличивается в процессе передвижения машины. А на этом у гусеничных машин затрачивается от 8-70% от общего рабочего времени. Одним из ключевым узлов привода

ходового механизма является звездочек ходового механизма работающий в парой с траки под воздействием тягового усилия и их динамических нагрузок. И в статье выявлено зависимость коэффициента динамичности гусеничной ленты от числа зубьев ведущего зубчатого колеса, т.е. звездочку ходового механизма гусеничного машины.

Ключевые слова: гусеничных движителей, ходовой механизм, звездочка, траки, коэффициент динамичности гусеничной ленты.

С целью улучшения динамических характеристик и усовершенствование конструкции гусеничных машин проводится различное исследование динамических процессов в электромеханической системе их приводов.

Стоит отмечать, что сегодня в технической литературе практически отсутствуют сведения об исследованиях динамики приводов ходовых механизмов гусеничных машин. В то время как теория гусеничных машин как самостоятельная наука разработана советскими учеными в области тракторостроения и танкостроения [1,2].

Это наука изучает законы движения гусеничных машин в различных условиях; определяет общие зависимости, и на основании их устанавливаются исходные данные для оптимального расчета силовых качеств основных механизмов, агрегатов и в целом проектируемых машин, позволяющие произвести общую оценку качества машин в эксплуатации.

В гусеничных машинах, ходовой механизм предназначен для передвижения, а также восприятия рабочих и весовых нагрузок от рабочего оборудования и несущих, а гусеничных машин строений, для обеспечения общей устойчивости машины [3].

Работа ходового механизма большинства гусеничных машин рассчитаны по грунтам средней и повышенной устойчивости (допустимое давление не более 0,1 - 0,14 МПа, максимальные на сминаемом основании не более 0,18 – 0,24 МПа), при минимальном значении пробуксовки гусениц при разворотах в 28% - 32% от веса машины [3].

Движение гусеничных машин осуществляется за счет силового воздействия приводного звездочек ходового механизма, приводимых электрическим приводом. При этом возникают внешние реакции сил трения на поверхностях траков, прижатых весом машины к подошве уступа и внутренние толкающие силы.

Как правило, приводные звездочки и траки движителей гусеничных машин, имеют кулачковое (зубчатое) зацепление. Кулачковые гребни звездочек с их ободом выполняются цельнолитом. С целью обеспечения надежного зацепления без ударов и рывков, а также поддержания работоспособности машины при износе, длины граней ведущих звездочек принимаются на 2,5 - 3% больше шага траков.

Кинематика гусеничной ленты с мелкими звеньями мало чем отличается от кинематики конвейерной цепной ленты. Гусеничная лента с крупным звеном, вызывает неравномерное движения ведущему звездочку и машины в

целом. Так как во время движения расстояние ветви гусеничной ленты между ведущей звездочкой и ближайшим к нему опорным катком изменяется, то исходя из положения опорного катка на звене, число зубьев в этой ветви на одну единицу увеличивается либо уменьшается [4].

Коэффициент неравномерности движения гусеничной ленты, с учетом её геометрические параметры и параметры ведущей звездочки определяется по известной формуле [4]:

$$\delta = \sqrt{1 + \left(\frac{l_{\text{тр}}}{D_{\text{зв}}}\right)^2} \quad (1)$$

где: $D_{\text{зв}}$ — диаметр ведущей звездочки гусеничного движителя, м;

$l_{\text{тр}}$ — длина звена (трака) гусеничной ленты, м .

Анализ сведений исследований динамики приводов ходовых механизмов гусеничных машин устанавливает, что величина коэффициента неравномерности (динамичности) для мелкозвенной гусеничной ленты составляет $\delta = 1,015 \div 1,040$, для крупнозвенной $\delta \leq 1,3$ что частично объясняет динамические нагрузки в приводе ходового механизма гусеничных машин.

В механизме передвижения гусеничных движителей, суммарный коэффициент динамичности — k_d , определяется как произведение коэффициента динамичности электромеханической системы привода механизма передвижения машины — k_{dp} и коэффициента динамичности движения гусеничной ленты — k_{dl} :

$$k_d = k_{dp} \cdot k_{dl} \quad (2)$$

и свою очередь

$$k_{dp} = 1 + \frac{\omega_{\text{зв}} \sqrt{I_{\text{тр}} C_{\text{тр}}}}{M} \quad (3)$$

здесь: $\omega_{\text{зв}}$ — угловая скорость звездочки механизма передвижения, рад/с;

$I_{\text{тр}}$ — динамический момент инерции маховых масс, приведенный к валу электродвигателя привода передвижения машины, кг м²;

$C_{\text{тр}}$ — жесткость трансмиссии приведенный к валу электродвигателя привода передвижения машины, Нм/рад,

M – момент в силовой установки привода механизма передвижения, Нм.

Исходя из выражение (2), суммарный коэффициент динамичности – k_d механизма передвижения машины с гусеничными движителями составит:

$$k_d = k_{dл} \left(1 + \frac{\omega_{зв} \sqrt{I_{тр} C_{тр}}}{M} \right), \quad (4)$$

Выполненные расчет ряд исследователей показывают, что суммарный коэффициент динамичности механизмов передвижения машин с крупнозвенными гусеничными движителями к которым несомненно следует отнести ходовые механизмы многих крупных тяжелых гусеничных машин составляет не менее $k_d = 1,44$, что является актуальной задачи в области исследование динамических параметров электромеханической системы приводов гусеничных машин [4].

Выраженный через её геометрические параметры и диаметр ведущего колеса, коэффициент неравномерности движения крупнозвенной гусеничной ленты – δ определяемый выражением (1), объясняет динамические нагрузки в приводе ходового механизма крупных тяжелых машин. Гусеничная лента состоит из отдельных звеньев и располагается на ведущей звездочке по многограннику, а не по делительной окружности, что вызывает дополнительную динамику, как по тяговому усилию, так и по скорости.

В процессы движение гусеничных машин (набегания, сбегания), траки укладывается на зубья приводную звездочку мгновенно, что в момент укладки траки испытывают резкие динамические нагрузки и удары. Несомненно, и одно из причин часто выхода со строя ведущий приводную звездочки в гусеничных движителях является именно этот процесс, что приводит иногда к более длительной время простоя машин.

Гусеничные балки в малоопорной конструкции используются в качестве консольного крепления катков и колес. Ведущий зубчатый колес располагается над поверхностью катания траков гусеничных лент

(рис.1) и её ось находится на расстоянии – h_{min} [5]:

$$h_{min} = 0,5D_{зв} - (h_{тр}/2) \cdot \arccos(\pi/z) + 5 \cdot 10^{-3}, \text{ м} \quad (5)$$

здесь: $h_{тр}$ – высота трака гусеничной ленты, м;

z – число зубьев ведущего зубчатого колеса, ед.

Для предотвращения погружения трака в грунт, в случае его налипания предусматривается дополнительный зазор в пределах 0,005м.

Вектор скорость ведущего зубчатого колеса – V направленно перпендикулярно к радиусу делительной окружности колесо и составляет из касательного – V_K и нормального – V_H вектора скоростей и предоставляется в виде ортогональной проекций (рис.1).

На ведущем зубчатом колесе угол расстановки зубьев – γ составляет:

$$\gamma = 2\pi/z, \text{ рад}; \quad (6)$$

Так как угловой скорости вращения зубчатого колеса – ω постоянной, то касательная скорость – V_K , в зависимости от времени станет переменной и определяется следующим выражением:

$$V_K = 0,5\omega D_{зв} \cos(\omega t/2), \text{ м/с} \quad (7)$$

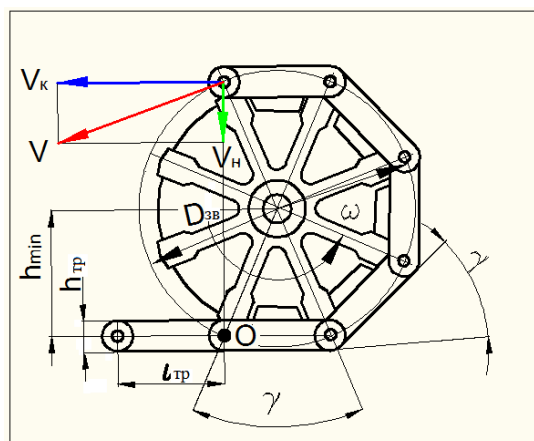


Рис.1. Мгновенный план скоростей гусеничной ленты ходовой тележки гусеничных машин.

Минимальная и максимальная касательная скорости – V_{Kmin} , V_{Kmax} соответственно с учетом выражений (5) и (6) определится как:

$$V_{Kmin} = 0,5\omega D_{зв} \cos(\gamma/2), \text{ м/с} \quad (8)$$

$$V_{Kmax} = 0,5\delta\omega D_{зв}, \text{ м/с} \quad (9)$$

С учетом уравнений (1), (8) и (9), коэффициент динамичности гусеничной ленты – $k_{Дгл}$ привода ходового механизма определяется по формуле:

$$k_{Дгл} = \frac{V_{Kmax}}{V_{Kmin}} = \frac{\delta}{\cos(\gamma/2)} \quad (10)$$

Учитывая длина звена (трака) – $l_{тр}$, согласно рисунок 1 равна:

$$l_{тр} = D_{зв} \sin(\gamma/2), \text{ м}, \quad (11)$$

Величина коэффициента динамичности гусеничной ленты – $k_{Дгл}$ с учетом уравнений (6), (8) и (9) определится следующим образом:

$$k_{Дгл}(z) = [1 + \sin^2(\pi/z)]^{0.5} / \cos(\pi/z) \quad (12)$$

Зависимость коэффициента динамичности гусеничной ленты – $k_{Дгл}$ от числа зубьев - z ведущего зубчатого колеса приведена в виде графика рисунок 2.

Анализ уравнения (12) свидетельствует, что коэффициент динамичности гусеничной ленты нелинейно зависит от числа зубьев – z ведущего зубчатого колеса. Обычно у ходового механизма гусеничных машин число зубьев – z ведущего зубчатого колеса составляет 8, 10 или 12 зубьев [6,7].

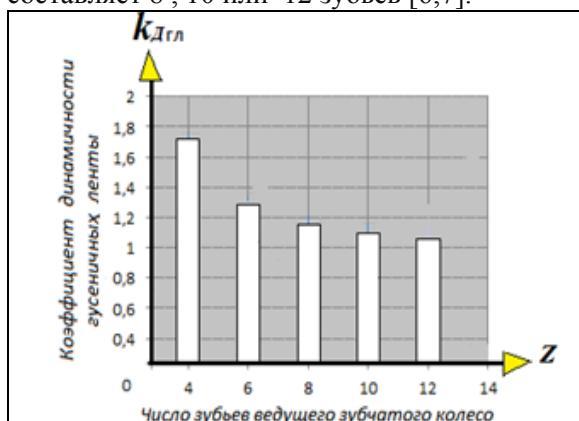


Рис. 2. Графическая интерпретация зависимость коэффициента динамичности гусеничной ленты $k_{Дгл}$ от числа зубьев - z ведущего зубчатого колеса, т.е. звездочки ходового механизма гусеничного машины.

Литература

1. А.С.Антонов, М.М.Запрягаев, В.П.Хавханов. Армейские гусеничные машины. Ч. 1. М., «Воениздат», 1973, 122 с.
2. А.С. Антонов, В.И. Белокосов, Л.К. Крылов и др. Армейские гусеничные машины. Ч. 2. М., «Воениздат», 1974, 112 с.
3. В.Н.Попов, Е.Ф.Колесников, И.Я.Ничик и др. Карьерные роторные экскаваторы. – М.: «Недра», 1994. 287 с. ил.
4. В.А. Иванов. Основы теории, расчета и конструирования гусеничных машин. М.: ЦНИИ информации, 1975. 208 с. с ил.
5. Н.Г. Домбровский, А.Г. Маевский, И.М. Гомозов, В.М. Гилис. Теория и расчет гусеничного движителя землеройных машин. Киев, изд-во «Техніка», 1970, 192 с.
6. М.И. Щадов и др. Справочник механика открытых работ. Экскавационно - транспортные машины непрерывного действия / Под ред. М.И. Щадова, В.М. Владимиров. - М.: «Недра», 1989. 386 с.: ил.
7. М.И. Щадов и др. Справочник механика открытых работ. Экскавационно - транспортные машины циклического действия / Под ред. М.И. Щадова, Р.Ю. Подэрни. - М.: «Недра», 1989. 374 с.: ил.

ХУСУСИЯТҲОИ ХОСИ ҲАРАКАТКУНАДАҲОИ ТАСМАЧАРХ ВА ВОБАСТАГИИ КОЭФФИЦИЕНТИ ДИНАМИКИИ ЛЕНТАИ ТАСМАЧАРХ АЗ ПАРАМЕТРИ КОНСТРУКТИВИИ ЧАРХИ ДАНДОНаДОРИ МЕХАНИЗМИ ҲАРАКАТКУНАДА Х.Н. Султонов

Дар мақолаи мазкур таҳлили тадқиқоти қабилӣ гузаронидашудаи олимон дар соҳаи таъсири сарборихоӣ динамики ба ҳаракаткунадаҳои тасмачарх дар мошинҳои вазнин гузаронида оварда шудааст. Маълум аст, ки дар бисёр ҳолатҳо сабаби аз қор баромадани механизмҳои ҳаракаткунадаи тасмачарх таъсири сарборихоӣ динамики дар механизми ҳаракаткунадаҳои тасмачархи дастгоҳҳои вазнин мешавад, чунки он бевосита ҳангоми ҳаракати ин мошинҳо рух медиҳад. Бояд қайд кард, ки вобаста ба истифодабарӣ қариб аз 8-70% аз вақти асосӣ барои ҳаракат сарф мешавад. Яке аз чӯзҳои асосӣ, ки аз таъсири сарбории динамики дар вақти ҳаракат озор мебинанд, чархи дандонадори механизми ҳаракаткунада мебошад, ки он дар чуфт бо

траки лантаи тасмачарх кор мекунад ва он пайваста зери таъсири қувваи кашиш ва сарбории динамики қарор дорад. Аз ин рӯ дар мақолаи мазкур вобастагии коэффитсиенти динамикии лантаи тасмачарх аз параметри конструктиви чархи дандонадор – микдори дандонҳои он пеш оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: ҳаракаткунандаи тасмачарх, чархи дандонадор, механизми ҳаракаткунанда, трак, коэффитсиенти динамикии лантаи тасмачарх.

KINEMATIC FEATURES TRACKED PROPULSION, AND DEPENDING ON THE DYNAMIK FACTOR OF THE CRAWLER TRACKS FROM THE DESIGN PARAMETERS OF THE SPROCKET DRIVING MECHANISM

H. N. Sultonov

The analysis of the research has been carried out by scientists in the field of the impact of dynamic loads on the crawler propulsion of heavy machinery. It is known that the causes of many breakage and failure of tracked vehicles are the impact of dynamic loads applied to parts and

components of its main mechanisms. The movement of crawler machines is subjected to more dynamic loads than other mechanisms due to the pressure of the weight of the machine and the load. Especially the load is even more increased during the movement of the machine. And this caterpillar machines spent from 8-70% of the total working time. One of the key components of the driving mechanism is the sprocket of the running mechanism working in pairs with the track under the influence of the traction force and their dynamic loads. And in the article the dependence of the coefficient of dynamics of the caterpillar belt on the number of teeth of the driving gear, i.e. the sprocket of the running mechanism of the caterpillar machine.

Keywords: crawler propulsion, traveling gear, sprocket, tracks, the coefficient of dynamic track.

Сведения об авторе:

Султонов Хайдар Назарович – к.т.н., и.о. дотцента кафедры «ДМ и МСР» ТТУ им. ак. М.С.Осими. E-mail: Sultonov-1963@mail.ru

ЭФФЕКТЫ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ В БЕТОННОЙ СМЕСИ

А. А. Акрамов, А. Шарифов, У. Х. Умаров, М. К. Хокиев, М. Ф. Ахмедов

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

В статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния суперпластификаторов (СП) на свойства бетонной смеси. Выявлено, что суперпластификаторы (СП) являются мощным средством регулирования свойств бетонной смеси и бетона.

Ключевые слова: суперпластификатор (СП), бетон, цемент, прочность, подвижность, вода, водопотребность, удобоукладываемость, эффект.

При введении СП в состав бетонной смеси увеличивается содержание свободной воды, а это приводит к снижению вязкости цементного теста. Его можно использовать как пластификатор в бетонную смесь, если при введении СП состав бетонной смеси не меняется. Другой вариант применения СП в состав бетонной смеси – это сохраняя подвижность смеси, сократить расход воды. Это не только улучшает комплексные технические свойства бетона, но и снижает В/Ц бетонной смеси. Экономия цемента и

сохранение В/Ц являются постоянным в этом варианте эффектом.

Предвиден и такой вариант: одновременное использование пластифицирующих и водоредуцирующих эффектов СП в бетонную смесь, каждая из которых будет проявляться лишь частично. Это приведено на рис.1.

Точка 1 с подвижностью 2 см является контрольным составом бетона ($B = 180 \text{ кг/м}^3$; $C = 360 \text{ кг/м}^3$; $B/C = 0,5$). Возникновения следующих эффектов возможны при введении СП в состав бетона:

- если применять добавку как пластификатор в состав бетонной смеси (не изменяя ее состава), подвижность смеси достигает 21 см (точка 4);

- расход воды снизится до 140 кг/м^3 (точка 2) и В/Ц уменьшится до 0,39, если сохранить подвижность бетонной смеси постоянной, при применении СП. В этом случае возможна экономия цемента в бетоне до 80 кг/м^3 (если В/Ц оставить постоянным, равным 0,5);

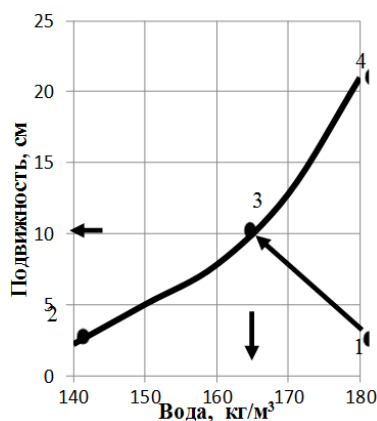


Рис. 1. Эффекты суперпластификатора при его использовании для пластификации (1→4), водоредуцирования и снижения В/Ц (1→2) и одновременного получения двух эффектов (линия 2-4, пример - точка 3). Точка 1 - контрольный состав бетона.

- при одновременном использовании обоих эффектов СП их сочетания могут быть разными. На линии 2-4 точками определены их варианты. К примеру, до 165 кг/м³ уменьшится расход воды, до 10 см увеличится подвижность бетонной смеси и до 0,46 снизится В/Ц (точка 3), что соответствует улучшению свойств бетона. В этом случае экономия цемента составит 30 кг/м³ (при одновременной пластификации бетонной смеси).

Можно использовать одновременно сразу три эффекта СП: снижение расхода воды (В/Ц), пластификация бетонной смеси и сокращение расхода цемента. Выбирая В/Ц, определяем величину пластификации и экономию цемента (приведено в интервалах 0,46-0,5 в вышеуказанном примере). Эти примеры указывают на то, что мощным средством регулирования свойств бетонной смеси и бетона является СП.

СП наряду с пластифицирующе - водоредуцирующим действием также влияет на повышение стойкости бетонных смесей к расслоению и на их сохраняемость.

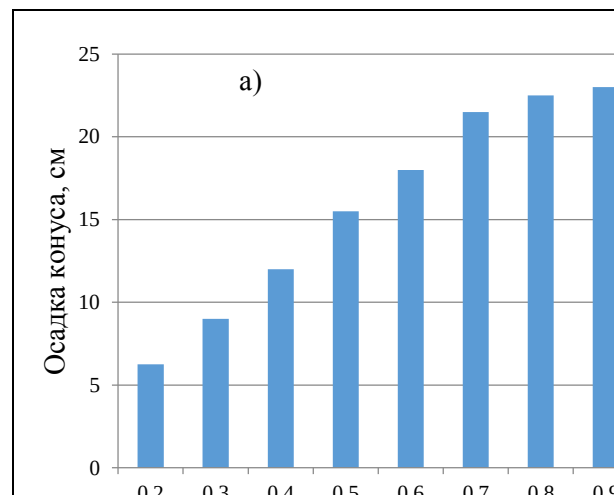
Первичное действие СП в бетонную смесь - увеличение количества свободной воды - может быть преобразовано двумя эффектами СП: пластификация и водоредуцирование. Эти эффекты взаимосвязаны, и поэтому каждый из них может быть преобразован и пересчитан в другой при использовании зависимости подвижности бетонной смеси от водосодержания.

Зависимость подвижности бетонной смеси от водосодержания выражается графиками. Согласно этой зависимости для повышения подвижности с 1 до 5 см в смесь требуется добавить воды 24 л/м³, а с 15 до 20 см - 8 л/м³. Для подвижности бетона от 20 до 25 см в стандартных графиках отсутствуют данные о росте водопотребности, хотя в [1] они приводятся, а требуемый расход воды можно оценить как 6 л/м³. Можно прийти к выводу, что в высокоподвижных смесях вода становится «более эффективной». Отсюда возникает вопрос: что следует учесть (увеличение расхода СП или добавление воды) в разной ситуации. Данный вопрос рассмотрим далее, когда в состав бетона назначим оптимальную дозировку СП.

Другой вопрос: соблюдается ли количественная зависимость подвижности бетонной смеси от расхода воды, установленная для обычных бетонов, в смесях с СП. Некоторые литературные данные указывают на то, что она практически не меняется [1], а по другим она требует для повышения подвижности значительно меньшего количества воды, чем смесь без добавки [2, 3]. Точнее будет, если эту зависимость установим экспериментально в каждом конкретном случае.

Влияние СП на прочность бетона и пластификацию бетонной смеси приведено на рис 2.

Из диаграммы видно, что при повышенных количествах СП пластификация бетонной смеси уменьшается. Эта зависимость дает нам определять оптимальную дозировку добавки, и оно очень важно для практики.



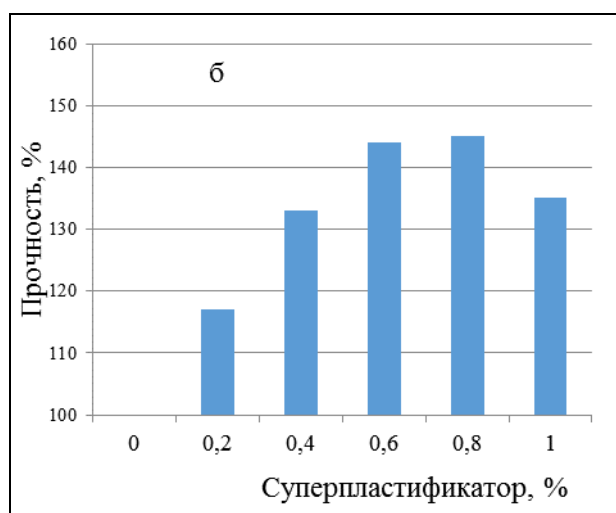


Рис. 2. Влияние расхода суперпластификатора в бетоне постоянного состава: а) на подвижность смеси; б) на прочность бетона.

Уменьшение влияния СП на вязкость цементного теста при его высоких дозировках говорит об эффекте замедления пластификации.

Во многих литературах [5, 6] приведено, что увеличение расхода СП снижает водопотребность бетонной смеси, которая имеет линейный характер. Друг другу будет соответствовать характер изменения подвижности и водопотребности бетонной смеси, это вытекает из связи между пластификацией и водоредуцированием (а в их основе лежит один эффект - снижение вязкости цементного теста при введении СП). При больших дозировках СП водоредуцирующий эффект должен уменьшаться. Это отмечено в [1] и приведено в ряде исследований [7, 8].

От методики определения водоредуцирующего эффекта СП в бетонной смеси зависит его величина. Максимальное снижение водопотребности дают вибрационные методы оценки удобоукладываемости смеси, чем полустатическая осадка конуса. Причиной этому является то, что при введении СП стали повышаться тиксотропные свойства бетонной смеси. Жесткость смеси с СП при той же подвижности будет ниже, чем у контрольной смеси. И так, жесткость контрольной бетонной смеси будет составлять 28 и 16 с (по техническому вискозиметру), а смеси с СП, соответственно, 16 и 7 с при осадке конуса 1 и 5 см [2].

Такая ситуация наблюдается и для более подвижных смесей, а по растекаемости бетонной смеси оцениваются их формовочные

свойства. Для смеси с пластификатором С-3 время виброрастекаемости при ОК=12 см сокращается в 1,5 раза, а при ОК=18 см - в 6 раз [9].

Экономической эффективностью бетона или дополнительным резервным увеличением их технических эффектов является повышенная тиксотропность бетонных смесей с СП. Если оценить удобоукладываемость бетонной смеси с СП, то существенно сокращается продолжительность ее укладки по осадке конуса по сравнению с бездобавочной смесью [10].

Характеристика цемента является важным фактором, влияющим на водоредуцирование и пластификацию при введении СП в бетонную смесь. Расход цемента в бетонную смесь оказывает значительное влияние на эффекты СП, а удобоукладываемость бетонной смеси - несколько меньше. Возрастание флокуляции цементных зерен и «захват» ими воды зависит от увеличения расхода цемента и его концентрации в тесте. Естественно увеличивается и эффект введения СП, разрушающего цементные флокулы.

В табл.1 приведено влияние расхода цемента, а также удобоукладываемости бетонной смеси на водоредуцирующий эффект СП С-3 и СДБ, по данным Ю.М. Баженова [11].

Из таблицы видно, что наиболее эффективными являются высокоподвижные бетонные смеси с высокими расходами цемента.

Таблица 1.
Водоредуцирующий эффект (%)
суперпластификатора (С-3) и пластификатора (СДБ).

Подвижность, см	Расход цемента, кг/м'		
	500	400	300
15-18	23/16	20/10	17/12
8-10	21/14	17/12	15/10
1 -4	18/12	14/10	12/8
Жесткость 20 - 30 с	13/10	12/8	9/6

Примечание. До штриха для С-3, после штриха для СДБ.

Данные показывают, что при расходе цемента от 300 до 500 кг/м³ бетона на 35-50% увеличится водоредуцирующий эффект бетона, и на 30-40% - при переходе от малоподвижных к высокоподвижным смесям.

Порядковое введение добавки влияет на пластифицирующе-водоредуцирующий эффект. Обычно ввод СП в бетонную смесь осуществляется с водой затворения. Если ввести СП в предварительно перемешанную смесь с остатком воды затворения с последующим дополнительным перемешиванием, то его эффект усиливается. Данный способ позволяет либо снизить расход добавки, либо повысить эффект пластификации. Такой способ приводит к уменьшению адсорбции СП на быстро гидратирующемся алюминате и тем самым к его «омертвлению». Поэтому в воде затворения остается больше СП [12].

Такой порядок перемешивания обеспечения удобоукладываемости бетонной смеси, а также снижение производительности смесителя является сложным методом. Поэтому более простым методом считается начальное перемешивание бетонной смеси с 50% воды, затем введение СП, растворенного в 25% воды, а на последнем этапе подают остаток воды до достижения нужной удобоукладываемости [3].

Литература:

1. Власов В.К. Механизм повышения прочности бетона при введении микронаполнителя // Бетон и железобетон. - 1988. - №10. - С. 10 - 12.
2. Сизов В.П. Об активации цемента с наполнителями при раздельной технологии приготовления бетона // Бетон и железобетон. - 1986, - № 12. - С. 26 - 27.
3. Смит А.Э. Современный подход к применению золы уноса в бетоне. Технология товарной бетонной смеси. М: Стройиздат. - 1981. С. 18-24.
4. Зоткин А.Г. Назначение расхода золы в бетоне // Технологии бетонов 2010 - № 3 4. С. 19-21.
5. Зоткин А.Г. Критерии эффективности золы в бетоне // Технологии бетонов. - 2010. - № 7 - 8. С. 38-39.
6. Condensed Silica Fume in Concrete. Thomas Telford. London F1P. 1988. 37p.
7. Баженов Ю.М. Мелкозернистый бетон для армированных конструкций. М.: Госстройизд-дат. - 1963. - 128 с.
8. Ли Ф. Химия цемента и бетона. М.: Госстройиздат. - 1961. 645 с.
9. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кривобородов Ю.Р. Влияние структуры цементного камня с добавками микрокремнезема и суперпластификатора на свойства бетона // Бетон и железобетон. 1992. - №7. С. 4-7.
10. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: АСВ. - 2006. - 368 с.
11. Батраков В.Г., Каприелов С.С., Иванов Ф.М., Шейнфельд А.В. Оценка ультрадисперсных отходов металлургических производств как добавок в бетон // Бетон и железобетон. 1990. - №12.-С. 15- 17.
12. Зоткин А.Г. Микронаполняющий эффект минеральных добавок в бетоне // Бетон и железобетон,- 1994. -№3. - С. 7 -9.

ЭФФЕКТЫ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРҲО ДАР ОМЕХТАИ БЕТОНӢ

*А.А. Акромов, А. Шарифов, У.Х. Умаров,
М.К. Хокиев, М.Ф. Ахмедов*

Дар мақола натиҷаҳои тадқиқоти таҷрибавии таъсири суперпластификаторҳо (СП) ба хосиятҳои омехтаи бетон оварда шудаанд. Маълум шуд, ки суперпластификаторҳо (СП) воситаи пуриктидори танзими хосиятҳои омехтаи бетон ва бетон мебошанд.

Калимаҳои калидӣ: суперпластикатор (СП), бетон, семент, мустаҳкамӣ, зудҳаракатӣ, об, талабот ба об, қобиляти қорӣ, таъсир.

EFFECTS OF SUPERPLASTICIZERS IN CONCRETE MIX

*A.A. Akramov, A. Sharifov, U. Kh. Umarov,
M.K. Khokiyev, M. F. Akhmedov*

The article presents the results of experimental studies of the effect of superplasticizers (SP) on the properties of concrete mix. It has been revealed that superplasticizers (SP) are a powerful means of regulating the properties of concrete mix and concrete.

Key words: superplasticizer (SP), concrete, cement, strength, mobility, water, water demand, workability, effect.

Сведения об авторах:

Шарифов Абдумумин – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология химического производства» ТТУ им. акад. М.С. Осими. E-mail: sharifov49@mail.ru

Акрамов Авазжон Абдуллоевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими. E-mail: akramov.avaz@mail.ru

Умаров Улугбек Худжакулович – кандидат технических наук, директор ГУП «Научно-исследовательский институт Строительства и Архитектуры» E-mail: niisa.tj@mail.ru

Хокиев Махмадкарим Каримович – директор Научно-исследовательского и проектно-изыскательского института САНИИОСП. E-mail: saniiosp_lab@mail.ru

Ахмедов Мухаммад Фирузович – доктор PhD Института экономики и демографии АН РТ. E-mail: muhammadjon_09@mail.ru

УСИЛЕНИЕ ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК МЕТОДОМ УВЕЛИЧЕНИЯ СЕЧЕНИЙ

А.К. Рафиев, Ф.Б. Марамов

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

В статье приведены результаты численных экспериментов усиления подкрановых балок методом увеличения сечений. Причиной, приводящей к необходимости усиления подкрановой балки, является увеличение нагрузки: замена кранов меньшей грузоподъемности на краны большей грузоподъемности. Рассмотрены 4 способа усиления подкрановых балок при увеличении грузоподъемности крана в два раза. В качестве критерия эффективности способа усиления принят расход стали на усиление подкрановой балки.

Ключевые слова: Подкрановая балка, лист, пояс, стенка, нагрузка, усиление подкрановой балки, уголок.

Методы усиления различных видов балок рассмотрены в работах [1, 2, 3 и др.]. В данной работе рассматривается усиление подкрановых балок методом увеличения сечений теми же

методами, что и усиление балок, рассмотренных в работе [4].

Расчет и конструирование основной подкрановой балки. Рассмотрим подкрановую балку крайнего ряда пролетом 12 м под два крана грузоподъемностью $Q = 50/10$ т с гибким подвесом груза. Режим работы кранов – тяжелый. Пролет здания 30 м. Длина здания $l = 96$ м. Материал балки сталь ВСт3Гпс5-1; $R_y = 230$ МПа = 23 кН/см².

А). Нагрузки на подкрановую балку

Для крана $Q = 50/10$ т наибольшее вертикальное усилие на колесе $F_c^n = 510$ кН; вес тележки $G_t = 185$ кН; тип кранового рельса – КР-80. При гибком подвесе груза

$$T_c^n = 0,05 \cdot F_c^n = 0,05 \cdot 510 = 25,5 \text{ кН.}$$

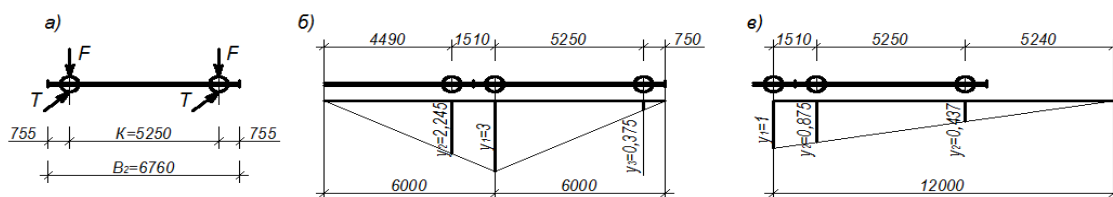


Рис. 1. К расчету подкрановой балки

а) – схема крановой нагрузки; б) – определение M_{max} ; в) – определение Q_{max}

Расчетные значения усилий определяется по формулам:

$$F = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot \psi_c \cdot k_{d1} \cdot F_c^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 510 = 557 \text{ кН;}$$

$$T = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot \psi_c \cdot k_{d2} \cdot T_c^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 25,5 = 25,3 \text{ кН,}$$

коэффициенты, входящие в эти формулы приведены в [5].

Б). Определение расчетных нагрузок

Расчетные моменты M_x и M_y определяются (рис. 1, б)

$$M_x = \alpha \Sigma F y_i = 1,05 \cdot 557 \cdot 5,62 = 3287 \text{ кН·м;}$$

$$M_y = \Sigma T y_i = 25,5 \cdot 5,62 = 142 \text{ кН}\cdot\text{м},$$

где $\alpha = 1,05$ – коэффициент, учитывающий влияние собственного веса подкрановых конструкций и временной нагрузки на тормозной площадке; $\Sigma y_i = 2,245 + 3 + 0,375 = 5,62$ – ординаты линий влияния.

Расчетные значения Q_x и Q_y определяются (рис. 1, в)

$$Q_x = \alpha \Sigma F \cdot y_i = 1,05 \cdot 557 \cdot 2,312 = 1352 \text{ кН};$$

$$Q_y = \Sigma T \cdot y_i = 25,3 \cdot 2,312 = 58,5 \text{ кН},$$

$$\text{где } \Sigma y_i = 1 + 0,875 + 0,437 = 2,312.$$

В). Подбор сечения балки

Подкрановую балку принимаем симметричного сечения с тормозной конструкцией в виде листа из рифлёной стали толщиной $t = 6$ мм и швеллера № 36.

Опуская промежуточные вычисления приводим геометрические характеристики подобранной балки (рис. 2) – стенка:

$$h_w \times t_w = 1360 \times 12 \text{ мм};$$

$$\text{– пояса: } b_f \times t_f = 450 \times 20 \text{ мм}; A = 343,2 \text{ см}^2;$$

$$W_x^A = 15836 \text{ см}^3;$$

$$I_x = 1108525 \text{ см}^4; W_y^A = 9837 \text{ см}^3;$$

$$I_y = 834190 \text{ см}^4.$$

Проверяем местную устойчивость пояса

$$\frac{b_{ef}}{t_f} = \frac{\frac{(b_f - t_w)}{2}}{\frac{2}{2}} = \frac{(45 - 1,2)}{2} = 10,95 < 0,5 \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^4}{23}} = 14,96$$

Проверяем условие

$$\lambda_w = \frac{h_w}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{136}{1,2} \cdot \sqrt{\frac{23}{2,06 \cdot 10^4}} = 3,79 > 2,2.$$

Необходимо укрепление стенки поперечными ребрами жесткости (рис.3).

