

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Научно-технический журнал по строительству и архитектуре

Construction and industrial safety
Scientific and Technical Journal on Construction and Architecture

№ 22(74) – 2021

Основан в 1996 году.
Выходит 4 раза в год (ежеквартально)

Учредитель:

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» (КФУ им. В.И. Вернадского), 295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовым коммуникациям (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-61830 от 18 мая 2015 г.

Включен в утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Индексируется в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)

Главный редактор

Федоркин Сергей Иванович, советник РААСН, д.т.н., проф.
(КФУ им.В.И. Вернадского)

Заместители главного редактора:

Любомирский Николай Владимирович, советник РААСН,
д.т.н., проф. (КФУ им. В.И. Вернадского)

Николенко Илья Викторович, д.т.н., проф.
(КФУ им. В.И. Вернадского)

Редакционная коллегия:

Абдулгазис У.А., д.т.н., проф. (КИПУ, Симферополь)

Бакаева Н.В., д.т.н., проф. (ЮЗГУ, Курск);

Бекиров Э.А., д.т.н., проф. (КФУ им. В.И. Вернадского,
Симферополь);

Беспалов В.И., д.т.н., проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону)

Ветрова Н.М., д.т.н., проф. (КФУ им. В.И. Вернадского,
Симферополь) – руководитель раздела «Экологическая
безопасность»;

Графкина М.В., д.т.н., проф. (МГМУ, Москва);

Гузнецков В.Н., д.пед.н., доц. (МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Москва);

Дворецкий А.Т., советник РААСН, д.т.н., проф.
(КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь);

Зайцев О.Н., д.т.н., проф. (КФУ им. В.И. Вернадского,
Симферополь) – руководитель раздела «Инженерное
обеспечение»;

Кукунаев В.С., советник РААСН, д.т.н., с.н.с.
(КФУ им.В.И. Вернадского, Симферополь);

Маилян Д.Р., советник РААСН, д.т.н., проф. (ДГТУ,
Ростов-на-Дону);

Нагаева З.С., член-корреспондент РААСН, д.арх., проф. –
руководитель раздела «Градостроительство»

Несветаев Г.В., советник РААСН, д.т.н., проф. (ДГТУ,
Ростов-на-Дону);

Пищулина В.В., д.арх., проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону);

Сергейчук О.В., д.т.н., проф. (КНУСА, Киев, Украина);

Серпокрылов Н.С., д.т.н., проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону);

Толстой М.Ю., к.т.н., доц. (ИРНИТУ, Иркутск);

Цопа Н.В., советник РААСН, д.э.н., проф. (КФУ
им. В.И. Вернадского, Симферополь);

Чемодуров В.Т., д.т.н., проф. (КФУ им. В.И. Вернадского,
Симферополь);

Чеботарев В.И., д.т.н., проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону);

Шаленный В.Т., д.т.н., проф. (КФУ им. В.И. Вернадского,
Симферополь) – руководитель раздела «Строительство»;

Шеина С.Г., советник РААСН, д.т.н., проф. (ДГТУ,
Ростов-на-Дону);

Щербаков В.И., д.т.н., доц. (ВГТУ, Воронеж)

Федосов С.В., академик РААСН, д.т.н., проф. (МГСУ,
Москва)

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 22(74) – 2021

научно-технический журнал

Печатается по решению научно-технического
совета ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
(протокол № 7 от 12.11.2021)

Координатор выпуска: *И.В. Николенко*
Верстка: *Г.Р. Биленко*

Редакция Академии строительства и
архитектуры (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Адрес редакции: 95006, Республика Крым,
г. Симферополь, ул. Павленко, 3, корпус 2, к. 200,
e-mail: rio@narps.ru

Подписан в печать 15.11.2021.

Формат 70×108/16.

Бумага офсетная. Печать трафаретная.
Гарнитура Times New Roman. Усл.-печ. л. 10,3.
Тираж 100 экз.

Издатель: федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Крымский федеральный университет имени
В.И. Вернадского».

Издательство: ФГАОУ ВО «КФУ
им. В.И. Вернадского»

<http://cfuv.ru>, io_cfu@mail.ru

(3652) 60-84-98,

295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект
Академика Вернадского, 4, каб. 400Б

Отпечатано в типографии ФГАОУ ВО «КФУ
им. В.И. Вернадского»
295000, Республика Крым, г. Симферополь, бульвар
Ленина, 5/7

Распространяется по подписке.
Подписка по каталогу агентства «Роспечать».
Подписной индекс: 64974 (полугодовая).
Стоимость 1 экз. журнала 227,0 руб.