Г). Проверка прочности сечения балки

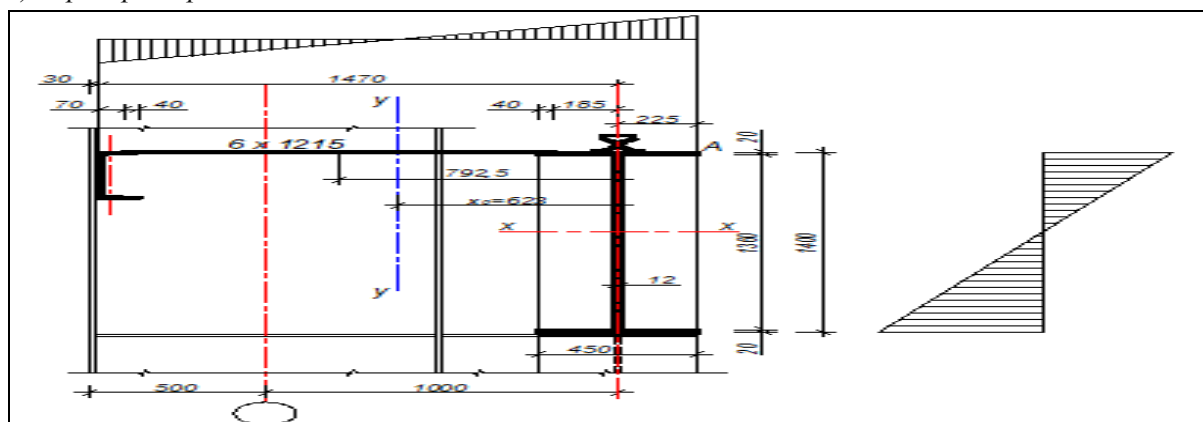


Рис. 2. Сечение подкрановой балки.

Проверяем нормальные напряжения в верхнем поясе (точка А)

$$\sigma_x^A = \frac{M_x}{W_x^A} + \frac{M_y}{W_y^A} = \frac{328700}{15836} + \frac{14200}{9837} = 22,2 \text{ кН/см}^2$$

$$\leq R_y \gamma_c = 23 \cdot 1 = 23 \text{ кН/см}^2.$$

Прочность стенки на действие касательных напряжений на опоре обеспечена, так как принятая толщина стенки больше определенной из условий среза.

Жесткость балки также обеспечена, так как принятая высота балки $h_g = 140 > h_{min} = 84,3$ см.

Проверяем прочность стенки балки от действия местных напряжений под колесом крана

$$\sigma_{loc} = \frac{\gamma_f \cdot F}{t_w \cdot l_{ef}} \leq R_y \cdot \gamma_c, l_{ef} = c \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{f1}}{t_w}}, \quad (1)$$

коэффициенты, входящие в эти формулы приведены в [5].

$$F = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot F_c^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 510 = 533 \text{ кН};$$

$$l_{ef} = c \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{f1}}{t_w}} = 3,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{1577,4}{1,2}} = 35,62 \text{ см};$$

$$I_{f1} = I_r + \frac{b_f \cdot t_f^3}{12} = 1547,4 + \frac{45 \cdot 2^3}{12} = 1577,4 \text{ см}^4,$$

где $I_r = 1547,4 \text{ см}^2$ – момент инерции рельса КР – 80; t_w – толщина стенки балки; $c = 3,25$ – коэффициент податливости сопряжения пояса и стенки для сварных балок.

Подставляя полученные величины в формулу (1) получим:

$$\sigma_{loc} = \frac{\gamma_f \cdot F}{t_w \cdot l_{ef}} = \frac{1,1 \cdot 533}{1,2 \cdot 35,62} = 13,7 \text{ кН/см}^2$$

$$\leq R_y \gamma_c = 23 \cdot 1 = 23 \text{ кН/см}^2.$$

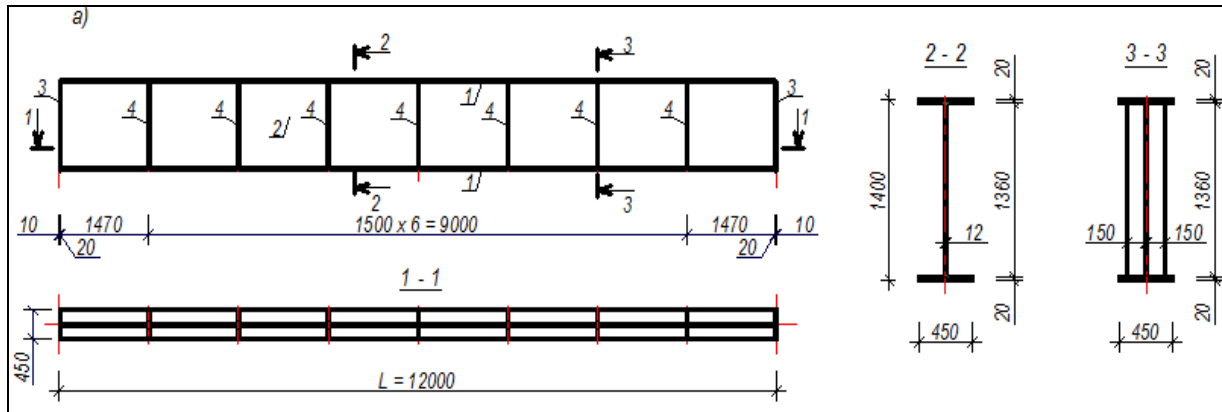


Рис. 3. Схема подкрановой балки и расстановка парных поперечных ребер жесткости: 1 – пояса 450x20, $l=11,94$ м – 2 шт; 2 – стенка 1360x10, $l=11,95$ м – 1 шт; 3 – опорные ребра 450x20, $l=1,36$ м – 2 шт; 4 – поперечные ребра жесткости. 150x10, $l=1,36$ м – 14 шт

Проверяем стенку подкрановой балки на совместное действие σ_x , τ_{xy} и σ_{loc} на уровне верхних поясных швов по формуле

$$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_{loc}^2 - \sigma_x \cdot \sigma_{loc} + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq \beta \cdot R_y, \quad (2)$$

где β – коэффициент, равный 1,15 при расчете разрезных балок и 1,3 – при расчете сечений на опорах неразрезных балок.

Приведенные напряжения проверяем в сечении 2-2. Для определения усилий левое колесо правого крана располагаем над этим сечением и построим эпюры M и Q в балке (рис. 4).

Определяем значения, слагаемых формулы (2) в уровне поясных швов

$$\sigma_2 = \left(\frac{M_2}{W_2} \cdot \frac{h_w}{h_g} \right) = \left(\frac{279300}{15836} \cdot \frac{136}{140} \right) = 17,1 \text{ Н/см}^2;$$

$$\tau_2 = \left(\frac{Q_2 \cdot S_{f2}}{I_2 \cdot t_w} \right) = \left(\frac{557 \cdot 6210}{1108525 \cdot 1,2} \right) = 2,6 \text{ кН/см}^2,$$

$$\text{где } S_{f2} = b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_{ef}}{2} \right) = 45 \cdot 2 \cdot \left(\frac{138}{2} \right) = 6210 \text{ см}^3.$$

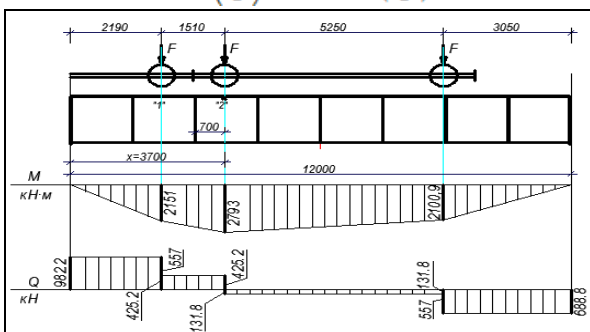


Рис. 4. К проверке приведенных

напряжений в подкрановой балке

Подставляя полученные значения в формулу (2), получим

$$\sqrt{17,1^2 + 13,7^2 - 17,1 \cdot 13,7 + 3 \cdot 2,6^2} = 16,3 \text{ кН/см}^2 \leq \beta \cdot R_y = 1,15 \cdot 23 = 26,45 \text{ кН/см}^2.$$

Проверки показали, что прочность балки обеспечена.

Определяем расход стали на подкрановую балку:

$$q = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 = (2 \cdot 0,45 \cdot 0,02 \cdot 11,94 + 1,36 \cdot 0,012 \cdot 11,94 + 2 \cdot 0,45 \cdot 0,02 \cdot 1,36 + 14 \cdot 0,15 \cdot 0,01 \cdot 1,36) \cdot 7850 = 0,4837 \cdot 7850 = 3797 \text{ кг}.$$

Предполагается что причиной, приводящей к необходимости усиления балки, является увеличение нагрузки: замена кранов грузоподъемностью $Q=50/10$ т на краны грузоподъемностью $Q=100/20$ т.

А). Нагрузки на подкрановую балку

Для крана $Q=100/20$ т тяжелого режима работы наибольшее вертикальное усилие на колесе $F_{c1}^n = 450$ кН; $F_{c2}^n = 480$ кН; вес тележки $G_t = 410$ кН; тип кранового рельса – КР-120. При гибком подвесе груза

$$T_{c1}^n = 0,05 \cdot F_{c1}^n = 0,05 \cdot 450 = 22,5 \text{ кН};$$

$$T_{c2}^n = 0,05 \cdot F_{c2}^n = 0,05 \cdot 480 = 24 \text{ кН}.$$

Расчетные значения усилий на колесе крана определяются по формулам

$$F_1 = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot \psi_c \cdot k_{d1} \cdot F_{c1}^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 450 = 491 \text{ кН};$$

$$F_2 = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot \psi_c \cdot k_{d1} \cdot F_{c2}^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 480 = 524 \text{ кН};$$

$$T_1 = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot \psi_c \cdot k_{d2} \cdot T_{c1}^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 22,5 = 22,3 \text{ кН};$$

$$T_2 = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot \psi_c \cdot k_{d2} \cdot T_{c2}^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 24 = 23,8 \text{ кН}.$$

а) – схема крановой нагрузки; б) – определение $M_{\max}$; в) – определение $Q_{\max}$

146

Проверяем прочность стенки балки по формуле (1)

$$F_1^{yc} = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot F_{c1}^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 450 = 470,25 \text{ кН};$$

$$l_{ef} = c \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{f1}}{t_w}} = 3,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{4955,3}{1,2}} = 52,13 \text{ см},$$

$I_{f1} = I_r + \frac{b_f \cdot t_f^3}{12} + 2 \cdot \frac{b_1 \cdot t_1^3}{12} = 4923,79 + \frac{45 \cdot 2^3}{12} + 2 \cdot \frac{18 \cdot 0,8^3}{12} = 4955,3 \text{ см}^4$,
где $I_r = 4923,79 \text{ см}^4$ – момент инерции рельса КР-120 (крановые рельсы КР-80 для кранов грузоподъемностью $Q=50/10$ т заменяем на крановые рельсы КР-120 для кранов грузоподъемностью $Q=100/20$ т).

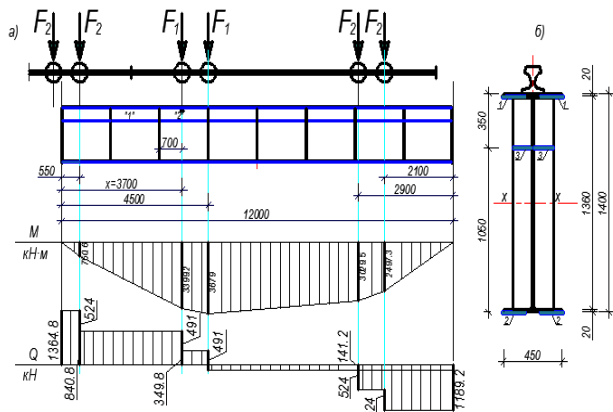


Рис. 7. К проверке приведенных напряжений в подкрановой балке:
1; 2 – 180x8; 3 – 150x10 мм.

Подставляя полученные величины в формулу (1) получим:

$$\sigma_{loc} = \frac{\gamma_f \cdot F_1^{yc}}{t_w \cdot l_{ef}} = \frac{1,1 \cdot 470,25}{1,2 \cdot 52,13} = 8,3 \text{ кН/см}^2 \leq R_y \cdot \gamma_c = 23 \cdot 1 = 23 \text{ кН/см}^2.$$

Проверяем стенку подкрановой балки по формуле (2). Значения слагаемых формулы (2) в уровне поясных швов

$$\sigma_2 = \left(\frac{M_2}{W_{min}^{yc}} \cdot \frac{h_w}{h_6} \right) = \left(\frac{339920}{19699} \cdot \frac{136}{140} \right) = 16,76 \text{ кН/см}^2;$$

$$\tau_2 = \left(\frac{Q_2 \cdot S_{f2}}{I_2 \cdot t_w} \right) = \left(\frac{840,8 \cdot 8163}{1382842 \cdot 1,2} \right) = 4,14 \text{ кН/см}^2;$$

$$S_{f2} = b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_{ef}}{2} + 2 \right) + 2b_{f1}^{yc} \cdot t_{f1}^{yc} \cdot a_1 = 45 \cdot 2 \cdot \left(\frac{138}{2} + 2 \right) + 2 \cdot 18 \cdot 0,8 \cdot 67,8 = 6228 + 1953 = 8163 \text{ см}^3.$$

Подставляя полученные значения в формулу (2), получим

$$\sqrt{16,76^2 + 8,3^2} = 16,76 \cdot 8,30 + 3 \cdot 4,14^2 = 16,19$$

$$\text{кН/см}^2 \leq \beta \cdot R_y = 1,15 \cdot 23 = 26,45 \text{ кН/см}^2.$$

Проверки показали, что прочность балки обеспечена.

Определяем расход стали на усиление балки по способу I:

$$q_1 = (2g_1 + g_2 + 16g_3) = (4 \cdot 0,18 \cdot 0,008 \cdot 11,94 \cdot 7850 + 16 \cdot 0,15 \cdot 0,01 \cdot 1,49 \cdot 7850) = 821 \text{ кг}.$$

Способ II. Усиление подкрановой балки равнополочными уголками. Усиление балки производим по схеме, показанной на рис. 8.

Опуская промежуточные варианты расчетов приводим наиболее экономичный размер уголков: Элемент 1: **100x8** с $A_{yt} = 15,5 \text{ см}^2$; $z_0 = 2,75 \text{ см}$; $g = 12,21 \text{ кг/м}$; $I_x^{yt} = 147 \text{ см}^4$.
 $A^{yc} = A + 4A_{yt} = 343,2 + 4 \cdot 15,5 = 405,2 \text{ см}^2$.

Характеристики усиленной подкрановой балки (рис. 8) следующие: $a_1 = 67,25 \text{ см}$; $I_x^{yc} = 1389512 \text{ см}^4$; $W^{yc} = 19850 \text{ см}^3$; $W_x^A = 20662 \text{ см}^3$.

Геометрические характеристики тормозной балки относительно оси у-у (рис. 8, б): $x_0 = 54,52 \text{ см}$; $I_y = 939838 \text{ см}^4$; $W_y^A = 10800 \text{ см}^3$;

Проверяем σ_x^A в верхнем поясе (рис. 8, б, точка А)

$$\sigma_x^A = \frac{M_x^{yc}}{W_x^A} + \frac{M_y^{yc}}{W_y^A} = \frac{419100}{20662} + \frac{19400}{10800} = 22,08 \text{ кН/см}^2 \leq R_y \gamma_c = 23 \cdot 1 = 23 \text{ кН/см}^2,$$

Количество и расстановку поперечных и продольных ребер жесткости оставляем без изменения. При этом увеличиваем ширину поперечных ребер жесткости, как это показано на рис. 8, в.

Проверяем прочность стенки балки по формуле (1)

$$F_1^{yc} = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot F_{c1}^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 450 = 470,25 \text{ кН};$$

$$l_{ef} = c \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{f1}}{t_w}} = 3,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{5683}{1,2}} = 54,57 \text{ см};$$

$$I_{f1} = I_r + \frac{b_f \cdot t_f^3}{12} + 2 \cdot (I_x^{yt} + A_{yt} \cdot 3,75^2) = 4923,79 + \frac{45 \cdot 2^3}{12} + 2 \cdot (147 + 15,5 \cdot 3,75^2) = 5683 \text{ см}^4.$$

Проверяем стенку подкрановой балки по формуле (2).

$$\sigma_{loc} = \frac{\gamma_f \cdot F_1^{yc}}{t_w \cdot l_{ef}} = \frac{1,1 \cdot 470,25}{1,2 \cdot 54,57} = 7,9 \text{ кН/см}^2$$

$$\leq R_y \cdot \gamma_c = 23 \cdot 1 = 23 \text{ кН/см}^2.$$

$$\sigma_2 = \left(\frac{M_2}{W_{min}^{yc}} \cdot \frac{h_w}{h_6} \right) = \left(\frac{339920}{19850} \cdot \frac{136}{140} \right) = 16,64 \text{ кН/см}^2;$$

$$\tau_2 = \left(\frac{Q_2 \cdot S_{f2}}{I_2^{yc} \cdot t_w} \right) = \left(\frac{840,8 \cdot 8294,8}{1389512 \cdot 1,2} \right) = 4,18 \text{ кН/см}^2;$$

$$S_{f2} = b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_{ef}}{2} \right) + 2 \cdot A_{yг} \cdot a_2 =$$

$$= 45 \cdot 2 \cdot \left(\frac{138}{2} \right) + 2 \cdot 15,5 \cdot 67,25 = 8294,8 \text{ см}^3.$$

$$\sqrt{16,64^2 + 7,9^2} = 16,76 \text{ кН/см}^2 \leq \beta R_y =$$

$$= 1,15 \cdot 23 = 26,45 \text{ кН/см}^2.$$

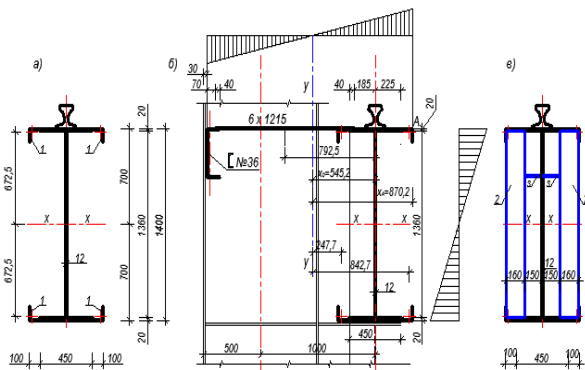


Рис. 8. Сечение подкрановой балки: а) усиление по способу II; б) к расчету подкрановой балки; в) наращивание поперечных и установка продольных ребер жесткости: 1 – $\angle 100 \times 8$; 2 – $\angle 160 \times 10$; 3 – $\angle 150 \times 10$.

Определяем расход стали на усиление балки по способу II:

$$q_{II} = (4g_1 + 14g_2 + 16g_3) = (4 \cdot 12,21 \cdot 11,94 + 14 \cdot 0,16 \cdot 0,01 \cdot 1,36 \cdot 7850 + 16 \cdot 1,49 \cdot 0,15 \cdot 0,01 \cdot 7850) =$$

$$= 583,2 + 175,8 + 281 = 1040 \text{ кг}.$$

Способ III. Усиление подкрановой балки неравнополочными уголками. Усиление балки производим по схеме, показанной на рис. 9.

Опуская промежуточные варианты расчетов приводим наиболее экономичный размер уголков: Элемент 1: $125 \times 80 \times 8$ мм с $A_{yг} = 16 \text{ см}^2$; $x_0 = 1,84 \text{ см}$; $y_0 = 4,05 \text{ см}$; $g = 12,5 \text{ кг/м}$; $I_x^{yг} = 256 \text{ см}^4$; $I_y^{yг} = 83 \text{ см}^4$; $A^{yc} = A + 4 \cdot A^{yг} = 343,2 + 4 \cdot 16 = 343,2 + 64 = 407,2 \text{ см}^2$.

Характеристики усиленной подкрановой балки (рис.9) следующие:

$$a_1 = 61,84 \text{ см}; I^{yc} = 1353605 \text{ см}^4;$$

$$W^{yc} = 19337 \text{ см}^3.$$

Геометрические характеристики тормозной балки относительно оси у-у (рис. 9, б): $x_0 = 54,3 \text{ см}$; $I_y = 945125 \text{ см}^4$;

$$W_y^A = 12306 \text{ см}^3.$$

Проверяем σ_x^A в верхнем поясе (рис. 9, б, точка А)

$$\sigma_x^A = \frac{M_x^{yc}}{W_x} + \frac{M_y^A}{W_y^A} = \frac{419100}{19337} + \frac{12306}{12306} = 23,25 \text{ кН/см}^2$$

$$\approx R_y \gamma_c = 23 \cdot 1 = 23 \text{ кН/см}^2.$$

Перенапряжение $(23,25 - 23) \cdot 100\% / 23 = 1,09\% < 3\%$.

Количество и расстановку поперечных и продольных ребер жесткости оставляем без изменения. При этом, для пропуска элементов усиления ($\angle 125 \times 80 \times 8$) вырезаем поперечные ребра жесткости с обеих сторон на величину 85 мм.

Проверяем прочность стенки балки по формуле (1)

$$F_1^{yc} = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot F_{c1}^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 450 = 470,25 \text{ кН};$$

$$l_{ef} = c \cdot \sqrt{\frac{I_{f1}}{t_w}} = 3,25 \cdot \sqrt{\frac{6076}{1,2}} = 57,83 \text{ см};$$

$$I_{f1} = I_r + \frac{b_f t_f^3}{12} + 2 \cdot (I_x^{yг} + A_{yг} \cdot 7,16^2) =$$

$$= 4923,79 + \frac{45 \cdot 2^3}{12} + 2 \cdot (83 + 16 \cdot 7,16^2) = 6076 \text{ см}^4.$$

$$\sigma_{loc} = \frac{\gamma_f \cdot F_1^{yc}}{t_w \cdot l_{ef}} = \frac{1,1 \cdot 470,25}{1,2 \cdot 57,83} = 7,45 \text{ кН/см}^2$$

$$\leq R_y \gamma_c = 23 \cdot 1 = 23 \text{ кН/см}^2.$$

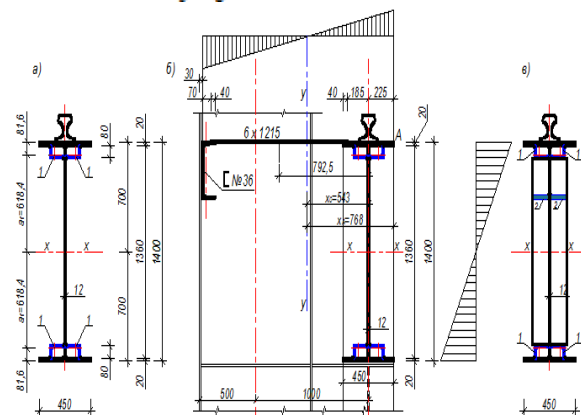


Рис. 9. Сечение подкрановой балки: а) усиление по способу III; б) к расчету подкрановой балки; в) подрезка поперечных и установка продольных ребер жесткости: 1 – $\angle 125 \times 80 \times 8$; 2 – $\angle 150 \times 10$

Проверяем стенку подкрановой балки по формуле (2).

$$\sigma_2 = \left(\frac{M_2}{W_{min}^{yc}} \cdot \frac{h_w}{h_6} \right) = \left(\frac{339920}{19337} \cdot \frac{136}{140} \right) = 17,08 \text{ кН/см}^2;$$

$$\tau_2 = \left(\frac{Q_2 \cdot S_{f2}}{I_2^{yc} \cdot t_w} \right) = \left(\frac{840,8 \cdot 8189}{1353605 \cdot 1,2} \right) = 4,24 \text{ кН/см}^2;$$

где $S_{f2} = b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_{ef}}{2}\right) + 2b_1 \cdot t_1 \cdot a_1 = 45 \cdot 2 \cdot \left(\frac{138}{2}\right) + 2 \cdot 16 \cdot 61,84 = 8189 \text{ см}^3$.

$$\sqrt{17,08^2 + 7,45^2 - 17,08 \cdot 7,45 + 3 \cdot 4,24^2} = 15,25 \text{ кН/см}^2 \leq \beta \cdot R_y = 1,15 \cdot 23 = 26,45 \text{ кН/см}^2.$$

Определяем расход стали на усиление балки по способу III:

$$q_{III} = (4g_1 + 16g_3) = (4 \cdot 12,5 \cdot 11,94 + 16 \cdot 1,49 \cdot 0,01 \cdot 7850) = 878 \text{ кг},$$

что составляет 23,1% от веса подкрановой балки до усиления.

Способ IV. Усиление подкрановой балки вертикальными листами. Усиление балки производим по схеме, показанной на рис. 10.

Опуская промежуточные варианты расчетов приводим наиболее экономичные размеры листов: Элемент 1: **80x20** мм с $A_{\text{лис}} = 8 \cdot 2 = 16 \text{ см}^2$; $a_{w1} = 2 + 4 = 6 \text{ см}^2$;

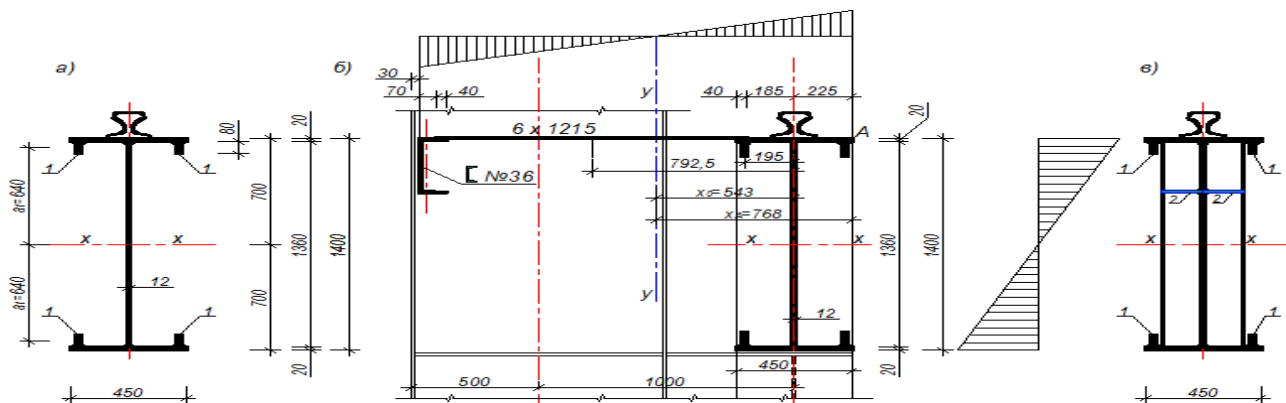


Рис. 10. Сечение подкрановой балки: а) усиление по способу IV; б) к расчету подкрановой балки; в) установка продольных ребер жесткости: 1 – 80x20; 2 – 150x10.

Количество и расстановку поперечных и продольных ребер жесткости оставляем без изменения.

Проверяем прочность стенки балки по формуле (1).

$$F_1^{yc} = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot F_{c1}^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 450 = 470,25 \text{ кН};$$

$$l_{ef} = c \cdot \sqrt[3]{\frac{l_{f1}}{t_w}} = 3,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{5039}{1,2}} = 52,42 \text{ см};$$

$$\text{где } l_{f1} = l_r + \frac{b_f \cdot t_f^3}{12} + \frac{b_{\text{лис}} \cdot h_{\text{лис}}^3}{12} = 4923,79 + \frac{45 \cdot 2^3}{12} + \frac{2 \cdot 8^3}{12} = 5039 \text{ см}^4.$$

$$\sigma_{loc} = \frac{\gamma_f \cdot F_1^{yc}}{t_w \cdot l_{ef}} = \frac{1,1 \cdot 470,25}{1,2 \cdot 52,42} = 8,22 \text{ кН/см}^2$$

$$\leq R_y \cdot \gamma_c = 23 \cdot 1 = 23 \text{ кН/см}^2.$$

Проверяем стенку подкрановой балки по формуле (2).

$$\sigma_2 = \left(\frac{M_2}{W_{\min}^{yc}} \cdot \frac{h_w}{h_6} \right) = \left(\frac{339920}{19586} \cdot \frac{136}{140} \right) = 16,86 \text{ кН/см}^2;$$

$$g_1 = 12,56 \text{ кг/м};$$

$$A_1^{yc} = A + 4A_{\text{лис}} = 343,2 + 4 \cdot 16 = 407,2 \text{ см}^2.$$

Характеристики усиленной подкрановой балки (рис. 10) следующие: $a_1 = 64 \text{ см}$; $I_y^{yc} = 1371010 \text{ см}^4$; $W_y^{yc} = 19586 \text{ см}^3$.

Геометрические характеристики тормозной балки относительно оси y-y (рис. 10, б): $x_0 = 54,3 \text{ см}$; $I_y = 948857 \text{ см}^4$; $W_y^A = 12354 \text{ см}^3$.

Проверяем σ_x^A в верхнем поясе (рис. 10, б, точка А)

$$\sigma_x^A = \frac{M_x^{yc}}{W_x^A} + \frac{M_y^{yc}}{W_y^A} = \frac{419100}{19586} + \frac{19400}{12354} = 22,97 \text{ кН/см}^2$$

$$\approx R_y \gamma_c = 23 \cdot 1 = 23 \text{ кН/см}^2.$$

$$\tau_2 = \left(\frac{Q_2 \cdot S_{f2}}{I_2^{yc} \cdot t_w} \right) = \left(\frac{840,8 \cdot 8258}{1371010 \cdot 1,2} \right) = 4,22 \text{ кН/см}^2;$$

$$S_{f2} = b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_{ef}}{2}\right) + 2b_1 \cdot t_1 \cdot a_1 = 45 \cdot 2 \cdot \left(\frac{138}{2}\right) + 2 \cdot 16 \cdot 64 = 8258 \text{ см}^3.$$

$$\sqrt{16,86^2 + 8,22^2 - 16,86 \cdot 8,22 + 3 \cdot 4,22^2} = 16,33 \text{ кН/см}^2 \leq \beta \cdot R_y = 1,15 \cdot 23 = 26,45 \text{ кН/см}^2.$$

Определяем расход стали на усиление балки по способу IV:

$$q_{IV} = 4g_1 + 16g_3 = (4 \cdot 0,08 \cdot 0,02 \cdot 11,94 \cdot 7850 + 16 \cdot 1,49 \cdot 0,015 \cdot 0,01 \cdot 7850) = 881 \text{ кг},$$

что составляет 23,2% от веса подкрановой балки до усиления.

Выводы

1. Расход стали по способам I, III и IV близки друг другу. По производству работ I способ предпочтительнее. 2. При увеличении крановой нагрузки в 2 раза расход стали на усиление балки составляет всего от 21,6% до

27,4%. Это можно объяснить следующим образом. Краны грузоподъемностью 50/10 т имеют по 2 колеса с каждой стороны, а краны грузоподъемностью 100/20 т – 4 колеса с каждой стороны, что позволяет более равномерно распределять нагрузку от крана на подкрановую балку и, тем самым, более эффективно использовать сечение балки.

Литература:

1. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) /Госстрой СССР – М., 1987. – 120 с.
2. Михайлов В.В., Макарьев Ю.А. Усиление стальных строительных конструкций. Учебное пособие. – Владимир, 2006. – 93 с.
3. Проектирование металлических конструкций. Спец. курс. Под общей редакцией В.В. Бирюлева. – Л., Стройиздат, 1990. -432 с.
4. Рафиев А.К., Марамов Ф. Усиление балок методом увеличения сечений. Мат. Межд. научно-практ. конф. «Опыт, проблемы и перспективы повышения качества строительных работ на основе лучших отечественных и зарубежных практик», часть I, Душанбе, 2018. – с.159-167.
5. Беленя Е.И. Металлические конструкции– М. Стройиздат, 1985. – 559 с.

ПУРҚУВВАТКУНИИ БОЛОРҲОИ ЗЕРИКРАНӢ БО УСУЛИ ЗИЁДКУНИИ БУРИШ

А.К. Рафиев, Ф.Б. Марамов

Дар мақолаи мазкур натиҷаи озмоишҳои адабии пурқувваткунии болорҳои зерикранӣ бо усули зиёдкунии буриш оварда шудаанд. Зарурати пурқувваткунии болорҳо ивази кранҳои борбардориашон кам ба кранҳои борбардориашон зиёд мебошад. 4 усули

пурқувваткунии болорҳо хангоми зиёдшавии борҳои муфид ба андозаи 100% дида баромада шуданд. Ба сифати маҳаки беҳтарияти усули пурқувваткунии масрафи пулод барои пурқувваткунии қабул карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: болори зерикранӣ, варақа, рафак, девора, бор, пурқувваткунии болори зерикранӣ, кунхак.

STRENGTHENING OF CRANE RUNWAY BEAMS WITH THE METHOD OF INCREASE IN THICKNESSES

A.K. Rafiev, F.B. Maramov

There are introduced results of numerical studies of strengthening of crane runway beams with the method of increase in thicknesses in the article. The reason leading to requirement for strengthening of a crane runway beam is increase in load. Such as smaller load-lifting capacity of cranes substitution for higher load-lifting capacity of cranes. Four methods for strengthening of crane runway beams at load-lifting capacity of crane twofold increase are showing. As criterion of efficiency of the strengthening method is accepted steel consumption for crane runway beam strengthening.

Keywords: Crane runway beam, beam wall, sheet, chord, load, crane runway beam strengthening, angle bar.

Сведения об авторах:

Рафиев Абдулвахоб Камолович - к.т.н., доцент кафедры «ПГС» ТТУ им. ак. М.С. Осими. Тел. +992 93 700 01 59.

E-mail: arafiev60@mail.ru,

Марамов Фаррух Бердиевич - магистр кафедры «ПГС» ТТУ им. ак. М.С. Осими. Тел. +992 501098632. E-mail: maramov1506@mail.ru

ЭФФЕКТЫ МИКРОНАПОЛНЯЮЩИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК В БЕТОНЕ

А. Шарифов, А.А. Акрамов, У.Х. Умаров, М.К. Хокиев, М.Ф. Ахмедов

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

В статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния минеральных добавок (МД) на свойства бетонной смеси. Выявлена эффективность минеральной добавки на прочность бетонной смеси и бетона.

Ключевые слова: минеральная добавка (МД), бетон, цемент, прочность, пористость, молотый песок, микронаполняющий эффект.

При введении минеральной добавки в состав бетона изменяются свойства бетона, в том числе и его прочность, по которой выявляли его эффективность. Основными эффектами МД в бетоне, по которым он оценивается, являются микронаполняющие и пуццолановые МД. Эти добавки влияют на водопотребность бетона и бетонных смесей.

Каждый эффект повышения прочности бетона зависит от активной химической

добавки. Инертные и пуццолановые добавки с невысокой активностью, состоящие из золы в 28 суточном стандартном возрасте и тем более в меньшем возрасте, являются основным микронаполняющим эффектом в бетоне [1, 2]. Поэтому он и считается наиболее сложным.

Микронаполняющий эффект – это повышенная прочность бетона с введением минеральных инертных добавок при постоянном расходе цемента [3]. Микронаполняющий эффект – это часть от общего эффекта активных минеральных добавок в бетоне. При некотором повышении водопотребности бетонной смеси наблюдается этот эффект. Для изучения этого эффекта в «чистом» виде в качестве добавки применялся молотый песок.

Микронаполняющий эффект определенно противоречит введению инертных пылевидных частиц в состав заполнителей бетона.

Комплекс воздействий на твердеющий и затвердевший бетон включает в себя микронаполняющий эффект МД на бетонную смесь.

При введении МД в бетонную смесь:

- повышается концентрация дисперсных частиц и увеличивается их количество в цементном тесте, это снижает расслоение бетонной смеси, и оно наиболее заметно при малых расходах цемента. При применении высокоподвижных и литых смесей и самоуплотняющихся бетонов возрастает роль заполнителей в снижении расслоения бетона. Требуемое количество дисперсных частиц в самоуплотняющихся бетонах достигает 500 - 600 кг/м³;

- зерновой состав цементно-песчаного состава бетона улучшится, и уменьшается водопотребность бетонной смеси. Данный эффект можно наблюдать и при низких расходах цемента.

Эффектами МД в твердеющем бетоне являются:

- степень гидратации цемента возрастает в раннем возрасте. МД создает в бетонную смесь дополнительную поверхность раздела «добавка-вода». Мельчайшие частички продуктов гидратации цемента, служащие центром кристаллизации, отлагаются на поверхностях МД. И это в раннем возрасте способствует большей степени гидратации, а в более поздние сроки сохраняется часть эффекта.

Эффектами МД в затвердевшем бетоне являются:

- наполнение цементного камня физически, который является в затвердевшем бетоне основным эффектом МД. Его можно наблюдать при введении добавки полностью или частично взамен песка в бетонную смесь. Тогда в цементном тесте-камне произойдет увеличение концентрации твердых частиц (цемент + наполнитель), который приводит к уменьшению количества воды в единице объема и снижению пористости цементного камня. При любом расходе цемента в состав бетона наблюдается этот эффект:

- бетоны с наименьшим расходом цемента повышают его однородность, при этом уменьшается расслоение бетонной смеси при введении МД. Это приводит к дополнительному эффекту снижения пористости, а общий микронаполняющий эффект становится наибольшим. При повышении расхода цемента в бетоне микронаполняющий эффект уменьшается и вообще исчезает при больших расходах цемента. Повышение прочности бетона при среднем расходе цемента зависит, в первую очередь, от снижения пористости цементного камня;

- изменение качества цементного камня в бетоне. При наполнении бетона МД появляется новая поверхность раздела «продукты гидратации цемента – минеральная добавка». При увеличении плотности цементного камня в бетоне с ростом расхода цемента роль поверхности раздела «продукты гидратации цемента – минеральная добавка» становится отрицательной.

Введение МД в бетонную смесь может оказать изменение в его водопотребности, что влияет на структуру и свойства затвердевшего бетона. Увеличение или уменьшение водопотребности бетонной смеси зависит от водопотребности самой добавки, это отражается на пористости бетона и цементного камня в бетоне. Общий эффект МД в бетоне снижается с ростом водопотребности.

В литературах даны разные объяснения природы микронаполняющего эффекта. Мельчайшие зерна МД для продуктов гидратации твердеющего цемента могут быть центрами кристаллизации.

Заполнение частицами МД пустот между зёрнами цемента может быть причиной эффекта микронаполнителя. Это может

происходить тогда, когда по отношению к цементу добавка является дисперсной. Размер зерен наполнителя для эффективного заполнения пустот, для модельной ситуации с одноразмерными зернами цемента должен быть примерно в 7 раз меньше, чем зерен цемента.

Дисперсность МД обычно близка к зернам цемента. В таких ситуациях нужно дать объяснение эффекту микронаполнителя. Это было сказано выше: то есть в цементном тесте-камне произойдет увеличение концентрации твердых частиц (цемент + наполнитель), который приводит к уменьшению количества воды в единице объема и снижению пористости цементного камня.

Для доказательства этого провели эксперимент. Ввели в состав бетона молотый песок. Оно считается инертным и не меняет водопотребность бетонной смеси. Твердевшие в нормальных условиях образцы испытывались в возрасте 28 сут. Определяли прочность и пористость (по водопоглощению) бетона и по пористости рассчитали пористость цементного камня. Результаты приведены на рис. 1 [1].

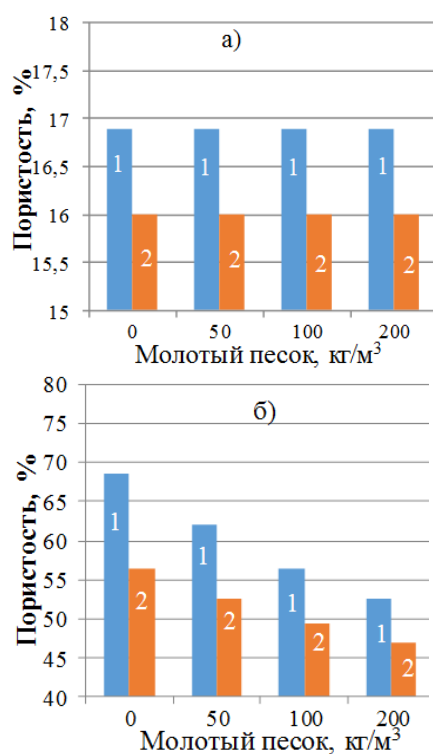


Рис. 1. Влияние молотого песка, введенного в бетон с постоянным расходом цемента, на а) пористость бетона и б) пористость цементного камня. Расход цемента, кг/м³: 1 - 200; 2 - 285. Нормальное твердение, возраст 28 сут.

Из диаграммы видно, что при введении молотого песка в состав бетона его пористость не меняется, а пористость цементного камня уменьшилась, это вызывает повышение прочности цементного камня. Это доказывает основную причину эффекта микронаполнителя.

При низком и среднем расходе цемента с введением наполнителя прочность бетона повышается, а при высоких расходах цемента с введением наполнителя прочность бетона снижается.

Результаты экспериментов, полученные для «модельного» наполнителя - молотого песка, приведены на рис. 2 [1].

Из диаграммы видно, что по мере увеличения расхода цемента в бетоне прочностный эффект введения наполнителя сначала уменьшается и потом вообще исчезает.

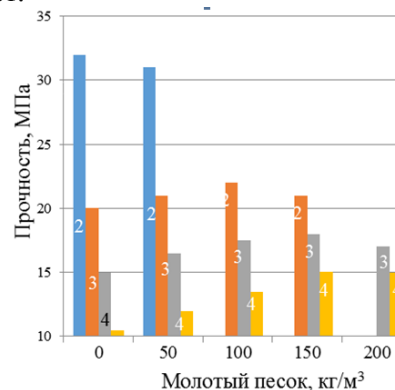


Рис. 2. Влияние молотого песка на прочность бетона. Расход цемента, кг/м³: 1-200; 2-240; 3-285; 4-400. Вершины 1 и 3 соответствуют вершинам 1 и 2 на рис. 3.1.

Это указывает об оптимальном содержании дисперсных частиц в бетоне. Обычно оптимальный расход цемента в бетоне определяют по минимальному его количеству на единицу прочности, и оно составляет - 500 кг/м³. Суммарный оптимальный расход цемента и МД составляет примерно такую же величину 400 - 500 кг/м³. Это было доказано учеными еще в начале прошлого века [5]. Этому свидетельствует эта ситуация. Но она не дает объяснение, почему при высоких расходах цемента введение МД приводит к снижению прочности бетона, повышению плотности цементного камня и как определяется положение оптимума.

Скорее всего, данной причиной является новая поверхность раздела, которая появляется при введении наполнителя (минеральной добавки). Как известно, слабым местом в

бетоне является сцепление поверхности цементного камня с заполнителем. В литературах [6, 7] приведены данные о «дефектности» поверхности сцепления с цементным камнем как инертных добавок, так и зол. На прочность бетона не влияет низкая

плотность цементного камня, но при ее повышении отрицательное влияние этой поверхности сцепления возрастает. Наверное, это происходит, когда оно начинает превышать положительное влияние МД на пористость цементного камня в бетоне.

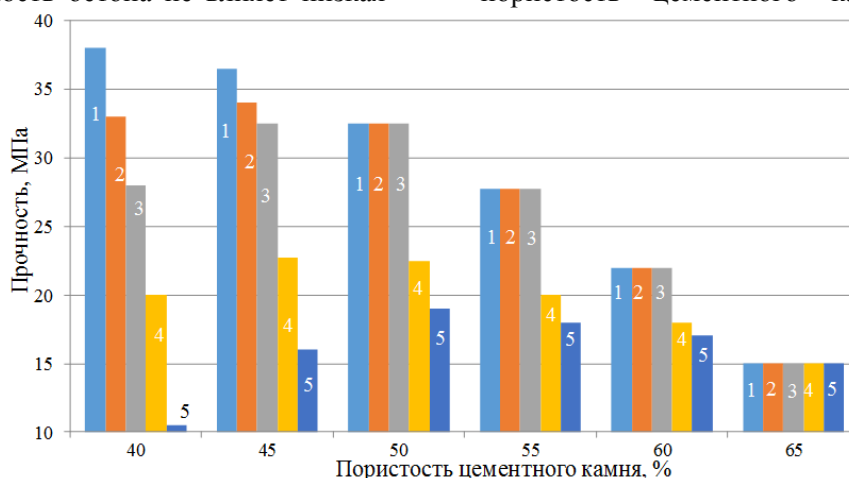


Рис. 3. Влияние пористости цементного камня, ненаполненного (1) и наполненного (2 - 5) на прочность бетона. Минеральная добавка: 2,4 - зола; 3,5 - молотый песок. Расход цемента, кг/м³: 2,3 - 400; 4,5 - 240. Возраст бетона 28 сут.

Чтобы удостовериться в этом, на рис. 3 приведены диаграммы изменения прочности бетона при увеличении расхода цемента и введении в бетон молотого песка и золы (по данным рис. 2) в зависимости от пористости цементного камня в нем [1].

Исходя из диаграммы, можно прийти к следующим выводам:

- прочность бетона увеличивается при снижении пористости цементного камня (вершины 1). В меньшей степени возрастает прочность бетона с добавками (вершины 2 - 5). Это означает, что при введении МД в бетон ухудшается качество твердой фазы;

- при увеличении расхода цемента уменьшается положительное влияние добавок на прочность бетона. Влияние МД будет отрицательным при высоком расходе цемента. Из диаграммы видно, что при содержании цемента 400 кг/м³ (вершины 3) идет снижение прочности бетона, которую вызывает молотый песок, то же самое при расходе цемента 500 кг/м³ (на рис. 3 не показано) — при золе, а пористость цементного камня при введении обеих добавок понижается;

- прочность бетона снижается в последовательности, если пористость цементного камня ровная: цементный камень - цементный камень с золой - цементный камень с молотым песком.

Итак, повышение прочности бетона при введении МД с низкими и средними расходами цемента, так и снижение прочности бетона при высоких расходах цемента позволяет предложить механизм микронаполняющего эффекта минеральной добавки с учетом изменения качества твердой фазы. С помощью электронномикроскопического изучения поверхностей разрушения бетона можно прийти к выводу, что наибольшее количество продуктов гидратации остается на поверхности зерен золы, потом следует известняк, и далее идет поверхность зерен песка [6]. Другими словами можно сказать, что чем больше химическая активность добавки, тем лучше ее сцепление с цементным камнем.

Нужно подчеркнуть, что если с увеличением возраста бетона для золы зависимость (рис. 3.) должна измениться, то для молотого песка она является окончательной. Когда в возрасте 30 - 90 сут наиболее активно протекает пуццолановая реакция золы, то контактные зоны зерен золы с цементным камнем значительно улучшатся. Можно прийти к выводу, что при зрелом возрасте испытания бетонов вершины для бетона с золой, как показывает диаграмма, существенно сближаются и возможно совпадут с вершиной 1 для цементного бетона (рис.3.3).

Литература:

1. Зоткин А.Г. Микронаполняющий эффект минеральных добавок в бетоне // Бетон и железобетон, - 1994. - №3. - С. 7 -9.
2. Schiessl P., Hardtl R. Steinkohlenflugasche im Beton // Beton. 1993. - H.1 1. S. 576 580 und H.12. S. 644-648.
3. Красный И.М. О механизме повышения прочности бетона при введении микронаполнителя // Бетон и железобетон. 1987. - № 5. - С. 10-11.
4. Власов В.К. Механизм повышения прочности бетона при введении микронаполнителя // Бетон и железобетон. - 1988. - №10. - С. 10 - 12.
5. Баженов Ю.М. Мелкозернистый бетон для армоцементных конструкций. М.: Госстройиздат. - 1963. - 128 с.
6. Wischers G., Richartz W. Einflup der Bcstandtcile und der Granulometric des Zcments auf das Gefuge des Zcmentstcins // Beton. 1982. - H. 10. - S. 379 386.
7. Кокубу М., Ямада Д. Цементы с добавкой золы. Шестой международный конгресс по химии цемента. Том 111. М: Стройиздат, 1976. С. 83 94.
8. Bents D., Garboczi E. Simulation studies of the effects of mineral admixtures on the segment paste-aggregate interfacial zone // ACI Materials Journal, 1991. - № 5. - pp. 518-529.

ЭФФЕКТИ МИКРОПУРКУНАНДАҲОИ ИЛОВАҲОИ МИНЕРАЛӢ ДАР БЕТОН

А. Шарифов, А.А. Акромов, У.Х. Умаров, М.К. Хокиев, М.Ф. Ахмедов

Дар мақола натиҷаҳои тадқиқоти эксперименталии таъсири иловаҳои минералӣ (ИМ) ба хусусиятҳои бетон оварда шудааст. Самаранокии иловаҳои минералӣ ба мустаҳкамии бетон ва ҳамираи бетонӣ муайян шудааст.

Калимаҳои калидӣ: иловаҳои минералӣ (ИМ), бетон, семент, мустаҳкамӣ, ковокӣ, куми кӯфташуда, самарои микропукуркунандаҳо.

EFFECTS OF MICROFILLING MINERAL ADDITIVES IN CONCRETE

A. Sharifov, A.A. Akramov U.Kh.Umarov, M.K.Khokiyev, M.F. Akhmedov

The article presents the results of experimental studies of the influence of mineral additives (MA) on the properties of concrete mix. The effectiveness of the mineral additive on the strength of the concrete mixture and concrete is revealed.

Key words: mineral additive (MA), concrete, cement, strength, porosity, ground sand, microfilling effect.

Сведения об авторах:

Шарифов Абдумумин – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология химического производства» ТТУ им. акад. М.С. Осими. E-mail: sharifov49@mail.ru

Акромов Авазжон Абдуллоевич – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими. E-mail: akramov.avaz@mail.ru

Умаров Улугбек Худжакулович – кандидат технических наук, директор ГУП «Научно-исследовательский институт Строительство и Архитектуры» E-mail: niisa.tj@mail.ru

Хокиев Махмадкарим Каримович – директор Научно-исследовательского и проектно-изыскательского института САННИОСП. E-mail: saniosp_lab@mail.ru

Ахмедов Мухаммад Фирузович – доктор PhD, института экономики и демографии АН РТ. E-mail: muhammadjon_09@mail.ru

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ МОДЕЛИ ФРАГМЕНТА ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ПОДАТЛИВОСТИ ОСНОВАНИЯ И ЖЕСТКОСТИ СВЯЗЕЙ

Дж. Н. Низомов, Л. Ш. Шарипов, И. С. Муминов

Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Инженерная академия РТ

В статье изложены результаты математического моделирования динамической задачи модели фрагмента здания с учетом податливости основания и жесткости связей,

полученные при различных внешних воздействиях. Показано, что учет податливости основания приводит к

увеличению основного периода свободных колебаний системы.

Ключевые слова: модель здания, кратковременная нагрузка, численное моделирование, безригельный каркас, логарифмический декремент, податливость основания.

Рассмотрим физическую модель фрагмента здания, построенного в экспериментальном полигоне кафедры ПГС Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими под непосредственным руководством к.т.н., доцента Л.Ш. Шарипова. Модель в масштабе 1/2 натуральной величины представляет собой двухэтажный безригельный каркас из монолитного железобетона. Предполагается, что на этой модели будут проводиться экспериментальные исследования с целью:

- 1) определения динамических параметров (частоты свободных колебаний и логарифмический декремент колебаний);
- 2) выявления действительной картины распределения усилий в характерных сечениях

и узловых сопряжениях элементов конструкций;

3) уточнения расчетной схемы сооружения;

4) определения характера разрушения и разрушающей нагрузки.

Расчетную схему данной задачи с учетом податливости грунтового основания можно представить в виде динамической модели, представленной на рис.1,а, где коэффициенты жесткости k_x и k_z задаются в зависимости от грунтовых условий строительной площадки. Динамическая модель объекта исследования, учитывающая податливость основания по оси x , z и жесткость связей, представлена на рис.1, б. При $k_x \rightarrow \infty$ получим систему, в которой учитывается податливость грунта только в горизонтальном направлении (рис.1,в). В этом случае, когда учитывается только поступательные движения масс, мы получим систему с тремя степенями свободы. При стремлении k_x и k_z к бесконечности мы получим систему с жестким защемлением в основании (рис.1,г).

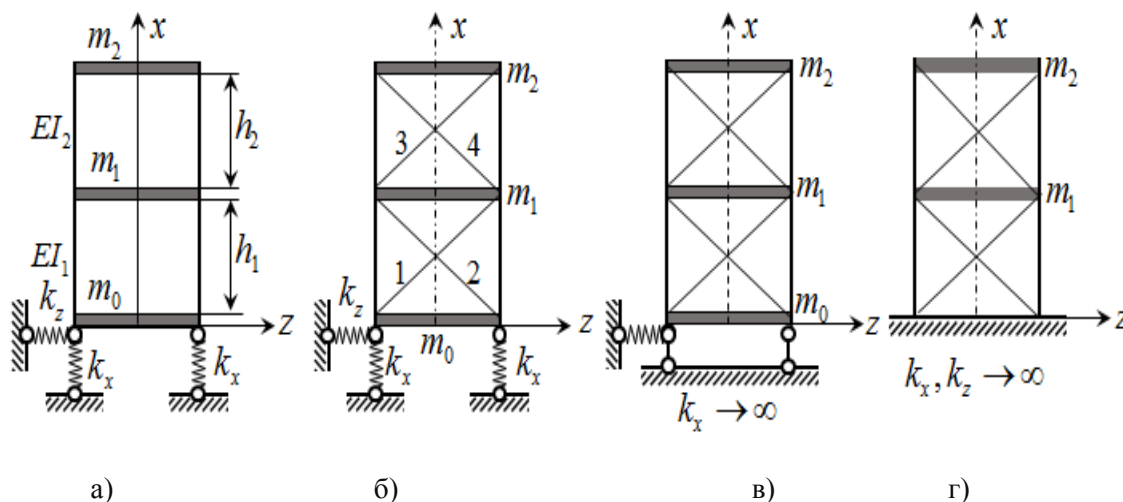


Рис.1. Расчетные модели фрагмента двухэтажного каркасного здания с учетом податливости основания и жесткости связей.

Применение основной системы метода перемещений (рис.2) позволяет сформировать матрицу жесткости исходя из статического равновесия элементов (рис.3). Из рассмотрения выделенных элементов получим:

$$r_{00} = 24EI_1 / h_1^3 + k_z + (N_{10} + N_{20}) \cos \alpha, \\ r_{01} = r_{10} = -24EI_1 / h_1^3 - (N_{10} + N_{20}) \cos \alpha, \quad r_{02} = r_{20} = 0,$$

$$r_{11} = 24EI_1 / h_1^3 + 24EI_2 / h_2^3 + (N_{11} + N_{21}) \cos \alpha + (N_{31} + N_{42}) \cos \alpha, \\ r_{12} = r_{21} = -24EI_2 / h_2^3 - (N_{31} + N_{41}) \cos \alpha, \\ r_{22} = 24EI_2 / h_2^3 + (N_{32} + N_{42}) \cos \alpha, \quad (1) \\ \text{где } N = E_c F \cdot \Delta l / l, \quad \Delta l = l \cdot \cos \alpha, \\ E_c F, l - \text{ жесткость и длина связи,} \\ EI, h - \text{ изгибная жесткость и длина стоек.}$$

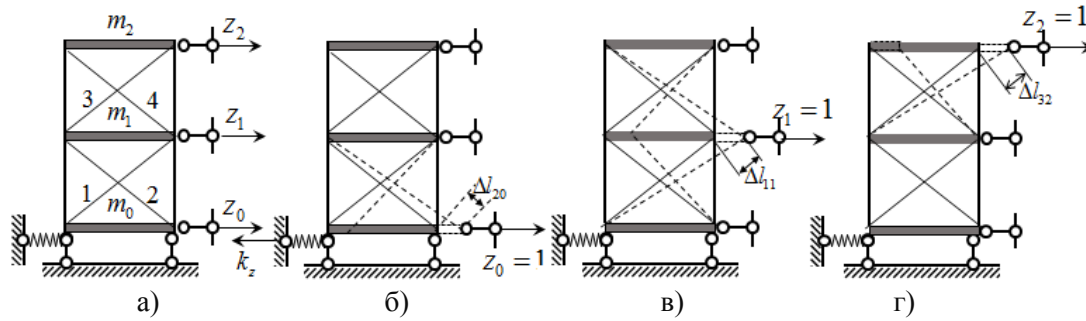


Рис.2. Основная система метода перемещений.

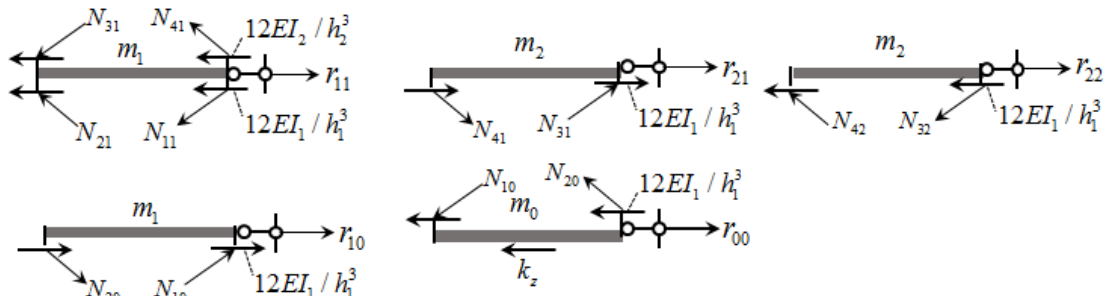


Рис.3. К определению коэффициентов матрицы жесткости.

Таким образом, матрица жесткости системы с тремя степенями свободы представляется в виде

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} \end{bmatrix} = \frac{EI}{h^3} \begin{bmatrix} 24 + \bar{k}_z & -24 & 0 \\ -24 & 48 & -24 \\ 0 & -24 & 24 \end{bmatrix} + 4 \frac{E_c F}{l} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \cos^2 \alpha, \quad (2)$$

$\bar{k}_z = k_z h^3 / EI$ – безразмерный коэффициент жесткости связи. Предполагается, что связи выполнены из стержня, который воспринимает только растягивающее усилие.

Алгоритм динамического расчета модели здания. Рассмотрим динамическую систему с конечным числом степеней свободы, для которой дифференциальные уравнения равновесия, представленные в матричной форме, записываются в виде

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{U}} + \mathbf{D}\dot{\mathbf{U}} + \mathbf{K}\mathbf{U} = \mathbf{P}. \quad (3)$$

Численное решение (3) с использованием аппроксимаций [1]

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{U}}_{n+1} &= \beta_1 (\mathbf{U}_{n+1} - \mathbf{U}_n) / \tau - \beta_2 \dot{\mathbf{U}}_n - \tau \beta_3 \ddot{\mathbf{U}}_n, \\ \ddot{\mathbf{U}}_{n+1} &= \alpha_1 (\mathbf{U}_{n+1} - \mathbf{U}_n) / \tau^2 - \alpha_2 \dot{\mathbf{U}}_n / \tau - \alpha_3 \ddot{\mathbf{U}}_n, \\ (n &= 0, 1, 2, \dots, N), \end{aligned}$$

сводится к системе алгебраических уравнений [1].

$$\begin{aligned} \frac{\alpha_1}{\tau^2} \mathbf{M} \mathbf{U}_{n+1} + \frac{\beta_1}{\tau} \mathbf{D} \mathbf{U}_{n+1} + \mathbf{K} \mathbf{U}_{n+1} &= \mathbf{P}_{n+1} - \mathbf{F}_{n+1} + \\ + \frac{\alpha_1}{\tau^2} \mathbf{M} \mathbf{U}_n + \frac{\alpha_2}{\tau} \mathbf{M} \dot{\mathbf{U}}_n + \alpha_3 \mathbf{M} \ddot{\mathbf{U}}_n + \frac{\beta_1}{\tau} \mathbf{D} \mathbf{U}_n + \beta_2 \mathbf{D} \dot{\mathbf{U}}_n + \tau \beta_3 \mathbf{D} \ddot{\mathbf{U}}_n, \end{aligned} \quad (4)$$

которую можно представить в стандартной форме

$$\mathbf{K}^* \mathbf{U}_{n+1} = \mathbf{P}_{n+1}^*, \quad (5)$$

$$\mathbf{K}^* = \mathbf{K} + \frac{\alpha_1}{\tau^2} \mathbf{M} + \frac{\beta_1}{\tau} \mathbf{D},$$

$$\mathbf{P}_{n+1}^* = \mathbf{P}_{n+1} - \mathbf{F}_{n+1} + \mathbf{M} \mathbf{A}_n + \mathbf{D} \mathbf{V}_n,$$

$$\mathbf{A}_n = \left(\frac{\alpha_1}{\tau^2} \mathbf{U}_n + \frac{\alpha_2}{\tau} \dot{\mathbf{U}}_n + \alpha_3 \ddot{\mathbf{U}}_n \right),$$

$$\mathbf{V}_n = \left(\frac{\beta_1}{\tau} \mathbf{U}_n + \beta_2 \dot{\mathbf{U}}_n + \tau \beta_3 \ddot{\mathbf{U}}_n \right).$$

На основе изложенного алгоритма и разработанной компьютерной программы получены результаты численного решения динамической задачи по расчету модели фрагмента безригельного каркаса с учетом податливости основания и жесткости крестообразных связей.

Результаты получены при следующих данных модели фрагмента здания:

$$h = h_1 = h_2 = 1,69 \text{ м};$$

$$\alpha = \arctg(1,69 / 3) = 29,39^\circ; \Delta l = 0,8713;$$

$$l = \sqrt{1,69^2 + 3^2} = 3,44 \text{ м};$$

$$EI_1 = EI_2 = 3 \cdot E \cdot ab^3 / 12 = 3 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot (0,2 \cdot 0,2^3 / 12) = 800 \text{ т/м}^2;$$

$$E_c = 2 \cdot 10^7 \text{ Т/м}^2; F = \pi r^2; r = 5 \text{ мм};$$

$$k_z = 4000 \text{ Т/м}; \tau = 0,005 \text{ с}.$$

Исследование проводилось на следующих моделях: М1 – модель с двумя массами и защемленная в основании (рис.1,г – без связей); М2 – модель с тремя массами (рис.1,а при $k_x \rightarrow \infty$); М3 – модель М2, в которой установлены связи 3 и 4.

На рис.4 приведены графики колебания массы m_2 в моделях М1, М2 и М3, полученные от действия горизонтальной кратковременной нагрузки $p = 1 \text{ тс}$, продолжительностью действия $\Delta t = 20 \cdot \tau = 0,1 \text{ с}$, приложенной на массу m_2 .

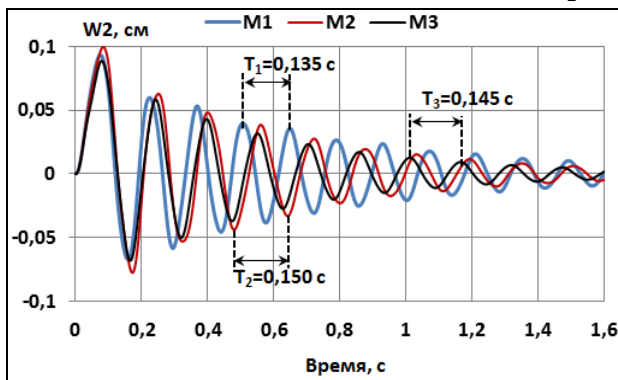


Рис.4. Колебания массы m_2 в моделях М1, М2 и М3.

Сравнение показывает, наибольшая амплитуда и период свободных колебаний соответствует модели М2. Учет податливости основания приводит к увеличению основного периода свободных колебаний, Период свободных колебаний в модели М2 примерно на 11% больше, чем в модели М1. Установка связей (М3) приводит к уменьшению периода свободных колебаний. На рис.5 показаны графики изменения ускорений массы m_2 во времени, полученные от действия кратковременной нагрузки. Из этих графиков видно, что ускорение точки приложения массы m_2 имеет более сложный характер изменения, чем ее горизонтальное перемещение, здесь проявляются более высокочастотные формы колебаний. Численные эксперименты были проведены на моделях исследуемого объекта от действия гармонической нагрузки.

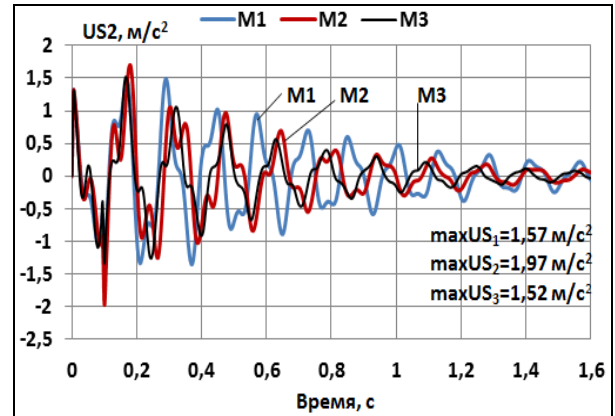


Рис.5. Ускорение массы m_2 в моделях М1, М2 и М3.

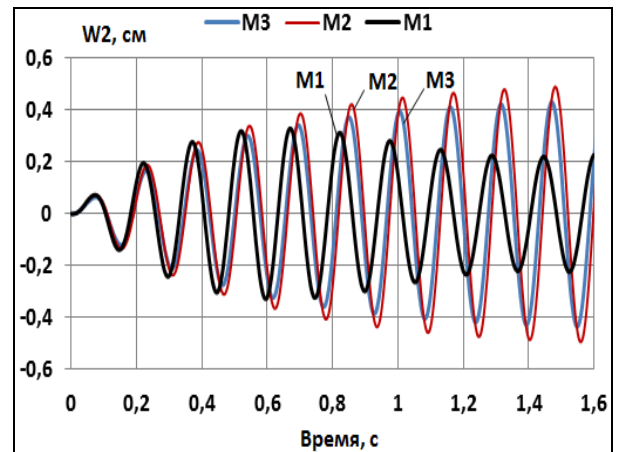


Рис.6. Действие гармонической нагрузки.

На рис. 6 приведены графики колебаний массы m_2 , полученные от действия гармонической нагрузки.

$$p(t) = p_0 \sin \theta t,$$

$$\text{здесь } p_0 = 1 \text{ тс}, \theta = 0,9\omega_1,$$

$$\omega_1 = 44,88 \text{ рад/с}, T_1 = 2\pi / \omega_1 = 0,14 \text{ с}.$$

Следовательно, для принятого периода свободных колебаний модели $T_1 = 0,14 \text{ с}$, период колебаний гармонической нагрузки будет равняться

$$T_p = 2\pi / \theta = 2\pi / 0,9\omega_1 = T_1 / 0,9 = 0,155 \text{ с},$$

что примерно совпадает с периодом свободных колебаний модели М2 (рис.4). Как следует из представленных результатов численного решения (рис.6), модели М2 (с большей амплитудой) и М3 находятся в резонансном режиме, а модель М1 – в околорезонансном, так как наблюдается биение. Эти данные подтверждают достоверность полученных результатов.

Таблица 1.

Основные характеристики свободных колебаний двух видов моделей фрагмента каркасного здания при различных значениях коэффициента жесткости основания.

Модели исследуемого объекта		Коэффициент жесткости основания k_z (т/м)			
		$0,6 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{16}$
МА	T_1 , с	0,155	0,145	0,140	0,140
	Δw , см	0,6803	0,6871	0,6931	0,6943
	δ	0,2954	0,2579	0,1932	0,1663
МС	T_1 , с	0,130	0,125	0,120	0,120
	Δw , см	0,9191	0,9255	0,9312	0,9323
	δ	0,2518	0,2117	0,1617	0,1570

В табл.1 приведены результаты численных экспериментов, полученных для двух моделей: МА – рама без связей; МС – рама с элементами связи, при различных значениях коэффициента жесткости упругого основания. Как следует из приведенных данных, с увеличением жесткости основания период свободных колебаний постепенно уменьшается, как в модели МА, так и в модели МС. При этом приращение перемещений $\Delta w = w_2 - w_0$, напротив увеличивается. Что касается логарифмического декремента колебаний $\delta = \ln(a_n / a_{n+1})$, то он также уменьшается с увеличением жесткости, как основания, так и самой модели с введением дополнительных связей.

Выводы

Разработаны алгоритм и компьютерная программа численного моделирования, которые позволяют проводить исследования модели исследуемого объекта с учетом и без учета податливости основания, а также с учетом связей, при различных внешних динамических воздействиях, в том числе сейсмических. Результаты численного решения могут быть учтены при разработке программы экспериментального исследования, а также для сравнения с данными физического эксперимента.

Литература:

1. Низомов Д.Н. Исследование динамических параметров модели фрагмента здания на основе конструкции безригельного каркаса/ Д.Н. Низомов, Л.Ш. Шарипов, И.С. Муминов// Политехнический вестник, серия: инженерные исследования № 4 (44) - 2018. //Таджикский технический университет имени

академика М.С. Осими//Душанбе. - 2018. - стр. 170-175.

2. Киселев В.А. Строительная механика. Специальный курс. – М.: Стройиздат, 1980. – 616 с.

3. Низомов Д.Н., Каландарбеков И.И. Метод сосредоточенных деформаций. – Душанбе: «Дониш», 2015. – 436 с.

4. Демидович Б.П., Морон И.А. Основы вычислительной математики. – М.: Наука, 1970. – 664 с.

5. Л.Ш. Шарипов. Безригельный каркас из монолитного железобетона современное перекрытие для многоэтажных зданий: расчет и проектирование/Л.Ш. Шарипов., И.С. Муминов // Вестник Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими № 2 (30) - 2015. //Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими//Душанбе. - 2015. - стр. 73-76.

6. Л.Ш. Шарипов. Безбалочное перекрытие для строительства многоэтажных зданий из монолитного железобетона/ Л.Ш. Шарипов., И.С. Муминов. // Вестник Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими № 4 (28)- 2014. //Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими//Душанбе 2014. – стр. 107-110.

**ҲАЛЛИ АДАДИИ МАСЪАЛАИ
ДИНАМИКИИ МОДЕЛИ НАМУНАИ
БИНО БО НАЗАРДОШТИ
ШАКЛТАҒИРНОКИИ ХОКҶОИ АСОС
ВА МАЗБУТИИ АЛОҚАҶО
Ҷ.Н. Низомов, Л.Ш. Шарипов,
И.С. Муминов**

Дар мақола натиҷаҳои моделсозии математикии масъалаи динамикии намунаи модели бино бо назардошти шаклтағирнокии

хокҳои асос ва мазбутии алоқаҳо баён карда шудааст, ки аз таъсири гуногуни беруна ба даст оварда шудааст. Нишон дода шудааст, ки ба назар гирифтани шаклтағйирнокии хокҳои асос ба зиёдшавии даври асосии лаппишҳои озоди система сабаб мешавад.