© Академия строительства и архитектуры
ФГАОУ ВО «КФУ им. Вернадского», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Градостроительство

- Журавлев П.А., Клюев В.Д., Сборщиков С.Б., Марукян А.М.**
 ФОРМИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА НА ЭТАПЕ
 ПЛАНИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ 7
- Бологов И.С., Гамаюнова О.С.**
 ПРОБЛЕМЫ УПЛОТНИТЕЛЬНОЙ ЗАСТРОЙКИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ 15
- Сидорова В.В., Живица В.В., Суворов А.И., Эрайзер А.А.**
 ПРИНЦИПЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ В ГРАНИЦАХ
 ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ, НА ПРИМЕРЕ ПГТ. ЧЕРНОМОРСКОЕ РЕСПУБЛИКИ
 КРЫМ 29
- Мосякин Д.С., Крицкий И.В.**
 ПЛЮСЫ И МИНУСЫ СТРОИТЕЛЬСТВА XX ВЕКА 43

Раздел 2. Строительство

- Синцов А.В., Данченко Н.В., Синцов В.П., Митрофанов С.В.**
 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ НА НАПРЯЖЕННО-
 ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРНОГО ПОКРЫТИЯ
 НАД ХАНСКИМ ДВОРЦОМ 49
- Мусорина Т.А., Петриченко М.Р., Заборова Д.Д., Гамаюнова О.С., Куколев М.И.**
 УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ БЕТОННОГО КОМПОЗИТА, АРМИРОВАННОГО СУХОЙ
 РАСТИТЕЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ 57
- Бахтин А.С., Любомирский Н.В., Бахтина Т.А., Николаенко В.В., Гавриш В.М.**
 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
 ДИОКСИДА ТИТАНА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА (VI) 67

Раздел 3. Инженерное обеспечение

- Николенко И.В., Котовская Е.Е., Будчаный А.О.**
 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА ГАРАНТИРОВАННОЙ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ
 ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НА ОСНОВЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
 НАДЕЖНОСТИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ 79
 Часть 2. Расчет периода безотказной работы гидравлической схемы системы
 водоснабжения по эксплуатационным показателям надежности современного насосного
 оборудования
- Абдали Л. М., Али К.А., Кувшинов В.В., Бекиров Э.А., Коровкин Н. В.**
 ТЕХНИКА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ И
 АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ГИБРИДНОЙ СОЛНЕЧНО-ВЕТРО-ДИЗЕЛЬНОЙ
 ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ 91
- Конопацкий Е.В., Воронова О.С., Ротков С.И., Лагунова М.В., Бездитный А.А.**
 МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ 2-ГО ПОРЯДКА И ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБОЛОЧЕК
 ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ИХ ОСНОВЕ 101

Радаев А.Е., Гамаюнова О.С.
ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОСЛОЙНОЙ СТЕНОВОЙ КОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ КВАДРАТИЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ 111

Дихтярь Т.В., Зайцев О.Н., Дихтярь К.С., Ангелюк И.П.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ПОТОКА НА КОЭФФИЦИЕНТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ 129

Раздел 4. Экологическая безопасность

Табунщик В.А.
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАКЛОНА ПОВЕРХНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ ЛАНДШАФТОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА 135

Список авторов 147

Руководство для авторов 148

CONTENT

Section 1. Town planning

Zhuravlev P.A., Klyuev V.D., Sborshikov S.B., Marukya A.M. FORMATION OF THE COST OF CAPITAL REPAIRS AT THE INVESTMENT PLANNING STAGE	7
Bologov I.S., Gamayunova O.S. PROBLEMS OF INFILL DEVELOPMENT IN ST. PETERSBURG	15
Sidorova V.V., Zhivisa V.V., Suvorov A.I., Arizer A.A. PRINCIPLES OF RECONSTRUCTION OF PUBLIC SPACES WITHIN THE BORDERS OF COASTAL TERRITORIES ON THE EXAMPLE OF THE CHERNOMORSKOYE SETTLEMENT IN THE REPUBLIC OF CRIMEA	29
Mosyakin D.S., Kritsky I.V. PROS AND CONS OF XX CENTURY CONSTRUCTION	43