Калимаҳои калидӣ: модели бино, бори кӯтоҳмуддат, моделсозии ададӣ, синчи беболор, декременти логарифмӣ, шаклтағйирнокии хоки асос.

NUMERICAL SOLUTION OF THE DYNAMIC PROBLEM OF A BUILDING FRAGMENT MODEL TAKING INTO ACCOUNT THE BASE COMPENSATION AND RELIABILITY OF COMMUNICATIONS

D.N. Nizomov, L. Sh. Sharipov,
I. S. Muminov

The article presents the results of mathematical modeling of the dynamic problem of a model of building fragment, taking into account the flexibility of the base and the rigidity of the

bonds, obtained with various external influences. It is shown that taking into account the compliance of the base leads to an increase in the main period of free oscillations of the system.

Keywords: building model, short-term load, numerical simulation, girder less framework, logarithmic decrement, flexibility of the base.

Сведения об авторах:

Низомов Джахонгир Низомович – д.т.н., профессор, чл.-корр. АН РТ, заведующий лабораторией теории сейсмостойкости и моделирования.

Шарипов Лутфулло Шарипович –к.т.н., доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. ак. и М.С. Осими. Тел.: +992 98 102 46 46

E-mail: sharipov-1946@mail.ru

Муминов Ихтиёр Субхонкулович - старший преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. ак. М.С. Осими. Тел.: +992 918 96 62 05

E-mail: imuminov86@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ МОДЕЛИ БЕЗРИГЕЛЬНОГО КАРКАСА

И.С. Муминов¹, Дж.Н. Низомов², Л. Шарипов³, А.А. Ходжибоев⁴,

^{1,3,4}Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

²Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ

В статье приведены результаты исследования динамических характеристик модели безригельного каркаса. В качестве внешнего воздействия принята оцифрованная акселерограмма El Centro. Также исследованы значения сдвигающих сил и опрокидывающих моментов, возникающих на основании модели.

Ключевые слова: акселерограмма, матрица масс, ускорение, перемещение, физическая модель, опрокидывающий момент.

Физическая модель. Рассматривается физическая модель фрагмента безригельного каркаса в масштабе 1:2 (рис. 1). Модель состоит из двух ячеек 3×3 м, 6-ти колонн сечением $a \times b = 20 \times 20$ см, плит перекрытый размерами $A \times B = 7,5 \times 4,5$ м, толщиной $\delta = 8$ см. Учитывая, что плиты жестко соединяются с колоннами, динамическая расчетная схема модели принимается в виде двухэтажной рамы (рис.

1,с), где учитывается упругая податливость грунта основания.

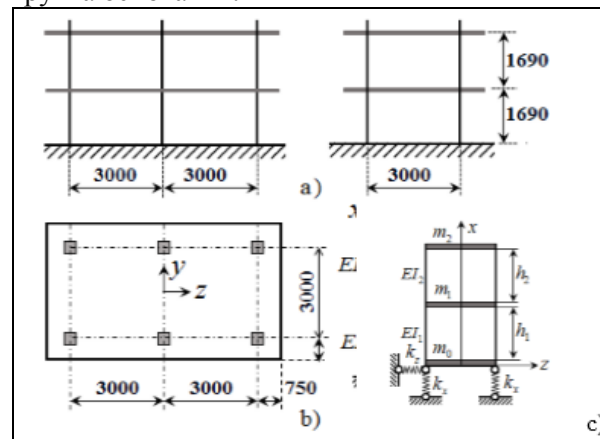


Рис. 1. Физическая модель фрагмента здания - а, b и ее динамическая расчетная схема - с.

Алгоритм динамического расчета модели здания. Рассмотрим динамическую систему с конечным числом степеней свободы, для которой дифференциальное уравнение равновесия, представленное в матричной форме, записывается в следующем виде

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{U}} + \mathbf{D}\dot{\mathbf{U}} + \mathbf{K}\mathbf{U} = -\mathbf{M}\mathbf{I} \cdot \ddot{y}_0(t), \quad (1)$$

где $\mathbf{M}$, $\mathbf{D}$ и $\mathbf{K}$, матрица масс, демпфирования жесткости; $\ddot{\mathbf{U}}$, $\dot{\mathbf{U}}$ и $\mathbf{U}$ – вектор ускорений, скоростей и перемещений; $\mathbf{I}$ – единичный вектор влияния; $\ddot{y}_0$ – ускорение грунтов основания от землетрясения.

С целью численного решения дифференциального уравнения (1) производим аппроксимацию искомой функции во времени методом последовательных аппроксимаций [1], и в результате получим

$$\begin{aligned} \frac{\alpha_1}{\tau} \mathbf{M}\mathbf{U}_{n+1} + \frac{\beta_1}{\tau} \mathbf{D}\mathbf{U}_{n+1} + \mathbf{K}\mathbf{U}_{n+1} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{I} \cdot \ddot{y}_{0n+1} + \\ + \frac{\alpha_1}{2} \mathbf{M}\mathbf{U}_n + \frac{\alpha_2}{\tau} \mathbf{M}\dot{\mathbf{U}}_n + \alpha_3 \mathbf{M}\ddot{\mathbf{U}}_n + \frac{\beta_1}{\tau} \mathbf{D}\mathbf{U}_n + \beta_2 \mathbf{D}\dot{\mathbf{U}}_n + \tau\beta_3 \mathbf{D}\ddot{\mathbf{U}}_n. \end{aligned} \quad (2)$$

Матричное уравнение (2) можно представить в стандартной форме

$$\mathbf{K}^* \mathbf{U}_{n+1} = \mathbf{P}_{n+1}^*, \quad (3)$$

$$\mathbf{K}^* = \mathbf{K} + \frac{\alpha_1}{2} \mathbf{M} + \frac{\beta_1}{\tau} \mathbf{D}, \quad (4)$$

$$\mathbf{P}_{n+1}^* = \mathbf{M} \cdot \mathbf{I} \cdot \ddot{y}_{0n+1} + \mathbf{M}\mathbf{A}_n + \mathbf{D}\mathbf{V}_n, \quad (5)$$

$$\mathbf{A}_n = \left(\frac{\alpha_1}{\tau} \mathbf{U}_n + \frac{\alpha_2}{\tau} \dot{\mathbf{U}}_n + \alpha_3 \ddot{\mathbf{U}}_n \right),$$

$$\mathbf{V}_n = \left(\frac{\beta_1}{\tau} \mathbf{U}_n + \beta_2 \dot{\mathbf{U}}_n + \tau\beta_3 \ddot{\mathbf{U}}_n \right),$$

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} \end{bmatrix} = \frac{EI}{h^3} \begin{bmatrix} 24 + \bar{k}_z & -24 & 0 \\ -24 & 48 & -24 \\ 0 & -24 & 24 \end{bmatrix} + 4 \frac{E_c F}{l} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \cos^2 \alpha \quad (9)$$

где $E_c F$ – жесткость связи при растяжении и сжатии, l – длина связи α – угол наклона

здесь $\mathbf{A}_n$, $\mathbf{V}_n$ – векторы псевдоускорений и псевдоскоростей соответственно.

Матрица жесткости рассматриваемой модели формируется из коэффициентов, приведенных в (4), а диагональная матрица масс – из (1) и (2)

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} \end{bmatrix} = \frac{EI}{h^3} \begin{bmatrix} 24 + \bar{k}_z & -24 & 0 \\ -24 & 48 & -24 \\ 0 & -24 & 24 \end{bmatrix}$$

где $\bar{k}_z$ – коэффициент жесткости основания,

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_0 & 0 & 0 \\ 0 & m_1 & 0 \\ 0 & 0 & m_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0516 & 0 & 0 \\ 0 & 0,7915 & 0 \\ 0 & 0 & 0,7398 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Матрицу затухания можно принять по Релею пропорционально матрице масс и матрице жесткости

$$\mathbf{D} = a\mathbf{M} + b\mathbf{K}, \quad (7)$$

где a , b – коэффициенты пропорциональности.

В случае рамно-связевой системы с диагональными связями (рис.2), где в соответствии с законом Гука.

$$N = E_c F \cdot \Delta l / l, \quad \Delta l = 1 \cdot \cos \alpha,$$

матрица жесткости, элементы которой определяется статическим методом, приобретает вид

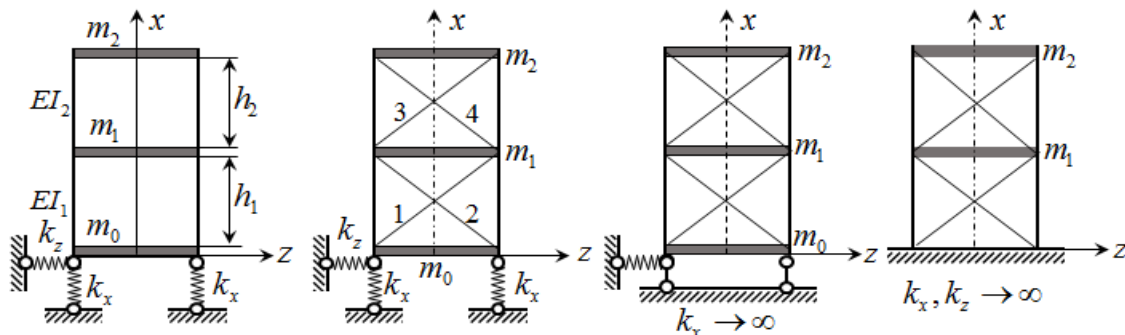


Рис. 2. Расчетные модели фрагмента двухэтажного каркасного здания с учетом податливости основания и жесткости связей.

Результаты численного моделирования.

На основе разработанного алгоритма была составлена компьютерная программа на языке Фортран и получены результаты динамического расчета рассматриваемой модели от заданной акселерограммы землетрясения El Centro (рис.3). На рисунках 4 и 5 представлены результаты расчета рассматриваемой модели без учета связей. Графики изменения опрокидывающего момента и сдвигающей силы в основании модели, без учета связей, приведены на рис. 6 и 7.

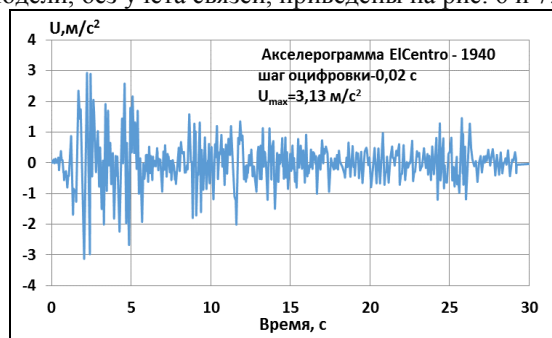


Рис. 3. Акселерограмма землетрясения El Centro (18.05.1940).

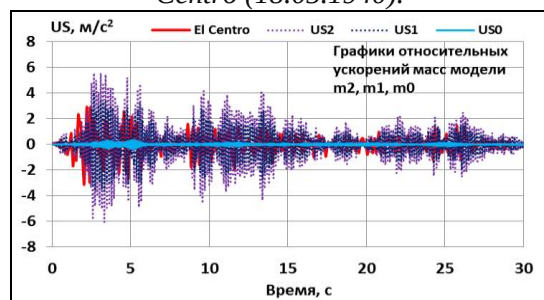


Рис. 4. Графики относительных ускорений масс модели m_0, m_1, m_2 .

Из полученных результатов следует, что максимальное ускорение m_0 $US_0 = 0,344 \text{ м/с}^2$, соответствует моменту времени $t = 5 \text{ с}$, а максимальные ускорения m_1 и m_2 соответственно равны: $US_1 = 3,65 \text{ м/с}^2$; $US_2 = 6,02 \text{ м/с}^2$. Эти значения ускорений возникают в моментах времени $t = 2,65 \text{ с}$ и $t = 3,31 \text{ с}$ соответственно.

Из графиков перемещений модели (рис. 5) следует, что максимальное перемещение возникает в точке приложения массы m_2 , где $W_2 = 0,392 \text{ см}$ и соответствует моменту времени $t = 2,64 \text{ с}$.

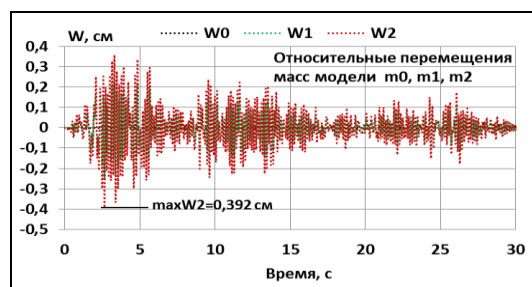


Рис. 5. График изменения перемещения модели.



Рис. 6. График сдвигающей силы в основании модели.

Из графика, приведенного на рис. 6 видно, что максимальное значение поперечной силы $Q = 11,1 \text{ тс}$, возникает при $t = 2,65 \text{ с}$. На рис. 7 показан график изменения опрокидывающего момента, возникающий в основании модели. Из этого графика следует, что наибольшее значение опрокидывающего момента $M = 26,4 \text{ тс} \cdot \text{м}$ возникает при $t = 2,65 \text{ с}$.



Рис. 7. График изменения опрокидывающего момента во времени.

Далее рассматриваются следующие виды расчетных схем модели: А - без связей; В - со связями только на первом этаже; С - со связями на первом и втором этажах; Д - со связями и с учетом податливости упругого основания; Е - схема Д с увеличением масс, где $m_1 = 2,515 \text{ тс}^2/\text{м}$ и $m_2 = 2,4598 \text{ тс}^2/\text{м}$; I - схема Е только с массой, где $m_2 = 2,4598 \text{ тс}^2/\text{м}$, а $m_1 = 0$. Были получены результаты динамического расчета для вышеуказанных расчетных моделей. В таблице приведены максимальные значения W_2, US_2, Q_0 и M_0 , полученных для различных расчетных схем.

Таблица результатов при различных схемах модели.

Расчетная схема	Перемещение W_z , см	Ускорение US_z , m/c^2	Сдвигающая сила, Q_b , тс	Опрокидывающий момент, M_b , тс·м
A	0,392	6,02	11,1	26,4
B	0,371	7,66	12,6	30,4
C	0,337	7,7	12,3	30,4
D	0,328	6,79	12,1	29,1
E	0,9676	8,045	31,03	80,28
I	0,9216	4,847	23,74	78,87

Из анализа результатов, приведенных в таблице, следует, что с увеличением жесткости модели (схемы A, B, C) уменьшается перемещение, а остальные параметры увеличиваются. Учет податливости основания (схема D) приводит к уменьшению всех параметров по сравнению с жестким основанием. Увеличение массы модели (схема E) примерно в 3 раза приводит к значительному увеличению исследуемых параметров. Переход к системе с одной степенью свободы (схема I) приводит к уменьшению всех параметров.

Выводы

На основе анализа полученных результатов можно сделать вывод. Разработанные алгоритм и компьютерная программа расчета позволяет исследовать динамические характеристики модели безригельного каркаса при различных видах расчетных схем. Учет податливости грунта основания, при других равных условиях, приводит к уменьшению как перемещения, так и ускорения в точке приложения массы m_2 .

Литература:

1. Низомов Д.Н. Исследование динамических параметров модели фрагмента здания на основе конструкции безригельного каркаса/ Д.Н. Низомов, Л.Ш. Шарипов, И.С. Муминов// Политехнический вестник, серия: инженерные исследования № 4 (44) - 2018. //Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими//Душанбе. - 2018. - стр. 170-175.
2. Л.Ш. Шарипов. Безригельный каркас из монолитного железобетона современное перекрытие для многоэтажных зданий: расчет и проектирование/Л.Ш. Шарипов., И.С. Муминов // Вестник Таджикского

технического университета им. акад. М.С. Осими № 2 (30) - 2015. //Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими//Душанбе. - 2015. - стр. 73-76.

3. Л.Ш. Шарипов. Безбалочное перекрытие для строительства многоэтажных зданий из монолитного железобетона/ Л.Ш. Шарипов., И.С. Муминов. // Вестник Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими № 4 (28)- 2014. //Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими//Душанбе 2014. – стр. 107-110.

ТАДҶИҚОТИ ЛАПИШҲОИ СЕЙСМИКИИ МОДЕЛИ СИНЧИ БЕБОЛОР

*И.С. Муминов, Ҷ.Н. Низомов,
Л. Шарипов, А.А. Хоҷибоев*

Дар мақола натиҷаҳои тадқиқоти характеристикаҳои динамикии модели синчи беболор аз таъсири акселерограммаи ҳақиқии заминчунбӣ оварда шудааст. Ба сифати таъсири беруна акселерограммаи ададикунонидашудаи El-Centro қабул карда шудааст. Инчунин бузургиҳои қувваҳои арзӣ ва моментҳои чапакунонда, ки дар асоси модел пайдо мешаванд, тадқиқ карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: акселерограмма, матритсаи массаҳо, шитоб, ҷойивазкунӣ, модели физикӣ, моменти чапакунонда.

RESEARCH OF SEISMIC OSCILLATIONS OF THE MODEL OF GIRDERLESS FRAME

*I. S. Muminov, D. N. Nizomov,
L. Sharipov, A. A. Hojibjev*

The article presents the results of study of the dynamic characteristics of a model of girderless frame on real earthquake accelerogram. As an external influence, the digitized accelerogram El Centro is adopted. The values of shear forces and overturning moments arising on the basis of the model are also investigated.

Key words: accelerogram, mass matrix, acceleration, displacement, physical model, tipping moment.

Сведения об авторах:

Муминов Ихтиёр Субхонкулович - ст. преп. каф. «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. ак. М.С. Осими. Тел.: 918966205. E-mail: imuminov86@gmail.com

Низомов Джахонгир Низомович – д.т.н., профессор, чл.-корр. АН РТ, заведующий лабораторией теории сейсмостойкости и моделирования. Тел: +992 919 35 57 34

Шарипов Лутфуллоджон – к.т.н., доцент кафедры «Промышленное и гражданское строи-

тельство» ТТУ им. ак. М.С. Осими. Тел: +992 981024646. E-mail: sharipov-1946@mail.ru

Ходжибоев Абдуазиз Абдусатторович – д.т.н., и.о. доцента кафедры ПГС ТТУ им.ак.М.С. Осими. Тел: +992 918 89 35 14 E-mail: abduazizhojibaev@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ И ДИНАМИЧЕСКОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ УЗЛА СТЫКА ПЛИТЫ С КОЛОННОЙ БЕЗРИГЕЛЬНОГО КАРКАСА СО СМЕШАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ

Статические испытания указанного узла поэтапной статической нагрузкой

Л.Ш. Шарипов, И.С. Муминов, А. Дж. Рахмонзода, И. Ш. Ашуров

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В работе приводятся результаты экспериментальных исследований статической работы и динамической несущей способности узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса из монолитного железобетона при смешанном армировании – АБП – базальт пластиковая арматура. Статическая нагрузка на фрагмент узла в натуральную величину прикладывается поэтапно. Срез плиты в плоскости колонн выполняется при помощи ударной (динамической) нагрузки.

Ключевые слова: статическая нагрузка, стык плиты, безригельный каркас, монолитный железобетон, динамическая нагрузка, штучный груз, схема трещин, прогибомер.

На полигон – лаборатории кафедры Промышленное и гражданское строительство ТТУ имени академика М.С. Осими проводится комплексное исследование статической работы и сейсмостойкости элементов и конструкций безригельного каркаса из монолитного железобетона. Основной узел каркаса – стык плиты с колонной выполнен в двух вариантах армирования обычной стальной арматурой и смешанным армированием с использованием композитной арматуры – АБП базальт пластиковая арматура (рис.1, рис.2 и рис.3).



Рис.1. Опорный столик – воротник с арматурными каркасами скрытой балки.



Рис.2. Конструкция опорного столика – воротника из уголка прокатного профиля с арматурными каркасами скрытой балки.

Опорный столик – воротник изготавливается из уголка прокатного профиля, размеры которой определяется величиной временных (полезных) нагрузок на плиту междуэтажного перекрытия [1,2].

Опорный столик – воротник надевают на рабочую арматуру колонны на уровне перекрытия, и сваркой объединяют с рабочей арматурой колонны.



Рис.3. Армирование узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса с комбинированной арматурой АБП – базальт пластиковой арматурой.



Рис.4. Колонна с выпуском рабочей арматуры для создания узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса из монолитного железобетона, готовый узел в натуральную величину.

Для проведения статических испытаний узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса была разработана схема расстановки статических измерительных приборов – прогибомеров часового типа ИЧ50 с нижней стороны плиты (рис.6).

В статических испытаниях узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса из монолитного железобетона получена нагрузка $27 \text{ кН/м}^2 = 2700 \text{ кг/м}^2$ без собственного веса плиты. С учетом собственного веса плиты эта нагрузка составит $31,0 \text{ кН/м}^2$. Нагрузка на погонный метр плиты $q = 3100 \cdot 3 = 9300 \text{ кг/м}$. Максимальный пролет плиты по диагонали $l_{\text{диаг.}} = 1,4 \cdot \sqrt{2} = 2 \text{ м}$. Тогда расчетный отрицательный момент в узле по приближенно принятой консольной схеме

$$M_{\text{эксп.}} = q l_{\text{диаг.}}^2 / 2 = 9300 \cdot 2^2 / 2 = 18600 \text{ кг} \cdot \text{м} = 18,6 \text{ тс} \cdot \text{м}.$$

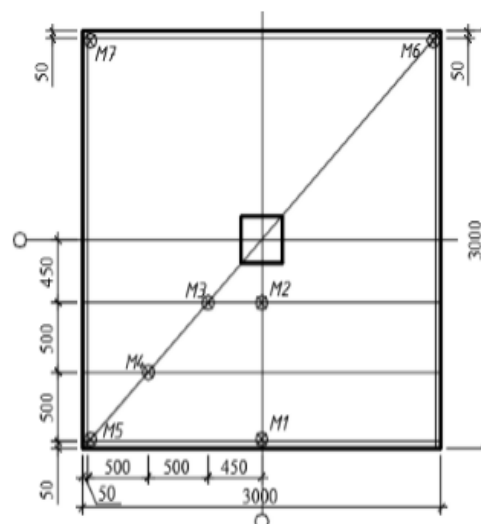
Из расчета рамы отрицательный момент в наиболее напряженном узле от постоянных и временных нагрузок $M_p = M_{\text{пост.}} + M_{\text{вр.}} = 10,94 + 4,15 = 15,1 \text{ тс} \cdot \text{м}$. Отсюда $M_{\text{расч.}} = 15,1 \text{ тс} \cdot \text{м} < M_{\text{эксп.}} = 18,6 \text{ тс} \cdot \text{м}$. Таким образом, статическая несущая способность узла, действительно обеспечена.

Расчетный отрицательный момент от особого сочетания нагрузок (включая сейсмическую) в указанном узле составляет:

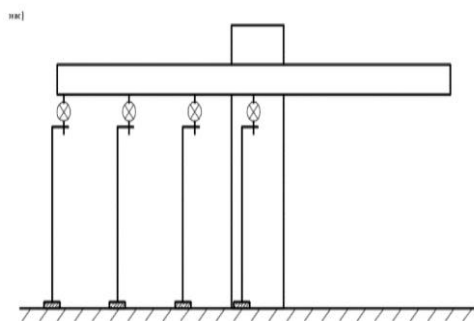
$$M_{\text{max}} = 15,1 + 13,72 = -28,82 \text{ тс} \cdot \text{м}.$$

$$Q_{\text{max}} = 11,13 + 8,79 = 19,9 \text{ т} \cdot \text{м/м}.$$

Этот момент (включая сейсмическую) должен быть проверен при динамических испытаниях.



а)



б)

Рис.5. Схема расстановки прогибомеров часового типа ИЧ 50 под плитой узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса при комбинированном армировании : а – схема расстановки прогибомеров ИЧ 50 под плитой; б – то же, в разрезе.



Рис.6. Прогибомеры часового типа ИЧ 50 установленные под плитой для измерения прогиба плиты при различных этапах статического нагружения.

Статический пригруз штучными бетонными блоками прикладывались поэтапно, после каждого этапа загрузки снимались отсчеты с измерительных приборов ИЧ 50.

Наблюдения за поведением натурального фрагмента единственного узла безригельного каркаса из монолитного железобетона показывает, что деформирование плиты происходит стабильно симметрично, с увеличением статической нагрузки растут прогибы плиты, наблюдается свойства ползучести бетона во время перерыва между этапами статического нагружения (рис. 10, 11, 12, 13, 14).



Рис. 7. Начало статических испытаний узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса; первый этап нагружения с учетом собственного веса плиты $6,25 \text{ кН/м}^2$.



Рис.8. Восьмой этап статических нагружений составила $22,0 \text{ кН/м}^2$.



Рис.9, 12 – этап статических нагружений при котором нагрузка составила $31,0 \text{ кН/м}^2$.

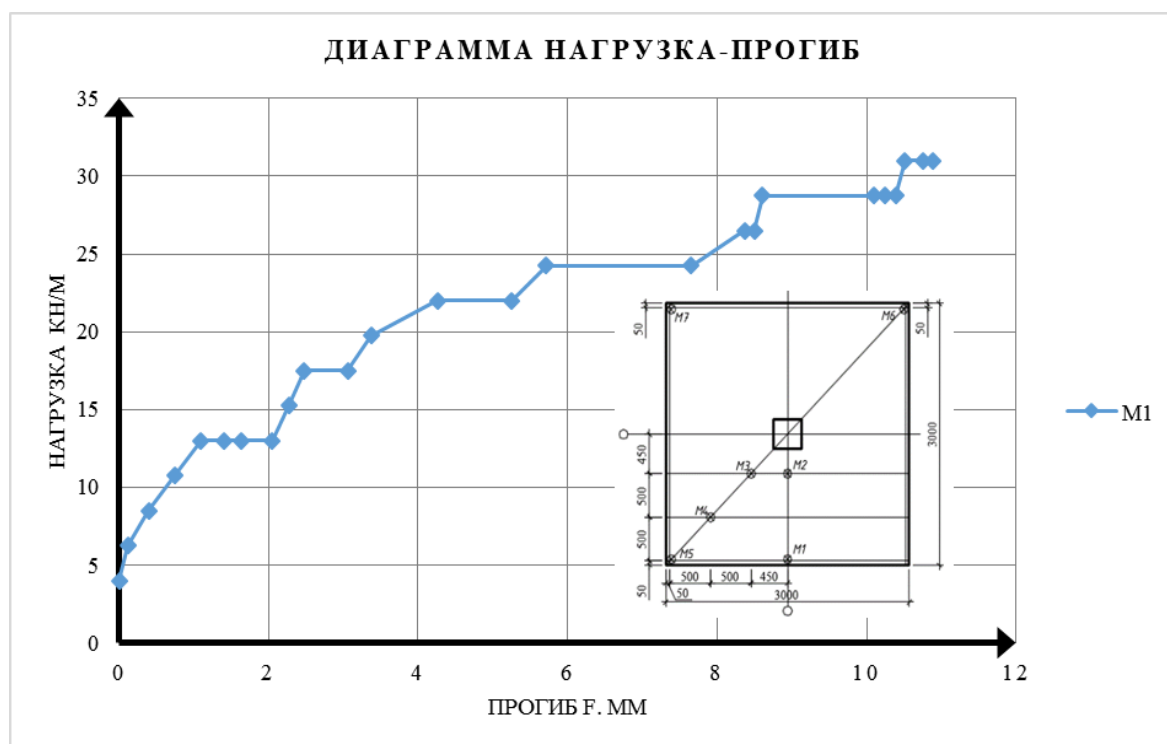


Рис. 10. Диаграмма нагрузка – прогиб плиты фрагмента узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса из монолитного железобетона со смешанным армированием АБП по ИЧ 50 – 1.

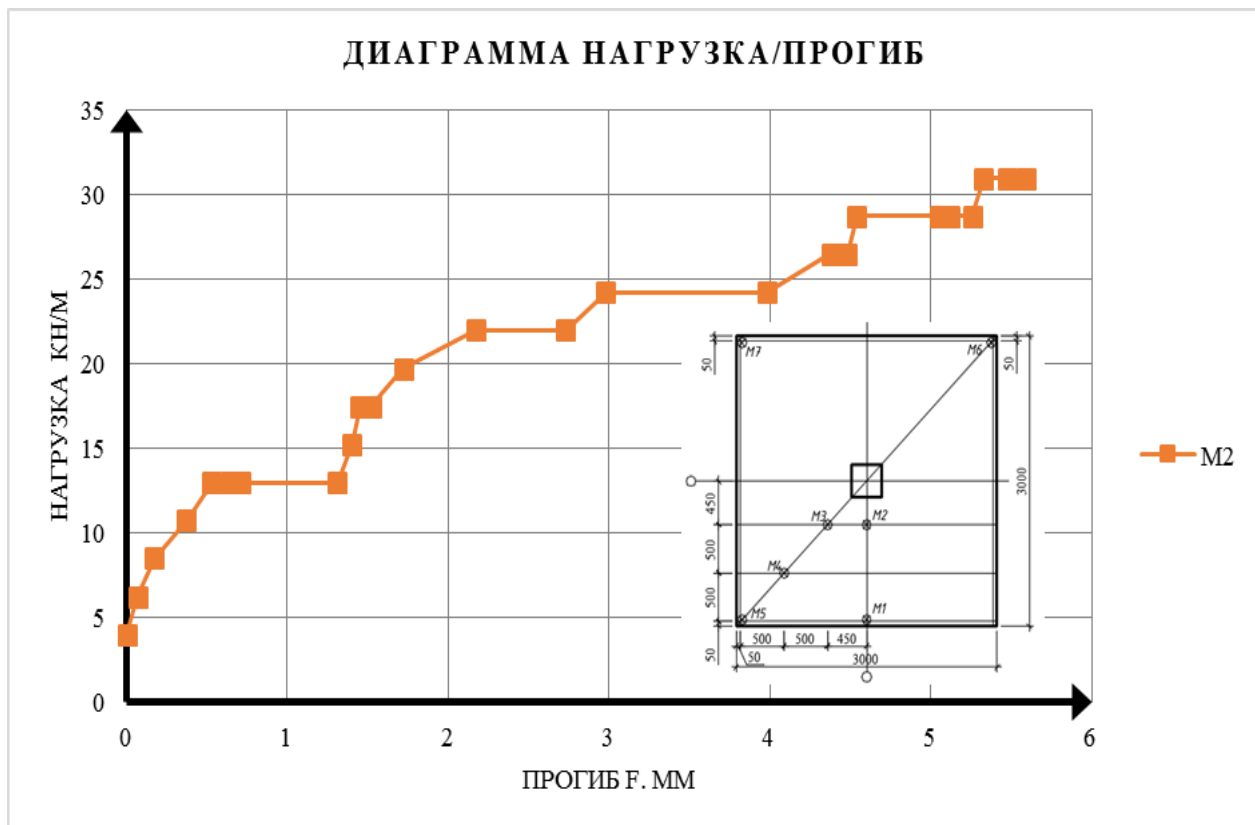


Рис. 11. Диаграмма нагрузка – прогиб плиты фрагмента узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса из монолитного железобетона со смешанным армированием АБП по ИЧ 50 – 2.

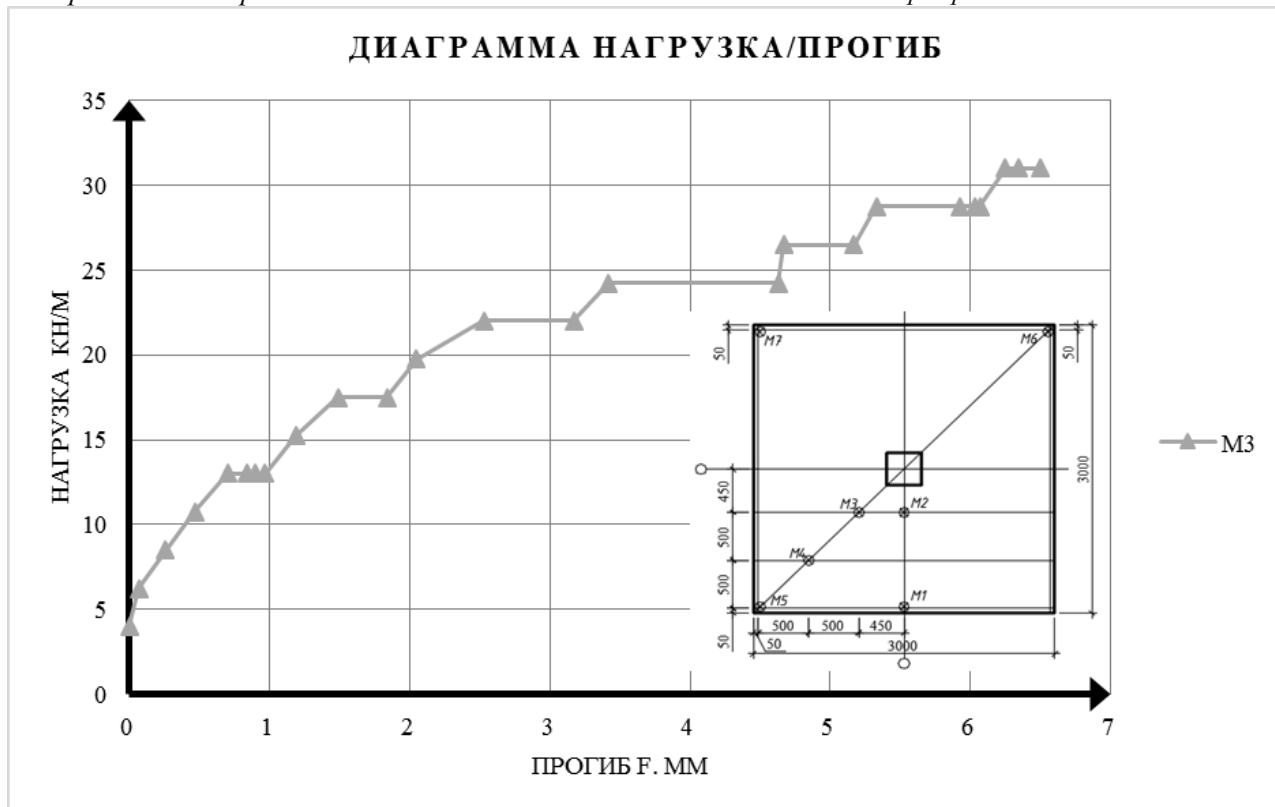


Рис. 12. Диаграмма нагрузка – прогиб плиты фрагмента узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса из монолитного железобетона со смешанным армированием АБП по ИЧ 50 – 3.

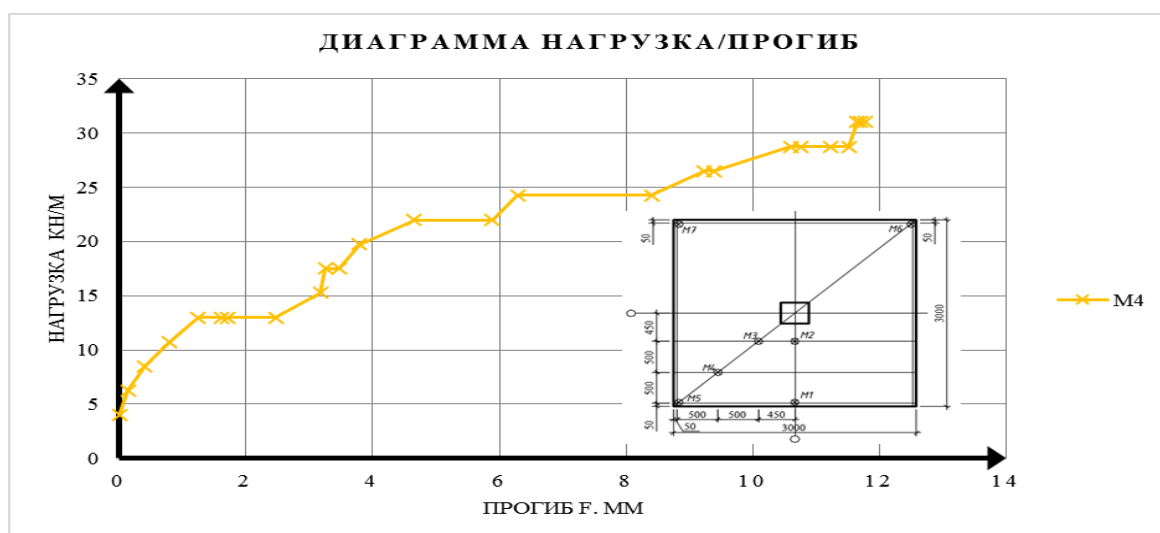


Рис. 13. Диаграмма нагрузка – прогиб плиты фрагмента узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса из монолитного железобетона со смешанным армированием АБП по ИЧ 50 – 4.

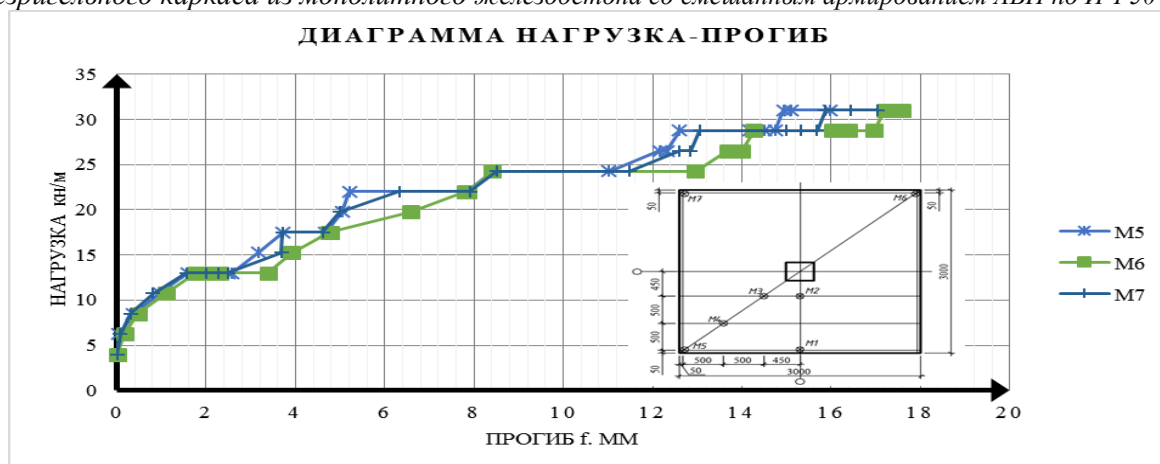


Рис. 14. Диаграмма нагрузка – прогиб плиты фрагмента узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса из монолитного железобетона со смешанным армированием АБП по ИЧ 50 – 5, 6, 7.

Выводы

1. Испытаниями натурального узла стыка плиты с колонной безригельного каркаса из монолитного железобетона смешанным армированием установлено, что статическая несущая способность единственного узла каркаса при действии равномерно распределенной нагрузки с учетом вертикальной составляющей сейсмической нагрузки обеспечено.

2. Стальной опорный столик-воротник, обеспечивающий соединения плиты с колонной безригельного каркаса оказалась надежным и при испытаниях не обнаружено повреждений в узле.

3. Начиная с четвертого этапа загрузений (13 кН/м^2 с учетом собственной массы плиты) образовались трещины в плите, которые дошли до края, ширина раскрытия составила $0,2 - 0,6 \text{ мм}$.

4. Деформации консольной плиты до нагрузки 13 кН/м^2 почти упругие; с увеличением нагрузки наряду с упругими начинают расти и пластические деформации плиты, при этом на

последнем этапе загрузений ($31,0 \text{ кН/м}^2$) они по углам составили до 17 мм .

Литература:

1. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями. – М.1979 г
2. Натурные испытания отдельных элементов, узла и фрагмента здания в безригельном каркасе «КУБ» для сейсмических районов. В журнале «Архитектура и строительства Узбекистана», №10, 1990 г. стр.33-35.
3. Л.Ш. Шарпиов. Безригельный каркас из монолитного железобетона современное перекрытие для многоэтажных зданий: расчет и проектирование/Л.Ш. Шарипов. И.С. Муминов. // Вестник Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими №2(30)-2015. //Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими//Душанбе 2015. -стр. 73-76.

4. Л.Ш. Шарипов. Безбалочное перекрытие для строительства многоэтажных зданий из монолитного железобетона/ Л.Ш. Шарипов. И.С. Муминов. // Вестник Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими №4(28)- 2014. //Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими//Душанбе 2014.-стр 107-110.

5. Шарипов Л. Безригельный каркас со смешанным армированием из монолитного железобетона для сейсмических районов/ Шарипов Л., Муминов И.С., Рафиев А. Дж. Рахмонзода А. Дж., Ашуров И.Ш. // Политехнический вестник, серия: инженерные исследования № 4 (44) - 2018. // Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими//Душанбе. - 2018. - стр. 183-188.

ТАДҶИҚОТИ КОРИ СТАТИКӢ ВА КОБИЛИЯТИ БОРБАРДОРИИ ДИНАМИКИИ БАНДИ ПАЙВАСТИ ПЛИТА БО СУТУНИ СИНЧИ БЕБОЛОР БО АРМИРОНИИ ОМЕХТА

**Л.Ш. Шарипов, И.С. Муминов,
А.Ҷ. Раҳмонзода, И.Ш. Ашуров**

Дар мақола натиҷаҳои тадқиқоти таҷрибаии кори статикӣ ва кобилияти борбардории динамикии банди пайвасти плита бо сутуни синчи беболор аз оханубетони монолитӣ бо армиронии омехта – АБП – арматураи базалт пластикӣ гирд оварда шудааст. Борҳои статикӣ ба намунаи аслии банди пайваст бо марҳилаҳои алоҳида гузошта мешавад. Буридашавии плита дар ҳамвории сутун бо воситаи бори зарбазании динамикӣ ба роҳ монда мешавад.

Калимаҳои калидӣ: бори статикӣ, пайвасти плита, синчи беболор, оханубетонӣ монолитӣ, бори динамикӣ, бори донагӣ, нақшаи тарқиш, хашишченкунак.

INVESTIGATION OF STATIC OPERATION AND DYNAMIC LOAD-BEARING CAPACITY OF THE JOINT UNIT OF PLATE WITH COLUMN OF FRIGLESS FRAME WITH MIXED REINFORCEMENT

**L.Sh. Sharipov, I. S. Muminov,
A.J. Rahmonzoda I. Sh. Ashurov**

The paper presents the results of experimental studies of the static operation and dynamic load-bearing capacity of the joint of plate with column of frigless frame made of monolithic reinforced concrete with mixed reinforcement – ABP – basalt plastic reinforcement. The full-size static load on the node fragment is applied in stages. Cut plate in the plane of the columns is performed by means of a shock (dynamic) loads.

Keywords: static load, slab joint, girderless frame, monolithic reinforced concrete, dynamic load, piece load, crack pattern, defibrometer.

Сведения об авторах:

Шарипов Лутфуллоджон –к.т.н., доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им.ак. М.С. Осими. Тел: +992 981 02 46 46

E-mail: sharipov-1946@mail.ru

Муминов Ихтиёр Субхонкулович - старший преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им.ак. М.С. Осими. Тел.:+992 918 96 62 05

E-mail: imuminov86@gmail.com

Рахмонзода Ахмаджон – к.т.н., и.о. доцента кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им.ак. М.С. Осими. Тел.:+992 904 05 50 10. E-mail: nisttu@mail.ru

Ашуров Идрис Шарифхонович -ассистент кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. ак. М.С. Осими. Тел.: 93 888 48 35. E-mail: idris.ashurov2016@mail.ru

УЧЕБНО-ЖИЛАЯ ГРУППА ПОМЕЩЕНИЙ УЧЕБНО-РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЦЕНТРА ДЛЯ ДЕТЕЙ С НЕДОСТАТКАМИ СЛУХОВОГО АППАРАТА

Н.Н.Хасанов, Н. К. Файзуллозода, Ф. Н. Хасанов

Данная статья посвящена вопросам формирования учебно-жилой группы помещений учебно-реабилитационного центра для детей с недостатками слухового аппарата, как его основного структурного элемента. В ней рассмотрены различные варианты планировочного решения учебно-жилой группы учебно-реабилитационного центра.

Ключевые слова: учебно-реабилитационный центр, учебно-жилая группа, функциональная схема, спальня, классы.

Одним из основных организационно-структурных элементов учебно-реабилитационного центра для детей с недостатками слухового аппарата (УРЦ для ДНСА) является учебно-жилая группа (УЖГ) [1].

Данный структурный элемент, определяет функциональную организацию внутренней жизненной среды РЦ для ДНСА и формирует предпосылки для осуществления важных функционально-экономических и социально-психологических процессов.

Воплотить в планировочное решение идею формирования данного организационно-структурного элемента – учебно-жилой группы можно следующим образом. На рисунке 1 приведена функциональная схема взаимосвязи помещений в этой группе. УЖГ в своем составе включает такие помещения основного функционального процесса, как учебные классы, помещения спален, помещение для отдыха и работы после занятий. А также в её состав входят помещения вспомогательного характера – туалеты, душевые, помещение гардероба-сушилки, комната для чистки одежды и обуви, кладовая и комната дежурного воспитателя.

Центральным объединяющим элементом учебно-жилой группы является помещение для отдыха и работы после занятий, которое

состоит из отдельно обособленных или объединенных помещений гостинную-рекреацию и игровую [1, 3].

С учетом медицинского профиля учебно-реабилитационного центра и возрастного состава воспитанников учреждения предлагаются следующие типы учебно-жилых групп:

Б) по объемно-планировочному решению:

А) по количеству классов (вместимости):

- на 2 класса для детей младшего возраста;
- на 4 класса для детей среднего и старшего возраста.

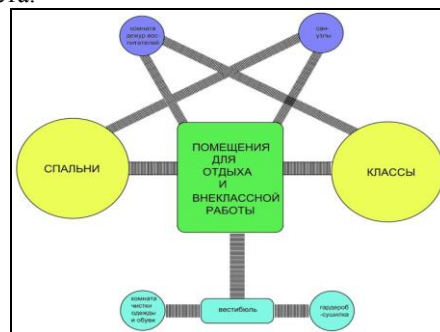


Рис.1. Схема функциональной взаимосвязи помещений в УЖГ.

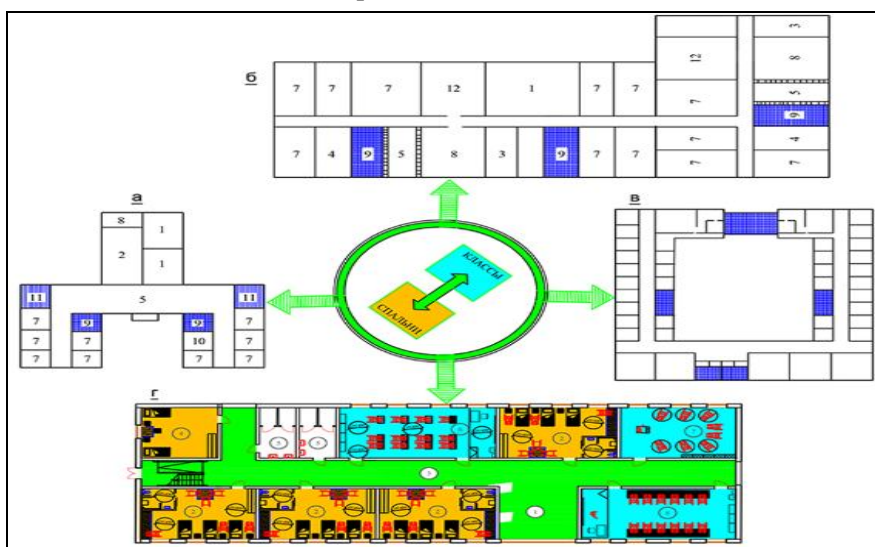


Рис.2. Учебно-жилая ячейка (построение по горизонтали).

а, б-ячейка для VI-IX классов спецшколы-интерната для детей с пораженным опорно-двигательным аппаратом (типовой проект 224-4-1) 1-класс; 2-гостиная-рекреация; 3-комната дежурного воспитателя; 4-кладовая; 5-гардероб; 6-сушильня; 7-спальня; 8-игровая; 9-санузел; 10-комната для чистки одежды и обуви; 11-веранда; 12-гостиная-столовая. в - Учебно-жилая ячейка специализированная школа-интернат №143 для детей инвалидов на 375 воспитанников в Гисарский районе; д - ячейка на два класса (проектное предложение

автора) 1-рекреация; 2-жилая помещения; 3-коридор; 4-комната дежурного воспитателя; 5-санузел; 6-класс; 7-игровая; 8-компьютерный класс.

Данный тип учебно-жилой группы используется в учреждениях методы обучения, которых формируются на основе закрепленных классных помещений. В учебно-реабилитационных центрах для детей с недостатками слухового аппарата, как и в других типах, специализированных учреждениях в старших, X-XII классах,

используется система кабинетного обучения. Здесь для воспитанников предусматривается группа спальных помещений, приближенная к учебным (лабораториям и кабинетам).

- горизонтальное расположение помещений, когда все помещения группы размещаются на одном этаже (рисунок 2);

- вертикальное расположение, когда в группе учебные и жилые помещения предусмотрены на разных этажах (рисунок 3).

При этом, выбор типа УЖГ по количеству воспитанников и объемно-планировочному решению должна быть основано на психофизиологических и возрастных данных учащихся проектируемого УРЦ.

Принципы проектирования, основанные на результатах практики учебного и экспериментального проектирования учебно-реабилитационных центров, предлагает ряд объемно-планировочных решений (вариантов) учебно-жилых групп.

Вариант 1. Двухклассная УЖГ состоит из следующих помещений:

- двух учебных помещений, с гостиной-рекреацией с пристроенной к ней игровой;

- жилых комнат, отдельных для мальчиков и девочек;

- санузлов; комнаты чистки одежды и обуви, а также комнаты дежурного воспитателя. Учебные и жилые помещения связаны между собой вестибюлем с верандами. Все помещения группы размещены на одном этаже (рисунок 2, а).

Такая планировка учебно-жилой группы может быть применено для всех типов учебно-реабилитационных центров, независимо от медицинского профиля и обеспечивает достаточную изолированность учебной части от жилой с учетом пола воспитанников. С другой стороны, все помещения такой группы имеют необходимую связь между собой. Например, из жилых и учебных помещений без труда можно попасть на веранды или изолированный внутренний двор учреждения.

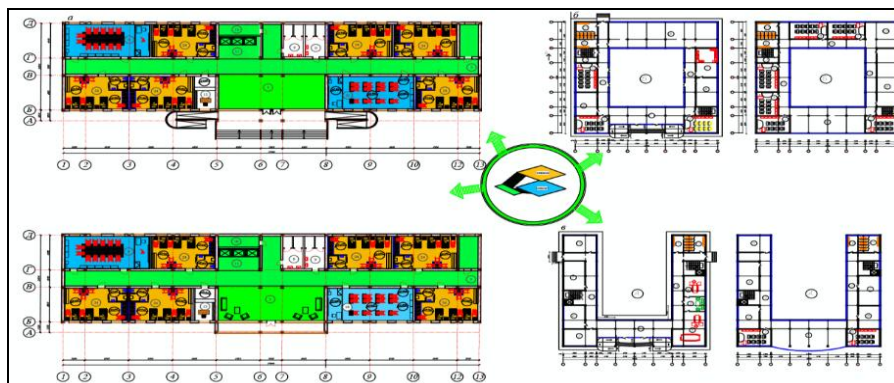


Рис.2. Учебно-жилая ячейка (построение по вертикали).

а-ячейка на два класса для детей с пораженным опорно-двигательным аппаратом (проектное предложение автора), б-ячейка для VI-IX классов спецшколы-интерната для детей с пораженным опорно-двигательным аппаратом в - учебно-жилая ячейка специализированная школа-интернат №143 для детей инвалидов на 375 воспитанников в Гисарский районе.

Вариант 2. УЖГ на четыре учебных класса (рисунок 2, б), с объемно-планировочным решением, рассчитанным для воспитанников среднего возраста.

Планировка такой учебно-жилой группы разработана таким образом, что её одна сторона отведена под учебные помещения с рекреацией, помещение для индивидуальных занятий воспитанников и гардероб с

сушильным оборудованием. С двух других сторон, к классам примыкают два отсека спальных помещений, для мальчиков и девочек со своими туалетами и душевыми, хозяйственными помещениями и лоджиями. Группа отличается четким разделением комнат на функциональные зоны и определенность коммуникаций. Внутренний рекреационный дворик защищен от ветра и огражден стенами, что также учитывает специфику заболевания воспитанников учреждения.

Вариант 3. УЖГ на 4 класса (рисунок 3, а) основана на решение типового проекта спецшколы-интерната для детей с нарушением опорно-двигательного аппарата, разработанным Киевским зональными научно-исследовательским институтом экспериментального

проектирования ещё в 80-тые годы прошлого столетия.

В данном проектном решении учебные классы, помещение гостиной-рекреации, хозяйственные помещения, кабинет дежурного воспитателя, а также вестибюль с гардеробом-сушилкой расположены на первом этаже.

На 2-ом этаже расположены помещения спален, крытые террасы для сна на открытом воздухе, помещения для чистки одежды и обуви, кабинеты для индивидуальных занятий воспитанников и холлы. Туалетные предусмотрены на 1-ом этаже, а душевые комнаты на 2-ом этаже.

В качестве связующей коммуникации между этажами служат пандусы, а для чрезвычайных ситуаций и перевозки оборудования и инвентаря запроектирован лифтовой узел.

Планировочная структура выполнена с расположением всех основных помещений группы вокруг внутреннего, защищенного от ветра двора, используемого для проведения занятий по лечебной гимнастике и перемен между уроками.

Вариант 4. Учебно-жилая группа на два класса (рисунок 3, д). Объемно-планировочные элементы группы размещены в двух этажах.

На 1-ом этаже группы размещены два класса с гостиной-рекреацией и помещение гардероб-сушилky, а также хозкладовый. На этом же этаже размещён кабинет дежурного воспитателя. Жилая часть со всеми спальными помещениями расположены во втором этаже. Спальни для мальчиков и для девочек разделяются игровой комнатой. Туалетные и душевые комнаты пристроены к помещению лестницы.

Такая схема планировки УЖГ имеет рациональное компактное решение. Она рекомендуется только для детей младшего

Вариант 5. Спаренные 2-х классные УЖГ, построенные по горизонтали (рисунок 2, г), предусматриваются для воспитанников среднего и старшего возраста, с обязательным четким разделением по полу. Данное решение можно полноценно осуществить при расположении учебных классов и помещений спален на разных этажах. Следует отметить, что учитывая требования медицинского процесса по осуществлению углубленной дифференциации контингента воспитанников учебно-реабилита-

ционных центров, которое выражается в преимуществе двух классной группы перед четырёх классной, а также в преимуществе горизонтальных связей перед вертикальными, разработчиками типового проекта спецшколы-интерната для глухих, слабослышащих и детей с тяжелыми нарушениями речи (шифр 224-4-4) применена система из 2-х спаренных двух классных групп. Группы взаимно связаны размещением в одной из них спален только для девочек, в другой - для мальчиков, что позволяет достичь необходимую изоляцию спален ночью с возможностью использования их для отдыха и индивидуальных занятий в дневные часы [2].

Охарактеризованные выше варианты решения УЖГ могут обеспечить независимые условия для проведения учебно-воспитательной и оздоровительной работы среди учащихся, с учетом их возрастных особенностей, характером и степенью заболеваний. Другими словами они отвечают требованию медико-педагогического процесса о важности углубленной дифференциации контингентов воспитанников. В УЖГ обеспечиваются незначительные по длине коммуникации между жилыми и учебными помещениями. Учебно-жилая группа в полне может обеспечивать возможность проведения всех перемен между уроками на свежем воздухе, во дворе или верандах, а расчетная время эвакуации из здания не превышает 1 минуты, которая обеспечивается следующими факторами:

- размещением в группах учебных классов на 1-м этаже;
- использованием гардеробов рассредоточенного типа;
- обеспечение самостоятельного выхода во двор из каждой УЖГ.

Туалеты и душевые размещаются в непосредственной близости к учебно-жилым помещениям, что может устранить их дублирование.

Литература:

1. Шокиров Р.М., Зоиров Э.К., Хасанов Н.Н. Учебно-жилая группа помещений социальных комплексов. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - г. Душанбе: 2018. - Т. 1. №4 (44). С. 210-213.
2. Хасанов Н.Н. Формирование архитектурно-пространственной среды

социальных комплексов.// Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - г. Душанбе, 2018. - Т. 1. №4 (44). С. 196-200.

3. Хасанов Н.Н., Шокиров Р.М., Ахмад Джовид. Принципы проектирования социальных комплексов для детей с ограниченной функциональной возможностью. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - г. Душанбе: 2019. - Т. 1. № 1 (45). С. 125-130.

ГУРҶҲИ ХУЧРАҲОИ ТАЪЛИМӢ-ИСТИҚОМАТИИ МАРКАЗИ ТАЪЛИМӢ-ТАВОНБАХШӢ БАРОИ КӢДАКОНИ НУҚСОНИ УЗВҲОИ ШУНАВОИДОШТА

*Н.Н. Ҳасанов, Н.Қ. Файзуллозода
Ф.Н. Ҳасанов*

Мақолаи мазкур ба масъалаҳои ташаккули гурӯҳи хучраҳои таълимӣ-истикоматии маркази таълимӣ-тавонбахшӣ барои кӯдакони нуқсони узвҳои шунавоидошта бахшида шудааст. Дар он намудҳои гуногуни ҳалли тарҳии гурӯҳи хучраҳои таълимӣ-истикоматии маркази таълимӣ-тавонбахшӣ мавриди баррасӣ ва омӯзиш қарор гирифтаанд.

Калимаҳои калидӣ: маркази таълимӣ-тавонбахшӣ, гурӯҳи таълимӣ-истикоматӣ, нақшаи функционалӣ, хучраи ҳоб, синфҳо.

EDUCATIONAL RESIDENTIAL GROUP OF CHILDREN'S RESEARCH AND REHABILITATION CENTER FOR CHILDREN WITH DISADVANTAGES OF THE HEARING AID

*N. N. Khasanov, N. K. Fayzullozoda,
F. N. Khasanov*

This article is devoted to the formation of the educational-living group of the premises of the educational and rehabilitation center for children with hearing impairments, as its main structural element. It considers various options for the planning decision of the educational-residential group of the educational and rehabilitation center.

Keywords: training and rehabilitation center, training and living group, functional diagram, bedroom, classes.

Сведения об авторах:

Хасанов Нозимшо Назокатшоевич – канд. арх., доцент ТТУ им. ак. М.Осими.

Тел: +992 907 70 07 12. Email: kapitelh@mail.ru

Файзуллозода Нусратулло Кудратулло – архитектор, соискатель института водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ. Тел: +992 2222320. Email: aaaa.bbbb81@mail.ru

Хасанов Фирдавс Нозимшоевич – архитектор первой категории ОАО “Шахрофар” Комитета по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан. Тел: +992 902 00 00 89. Email: kapitelh@mail.ru

РАСЧЕТ БАЛКИ-СТЕНКИ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Р. Р. Саидов, Б. Дж. Фаттоев

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье изложены результаты численного решения задач консольной балки-стенки с отверстием на упругом основании с тремя коэффициентами постели, методом сосредоточенных деформаций. Результаты расчета весьма ценны для проектирования несущих систем многоэтажных зданий.

Ключевые слова: балка-стенка, метод сосредоточенных деформаций, упругое основание, нормальное напряжение.

При проектировании сооружений, которые взаимодействуют с податливым основанием, постоянно возникает проблема представления информации о механических свойствах грунтового массива основания в общей расчетной модели сооружения и основания. Одной из наиболее часто используемых

расчетных моделей является модель упругого основания. Но при этом возникает проблема выбора коэффициентов постели такого основания, более или менее адекватно отражающих реальные свойства грунтового массива. К сожалению, ни один нормативный документ не дает рекомендаций по определению коэффициентов постели даже в простейшем случае однородного грунтового массива, не говоря уже о наиболее часто встречающемся многослойном основании.

Пусть на балку-стенку действует горизонтальная и вертикальная сосредоточенные силы P_x, P_y , а также момент M_y , тогда соответствующие коэффициенты жесткости упругом основании представляются в виде [1,2,4]:

$$K_x = \frac{\omega_y E}{\sqrt{A(1 - \mu\omega_x)(1 + \mu)}}, \quad K_y = \frac{\omega_y E}{\sqrt{A(1 - \mu^2)}},$$

$$K_\phi = \frac{\omega_\phi E}{\sqrt{A(1 - \mu^2)}}, \quad (1)$$

где $\omega_x, \omega_\phi, \omega_y$ - безразмерные коэффициенты, определяемые в зависимости от соотношения сторон подошвы фундамента;

ν_0 - коэффициент Пуассона грунта основания;
 A - площадь подошвы фундамента;
 E_0 - модуль деформации грунта. Действующим СНиП 2.02.05-87 для проектирования фундаментов под машин с динамическими нагрузками рекомендуется по формулам (1) определять коэффициенты упругого основания только при значениях площади подошвы фундамента $A \leq 10 \text{ м}^2$, а при $A \geq 10 \text{ м}^2$, следует принимать значения K_x, K_ϕ, K_y постоянными

$$K_x = 0,7 K_y; \quad K_\phi = 2 K_y, \quad (2)$$

Рассмотрим расчет балки-стенки с отверстием на упругом основании с отношением сторон 1:1 под действием горизонтальной нагрузки Q , равномерно распределенной по вертикальной грани (рис.1).

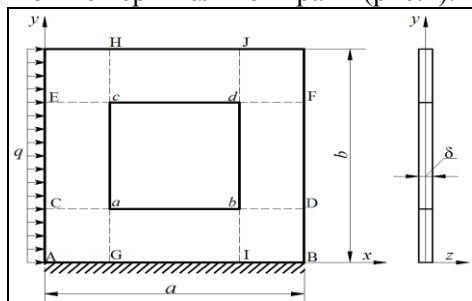


Рис. 1. Консольная балка-стенка с отверстием.

На этой тестовой задаче исследуется результаты численных экспериментов, полученных для балки-стенки на упругом основании. В таблице 1 приведены результаты расчета балки-стенки без отверстия на упругом основании, полученные методом сосредоточенных деформаций (МСД), при различных разбиениях. Результаты получены при следующих данных коэффициентов [3]:

$$K_y = 4 \cdot 10^3 \text{ тс/м}^3, \quad K_\phi = 8 \cdot 10^3 \text{ тс/м}^3, \quad K_x = 2 \cdot 10^3 \text{ тс/м}^3.$$

В таблице 1 сравниваются результаты расчета балки-стенки без отверстия на упругом и жестко защемленном основании. Сравнение результатов, полученных на сетке 20x20, показывает, что нормальные напряжения на контактной границе уменьшаются примерно в 3 раза по сравнению с жестким основанием. Горизонтальные перемещения в точках G и H увеличиваются более чем в 3 раза по сравнению жестким основанием.

В таблице 2 численные результаты расчета балки-стенки на упругом основании с отверстием при различных разбиениях сравниваются с данными аналогичного расчета на жестком основании.

Сравнение результатов, полученных на сетке 20x20 показывает, что нормальные напряжения для угловой точки А, на контактной границе, уменьшаются примерно в 5 раз по сравнению с жестким основанием, а касательные напряжения - примерно в 1.5 раза. В таблице 3 представлены результаты напряженного состояния в угловых зонах контура отверстия балки-стенки на жестком основании и на упругом основании.

Таблица 1.

Сравнение результатов расчета балки-стенки.

Схемы опирания балки-стенки	σ_{yA}	σ_{yB}	τ_{xyA}	τ_{xyB}	u_{xG}	u_{xH}
На упругом основании	2,430	-2,88	-1,10	-0,860	8,691	8,451
На жестком основании	6,650	-6,91	-1,27	-0,443	2,658	2,414

Таблица 2.

Сравнение результатов расчета балки-стенки с отверстием.

Метод	Сетка	На жестком основании				На упругом основании			
		σ_{yA}	σ_{yB}	τ_{xyA}	τ_{xyB}	σ_{yA}	σ_{yB}	τ_{xyA}	τ_{xyB}
МСД	16x16	6,96	-4,68	-1,08	-0,25	1,29	-1,08	-0,67	-0,52
	20x20	7,79	-5,24	-1,21	-0,35	1,67	-1,39	-0,73	-0,54

Таблица 3.

Нормальные напряжения в угловых точках отверстия.

Сетка	На жестком основании				На упругом основании			
	$\sigma_{y,(a)}$	$\sigma_{y,(b)}$	$\sigma_{y,(c)}$	$\sigma_{y,(d)}$	$\sigma_{y,(a)}$	$\sigma_{y,(b)}$	$\sigma_{y,(c)}$	$\sigma_{y,(d)}$
16x16	-4,32	3,75	3,69	-3,07	-2,44	2,47	2,69	-2,24
20x20	-5,58	-4,54	4,01	-3,67	-3,27	3,14	3,33	-2,96

Выводы

Полученные результаты в балке-стенке, опирающиеся на упругом основании от действия равномерно распределенной нагрузки действующая на вертикальной грани показывают, что прогиб увеличивается значительно больше, чем в балке-стенке на жестком основании, а интенсивность нормальных напряжений уменьшается.

Литература:

1. М.И. Горбунов-Посадов, Т.А. Маликова, В.И. Соломин. Расчет конструкций на упругом основании М.: Стройиздат, 1984 г, стр. 323.
2. Пастернак П.Л. Основы нового метода расчета фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели М.: Госстройиздат, 1954г, стр. 236
3. Низомов Д.Н, Каландарбеков И. Метод сосредоточенных деформаций Душанбе, "Дониш", 2015, стр. 436
4. Саидов Р.Р. Фаттоев Б.Дж. Расчет консольной балки-стенки на упругом основании методом сосредоточенных деформаций. Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. №2 (38) – 2017 г., стр. 102–107.

ХИСОБИ БОЛОР – ДЕВОРИ БА АСОСИ ЧАНДИР ТАКЯКУНАНДА БО УСУЛИ ДЕФОРМАЦИЯҲОИ МУТАМАРКАЗОНИДАШУДА Р.Р. Саидов, Б.Ҷ. Фаттоев

Дар мақола натиҷаҳои ҳалли адабии болор – девори ба асоси чандирии се коэффициент

постелдошта такакунанда, ки бо усули деформатсияҳои мутамарказонидашуда иҷро карда шудааст. Натиҷаҳои ҳисоб барои лоиҳакашии системаҳои борбардори биноҳои бисёрқошёна аҳамияти калон дорад.

Калимаҳои калидӣ: болори девор, усули деформатсияҳои мутамарказонидашуда, асоси чандирий, шиддати нормалӣ.

CALCULATION OF A BEAM-WALL ON AN ELASTIC BASE BY THE METHOD OF CONCENTRATED DEFORMATIONS

R. R. Saidov, B.J. Fattoev

The article presents the results of numerical solution of the problems of a cantilever beam-wall with a hole on an elastic base with three bed coefficients, using the method of concentrated deformations. The calculation results are very valuable for the design of load-bearing systems of multi-storey buildings.

Keywords: beam-wall, method of concentrated deformations, elastic base, normal stress.

Сведения об авторах:

Саидов Римохиддин Раджабович – старший преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими, Тел: +992 93 548 55 65
E-mail: rimokhiddin@mail.ru

Фаттоев Баходур Джабборович.
Email: baho2052@mail.ru

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДА ДУШАНБЕ

Р.С. Мукимов, С.М. Мамаджанова

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье раскрываются вопросы устойчивого развития города Душанбе. Отмечается, как Душанбе из небольшого селения в предгорьях Гиссарского хребта за 90 лет превратился в крупный индустриальный, культурный и научный центр Республики Таджикистан. Акцентируется внимание на приоритетные направления устойчивого развития города: промышленность,

озеленение, водоснабжение и транспортную структуру. Раскрывается план реализации нового генерального плана Душанбе, утвержденного в апреле 2017 года.

Ключевые слова: устойчивое развитие, архитектура, потенциал города, благоустройство, озеленение, транспортная структура, водоснабжение, водные ресурсы, исторические традиции, Республика Таджикистан.

Таджикистан — страна, воспетая величайшими поэтами древности Абуабдулло Рудаки, Абулкасимом Фирдоуси, Абмансуром Дакики, страна многочисленных творений безвестных зодчих, уникальных памятников архитектуры и изобразительного искусства, страна высочайших горных хребтов с заснеженными вершинами и высокогорными долинами Памира, изумрудно зеленых оазисов-садов, бурных многоводных рек. Сегодня эта древняя земля ариев, согдийцев, саков, уструшанцев и бактрийцев переживает свое возрождение, что связано с суверенизацией Республики Таджикистан, поиском своего национального лица и своеобразия. Ярким свидетельством этого возрождения является его столица – Душанбе. Остановим наше внимание на этом городе, который как в зеркале отражает все проблемы, присущие другим городам Республики Таджикистан, в том числе и устойчивое и неуклонное развитие.

Душанбе справедливо считают молодым и древним. Его возраст как древнее поселение, по сведениям ученых, насчитывает 2300 лет[1]. Как молодая столица Таджикистана, городу всего 95 лет. В 20-х годах прошлого столетия небольшой, разрушенный полностью гражданской войной, кишлак Душанбе имел население около 500 человек. В октябре 1924 года он был избран столицей Таджикской республики, и сюда в конце 1924 года впервые прибыл революционный комиссариат Таджикской АССР[2, с. 60]. Однако, несмотря на заброшенность Душанбе, этот населенный пункт в древности и раннем средневековье был транзитным перевалом одной из трасс Великого Шелкового пути для торговых караванов, везущие на верблюдах диких товаров из Индии, Китая, Ирана в страны Европы [3, с.157-164].

Вот какой предстала будущая столица перед побывавшим здесь Борисом Ниловичем Литвиновым, одним из представителей русского военного востоковедения. Он писал в журнале «Исторический вестник» за 1904 год следующее: «...В настоящее время Душанбе представляет собой бедный гиссарский город, вытянувшийся вдоль Варзоба и насчитывающим немногим более 500 дворов населения, в громадном большинстве таджиков. Бедные глинобитные сакли и дувалы перемежаются с

великолепными фруктовыми садами; на краю города дома крыты как в кишлаках – двухскатной камышовой крышей; в центре же, возле полуразрушенной, такой же глинобитной крепости, – дома более чистые...»[4, с.698-729].

В городе в ту пору не было ни светских школ, ни медицинских и культурных учреждений, но был базар и по дню базарного дня – понедельник – город назывался «Дюшанбе».

Молодая столица Таджикской Автономной Советской Социалистической Республики после установления советской власти в Восточной Бухаре, еще ряд лет оставалась захолустным населенным пунктом. Мирзо Турсун-Заде, народный поэт, видный государственный, общественный и политический деятель Таджикистана так вспоминал о своем первом знакомстве в 20-х годах прошлого столетия со столицей: «Мне говорили, что я приехал в город, а увидел я лишь несколько полуразвалившихся кибиток среди грязных пустырей. Меня привезли в столицу республики, оказался же я среди пустыря, окруженного горами»[5, с. 16-31]. Долгое время Дом правительства находился в одноэтажном глинобитном сарае, здесь работало руководство республики во главе с председателем ЦИК Нусратулло Максумом (Лутфуллаевым), а также размещались народные комиссариаты – юстиции и финансов.

Так начиналась новая жизнь, новая история древнего поселения. Новая власть была полна оптимизма и решимости коренных преобразований не только в крае, но и в самом городе, которому предстояло стать крупным центром политической и культурной жизни республики.

За годы советской власти Душанбе стал крупным индустриальным центром. В столице было построено более ста предприятий таких отраслей, как машиностроение, металлообработка, легкая промышленность. Более 60 видов их продукции – ткацкие станки и холодильники, гидроаппаратура для сельхозмашин и нефтяное оборудование, хлопчатобумажные и шелковые ткани, трикотажные и кожаные изделия, многие другие товары – экспортировались в 50 государств мира. Немалая часть продукции

производилась предприятиями пищевой промышленности.

В Душанбе было сосредоточено около 40 процентов промышленного потенциала республики и проживало почти четверть всего ее населения. Важную роль в сфере экономики Таджикистана играли такие крупнейшие душанбинские предприятия, широко известные за пределами республики, как заводы «Таджиктекстильмаш», «Таджикгидроагрегат», шелкокомбинат, цементный, швейное объединение имени Зайнаб-биби. Особое место в трудовой жизни столицы занимал такой супер-гигант как Душанбинское хлопчатобумажное объединение, целый город-комбинат, на котором было занято свыше 10 тысяч работников. Объединение имело устойчивые связи с партнерами в России и на Украине, в Казахстане и Узбекистане, Грузии и Армении, Туркмении и Киргизии.

Современный Душанбе — город, в котором чувствуется дыхание Азии, и одновременно это динамично развивающийся город с его скверами, парками, садами, высотными зданиями, историческими и культурными достопримечательностями. С каждым годом город развивается, обретает новый облик. И это благодаря всесторонней поддержке Президента Республики Таджикистан Эмомали Рахмона и Председателя города Душанбе Рустами Эмомали.

Одним из приоритетных направлений деятельности Исполнительного органа государственной власти города является озеленительные и реставрационные мероприятия, используя при этом передовой опыт выращивания растений, кустарников и цветов в сотрудничестве с национальными и зарубежными экспертами.

В настоящее время в столице насчитывается более 16 культурных и развлекательных парков, зоологический сад и сервисный центр «Обшорон», которые находятся на должном уровне, обеспечивая культурно-развлекательными и культурно-образовательными мероприятиями жителей и гостей столицы. В 2018 году было возведено и реконструировано 48 скверов, которые стали популярными местами отдыха для жителей и гостей столицы. И это имеет устойчивый характер. Так, согласно постановлению по дальнейшего развития улиц и проспектов

столицы Председателя города Душанбе от 28 августа 2017 года «Об утверждении Плана мероприятий по посадке деревьев и кустарников, сезонных и многолетних цветов в осенний сезон 2017 года и весенний сезон 2018 года», за это время было произведена посадка 52-х тысяч 512 кустов и кустарников и 3-х миллионов 881 тысячи 738 единиц сезонных и многолетних цветов[6].

При общем дефиците городских территорий, не увеличивая площадь города за счет сельскохозяйственных угодий, прилегающих сельских земель, город стремится обеспечить развитие города как крупного центра агломерации республики.

В новой корректировке генерального плана Душанбе, утвержденного по инициативе нового председателя города Рустами Эмомали в апреле 2017 года, особо отмечено об ограничении роста городских территорий при интенсивном росте городского населения. Проектировщики, а это Московский институт «Гипрогор», предоставили для рассмотрения градостроительного совета при главном архитекторе Душанбе три варианта развития городских территорий: на север, восток и в южном направлении. Творческая общественность и специалисты, рассмотрев эти варианты, пришли к выводу о том, что наиболее перспективным для Душанбе является южное направление, до реки Кофарнихон (пойма реки Варзоб-Душанбинка), протекающей с востока на запад. Это наиболее неудобные для сельскохозяйственного возделывания земли и наиболее благоприятные как по микроклиматическим, так и по почвенным условиям территории для строительства нового подцентра города[7].

Город с каждым годом, несмотря на ограниченность земельных ресурсов, растет по площади. Так, в 2025 году территория Душанбе с 12,7 тысячи гектаров увеличится на половину — до 18 тысяч гектаров. А к 2040 году столица разрастется более чем в два раза и составит 30 тысяч гектаров за счет освоения непригодных для сельского хозяйства территорий.

Сегодня Душанбе – это самый крупный научно-культурный, политический, экономический, промышленный и административный центр страны. В городе, согласно генплану, возводится рентабельное жилье. В столице

появились новые высотные здания: жилой комплекс «Пойтахт-80», бизнес-центр «Душанбе-Плаза», новые здания Национальной библиотеки и музея, городской сад имени Рудаки с его скульптурой. Была возведена стела с новым гербом, а в 2011 году построен на тот момент самый высокий флагшток в мире высотой 165 метров.

Поскольку большая часть населения Земли концентрируется в городах, население испытывает возрастающую нагрузку и риски для устойчивого развития, в том числе в сфере жилья, инфраструктуры, продовольственной безопасности, здравоохранения, образования, рынка труда, окружающей среды и общей безопасности. Таджикистан же пока ещё остаётся быть аграрной страной, где городское население составляет около четверти населения. Однако уже в городе ощущается влияние урбанизации, что отражается на транспортных сети, водоснабжение, плотность населения в жилых кварталах и другом.

Сейчас одним из приоритетных задач устойчивого развития Душанбе является снабжение города чистой питьевой водой. Поэтому именно здесь был проведен ряд мероприятий по воде. Уже 9-11 августа 2016 года в Душанбе прошел международный симпозиум высокого уровня по Шестой Цели устойчивого развития (ЦУР 6) и целевым задачам «Достижение всеобщего доступа к воде и санитарии». Мероприятие было проведено по инициативе правительства РТ совместно с Департаментом ООН по экономическим и социальным вопросам (UN-DESA) при поддержке Программы развития ООН, ОБСЕ, Всемирного Банка и других международных и региональных организаций. В Симпозиуме приняло участие около 500 человек из 90 государств мира, в том числе из 47 международных и региональных организаций, таких как ШОС, СНГ, ЭКО, Всемирный Банк, Красный Крест. Участники Симпозиума обменялись опытом в области инновационной практики по улучшению доступа к воде, санитарии и гигиене, а также обсудили меры для повышения эффективности водопользования и сокращения загрязнения водных ресурсов. В целом мероприятие стала площадкой для обсуждения путей выполнения Целей устойчивого развития и целевых задач, в том числе, в рамках инициированного Таджикистаном очередного международного десятилетия под названием «Вода для устойчивого развития»[8].

В связи с этим 20-22 июня 2018 г. в Душанбе состоялась Международная конференция высокого уровня по Международному десятилетию действий «Вода для устойчивого развития». В работе Конференции принимали участие более 1500 делегатов из более 120 стран мира, а также более 150 специалистов и работников средств массовой информации. Конференция была организована Правительством Республики Таджикистан в сотрудничестве с Организацией Объединенных Наций (ООН) и другими партнерами [9]. Этим самым «...Республика Таджикистан взяла на себя инициативу внести значительный вклад в решение вопросов и мобилизации усилий по достижению целей и задач устойчивого развития в области водных ресурсов».

Прошедшая Конференция была первой из серии конференций, которая была нацелена на мобилизацию усилий правительств, учреждений ООН, международных и неправительственных организаций, а также других сторон на всех уровнях для осуществления Плана действий Международного Десятилетия для достижения согласованных на международном уровне целей в области водных ресурсов, в том числе целей, изложенных в Повестке дня в области устойчивого развития до 2030 года - повышение внимания к ЦУР 6.

Цель Конференции «...способствовать обсуждению путей решения сложных взаимосвязей между данными секторами с учетом глобальных проблем быстрого роста населения и изменения климата. Вода является основной средой, через которую ощущаются последствия изменения климата. По прогнозам, более высокие температуры и более экстремальные, менее предсказуемые погодные условия будут влиять на доступность и распределение осадков, таяния снега и ледников, речных потоков и грунтовых вод. Ожидается, что они еще больше ухудшат качество воды. Наличие воды становится менее предсказуемым во многих местах по всему миру. Усиление случаев затопления и других стихийных бедствий, связанных с водой, угрожает вызвать потерю человеческих жизней и средств к существованию, разрушить инфраструктуру и загрязнить источники воды».

Другой инициативой города стала создание «Фонда развития столицы Республики Таджикистан», чему предшествовало подписание председателем города Рустами Эмомали в апреле 2019 года ряда постановлений, в том числе о создании Фонда. Целью создания Фонда является стабильное развитие социально-экономической сферы Душанбе [10].

Как известно, серьезной проблемой, присущей всем крупным постсоветским городам, являются высокие темпы автомобилизации. Это именно то, что можно видеть в Москве, Киеве, Ташкенте. Поэтому в Душанбе правительство города при планировании того или иного района ориентируется на учет соотношения общей площади застройки и той территории, что будет отдаваться под автомобильную инфраструктуру.

Таким образом, в данной статье нам пришлось остановиться только на нескольких ключевых проблемах устойчивого развития Душанбе. Город интенсивно растет, поднимается ввысь, озеленяется, обводняется и благоустраивается. И мы верим, что в недалеком будущем превратим наш город в город-сад, о котором писал незабвенный мастер поэтического слова, чей талант расцвел в столице республики Душанбе Мирзо Турсун-Заде в своём стихотворении «Столица»:

*«...Растет в ряду других столиц
Чудесный город - сад...
Все выше, краше гордый вид
Его домов - дворцов...
Сбылось пророчество
Седых народных мудрецов!
Восток и Запад едут к нам
Увидеть нашу новь...» [11].*

Литература:

1. Мукимов Р. Душанбе – древний и молодой. /Р. Мукимов, С. Мамаджанова, С.Юсуфджанов. - Душанбе: АН РТ-ТННПАГ, 2004. – 44 с., ил.
2. Веселовский В.Г., Архитектура Советского Таджикистана. / Р. С. Мукимов, М. Х. Мамадназаров, С. М. Мамаджанова. — М.; Стройиздат, 1987. - 319 с., ил.
3. Пирумшоев Х. Концептуальные вопросы истории и историографии таджикского народа. – Сб. избр. статей. / Х. Пирумшоев. – Душанбе: Ирфон, 2014. – 528 с.

4. Литвинов Б.Н. Через Бухару на Памир. /Б. Н. Литвинов. // Исторический вестник. – Т. ХСVIII. – СПб., 1904. – С. 698-729.

5. Фролов В. Явилась из мечты... (Эссе). /В. Фролов. // Мероси ниёгон. – Вып. 7. – Душанбе, 2004. – С. 16-31.

6. Интернетресурс: today.tj Душанбе – цветущий сад. Сегодня Всемирный день городов.

7. Интернетресурс: tj.sputniknews.ru Новый генплан: каким будет Душанбе к 2025 году.

8. Интернетресурс: tajikemb.kg Международный симпозиум высокого уровня по Шестой Цели устойчивого развития (ЦУР).

9. Интернет ресурс: khf.tj Международная конференция высокого уровня по Международному десятилетию действий «Вода для устойчивого развития», одобренного резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН 71/222 от 21 декабря 2016 года».

10. Интернетресурс: tajikistan24.com

11. Мирзо Турсун-заде. Избранные стихотворения (на таджикском, русском, английском и персидском языках). Турсун Заде Мирзо. – Душанбе, «Адиб», 2011. - 560 с.

РУШДИ УСРУВОРИ ШАҲРИ ДУШАНБЕ

Р.С. Мукимов, С.М. Мамаҷонова

Дар мақола саволҳои рушди инкишофи шаҳри Душанбе кушода шудааст. Қайд карда мешавад, ки чӣ тавр Душанбе аз як деҳаи хурди қаторкӯҳҳои Ҳисор дар муддати 90 сол то маркази қалони саноатӣ, фарҳангӣ ва илмӣ Чумхурии Тоҷикистон мубаддал гардидааст. Дикқат ба самтҳои афзалиятноки рушди шаҳр – саноатӣ, ободонӣ, таъминот бо об ва нақлиёт ҷалб карда шудааст. Нақшаи генералии шаҳри Душанбе, ки моҳи апрели соли 2017 тасдиқ намудааст, маълумот дода шудааст.

Калимаҳои калидӣ: рушди устувор, меъморӣ, потенциали шаҳр, ободонӣ, кабудизоркунӣ, сохти нақлиёт, обтаъминкунӣ, захираҳои обӣ, мероси таърихӣ, шаҳрак, Чумхурии Тоҷикистон.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF DUSHANBE CITY

R. S. Mukimov, S. M. Mamadzhanova

The article deals with the issues of sustainable development of the city of Dushanbe. It is noted that Dushanbe has turned from a small village in

the foothills of the Hissar range into a major industrial, cultural and scientific center of the Republic of Tajikistan in 90 years. Attention is focused on the priority areas of sustainable development of the city: industry, landscaping, water supply and transport structure. The implementation master plan approved in April 2017 for new Dushanbe is revealed.

Key words: sustainable development, architecture, city potential, landscaping, gardening, transport structure, water supply, water resources, historical traditions, Republic of Tajikistan.

Сведения об авторах:

Мукимов Рустам Саматович, доктор архитектуры, профессор кафедры «Архитектура и Дизайн» ТТУ им. акад. М.С.Осими. Тел: +992 907 78 18 02
E-mail: mukimovr@mail.ru

Мамаджанова Салия Мамаджановна, доктор архитектуры, профессор кафедры «Архитектура и Дизайн» ТТУ им. акад. М.С.Осими. Тел: +992 907 98 78 58
E-mail: salya1948@mail.ru

КУЛЬТУРНЫЙ ЛАНДШАФТ ГОРНОГО БАДАХШАНА

Р. С. Мукимов, С.Р. Мукимова

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

В статье рассматривается исторический и культурный ландшафт отдельного региона Республики Таджикистан – Горный Бадахшан, на примере религиозного буддийского комплекса Вранг IV-VII века, который состоял из 3-ступенчатой большой каменной ступы, возвышавшейся над двором, окруженной стеной с башнями.

Ключевые слова: Горный Бадахшан, буддийский комплекс, архитектура, культурный ландшафт, культовое здание.

Исторический и культурный ландшафт отдельных регионов Республики Таджикистан – Горно-Бадахшанская автономная область – это единые этнокультурные поля, которые включают как материальную, так нематериальную культуру, принадлежащим таджикам, оставившие заметные следы в искусстве Центральной Азии. Искусство и культура Горного региона (Бадахшана), появилась в очень необычном окружении – высокие горные верха, межгорная изолированная долина, высокогорные озёра и быстрые реки Горного Бадахшана, которые являются основными сферами обитания народа, а магистрали ВШП дали возможность развивать экономическую, торговую и культурную связь с иными государствами. Всё это содействовало сохранению этнического самобытного населения. Своеобразие наследия регионов проявляются основным образом в областях духовного (языков, философий, религий, устные и письменные источники), материального (архитектуры, мастерства,

промыслов), домашнего обихода. Традиции, которые сложились на протяжении столетия остаются крайне оригинальными, потому что неспешно меняется обособленность регионов и малочисленность народа [1]. Ландшафт горных районов способствовал сохранению особого антропологического и лингвистического единства жителей Памира с индоевропейской семьёй народа и языка.

Первое свидетельство обитаний людей на Восточном Памире относится ко времени, которое насчитывает 40-20 тыс. лет. Деятельное освоение местности началось 12 тыс. лет тому назад, когда народ стал промышленно охотой, рыболовецким промыслом, изготавливать каменные орудия, обитали в пещерах и на открытой стоянке.

Несколько десятка памятника каменного века, также роспись в гротах Шахты, выполнялись охрой, которая известна была на Восточной части Памире. В Западной части Памира стоянка этого периода раскопана в долине реки Джаушангоз в Рошткалинском районе.

В период бронзы (II тыс. до н.э.) населения Памира занимались земледелием, изготавливали керамику, о чём указывают обнаружения в пещерах Машале на Восточном Памире и Куртек (долина Джаушангоз, озеро Яшилкул) и ряд некрополей. Первое культовое сооружение данного периода в виде четырехугольного помещения с каменным алтарём по центру служил одновременно усыпальницей.

В I тысячелетие до н.э. саки (ранние кочевники) оставили на Восточной части Памире бесчисленные могильники, по погребениям выявлено, что они боготворили огонь и солнце, чтили горных козлов -архаров, рогами которых были обложены отдельные захоронения. В этот период развивалась тесная торговая связь с Ферганской долиной, Индией, Афганистаном и Китаем.

Во II веке до н.э. через Памир проходила Южная трасса ВШП, именитая как Ваханская или Великий буддийский путь, где проходили торговые караваны, буддийские странники, миссионеры, учёные, паломники из Китая и Индии. Собственно в этот период на Западном Памире возникли могучие фортификационные сооружения: крепость Ямчун и Каахка (у кишлака Наматгут) и другие, которые были возведены в I веке до н.э. - I веке н.э., то есть в эпоху процветания империи кушан.

В VI-VII вв. утвердился культ огня, тем самым были посвящены ему храмы в поместьях. Параллельно с зороастризмом формировался и буддизм. Но во 2-ой половине VII в. на Памире наступает новое вероисповедание - Ислам, однако ещё много лет на этом месте продолжался исповедоваться зороастризм и буддизм.

Материальное культурное наследие, в основном архитектурные формы, вписываются в культурный пейзаж ГБАО. Почти каждое изучение отдельных исторических или архитектурных памятников невыполнимо без учёта исторического и культурного ландшафта. В последнее 10-летие при помощи ЮНЕСКО на нематериальном культурном наследии, памятники архитектуры и культуры берут одно из ведущих мест как в списке Всемирного культурного наследия (ВКН), так и при рассмотрении культурных ландшафтов. О настоящем значительно удостоверяет буддийский комплекс около селения Вранг в Ишкашимском районе ГБАО, который был номинирован в список ВКН, принятый нами в качестве рассмотрения материальной культуры.

Село Вранг – изумительное и многозначное на всём Памире точка, где над селом, на возвышенном изрытом пещерами утёсе над речкой Врангдарья найден религиозный буддийский комплекс IV-VII века, который состоял из 3-ступенчатой большой каменной ступы, возвышался над двориком, окруженной значительной стеной с башней (Рис. 1, 2). Около ступы на резком скате горы выглядывают выкопанные пещеры - гроты, где населялись монахи.

Учёные полагают, что в этом месте располагались центры буддизма, тибетского толка [2].

На восточной стороне комплекса находился прямоугольный жилой дом, а на западе располагалась ступа с строениями. Городок из пещер с более 100 келий (на сегодняшний день сохранилось примерно 70) был высечен под монастырскими стенами и на противоположном берегу реки Врангдарья в конгломератах. Сдвоенное пещерное келье с арочным входом, суфами у стен, и так же очагом в полу были связаны через вход с потолка.



Рис. 1. Буддийская ступа. Вранг.

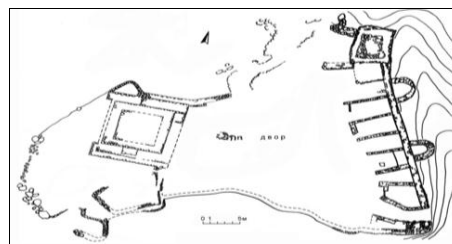


Рис. 2. Буддийский комплекс Вранг III. План.

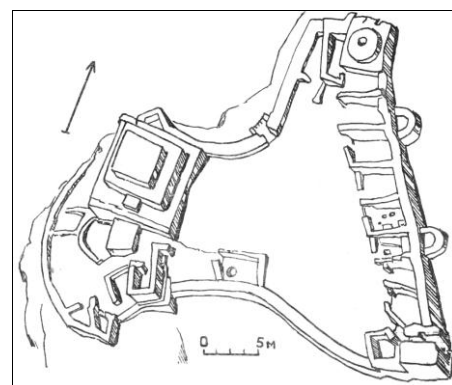


Рис. 3. Ишкашимский район ГБАО. Буддийский монастырь Вранг (IV-VIII, XIX вв.)

Территория, на которой располагался буддийский комплекс, обнесена стеной из камня (длина примерно 180 м, при ширине до 1 м). План был продиктован контурами скал, и только восточная стена осталась прямой. На плане в углах располагались 2 башни на

квадратных постаментах, монолитные, одна конусовидная (северо-восточная), другая квадратная (юго-восточная). Кроме этого, с внешней стороны к восточной стене помещены 2 полукруглые площадки. Монастырь имел 2 входа: один вход на юго-восточной стороне и второй вход - северный, т.е. располагается в центре северной стены. Оба эти входа имеют двери (сохранились только пороги), при этом юго-восточный вход имел 2 двери. Вероятно, оба входа имели в распоряжении крытые тамбуры-коридоры, один из них наружный (северный), а другой внутренний. Вынесенная угловая башня, которая была треугольной в плане, располагалась в северо-западном углу. В центре площадке находилась ступа. Сохранились 3 стены с размерами 12х12 м, 8х8 м и 4х4 м. С южной стороны на обводной площадке первой «ступени» по центру располагалась маленькая прямоугольная в плане возвышение. Площадь перед южным фасом ступы была отделена от двора стеной, которую завершала четырехугольная башня. Сбоку между стеной и постаментом был вход с деревянной дверью (сохранился деревянный порог), в центре находилась открытая «терраса», окруженная стеной и защищенная наружной стеной-барьером, последняя соединяла четырехугольную юго-восточную угловую башню с юго-западной стороны.

Центр комплекса занимал двор, свободный от построек. Жилые смежные помещения были пристроены к восточной стене, еще два к северной и два к южной, одно из них изолировано и находилось вблизи западного комплекса (единственное, где в полу вырыта хозяйственная яма). Помещения прямоугольной формы (площадь 10,58–16,12 кв. м) с суфами и очагами, у всех выход во двор с деревянной дверью (сохранились пороги). При строительстве буддийского монастыря камень использовали только при закладке оснований стен.

Башни, чуть суживающиеся кверху, внутри имели несколько уровней с рядами бойниц. Часть башен сложены из крупных блоков камней без глиняного раствора. Входы на площадки были укреплены круглыми башнями и привратным сооружением. Внутрикрепостные постройки не сохранились. Как считает М.Мамадназаров, буддийский монастырь имел каменную статую Будды.

Многие исследователи отождествляют этот город с селением Хандут, расположенном на левом берегу Пянджа в 90 км от Ишкашима, т.е. в 3–4 км от Вранга: по сути, на противоположном берегу Пянджа [3].

М.Мамадназаров согласен с взглядом М. Бубновой, которая представила предположение о том, что этот монастырь является интерпретацией «буддийского монастыря со ступой (ступами) в местном памирском варианте» [4]. В защиту выдвинутой гипотезы объясняется и то, что весь скат под комплексом разрыт искусственными пещерами в виде овальных камер диаметром 3–4 м, вырубленными в каменистой почве. Некоторые камеры состоят из двух помещений, соединенных горизонтальными, а при расположении один над другим вертикальными ходами. Противоположный комплексу скалистый склон, как пчелиными сотами также испещрен такими камерами. По мнению исследователей, пещеры использовались местными жителями в XVIII–XVII вв. как временные убежища от набегов. Наиболее возможным представляется то, что камеры служили кельями для многочисленных паломников, которые собирались вокруг святыни. Этому соответствует и характер камер, не рассчитанных для длительного проживания, но соответствующих аскетизму религии. Видимо, к этому комплексу относятся упоминания Марко Поло о местности Скасем (Ишкашим), которую он посетил в XIII в.: «Здесь народ скот свой пасет в горах; там у них большие славные жилища; так как горы земляные, то пещеры они роют без всякого труда» [5]. Знаменитый венецианец упоминал также буддийские монастыри в Вахане [6]. Возможно, как отмечает М.Мамадназаров, Врангский комплекс являлся одним из упомянутых.

К сожалению, тот или иной буддийский атрибут (кроме зиккурата-ступы) в монастыре не было выявлено. Видимо, буддизм в Горном Бадахшане как и позже мусульманская религия представлены не в ортодоксальной форме, а как конгломерат верований, в котором тесно переплетаются местные элементы с привнесенными. На взгляд М.Мамадназарова [7], нельзя исключить принадлежность комплекса к бадахшанской разновидности зороастризма. Трехступенчатая башня могла

выполнять функцию алтаря огня. Ведь подобные каменные алтари древние иранцы возводили на возвышенных местах, и они имели трехступенчатое основание.

Иная особенность комплекса - это присутствия большого минерального отложения, которым покрыт весь горный скат. Здесь располагался горячий источник, который был не только местом исцеления от недугов, но и имел сакральное значение, который был связан с культом воды, также уходящим в античные пласты вероисповеданий иранских народов. У подножья скалы, на которой расположен Врангский комплекс, бьет нарзановый источник, о чудодейственных свойствах которого среди местных жителей ходят легенды. Налицо еще один элемент, который часто сопутствует «святым местам».

Известный исследователь Центральной Азии А. Стейн назвал эти две крепости «прекрасными образцами среднеазиатской фортификационной школы, в ее горном варианте». В настоящее время памятник номинирован в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Литература:

1. Бубнова М.А. Охрана природно-культурных заповедников верховьев реки Пяндж (Западный Памир). – Душанбе: Изд. «Дониш», 1997, - С. 53.
2. Народное искусство Памира. Альбом. – Душанбе, 2009.
3. Бубнова М.А. Культовое сооружение в кишлаке Вранг // АРТ. – Вып. XXI. – Душанбе, 1981. – С. 25-30.
4. Бубнова М.А. Древние памятники Горно-Бадахшанской автономной области (Западный Памир). - Душанбе: Изд. «Дониш», 1998.
5. Книга Марко Поло. - М., 1955. - С. 74.
6. Бобоев А.Д. Крепости древнего Вахана. - Душанбе: Изд. «Дониш», 1973, - С. 66-81, рис. 14-20.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛЕЙ ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА ПРИ ПРЕОБРАЗОВАНИИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ В ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОЕ

Т. Р. Холмуратов, А.З. Иброхимов, Ш.Зайниддин, И. Р. Муродзода

Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Мы предложили планетарный механизм для преобразования вращательного в возвратно-поступательное вращательное движение и провели его кинематический анализ. Поскольку разработанный механизм состоит из

7. Мамадназаров М. Памятники зодчества Таджикистана. - М.: Прогресс-Традиция, 2015. - 496 с., ил.

МАНЗАРАҲОИ ФАРҲАНГИИ БАДАХШОНИ КӮҲӢ

Р.С. Муқимов, С.Р. Муқимова

Дар мақола манзараи таърихӣ ва фарҳангии як минтақаи ҷудогонаи Ҷумҳурии Тоҷикистон – Бадахшони кӯҳӣ бо истифода аз намунаҳои маҷмааи дини Буддоии Вранг асрҳои IV-VII, ки аз 3 зинаи қалонҳаҷми ҳовании сангин иборатбуда дар саҳни ҳавлӣ бо ихотаи деворҳои манорадор ҷойгир шудааст.

Калимаҳои калидӣ: Бадахшони кӯҳӣ, маҷмааи буддой, меъморий, манзараҳои фарҳангӣ, бинои динӣ.

CULTURAL LANDSCAPE OF GORNIY BADAKHSHAN

R. S. Mukimov, S. R. Mukimova

The article deals with the historical and cultural landscape of a particular region of the Republic of Tajikistan – Gorniy Badakhshan, on the example of the religious Buddhist complex Vrang of the IV-VII centuries, which consisted of a 3-stage large stone stupa, risen above the yard, surrounded by a wall with towers.

Keywords: Mountain Badakhshan, Buddhist complex, architecture, cultural landscape, religious building.

Сведения об авторах:

Мукимов Рустам Саматович – доктор архитектуры, профессор кафедры «Архитектура и Дизайн» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел: +992 900 77 18 02. E-mail: mukimovr@mail.ru

Мукимова Сайёра Рустамовна – доктор архитектуры, и.о. проф. кафедры «Архитектура и Дизайн» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Тел: +992 907 72 19 06. E-mail: msayora72@mail.ru

прямоугольных и эллиптических зубчатых колес и является классическим планетарным редуктором, он компактен и надежен. Это доказывает перспективу применения предложенного механизма в различных

станках, резервуары с мешалкой, альтернативные двигатели внутреннего сгорания, буровые установки и другие устройства и машины, где необходимо преобразовать вращательное движение в возвратно-поступательное вращательное движение. Авторы предлагают отличительную конструкцию планетарного механизма с эллиптическими зубчатыми колесами, предназначенного для преобразования вращения движение в возвратно-вращательное (колебательное). Мы провели кинематический анализ механизма, нашли вариацию угла поворота, аналог угловой скорости и аналог углового ускорения выходного вала механизма. Разработанный механизм представляет собой классический планетарный механизм и является более надежным и компактным по сравнению с рычагом и электромагнитные инверторы.

Ключевые слова: вращательное движение; возвратно-поступательное вращательное движение; эллиптические шестерни; механизм планетарной передачи; кинематический анализ; угловая скорость аналоги; аналоги углового ускорения.

Планетарные механизмы находят всё более широкое применение, как в транспортных, так и стационарных машинах. Они позволяют выполнять передачи более компактными и легкими, имеют преимущества в передачах от быстроходных двигателей к рабочей машине. Широко применяются в подъёмно-транспортном машиностроении, автомобилестроении, тракторостроении, лесной и деревообрабатывающей промышленности. Сельскохозяйственные машины, в частности, хлопкоуборочные машины оснащены планетарным фрикционным приводом рабочих органов, также эпициклические механизмы применяются в качестве привода рабочих органов на початкоотделяющих аппаратах кукурузоуборочных комбайнов, а также ворсовальных машинах и бетономешалках – бурильных машин.

Преобразователи вращательного движения в возвратно-поступательное движение широко используются в технике [1-4]. Механизмы передачи, швейные и строгальные машины, нетрадиционные двигатели внутреннего сгорания, мешалки и другие созданы по их принципу. Чаще всего эти преобразователи

представляют собой кулисные механизмы или четырёхблочные соединения [3-4]. Также в качестве таких преобразователей могут быть использованы электромагнитные механизмы [5]. Наиболее компактные и высоконадежными преобразователями вращательного в возвратно – поступательное движение могут быть получаться путем их создания с использованием только редукторов. Поскольку использование цилиндрических зубчатых колес не позволяет разрабатывать такие преобразователи, мы предлагаем механизм планетарной передачи, который содержит цилиндрические зубчатые колеса с надлежащим образом выбранные параметры [6].

Планетарный механизм (фиг. 1) состоит из стойки 0, входного вала 1, держателя 2, выходного вала 3, солнечного лучакольевого стационарное зубчатое колесо 4, эллиптическое зубчатое колесо 5, на основе выходного вала, цилиндрическое прямозубое колесо 6, планетарное колесо эллиптического типа 7, вал 8, соединяющий планетарные шестерни.

В этом механизме шестерни 4 и 6 имеют одинаковые диаметры, а эллиптические шестерни 5 и 7 имеют одинаковые полуоси, а базовые расстояния осей цилиндрических и эллиптических зубчатых колес равны. Возвратно-поступательное вращательное движение обеспечивается переменным передаточным числом эллиптических зубчатых колес.

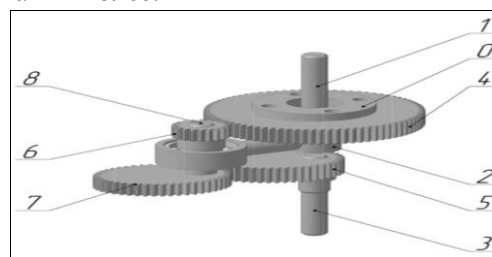


Рис. 1. Планетарный механизм с прямозубыми и эллиптическими шестернями.

Для проведения кинематического анализа строятся планы линейных скоростей всех звеньев механизма рис.2.[7]. Аналог угловой скорости выходного вала 3 определяется как;

$$\varphi'_3 = \frac{d\varphi_3}{d\varphi_1} = \frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{v_C \cdot BO}{v_B \cdot CO} = \frac{CC' \cdot BO}{BB' \cdot CO}, \quad (1)$$

где φ_3, ω_3 - угол поворота и угловая скорость выходного вала 3; φ_1, ω_1 - угол поворота и угловая скорость входного вала 1.

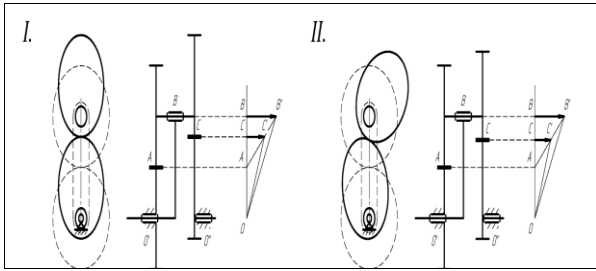


Рис. 2. Планы линейных скоростей.

Как видно из рисунка 2, точка C меняет свое положение относительно точки A, в то же время скорость вектор $\vec{CC'}$ меняет свое направление и значение. Чтобы определить расстояния BC и CO, давайте рассмотрим уравнение эллипса в полярных координатах [8]. Фокус движущего эллипса 1 будет взят как полюс, так и большая ось за полярную ось будем брать (рис. 3), тогда получим следующее уравнение эллипса [9]:

$$\rho(\varphi_x) = \frac{p}{1 - e \cos \varphi_x}, \quad (2)$$

$$p = a(1 - e^2) \quad (3)$$

где φ_x - угол поворота ведущей шестерни (обозначен 7 на рис. 1); p - фокусный параметр эллипса; e — это эксцентricность эллипса; a - является большой полуосью эллипса.

Учитывая, что $CO = 2a - \rho(\varphi_x)$, мы получаем следующее уравнение (1):

$$\varphi_3' = \frac{\operatorname{tg} \varphi_{b1a} \cdot AC \cdot BO}{\operatorname{tg} \varphi_{b1a} \cdot AB \cdot CO} = 1 - \frac{\rho}{2a - \rho}. \quad (4)$$

Подставляя преобразования (2) в (4), мы получаем:

$$\varphi_3^1(\varphi_1) = \varphi_1 - \frac{(1 - e^2)}{\sqrt{1 + e^2}^2 - 4e^2} \cdot \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{(1 + e^2) \cdot \operatorname{tg}(\varphi_1 + \pi)}{\sqrt{1 + e^2}^2 - 4e^2} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{2e \cdot \sin(\varphi_1 + \pi)}{\sqrt{1 + e^2}^2 - 4e^2} \right) \right] \quad (8)$$

Найдем аналог углового ускорения после дифференцирования уравнения (7) по обобщенному координата φ_1 :

$$\varphi_3^1(\varphi_1) = \frac{2p \cdot a \cdot e \cdot \sin(\varphi_1 + \pi)}{(2a(1 - e \cos(\varphi_1 + \pi)) - p)^2} \quad (9)$$

Таким образом, уравнения (6) - (8) выполняют кинематическую модель сконструированного механизма.

$$\varphi_3' = 1 - \frac{p}{2a(1 - e \cos \varphi_x) - p}. \quad (5)$$

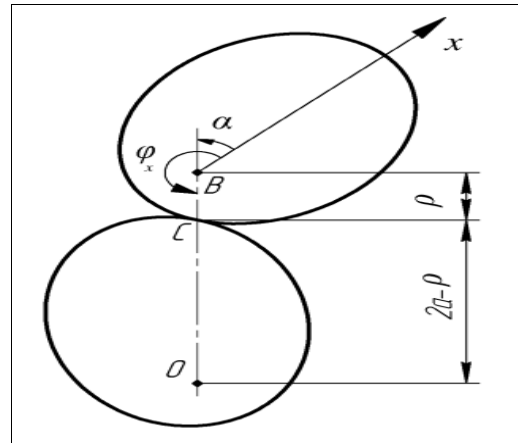


Рис. 3. Эллиптическая шестерня.

Поскольку диаметры зубчатых колес 4 и 6 одинаковы, то угол φ_1 на фиг. 3 равен углу поворота входной вал №1. Таким образом, углы φ_x и φ_1 связаны с:

$$\varphi_x = \varphi_1 + \pi \quad (6)$$

Подставив (6) в (5), получим уравнение для расчета аналога угловой скорости $\varphi_3^1(\varphi_1)$:

$$\varphi_3^1(\varphi_1) = 1 - \frac{p}{2a(1 - e \cos(\varphi_1 + \pi)) - p}. \quad (7)$$

Для определения закона движения выходного вала $\varphi_3^1(\varphi_1)$ интегрируем (7) по обобщенной координате φ_1 :

В качестве примера рассмотрим планетарный механизм, показанный на рис. 1, имеющий следующую геометрическую параметры: $d_4 = d_6 = 50$ мм - диаметр цилиндрических зубчатых колес; $a_5 = a_7 = 25$ мм - полуоси эллиптических зубчатых колес; $b_5 = b_7 = 20$ мм - полуцелевые оси эллиптических зубчатых колес; $c_5 = c_7 =$

15 мм - фокусное расстояние; $p_5 = p_7 = 16$ мм - фокусный параметр; $e_5 = e_7 = 0,6$ - эксцентриситет эллиптических зубчатых колес; $a = d_4 + d_6 = 2a_5 = 2a_7 = 50$ мм - расстояние между осями. Используя уравнения (7) - (9), мы строим функцию положения выходного вала, аналога угловой скорости и аналог углового ускорения (рис. 4).

Анализ карт, приведенных на рис. 4, свидетельствует о том, что выходной вал исследуемого планетарного механизма на однонаправленное вращение входного вала совершит возвратно-вращательное движение. Это позволяет нам использовать этот механизм в машинах, в которых приводы совершают возвратно-вращательные движения.

График закономерности изменения переменной длины водила построен согласно уравнению

$$S = \sqrt{1 - p^2 \sin^2 \psi} - p \cos \psi$$

и показано на рис. 5. При этом безразмерные параметры p и q варьировались в пределах

$p = 0,1 \div 0,9$, $q = 1; 2$ $p = (1:9)/10$; $q = 1$;
 $\text{psi} = 0:\pi/100:2*\pi$; $[\text{PSI}, \text{P}] = \text{meshgrid}(\text{psi}, \text{p})$;
 $S = \sqrt{1 - (p.*\sin(\text{PSI}))^2} - p.*\cos(\text{PSI}) + q$;
 $\text{plot}(\text{psi}, S); \text{grid on}$

Анализ указывает на то, что с увеличением p и q наблюдается увеличение значения безразмерной длины водила.

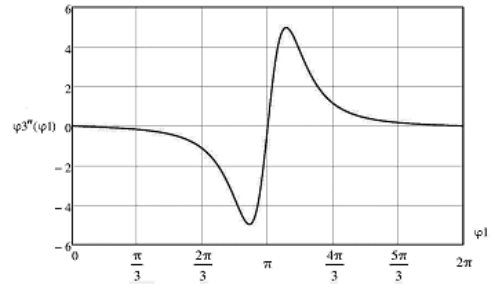
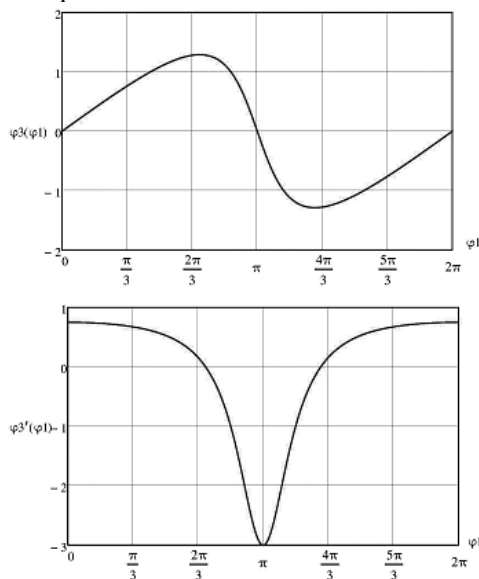


Рис. 4. Функции φ_3 , φ_1 , $\varphi_3^1 \varphi_1$, $\varphi_3^{11} \varphi_1$.

p

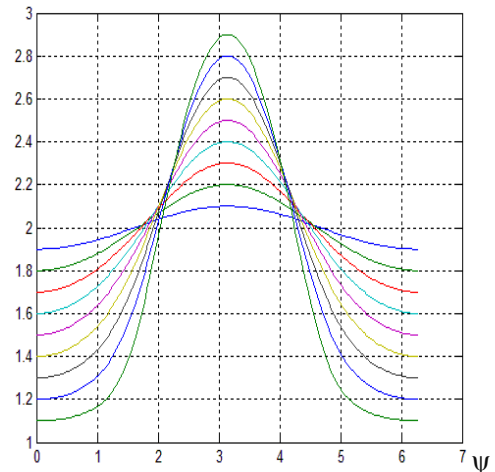


Рис. 5. $q=1$. График изменения длины водила (виде безразмерного аналога) в зависимости от угла поворота водила.

Выводы

Мы провели кинематический анализ планетарного механизма, нашли вариацию угла поворота, аналог угловой скорости и аналог углового ускорения выходного вала механизма. Это доказывает перспективу применения предложенного механизма в различных станках, резервуары с мешалкой, альтернативные двигатели внутреннего сгорания, буровые установки и другие устройства и машины, где необходимо преобразовать вращательное движение в возвратно-поступательное вращательное движение. Анализ карт, приведенных на рис. 4,5 свидетельствует о том, что выходной вал исследуемого планетарного механизма на однонаправленное вращение входного вала совершит возвратно-вращательное движение. Это позволяет нам использовать этот механизм в машинах, в которых приводы совершают возвратно-вращательные движения.

Литература:

1. И.И. Артоболевский. Механизмы современного инженерного проектирования, Издательство МИР, Москва, 1986.
2. Н. Склэйтер, Н.П. Chironis. Механизмы и справочник механических устройств, четвертое издание, McGraw-Hill, Нью-Йорк, 2001.
3. А.Г. Амбекар. Механизм и теория машин, Прентис-Холл, Индия, частная компания с ограниченной ответственностью, Нью-Дели, 2007.
4. Пат. № Tj 225 Малый патент Республики Таджикистан (РТ), Тилоев С., Саидамиров С.М., Тилоева Л.С., Саидов М.Х., Холмуратов Т.Р. Двухступенчатый планетарный механизм с двойным составным кулисным водилом. № Tj 225 от 26.05.2008г., бюл 54.
5. А.И.Смелягин. Максимальная эффективность электромагнитного привода, Журнал горных наук. 23 (2) (1987) 154–158.
6. А.И. Смелягин, И.В. Юхневич. RU Патент 2 528 493. (2014)
7. Н.И. Левицкий. Теория механизмов и машин, Наука, М., 1979.
8. Ф.Л. Литвин, А. Фуэнтес. Геометрия шестеренки и прикладная теория, второе издание, изд. Кембриджского университета, 2004.
9. Х.С.М. Коксетер. Введение в геометрию, второе издание, Wiley, Нью-Йорк, 1969.

ТАФСИФИ МОДЕЛИ МЕХАНИЗМИ САЙЁРАВЌ ҲАНГОМИ ГУЗАРИШИ ҲАРАКАТИ ЧАРХЗАНАНДА БА ЧАРХЗАНАНДАИ ПЕШРАВАНДА Т.Р. Холмуратов, А.З. Иброҳимов, Ш. Зайниддин, И.Р. Муродзода

Мо механизми сайёравиро барои табдил додани гардиш ба ҳаракати мутақобила пешниҳод кардем ва таҳлили кинематикии онро анҷом додем. Азбаски механизми таҳияшуда аз фишангҳои носозгор ва эллиптикӣ иборат аст ва фишанги классикии сайёра мебошад, он зич ва боэтимод аст. Ин дурнамои истифодаи механизми пешниҳодшударо дар мошинҳои мухталиф, зарфҳои дорои омешидиханда, муҳаррикҳои дарунсӯзи алтернативӣ, дастгоҳҳои пармакунӣ ва дигар дастгоҳу мошинҳо исбот мекунад, ки дар он ҷо зарурати гардиши гардишро ба ҳаракати гардиши мутақобила табдил додан зарур аст. Муаллифон тарҳи фарқкунандаи механизми сайёраро бо фишангҳои эллиптикӣ пешниҳод мекунанд, ки барои гардиш ба гардиши мутақобила (осцилаторӣ) пешбинӣ шудаанд.

Мо таҳлили кинематикии механизмро анҷом додем, тағйирёбии кунҷи гардиш, як аналогӣ суръати кунҷ ва як аналогӣ шитоби кунҷи ҷараёни баромади механизмро пайдо кардем. Механизми таҳияшуда механизми классикии сайёра аст ва нисбат ба инверторҳои электромагнитӣ эфтимодноктар аст.

Калимаҳои калидӣ: ҳаракати гардиш, ҳаракати гардиши мутақобила, фишангҳои эллиптикӣ, механизми фишанги сайёравӣ, таҳлили кинематикӣ, аналогҳои суръати кунҷӣ, аналогҳои шитоби кунҷӣ.

CHARACTERISTICS OF MODELS OF PLANETARY MECHANISM AT TRANSFORMATION OF ROTARY MOTION TO RETURN-COMMUNICATIVE

*T. R. Kholmuratov, A. Z. Ibrokhimov,
S. Zainiddin, I. R. Murodzoda*

We proposed a planetary mechanism for converting rotational into reciprocating rotational motion and carried out its kinematic analysis. Since the developed mechanism consists of spur and elliptical gears and is a classic planetary gear, it is compact and reliable. This proves the prospect of using the mechanism proposed in various machines, tanks with a stirrer, alternative internal combustion engines, drilling rigs and other devices and machines where it is necessary to convert rotational motion to reciprocating rotational motion. The authors propose a distinctive design of the planetary mechanism with elliptical gears, designed to convert rotation into a reciprocating (oscillatory) motion. We performed a kinematic analysis of the mechanism, found a variation in the angle of rotation, an analog of the angular velocity and an analog of the angular acceleration of the output shaft of the mechanism. The mechanism developed is a classic planetary mechanism and is more reliable and compact compared to the lever and electromagnetic inverters.

Key words: rotational motion; reciprocating rotational motion; elliptical gears; planetary gear mechanism; kinematic analysis; angular velocity analogues; analogues of angular acceleration.

Сведения об авторе:

Холмуратов Туробкул Рахимович—к.т.н., доцент кафедры “Теплогасоснабжение и вентиляция” ТТУ им. акад. М.С.Осими.
Тел: +992 918 26 81 26
E-mail: turob-2016@mail.ru

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Х. К. Бобоев, А. А. Ходжибоев, Л. С. Исмоилзода, Р. Х Сайрахмонов

Таджикский технический Университет имени академика М.С.Осими

В статье рассматриваются вопросы учёта сейсмических воздействий на устойчивость откосов земляного полотна. Определены коэффициенты устойчивости при различных интенсивностях землетрясения. Из анализа полученных результатов следует, что с увеличением интенсивности землетрясения уменьшается коэффициент устойчивости.

Ключевые слова: устойчивость откосов, земляное полотно, сейсмичность, поверхность скольжения, сдвигающая сила, удерживающий момент, опрокидывающий момент, модуль деформации, схема обрушения.

Республика Таджикистан находится в сейсмической зоне и поэтому при проектировании и строительства автомобильных дорог вопрос учёта силы землетрясения, и является актуальной проблемой. Предлагаемая статья посвящена этой проблеме.

Все соответствующие расчёты выполнены в соответствии с рекомендациями приведенные в работах [1].

Учет сейсмического воздействия при расчете устойчивости откосов по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения и методу Шахунянца Г.М [2] заключается в следующем:

Г сила, вызывающая обрушение [3], увеличивается на сейсмический коэффициент K_c ;

$$K_c = 1 + \frac{a_{\max}}{g} \quad (1)$$

где $a_{\max}$ - величина расчетная сейсмического ускорения, определяемая по формуле 2, мм/сек²;

Сейсмический коэффициент K_c определяется по табл. 1 [3].

Влияние грунтовых оснований на интенсивность землетрясения МКС ЧТ 22-07-2018 (СНиП РТ) для данной местности определяется по следующей формуле [3].

$$J_{\text{расч}} = J_0 + m, \quad (2)$$

где: J_0 -расчётная сейсмичность для данного района;

m -сейсмичная характеристика, учитывающая увеличение сейсмичности в баллах, в зависимости от грунта основания определяемая по таблице 2.

В таблице 3 приведены расчётное ускорение $a_{\max}$ и сейсмический угол δ_0 в зависимости от интенсивности землетрясения [3].

Таблица 1.

Зависимость коэффициента сейсмичности от интенсивности землетрясения.

Расчетная сейсмичность в баллах $J_{\text{расч}}$	9	8	7
Величина коэффициента K_c	1.10	1.05	1.03

Таблица 2.

Увеличение интенсивности землетрясения в зависимости от вида грунтов основания.

Вид грунта основания	Сейсмическая характеристика m в баллах
Аллювиальные отложения, щебенистые или песчаные грунты	1÷2
Глинистые, мергелистые и лессовидные грунты	1÷3
Болотистые грунты и водонасыщенные грунты	3÷4

Таблица 3.

Величины расчетных значений сейсмического ускорения и сейсмического угла.

Расчетная сейсмичность в баллах	Сейсмический угол δ_0	Расчетное ускорение $a_{\max}$, мм/сек ²
VII	2°	101-250
VIII	3°	251-500
IX	6°	501-1000
X	14°	1001-2500
XI	27°	2501-5000
XII	>27°	>5000

1. $J_{расч} = J_0 + m = 1.1 + 1 = 2.1$ (9балл)
2. $J_{расч} = J_0 + m = 1.05 + 1 = 2.05$ (8балл)
3. $J_{расч} = J_0 + m = 1.1 + 2 = 3.1$ (9балл)
4. $J_{расч} = J_0 + m = 1.05 + 1 = 3.05$ (8балл)

При расчетах устойчивости откосов земполотна по методам горизонтальных сил и методу (Fp).

$$F_{px} = \operatorname{tg}(\varphi - \delta) + \frac{c}{P_s}, \quad (3)$$

где: F_{px} - коэффициент сопротивления грунта сдвигу с учетом сейсмичности;
 угол внутреннего трения грунта - φ ;
 сцепления грунта - c т/м²;
 сейсмический угол, определяемый по формуле - δ

$$\delta = \arctg \varepsilon \quad (4)$$

$$\varepsilon = \frac{a_{max}}{g} \quad (5)$$

ε - коэффициент сотрясения;

P_s - величина нормального давления с учетом сейсмичности,

$$P_s = P(1 + \varepsilon) \quad (6)$$

P - величина нормального давления без учета сейсмичности. Нагрузка группы А $P=0.6$ МПа Нагрузка группы Б $P=0.5$ МПа [4].

Коэффициент сотрясения в зависимости от интенсивности землетрясения определяются соответственно по формулам:

$$\varepsilon_1 = \frac{a_{max}}{g} = \frac{500}{9810} = 0.051 \text{ (8балл);}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{max}}{g} = \frac{1000}{9810} = 0.101 \text{ (9балл).}$$

$$\delta_1 = \arctg \varepsilon = \arctg 0.051 = 0.0509 \text{ (8балл);}$$

$$\delta_2 = \arctg \varepsilon = \arctg 0.101 = 0.100 \text{ (9балл).}$$

Величина нормального давления с учетом сейсмичности P_s (6) определяются, соответственно по формулам:

1. Для площадки с интенсивностью 8 баллов $P_s = P(1 + \varepsilon) = 0.6 \cdot (1 + 0.051) = 0.6306$.

2. Для площадки с интенсивностью 8 баллов $P_s = P(1 + \varepsilon) = 0.6 \cdot (1 + 0.101) = 0.6606$

Учёт влажности грунтов. Влажность грунтов определяется по формуле:

$$Wp = \bar{W}(1 + t \cdot \gamma W) \quad (7)$$

Wp - расчетное значение характеристики при влажности грунта в долях от влажности текучести W_T .

$\bar{W}$ - средняя влажность грунта в долях от W_T влажности на границе текучести, $W_T = 0.44$.

t -коэффициент нормированного отношения, принимаемый в зависимости от уровня надежности принимаемый согласно таблицы 5 [4].

Y, W - коэффициент влажности грунта $Y, W = 0.1$

$$W_T = 0.63; \quad W = 0.70 \cdot W_T; \quad W = 0.7 \cdot 0.6306 = 0.440.$$

$$t = 1.06; \quad Y_w = 0.1;$$

$$Wp = \bar{W}(1 + t \cdot \gamma \cdot W) = 0.44 \cdot (1 + 1.06 \cdot 0.10) = 0.48$$

Таблица 4.

Среднее расчетное удельное давление p колеса на покрытие.

Транспортные средства	Среднее расчетное удельное давление p колеса на покрытие, МПа
Автомобили:	
группа А	0,60
группа Б	0,50
Автобусы:	
группа А	0,60
группа Б	0,50

Таблица 5.

Коэффициент уровня надёжности

Уровень надежности, Кн	0,95	0,90	0,85	0,6
t	1,71	1,32	1,06	0,26

Таблица 6.

Назначения характеристика при влажности грунтов, доли, Wp .

Грунт	Обозначение в измеритель	Расчетные значения характеристик при влажности грунта, доли от W_T		
		0,5	0,55	0,60
Супесь пылевая, тяжелая пылевая, суглинок легкий пылеватый	Егр	108	90	72
	Ψ	32	27	24
	С	0,045	0,036	0,030

Модуль деформации грунта – $E_{гр}=108\text{МПа}$.

Угол внутреннего трения грунта – **$\varphi_{гр}=32\text{град.}$**

Сцепление грунта $C_{гр}=0,045\text{ мПа}$.

Коэффициенты сопротивления грунта сдвигу вычисляемые по формуле (3):

- Для площадки строительства с интенсивностью 8 баллов

$$F_{px} = \text{tg}(\varphi - \delta) + \frac{c}{p_x} = \text{tg}(32 - 0,0509) + \frac{0,045}{0,6306} = \text{tg}(31,949) + 0,0713 = 0,6236 + 0,0713 = 0,6949 \approx 0,7$$

- Для площадки с интенсивностью 9 баллов

$$F_{px} = \text{tg}(\varphi - \delta) + \frac{c}{p_x} = \text{tg}(32 - 0,100) + \frac{0,045}{0,6606} = \text{tg}(31,9) + 0,068 = 0,6224 + 0,068 = 0,6904 \approx 0,7$$

Один из методов определения коэффициента устойчивости откосов от действия сейсмических сил является метод цилиндрических поверхностей скольжения [3].

Здесь устойчивости откосов определяется отношения методов удерживающих сил к моменту сдвигающих сил:

$$n = \frac{M_{уд}}{M_{сдв}} \quad (8)$$

нагрузка отдельный блок определяется следующим образом:

1) Q – вес блока как нагрузка от объемного веса приложенная к центру масс;

2) Реакцию грунта действующая на плоскости, сдвига которая складывается от силы трения на ($N \cdot \text{tg} \varphi$), непосредственно зависящая от нормального давления, и сцепление грунта ($c \cdot L$),

здесь φ - угол внутреннего трения, град;

c - сцепление, т/м

L - дуги скольжения, м;

$N = Q \cdot \cos \alpha$ - масса блока направленные перпендикулярно плоскости сдвига Q ;

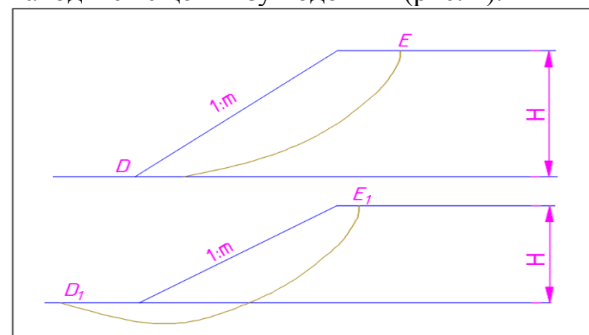
α - угол между линией сдвига блока и горизонтальной оси

3) нагрузка образующая от сдвига $T = Q \cdot \sin \alpha$.

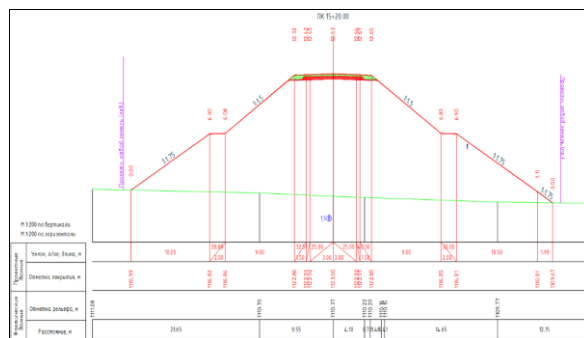
Дальше можно вычислить коэффициент устойчивости откоса земляного полотна для рассматриваемой плоскости сдвига. Здесь коэффициент устойчивости откоса (3) можно написать в следующей виде:

$$n = \frac{\sum N_i \text{tg} \varphi_i + \sum C_i l_i}{\sum T_i} = \frac{\sum Q_i \cos \alpha_i \text{tg} \varphi_i + \sum C_i l_i}{\sum Q_i \sin \alpha_i} \quad (9)$$

Опасная поверхность скольжения может совпадать с подошвой земляного полотна или находится ещё внизу подошвы (рис. 1).



а)



б)

Рис.1. Поперечный разрез земляного полотна.

На рис. 1. а- приведен поперечные профиль земляного полотна для определение длина дуги линии скольжение;

На рис. 1. б- приведен поперечные профиль земляного полотна ПК15+20 автомобильной дорог Вахдат – Рашт.

$$Q = 1/2 \cdot 12 \cdot 12 \cdot 6 \cdot 2,2 = 950,4 \text{ т}$$

$$N = Q \cos \alpha = 950,4 \cdot 0,707 = 672,03 \text{ т} \quad (10)$$

$$T = Q \sin \alpha = 950,4 \cdot 0,707 = 672,03 \text{ т} \quad (11)$$

$$\text{Для диагональный } a = \sqrt{b^2 + c^2} =$$

$$\sqrt{12^2 + 12^2} = 16,97 \approx 17 \text{ м} \quad (13)$$

$$\text{Длина дуга } L = 17 \cdot 1,13 = 19,21 \text{ м} \quad (14)$$

$$n = \frac{\sum N_i \text{tg} \varphi_i + \sum C_i l_i}{\sum T_i} = \frac{\sum 672,03 \text{tg} 32 + \sum 1,9 \cdot 19,21}{\sum 672,03} = \frac{\sum 672,03 + \sum 36,48}{\sum 672,03} = \frac{\sum 708,51}{\sum 672,03} = 1,05$$

За счёт влияния сейсмических сил коэффициент устойчивости откосов определяется по формуле.

$$K_c = 1 + \frac{a_{max}}{g} = 1 + \frac{50,1}{981} = 1,05.$$

Коэффициент устойчивости откосов
земляного полотна автомобильных дорог

$$n = \frac{\sum N_i + g \varphi_i + \sum C_i I_i}{\sum T_i} = \frac{\sum 708,51}{\sum 672,03 \cdot 1,05} = \frac{\sum 708,51}{\sum 705,63} = 1,004$$

Вывод. На основе анализа выполненных расчётов можно заключить, что проектируемые земляные полотна автомобильных дорог имеют достаточную устойчивость при землетрясениях 8, 9 баллов.

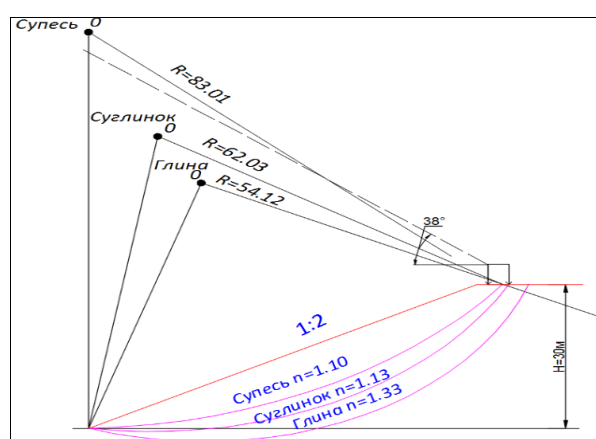


Рис.2. Положение центров критических кривых для земляного полотна автомобильных дорог.

Литература:

1. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии, М., Автотрансиздат, 1961
2. Терцаги К. Теория механики грунтов (перевод издания 1942). М., Госстройиздат, 1961
3. Казарновский В.Д., Львович Ю.М. Предложения по расчету устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок., Москва 1966.
4. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд, 2000

ҲИСОБИ УСТУВОРИИ НИШЕБИИ БИСТАРИ РОҶ БО НАЗАРДОШТИ ТАЪСИРИ ЗАМИНЛАРЗА

Х.К. Бобоев, А.А. Ҳоҷибоев,

Л.С. Исмоилзода, Р.Ҳ. Сайраҳмонов

Дар мақолаи мазкур масъалаҳои бахисб-
гирии таъсири сейсмики ба устувории нише-
бҳои зеризаминӣ баррасӣ карда шудааст.
Коэффитсиентҳои устуворӣ барои шиддатно-
кии гуногуни zilzila муайян карда мешаванд.
Аз таҳлили натиҷаҳои бадастомада бармеояд,

ки бо афзоиши шиддатнокии заминчунбӣ
коэффитсиенти устуворӣ коҳиш меёбад.

Калимаҳои калидӣ: устувории нишебӣ,
бистари роҳ, заминчунбӣ, сатҳҳои лағжанда,
қувваи лағжонанда, моменти нигоҳдоранда,
моменти пурқувват, модули деформатсия,
схемаи вайроншавӣ.

CALCULATION OF THE STABILITY OF SLOPES OF THE EARTH CANVAS TAKING INTO ACCOUNT SEISMIC INFLUENCE

Kh. C. Boboev, A. A. Khodjiboev,

L. C. Ismoilzoda, R. H. Sayrahmonov

The article deals with the issues of accounting
for seismic effects on the stability of slopes of the
subgrade. The stability coefficients are determined
for various earthquake intensities. From the
analysis of the results obtained, it follows that
with increasing earthquake intensity, the stability
coefficient decreases.

Keywords: Slope stability, subgrade,
seismicity, sliding surface, shear force, holding
moment, tilting moment, deformation modulus,
collapse pattern.

Сведения об авторах:

Бобоев Хубоншоҳ Каромович - докторант
PhD кафедры «Строительство дорог,
сооружений и транспортных коммуникаций»
ТТУ им. акад. М.С.Осими. Тел: +992 93 525 00 35
E-mail: bxb93@mail.ru

Ходжибоев Абдуазиз Абдусатторович -
доктор технических наук, и.о. доцента
кафедры «Промышленное и гражданское
строительство» ТТУ им. акад. М. Осими.
Тел: +992 918 89 35 14
E-mail: khojiboev@mail.ru

Исмоилзода Лутфулло Сулаймони – к.т.н.,
доцент кафедры «Строительство дорог,
сооружений и транспортных коммуникаций»
ТТУ им.акад М.С. Осими, Директор ГУП
«Институт проектирования транспортных
сооружений» Министерства транспорта
Республики Таджикистан. Тел: +992 888 08 03
21, +992 93 980 05 01, E-mail: lutfullo.i@mail.ru

Сайраҳмонов Раҳимдҷон Ҳусейнович –
к.т.н., доцент, заведующий кафедрой
«Строительство дорог, сооружений и
транспортных коммуникаций» ТТУ им. акад.
М. Осими, Тел: +992 906 22 96 96
E-mail: srivakn@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ НА ПОВЕДЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ КОМПОЗИТНЫХ АРМАТУР

Ш.А. Зарипов, З. В. Кобулиев, Дж. А. Зарипов

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

В настоящей работе даются результаты измерений теплоемкости расширения исследуемых композитных арматур в зависимости от температуры, согласно которым вышеуказанные величины уменьшаются (за исключением теплоемкости) в зависимости от температуры.

На основе экспериментальных данных представлены результаты теоретико-экспериментального исследования теплоемкости исследуемых композитных арматур в зависимости от температуры и установлено, что на результаты измерения теплоемкости влияет примесь, имеющаяся в композитных арматурах. На основе экспериментальных данных, по изучаемым параметрам теплофизических характеристик исследуемых образцов, получена общая закономерность.

Ключевые слова: температура, давление, нанокompозит, наноразмер, арматура.

На экспериментальных установках, представленных на рисунке 1, измерена удельная теплоемкость расширения исследуемых композитных арматур в интервале температур 298-380К [1, с.220 – 4, с.101]. На установке ИТС_р-400 использовали образцы дующих размеров: диаметр цилиндра $d=15$ мм и высотой $h=10$ мм, а для ИТЛ-400 - $d=15$ мм и $h=3$ мм.

Результаты измерений теплоемкости расширения исследуемых композитных арматур в зависимости от температуры приведены на рисунках 1-2 и таблицах 1-2, согласно которым вышеуказанные величины уменьшаются (за исключением теплоемкости) в зависимости от температуры [3, с.66 -74 – 4, с.101].

Как выше было отмечено, теплоемкость исследуемых образцов, имеющие цилиндрическую форму, нами была исследована методом регулярного теплового режима второго рода (разработка профессора Платунова Е.С.). Результаты представлены в графическом виде на рисунках 1 и 2.

Как видно из графиков, на рисунке 1 и 2 удельная теплоемкость в интервале температур составляет (300-380)К и растет по

линейному закону. Согласно результатам, приведенным на рисунках 1 и 2, можно заключить, что удельная теплоемкость во всем интервале температуры композитной арматуры Roscbar, углепластик больше, чем теплоемкость - композитная арматура из углеродистой стали AV. Например, при температуре 300 К -1,3%, а при температуре 380 К эта разница составляет - 3,8%.

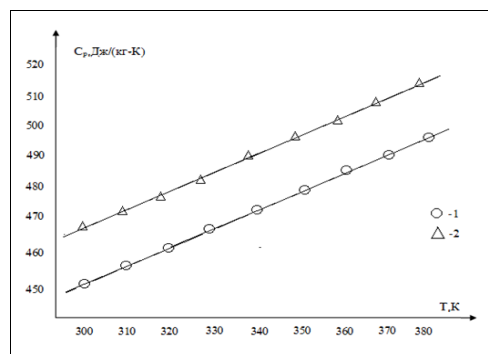


Рис.1. Зависимость теплоемкости железа и композитных арматур из углеродистой стали AV в зависимости от температуры: 1 - данные справочника В.Е. Зиновьева, 2 - наши данные.

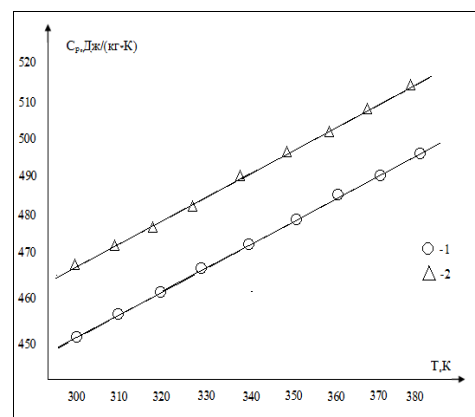


Рис.2. Удельная теплоемкость композитных арматур в зависимости от температуры: 1 - композитная арматура из углеродистой стали AV, 2 - композитная арматура Roscbar углепластик.

Плотность исследуемых композиционных арматур нами была определена пикнометрическим методом и гидростатическим взвешиванием (рисунок 3 и 4). Следует отметить, что образец имел цилиндрическую

форму пластин. Кроме того, на основе геометрических параметров образца, при комнатной температуре была определена плотность исследуемых образцов.

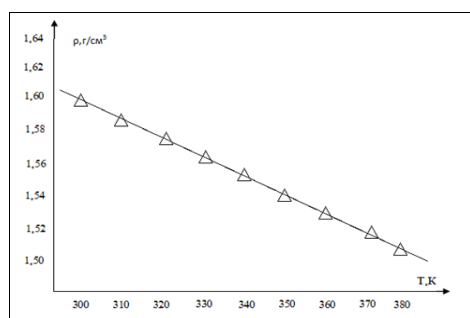


Рис. 3. Зависимость плотности образца композитной арматуры Rockbar углепластика в зависимости от температуры.

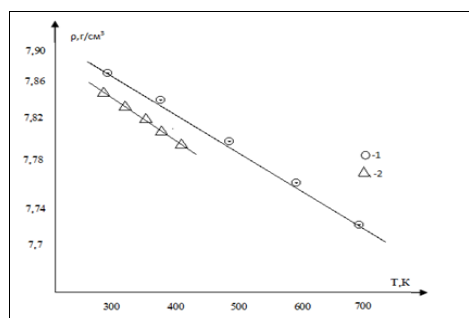


Рис. 4. Зависимость плотности железа и композитных арматур Rockbar углепластика в зависимости от температуры.

Теплофизические свойства удельной теплоемкости композитных арматур измерены нами впервые. Результаты наших исследований по теплоемкости некоторых композитных арматур при комнатной температуре в пределах погрешности опыта совпадают с литературными данными [4, с.101].

Удельная теплоемкость композитных арматур зависит от удельной теплоемкости и концентрации компонентов, и определяется формулой

$$C_p = \sum_{i=1}^n C_i m_i, \quad (1)$$

где C_i и m_i - соответственно удельная теплоемкость (Дж/(кг·К)) и относительное массовое содержание i -го компонента исследуемых образцов.

По известным значениям удельной теплоемкости и концентрации компонентов,

нами рассчитана теплоемкость композитных арматур в зависимости от температуры.

Расчет теплоемкости композитных арматур

В твердых телах экспериментально измеряется теплоемкость при постоянном давлении (C_p). Разница между ней и теплоемкостью при постоянном объеме (C_v), обусловлена сжимаемостью и термическим расширением [3, с.66-74 - 4, с.101 - 7, с.416].

$$C_p - C_v = -T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P^2 / \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \quad (2)$$

и связь между ними и другими термодинамическими характеристиками дается выражением:

$$C_p - C_v = \frac{\beta^2}{X_{из}} VT \quad (3)$$

где $\beta = 3\alpha$ - коэффициент объемного расширения; $X_{из}$ - изотермическая сжимаемость.

Уравнение (3) приближенно может быть записано в виде соотношения Нернста-Линдемана

$$C_p - C_v = 0,0214 C_p \frac{T}{T_n} \quad (4)$$

где T_n - температура плавления исследуемых веществ, в К.

В общем случае теплоемкость кристаллического вещества может быть представлена в виде суммы [12, с.728 - 13, с.76-80]:

$$C_p = C_{vg} + (C_p - C_v) + C_e + C_m + C_t + C_{vac} + C_f + C_n, \quad (5)$$

где C_{vg} - решетчатая составляющая; $(C_p - C_v)$ - составляющая, обусловленная термическим расширением; C_e - электронный вклад; C_m - магнитный вклад; C_t - составляющая, связанная с процессами упорядочения; C_{vac} - вклад в теплоемкость от равновесных вакансий; C_f - составляющая, обусловленная эффектами расщепления кристаллического поля (эффект Шоттки); C_n - ядерная составляющая. Решетчатая составляющая теплоемкости при постоянном объеме находится в сложной зависимости от температуры и характера сил связи. В фоновой модели колебаний кристаллической решетки решетчатая теплоемкость [9, с.488]:

$$C_{vg} = \frac{\partial E}{\partial T}; \quad E = \sum_{q,q} \left(e^{\frac{\hbar \omega_q}{k_B T}} + \frac{1}{2} \right) \hbar \omega_q \quad (6)$$

где E - полная энергия колебаний; ω_j - энергия колебаний фононов с волновым вектором q ; j - возможные ветви колебаний (акустические и оптические, продольные и поперечные). При высоких температурах $k_B T$ велико по сравнению с ω_j и при $j_{\max} = rN_A k_B T$, где rN_A - число осцилляторов для киломоля. Если для одной ветви $r=1$, то rN_A равно числу Авогадро, что приводит к классическому закону Дюлонга-Пти при $T \rightarrow \infty$.

$$C_V = 3N_A k_B = 3R = 24,943 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

Аналогичный вклад в теплоемкость при постоянном давлении определяется выражением (4). При комнатных температурах отношение C_p/C_V , согласно [5, с.9], составляет для алюминия $C_p/C_V = 1,04$.

$$C_p - C_V = 1,04 C_V - C_V = 0,04 C_V = 0,04 \cdot 24,943 = 0,96 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

Электронный вклад в теплоемкость определяется известным выражением.

$$C_3 = \gamma_e T, \quad (7)$$

$$\text{где } \gamma_e = \frac{\pi^2}{3} N(\epsilon_F) - \text{коэффициент}$$

электронной теплоемкости [9,10], $N(\epsilon_F)$ - плотность электронных состояний вблизи энергии Ферми. Линейная зависимость теплоемкости от температуры дает основу для определения $N(\epsilon_F)$ при низких температурах, где $C_3 > C_g$. При высоких температурах классическая электронная теория металлов дает для отношения C_3/C_p величину 1-5%.

Для наших объектов магнитный вклад теплоемкости не учитывается, $C_m = 0$. Вклад, связанный с упорядочением, C_t , если упорядочение носит флуктуационный характер, может иметь λ -образный характер. При приближении к точке плавления в температурной зависимости теплоемкости могут появляться экспоненциальные вклады, связанные с влиянием термически равновесных вакансий

$$C_{\text{vac}} = \frac{A}{k_B T^2} \exp(-E/k_B T), \quad (8)$$

где E - энергия образования вакансий; A - константа.

Вопросу влияния термических вакансий на теплоемкость и другие свойства металлов посвящены многочисленные работы [11, с.200 - 12, с.727], но до настоящего времени значения вакансионного вклада и

концентрации вакансий являются предметом дискуссий.

Известно, что разность теплоемкости твердых тел определяется формулой [13, с.76]:

$$C_p - C_V = \frac{9\alpha_l V T}{X_{\text{из.}}} \quad (9)$$

$$\text{или } C_p - C_V = \frac{\epsilon^2 V C_p^2 T}{X_{\text{из.}}} \quad (10)$$

$$\text{где } \epsilon = \frac{\alpha}{C_p} - \text{постоянная Грюнайзера.}$$

Увеличение удельной теплоемкости исследуемых объектов можно объяснить следующей причиной. Согласно уравнению (10) разность теплоемкостей твердых тел зависит от термического коэффициента линейного расширения, поскольку α_l для композитных арматур с ростом концентрации наполнителей увеличивается, то соответственно увеличивается теплоемкость исследуемых арматуры C_p .

Нами на основе экспериментальных данных представлены результаты теоретико-экспериментального исследования теплоемкости исследуемых композитных арматур в зависимости от температуры и установлено, что на результаты измерения теплоемкости влияет примесь, имеющаяся в композитных арматурах. На основе экспериментальных данных, по изучаемым параметрам теплофизических характеристик исследуемых образцов, получена общая закономерность.

Литература:

1. Вертоградский В.А. Сопоставление экспериментальных и расчетных значений теплоемкости сплавов // Тезисы докладов 9-ой Теплофизической конференции СНГ (г.Махачкала, 24-28 июня 1992г.). –Махачкала, 1992. -С. 220.
2. Аминов Б., Сафаров М.М. Теплоемкость особо чистого алюминия в зависимости от температуры // Материалы республиканской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Таджикистана (Секция физики) (г.Худжанд, 12-15 апреля 1990г.). – Худжанд, 1190. -С.11-15.
3. Буравой С.Е., Платунов Е.С., Курепин В.В. Перспективы исследования теплофизических свойств методами монотонного режима // Материалы 5

Международная теплофизической школы (г.Тамбов, 20-24 сентября 2004г.), Часть 1. – Тамбов: Изд. ТГТУ, 2004. -С. 66-74.

4. Степанова В.Ф., Степанов А.Ю. Арматура композитная полимерная // -2013. - С. 101.

5. Сафаров А.М. Диаграммы состояния и физико-химические свойства сплавов системы Al-Be-Y(La,Ce) // Дис.... канд. техн. наук. - Душанбе, 1997. -105с.

6. Самиев К.А., Сафаров М.М. Тепловые свойства алюминий-бериллиевых сплавов с легированными РЗМ // Депон. В НИИЦентр, от 4 апреля 2007 г., № 29 (1746), 9с.

7. Маделунг О. Теория твердого тела. - М.: Наука, 1980. - 416 с.

8. Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов ядерной техники: Справочник. - М.: Атомиздат, 1968. - 484 с.

9. Займан Дж. Электроны и фононы. -М.: ИЛ, 1962. - 488 с.

10. Лифшиц И.М., Азбель М.Я., Каганов М.И. Электронная теория металлов. - М.: Наука, 1971. - 415 с.

11. Зиновьев В.Е. Кинетические свойства металлов при высоких температурах: Справочник. - М.: Металлургия, 1984. - 200с.

12. Пасынков В.В., Пасынкова О.В. Металлы высокой проводимости для токопроводящих цепей и сплавы на их основе // В справочнике “Справочник по электротехническим материалам. Т.3. / Под ред. Ю.В. Корицкого, В.В. Пасынкова, Б.М. Тареева. - Л.: Энергоатомиздат, 1988. - 727 с.

13. Неймарк Б.Е., Бродский Б.Р. Экспериментальное исследование термического расширения тугоплавких металлов при высоких температурах. Теплофизические свойства твердых тел при высоких температурах. - М.: Изд-во стандартов, 1969. - С.76-80.

БЕФАРДИҲОИ ИМРӮЗ ДАР БОРАИ ҚОБИЛИЯТИ ГАРМИДИҲИИ КОМПОЗИТСИОНӢ

Ш.А. Зарипов, З.В. Кобулиев,

Ҷ.А. Зарипов

Дар ин мақола мо натиҷаи андозагирии гармии мушаххаси тавсеаи тақвияти таркибии омӯхташударо вобаста ба ҳарорат ба даст меорем, ки мувофиқи он қиматҳои дар боло зикршуда (ба истиснои гармии мушаххас) вобаста аз ҳарорат кам мешаванд.

Дар асоси маълумоти таҷрибавӣ, натиҷаҳои омӯзиши назариявӣ ва таҷрибавии иқтидори гармии пайвастагиҳои омӯхташуда вобаста ба ҳарорат муаррифӣ карда шудаанд ва муайян карда шудааст, ки ифлосшавӣ дар арматураҳои таркибӣ ба натиҷаҳои ҷанкунии гармии мушаххас таъсир мерасонад. Дар асоси маълумоти таҷрибавӣ мувофиқи параметрҳои омӯхташудаи хусусиятҳои термофизикии намунаҳои омӯхташуда як қонунияти умумӣ гирифта шудааст.

Калимаҳои калидӣ: ҳарорат, фишор, наноккомпозит, наноскала, тақвият.

INFLUENCE OF IMPURITY ON THE BEHAVIOR OF HEAT CAPACITY OF COMPOSITE REINFORCES

Sh.A. Zaripov, Z.V. Kobuliev,

J. A. Zaripov.

This article deals with the results of measurements of the expansion heat capacity of the studied composite fittings as a function of temperature, according to which the above values decrease (with the exception of the heat capacity) as a function of temperature.

Based on the experimental data, the results of a theoretical and experimental study of the heat capacity of the studied composite reinforcement depending on the temperature are found that the measurement of the heat capacity is influenced by impurities in the composite reinforcement. On the basis of experimental data, a general regularity is obtained for studying parameters of the thermophysical characteristics of the samples studied.

Keywords: temperature, pressure, nanocomposite, nanoscale fittings

Сведения об авторах:

Зарипов Шерали Абдукодирович –Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ.

E-mail zaripov.sherali@mail.ru

Кобулиев Зайналобудин Валиевич –доктор технических наук, профессор, чл.-корр. АН РТ, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ.

E-mail: kobuliev@mail.ru

Зарипов Джамшед Абдусаломович –к.т.н., и.о. доцента кафедры «Теплотехника и теплоэнергетика» ТТУ им.акад. М.С.Осими
Тел: +992 919 62 33 26

E-mail: dzamshed-zaripov@mail.ru

РОЛЬ ОЗЕЛЕНЕНИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВА ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ В РЕГУЛИРОВАНИИ БИОКЛИМАТА И МИКРОКЛИМАТА

Ю. Г. Баротов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье рассматриваются вопросы поиска путей регулирования показателей биоклимата территории городской застройки в зависимости от факторов микроклимата. Выявляются особенности и различные условия благоустройства и озеленения застройки и их роль в формировании микро- и биоклиматических комфорта территории. Определяется положение по оценке теплового состояния городского жителя применением современного практического метода моделирования в условиях городов жаркого климата.

Ключевые слова: климат, микроклимат, биоклимат, инсоляция, температура, радиация, озеленение, застройка, благоустройство.

Правильный и всесторонний учет климата в процессе проектировании и строительстве является необходимым условием при решении вопросов планировки застройки, озеленения и благоустройства. В южных городах одним из основных назначений насаждений и элементов благоустройства является регулирование радиационного режима в летнее время. В городах с большим количеством летних штилевых дней, где отсутствие воздушной циркуляции еще более усиливает летний зной, в то же время насаждения способствуют созданию местных бризов. Густые посадки защищают город от сильных горячих (суховен) или холодных ветров. Поэтому при решении вопроса

озеленения и благоустройства необходимо прежде всего выявить климатический профиль города.

До сих пор оценку климата дают на основе усредненных показателей, которые недостаточно точно характеризуют физическое состояние среды. Так, например, для Душанбе среднемесячная температура в июле составляет $27,4^{\circ}\text{C}$, что определяет близкие к комфортным условия для организма. В этот период максимальные температуры достигают $+42^{\circ}\text{C}$ и более, минимальные $+29^{\circ}\text{C}$. Эти температуры являются характерными для формирования городского климата в экстремальный летний период. Поэтому для оценки среды, окружающей человека, более важным является повторяемость показателя того или иного метеорологического фактора. На рисунок 1 даны график и диаграмма повторяемости температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в июле на 13 ч для Душанбе (рис.1).

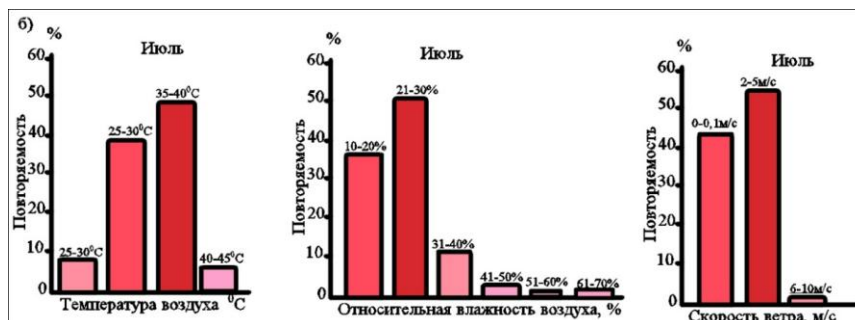
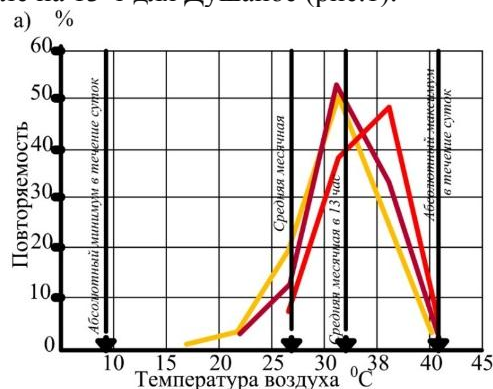


Рис.1. Климатические показатели Душанбе а - повторяемость (%) дневной температуры воздуха: — июль; — июль; — август; а-данные климатического справочника для июля; б-повторяемость (%) температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра на 13 ч.

Температура воздуха $+33...+40^{\circ}\text{C}$ составляет наибольший процент повторяемости 48%, что вызывает необходимость применения специальных архитектурно-строительных мер по снижению перегрева среды. На температуру воздуха $+30...+35^{\circ}\text{C}$ приходится 38% и приблизительно лишь 7% приходится на температуру порядка $+25...+30^{\circ}\text{C}$.

Недостатком метода составления климатической характеристики городов является также и то, что все показатели зачастую при оценке теплового состояния человека рассматриваются отдельно. Различные сочетания климатических факторов оказывают неодинаковое влияние на самочувствие человека. Поэтому полное представление о климатическом профиле города может дать лишь оценка комплексного взаимодействия основных элементов климата. Например, для Душанбе и ряда территорий равнины Таджикистана в июле отмечается наибольшая повторяемость неблагоприятных сочетаний: высокие температуры, большая сухость (аридность) и малая скорость ветра при высоком напряжении солнечной радиации.

Необходимо иметь в виду, что на отдельных городских участках возникают очаги «тепла» и «холода» биоклимата и микроклимата, которые отклоняются по тепловым, влажностным и ветровым показателям от городского климатического фона, причиной которых является планировочные структуры застройки и элементы озеленения и благоустройства.

Человек, находясь в реальных условиях городской среды, подвергается влиянию множества локальных, сложно взаимодействующих между собой факторов, оказывающих суммарное (интегральное) тепловое влияние на организм в зависимости от решения объемно-планировочной структуры городской застройки. При передвижении человека по территории города эти влияния непрерывно изменяются в соответствии с чередованием городских ландшафтов.

Поэтому для оценки теплового состояния городского жителя, наряду с общей биоклиматической характеристикой города, необходимо также знать тепловое воздействие на человека отдельных городских ландшафтов. Такой подход позволит определить пути оптимизация отношений человека с окружающей его городской средой.

Для оценки теплового воздействия на человека городских ландшафтов, обычно сложных

по своей архитектурно-планировочной структуре в сочетании, с различными средствами озеленения и благоустройства, применение расчетных методов встречает большие затруднения. Даже для сравнительно простых сочетаний элементов застройки расчетные формулы оказываются весьма громоздкими и сложными для использования [1,2,3,4]. Поэтому для решения практических задач городской биометеорологии наиболее подходящим оказался экспериментальный путь исследования, основанный на применении так называемого метода физического тела цилиндрического или же шарового термометров [5,6,7] рис. 2.

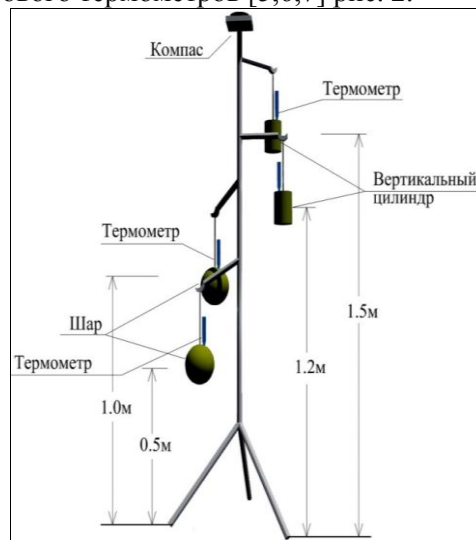


Рис. 2. Общий вид био-, микроклиматической стойки с цилиндрическим и шаровым термометром.

Этот метод является наиболее практичным для количественной оценки комплексных тепловых нагрузок на человека от окружающей среды городского ландшафта. При этом оценка тепловой нагрузки на организм человека FE , г/ч в исследуемых пунктах городской территории производится согласно шкале состояния человека по табл. 1.

Данный метод является физически вполне обоснованным; он отличается большой простотой и возможностью выполнения локальных обследований для оценки биометрических условий в пределах отдельных городских ландшафтов и небольших участков территории (микроландшафтов) с присущими им радиационно-температурно-ветровыми условиями (влияние затенения под отдельно стоящим деревом, стены, небольшого газона, бассейна, фонтана и т.д.).

Таблица 1.

Градации тепловой нагрузки на организм человека FE и напряженности терморегуляторной системы (М).

Биоклиматический показатель	Минимальная (тепловой комфорт)	Слабая (тепло)	Умеренная (очень тепло)	Большая (жарко)	Очень большая (очень жарко)	Чрезмерная (чрезвычайно жарко)
FE г/ч	50—150	151—300	301—500	501—700	701—900	>900
М %	5-12	13—25	26—45	46—64	65—85	>85

Шаровой термометр представляет собой полый металлический шар диаметром 15 см. В шаре через специальное отверстие устанавливается термометр, так чтобы его резервуар находился в центре шара. Термометр жестко скреплен с шаром резиновой пробкой. Показания термометра соответствуют средней температуре шара. В гигиенической практике пользуются шарами, покрытыми черной краской. Однако для рассматриваемого здесь метода определения теплового состояния человека поверхность шара должна иметь телесный цвет или же нейтральный с отражательной способностью (альбедо), равной 0,3.

Цилиндрический термометр, представляющий собой полый металлический цилиндр, окрашенный в телесный цвет, диаметр которого равен 8 см, а высота 12 см используется наряду с шаровым термометром. При этом шаровой термометр является приближенной модели человека в сомкнутом состоянии, в то время вертикальный цилиндр является модель стоящего человека.

В верхнем основании цилиндра имеется отверстие, в которое вставлен термометр, так, что его резервуар располагается на середине оси цилиндра. Цилиндр или (шар) устанавливается с помощью кронштейна на высоте 1,5 м. При этом цилиндр должен находиться в вертикальном положении.

С целью установления теплового состояния человека в городской застройке с различным микроклиматом были выбраны для натурного наблюдения характерные для Душанбе жилые дворы по улицам Н. Карабоева, Рахими, А. Сино, Н. Махсум, А. Навои, Гиссарская, Шамси, проспектов А. Гафурова и Рудаки, имеющие различную планировку, благоустройство и озеленение, характерное планировочное решение.

Пункты наблюдения выбирались у теневой и облучаемой стены зданий, на различном удалении от них, над различными подстилающими поверхностями территорий (бетонной отмосткой, естественным грунтом, газоном, покрытием из гранитных плиток и цементно-бетонных плиток, покрытием из бетона и т.д.), под различными солнцезащитными экранами как древесные насаждения с различной полнотой кроны рис. 3.

Оценка теплового состояния человека производилась для июля месяца вертикальными цилиндрическими термометрами, установленными в характерных пунктах поперечного и продольного разреза придомовой территории, а также в различных городских структурах.

Максимальные значения тепловой нагрузки на организм человека $FE=900$ г/ч наблюдается в середине дня в неозелененных придомовых территориях, в озелененных – до 350 г/ч, в то же время интенсивность суммарной солнечной радиации в неозелененных дворах до 700 Вт/м^2 , в озелененных – 100 Вт/м^2 ; значение тепловой нагрузки на организм человека достигает максимального значения в середине дня у инсолируемого фасада неозелененного двора $FE=750...900$ г/ч, у теневого фасада – $FE=300...400$ г/ч Разность FE у инсолируемого и теневого фасада составляет в среднем 500 г/ч; тепловая нагрузка в озелененных дворах $FE=200...350$ г/ч заметно ниже, чем в неозелененных благодаря более низким значениям солнечной радиации, температуры поверхностей стен и подстилающих поверхностей и температуры воздуха согласно градациям тепловой нагрузки, такая нагрузка является близким к «комфортной».

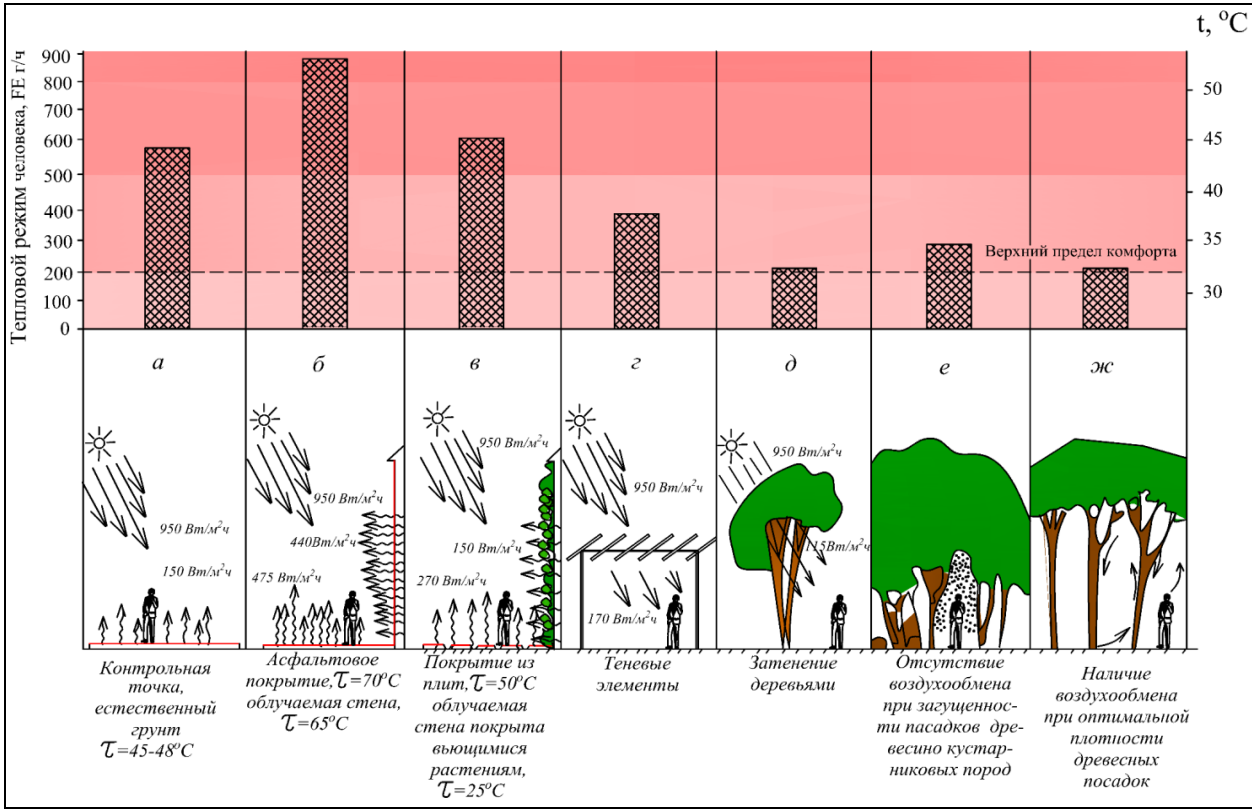


Рис. 3. Колебание показателя потоотделение человека на отдельных участках городской застройки.

Находясь на асфальтовом покрытии в непосредственной близости от облучаемой солнцем поверхности стены, человек подвергается добавочному воздействию тепловой энергии нагретых поверхностей до $950 \text{ Вт/м}^2\text{час}$, что почти равносильно солнечному облучению. Тепловой режим на этом участке по сравнению с контрольной точкой повышаются на 350 FE г/ч (рис.3 а, б). Если же асфальтовое покрытие заменить бетонными плитами, а стену дома покрыть вьющимися растениями, можно снизить эффективную температуру на данном участке на $5...5,5^\circ\text{C}$, а тепловое излучение поверхностей - почти в 2 раза (рис. 3 в).

Тепловое излучение поверхностей определяется не только характером покрытия почвы или материалом стен, а прежде всего степенью их облучения прямыми солнечными лучами. Асфальт в тени имеет температуру на $15...20^{\circ}\text{C}$ ниже, чем открытый инсолируемых поверхности асфальта солнцу. При этом эффективность различных затеняющих устройств неодинакова. Например, для человека в тени дерева создают более благоприятные радиационные условия, чем под навесом (рис. 3 г, д). Это объясняется

тем, что температура живого зеленого покрова не достигает таких высоких величин при облучении солнцем, как поверхности затеняющих искусственных устройств.

Не менее существенным в улучшении био- и микроклимата являются условия проветривания, особенно в период высоких летних температур и слабых ветров. Вследствие большой загущенности насаждений нарушается воздухообмен, что приводит к повышению эффективных температур. Наиболее оптимальные условия создаются при разреженных посадках (рис. 3ж).

Таким образом, основой возникновения того или иного очага био- и микроклимата являются различные условия: облучение вертикальных и горизонтальных поверхностей, интенсивность воздухообмена и режим влажности воздуха. Изменение этих климатических элементов в благоприятную для теплового состояние человека сторону, обуславливается надлежащим озеленением и благоустройством. Микроклиматический эффект зеленых насаждений, заключается главным образом, в рациональном размещении их с учетом особенностей климата и зависит от ассортимента, густоты листвы, величины и

формы кроны. Большое влияние на формирование биоклимата человека, оказывают излучающие и отражающие тепловую солнечную энергию поверхности. Количество лучистой энергии будет зависеть от формы, размера, цвета и фактуры поверхности. Существенным является ограничение доступа солнечной радиации к отражающим поверхностям. Наиболее эффективными в этом случае будут озеленение их выходящими растениями и правильная ориентация, а также применение различных форм и конструкций солнцезащитных устройств в виде навесов, пергол и их сочетание с крупнокронными зелеными насаждениями и выходящими растениями.

Таким образом, определены основные принципы озеленения и благоустройства городских территорий, направленные на повышении комфортности био- и микроклиматического режима и практический метод оценки теплового состояния человека при применении различных приемов озеленения и благоустройства городских территорий.

Литература:

1. Ершов А.В., Айсина В.И. Биоклиматический критерий оценки градостроительных решений. Известия ВУЗов, сер. «Строительство и архитектура», №11, - Новосибирск, 1979. с.51-57.
2. Гуменер П.И. Изучение терморегуляции в гигиене и физиологии труда. - М.: Медгиз, 1962. - 231с.
3. Гигиенические аспекты оздоровления городов. Доклады конференции «Климат-город-человек». -М.: Гидрометеиздат, 1973. - 37с.
4. Гиясов Б.И. Роль солнечной радиации в формировании тепло-ветрового режима междомового пространства. МГСУ Вестник 3/2012. -с 12-15.
5. Айзенштат Б.А., Абдумаликов Т.И. Статистические закономерности биоклимата некоторых городов Средней Азии. Труды САНИГМИ, вып.4(85), Л., 1972, с.108-119.
6. Rizka A. A., Henze G. P. Improved airflow around multiple rows of buildings in hot arid climates. – Energy and Buildings, 2010. Vol. 42(10). – pp. 1711-1718.
7. Гиясов А., Баротов Ю.Г. Роль зеленых насаждений в оздоровлении микроклимата

городской застройки южных районов. Журнал. Экология урба-низированных территорий. №3 2018. -с.90-98.

МАВҚЕИ ОБОДОНӢ ВА КАБУДИЗОРКУНИИ МАҲАЛҲОИ ПУРИМОРАТИ ШАҲРӢ ДАР ИДОРАКУНИИ БИОИҚЛИМ ВА МИКРОИҚЛИМ

Ю.Г. Баротов

Дар мақола масъалаҳои ҷустуҷӯи роҳҳои беҳтар намудани микроклимат ва нишондиҳандаи биоиклими инсон дар ҳудуди маҳалҳои пуриморати шаҳр дида шудааст. Хусусиятҳо ва шароити гуногуни ободонӣ ва кабудизоркунии маҳалҳои пуриморати шаҳрӣ бо мақсади беҳтар намудани микро- ва биоиклими ҳаловатнокии ҳудуд оварда шудааст. Нақши ободонӣ ва кабудизоркунӣ дар тағйирёбии ҳиссиёти гармии бадани инсон дар шароити гуногуни шаҳр дар давраи гармии фасли тобистон зикр карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: иқлим, микроиқлим, биоиқлим, нурпошӣ, ҳарорат, радиатсия, кабудизоркунӣ.

THE ROLE OF IMPROVEMENT AND GREENING OF URBAN DEVELOPMENT IN THE REGULATION OF BIOCLIMATE AND MICROCLIMATE

Y. G. Barotov

The article deals with the issues of finding ways to improve the microclimate and the indication of human bioclimate in the city. Features and various conditions of improvement and landscaping of buildings with the aim of improving the microclimatic comfort of the territory. The role of accomplishment and gardening on the change of human heat sensation in various conditions of urban development in hot summer period is revealed.

Keywords: climate, microclimate, bioclimate, insolation, temperature, radiation, green spaces.

Сведения об авторе:

Баротов Юнусджон Гулмуродович, старший преподаватель кафедры «Архитектура зданий и сооружений» ТТУ им.акад. М.С.Осими. Тел: +992 989 01 70 38. E-mail: yungajon@mail.ru

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В научно-теоретическом журнале Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования Таджикского технического университета («Паёми политехникӣ. Баҳши Таҳқиқоти муҳандисӣ») публикуются научные сообщения по следующим направлениям: энергетика, металлургия и материаловедение, химическая технология, транспорт, строительство и архитектура.

1. Статья, представленная в редколлегию, должна иметь экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати от учреждения, в котором выполнена данная работа, а также рецензию специалиста в данной области науки.

2. Редколлегия принимает статьи, подготовленные в системе Word, тщательно отредактированные и распечатанные в 2-х экземплярах через 1,5 интервала (размер шрифта кегль 14 Times New Roman), на белой бумаге формата А4 (297x210 мм), поля: левое - 30 мм; правое – 20 мм; верхнее – 30 мм; нижнее – 25 мм). Одновременно текст статьи представляется в электронном виде или присылается по электронной почте: nisttul@mail.ru

3. Размер статьи не должен превышать 10 страниц компьютерного текста, включая текст, иллюстрации (графики, рисунки, диаграммы, фотографии) (не более 4), список литературы (не более 15), тексты резюме на таджикском, русском и английском языках (не более 100 слов). Каждый рисунок должен иметь номер и подпись. Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь номер и заголовок. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и рисунках не допускается. В тексте необходимо дать ссылки на все приводимые таблицы, рисунки и фотографии. В цифровом тексте десятичные знаки выделяются точкой.

4. В правом углу статьи указывается научный раздел, в котором следует поместить статью. Далее в центре следующей строки - инициалы и фамилия автора, ниже – полное название статьи (шрифт жирный, буквы прописные), краткая (5-7 строк) аннотация (курсив), ключевые слова. Сразу после текста статьи приводится список использованной литературы и указывается название учреждения, в котором выполнялось данное исследование. Затем приводится аннотация на таджикском (редактор Times New Roman Tj), русском и английском языках.

5. Формулы, символы и буквенные обозначения величин должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Equation или Math Type (шрифт 12). Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

6. Статья завершается сведениями об авторах: ф.и.о. (полностью), ученая степень, ученое звание, место работы (полностью), должность, контактная информация.

7. Цитируемая литература приводится под заголовком «Литература» в конце статьи. Все ссылки даются на языке оригинала и нумеруются. Цитируемая литература должна иметь сквозную нумерацию в порядке упоминания работ в тексте. Ссылки на литературу в тексте должны быть заключены в квадратные скобки. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

8. Электронная версия опубликованной статьи размещается в сайте ТТУ им.ак.М.С.Осими и в системе Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

9. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

10. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

POLYTECHNIC BULLETIN

1(49)

2020

SERIES: ENGINEERING STUDIES

Published since
January 2008

SCIENTIFIC - TECHNICAL JOURNAL

ISSN 2520-2227

Founder and publisher:

**Tajik Technical University named
after academician M. Osimi (TTU
named after acad.M.Osimi)**

Scientific directions of periodical
edition:

- 005.14.00 Energy
- 005.16.00 Metallurgy and
Materials
- 005.17.00 Chemical technology
- 005.22.00 Transport
- 05.23.00 Construction and
Architecture

The certificate of registration of
organizations that have the right to print
in the Ministry of Culture under number
0261 / JR from January 18, 2017.

Frequency of edition - quarterly.

Subscription index in the catalogue
"Tajik Post"-77762

Договор с Научно-электронной
Journal included in the Russian
scientific citation index

https://elibrary.ru/title_about.asp?id=62828

Договор -08/09-1 о включении жура в
Российский индекс
научноцитирования

A full-text version of the journal is
located at the site <http://vp-es.ttu.tj/>

Editorial address:

734042, Dushanbe,

10A, acad. Rajabovs ave.

Tel .: (+992 37) 227-01-59

Fax: (+992 37) 221-71-35

E-mail: nisttu1@mail.ru

EDITORIAL TEAM:

H.O. ODINAZODA

Corresponding member of Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,
Doctor of Technical Sciences, Professor - Chief Editor

M.A. ABDULLOEV

Candidate of technical sciences, associate professor, Deputy Chief Editor

A.J. RAKHMONZODA

Candidate of technical sciences, associate professor, Deputy Chief Editor

A.B. BADALOV

Corresponding member of Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,
Doctor of Chemistry, professor

I.N. GANIEV

academician of AS RT, Doctor of Chemistry, professor

A.G. GIYASOV

Doctor of technical sciences, professor

R.A. DAVLATSHOEV

Candidate of technical sciences, Associate professor

T.J. JURAEV

Doctor of technical sciences, professor

V.S. IVASHKO

Doctor of technical sciences, professor (Republic of Belarus)

L.S. KASOBV

Candidate of technical sciences, Associate Professor

T.I. MATKERIMOV

Doctor of technical sciences, professor (Kyrgyz Republic)

R.S. MUKIMOV

Doctor of Architecture, Professor

D.N. NIZOMOV

Corr. member of AS RT, Doctor of technical sciences, professor

F.I. PANTELEENKO

Doctor of Technical Sciences, Professor (Republic of Belarus)

A.I.SIDOROV

Doctor of technical sciences, professor (Russian Federation)

V.V. SILYANOV

Doctor of technical sciences, professor (Russian Federation)

A.G. FISHOV

Doctor of technical sciences, professor (Russian Federation)

M.M. KHAQDOD

Corr. member of AS RT, Doctor of technical sciences, professor

A.SH. SHARIFOV

Doctor of technical sciences, professor

D.H. SAIDZODA

Doctor of technical sciences, professor

A. AKBAROV

Doctor of Architecture, Professor

A. RUZIYEV

Candidate of technical sciences, Associate Professor

M.YU.YUNUSOV

Candidate of technical sciences, Associate Professor

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

Мухаррири матни русӣ:	З.Т. Сафарова
Мухаррири матни тоҷикӣ:	Ф.М. Юнусов
Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:	С.Р. Чоршанбиев
Редактор русского текста:	З.Т. Сафарова
Редактор таджикского текста:	Ф.М. Юнусов
Компьютерный дизайн и верстка:	С.Р. Чоршанбиев

Нишонӣ: ш. Душанбе, хиёбони акад. Рачабовҳо, 10^А

Адрес: г. Душанбе, проспект акад. Раджабовых, 10^А

Ба матбаа 18.03.2020 супорида шуд. Ба чоп 20.03.2020 имзо шуд.

Чопи офсетӣ. Қоғози офсет. Андозаи 60x84 1/8

Адади нашр 200 нусха.

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

ш. Душанбе, кӯчаи акад. Рачабовҳо, 10^А