Section 2. Construction

Sintsov A.V., Danchenko N.V., Sintsov V.P., Mitrofanov S.V. ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF CONSTRUCTION DEFECTS ON THE STRESS-STRAIN STATE OF STRUCTURAL COATING ELEMENTS OVER THE KHAN'S PALACE	49
Musorina T.A., Petritchenko M.P., Zaborova D.D., Gamayunova O.S., Kukolev M.I. IMPROVING THE PROPERTIES OF A CONCRETE COMPOSITE REINFORCED WITH A DRY PLANT ADDITIVE	57
Bakhtin A.S., Lyubomirskiy N.V., Bakhtina T.A., Nikolaenko V.V., Gavrish V.M. INVESTIGATION OF INCREASING THE PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF TITANIUM DIOXIDE DUE TO THE USE OF TUNGSTEN (VI) OXIDE	67

Section 3. Engineering Support

Nikolenko I.V., Kotovskaya E.E., Budchany A.O. DETERMINATION OF THE PERIOD OF GUARANTEED reliability OPERATION OF THE HYDRAULIC CIRCUIT BASED ON THE OPERATIONAL RELIABILITY INDICATORS OF PUMPING UNITS PART 2. Calculation of the period of reliability operation of the hydraulic circuit of the water supply system according to the operational reliability indicators of modern pumping equipment	79
Abdali L. M., Ali Q. A., Kuvshinov V.V., Bekirov E.A., Korovkin N.V. THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUE FOR THE ENERGY GENERATION AND ADMINISTRATION OF THE HYBRID SOLAR/WIND/DIESEL POWER SYSTEM	91
Konopatskiy E.V., Voronova O.S., Rotkov S.I., Lagunova M.V., Bezditnyi A.A. MODELING OF THE 2ND ORDER CURVES AND SURFACES OF ENGINEERING STRUCTURES SHELLS BASED ON THEIR BASIS	101
Radaev A.E., Gamayunova O.S. DETERMINATION OF THE CHARACTERISTICS FOR A MULTILAYER WALL'S STRUCTURE WITH APPLICATION OF QUADRATIC PROGRAMMING TOOLS	111

<i>Dikhtyar T.V., Zaitsev O.N., Dikhtyar K.S., Angeluck I.P.</i> INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE FLOW STRUCTURE ON THE COEFFICIENT OF HYDRAULIC RESISTANCE	129
--	-----

Section 4. Environmental safety

<i>Tabunshchik V.A.</i> SPATIAL DISTRIBUTION OF THE SURFACE SLOPE WITHIN THE LANDSCAPES OF THE CRIMEAN PENINSULA	135
<i>List of authors</i>	147
<i>Authors Guide</i>	148

Раздел 1. Градостроительство

УДК 338.5:69

ФОРМИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА НА ЭТАПЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ

Журавлев¹ П.А., Ключев² В.Д., Сборщиков³ С.Б., Марукян⁴ А.М.

^{1,3,4}НИУ МГСУ «Московский государственный строительный университет». Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

²ГБНУ Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы. Адрес: 123317, г. Москва, ул. Антонова-Овсеенко, д. 13, стр. 1
E-mail: ¹tous2004@mail.ru, ²kluvd1402@yandex.ru, ³sbs@mgsu.ru, ⁴A8874316@yandex.ru

Аннотация. Повышение комфорта и безопасности среды жизни и деятельности граждан достигается эффективной эксплуатацией, своевременным капитальным ремонтом и реконструкцией зданий и сооружений (основных фондов). Ключевым вопросом реализации капитального ремонта зданий и сооружений, является отсутствие механизма обоснования, планирования и управления стоимостью данных работ. Анализ проекта Стратегии развития строительной отрасли до 2030 (далее – Стратегия) выявил создание системы управления стоимостью строительства на всех этапах жизненного цикла объекта. Однако в рамках концепции регулирования ценообразования в строительстве предлагаемый набор инструментов (федеральные единичные расценки, элементные сметные нормы и укрупненные нормативы) не позволяют обеспечить возможность оперативного определения (планирования) обоснованной стоимости работ по капитальному ремонту, выполняемых на эксплуатационной стадии жизненного цикла объекта. В статье аргументировано установлена необходимость создания и применения системы обоснования, планирования и управления стоимостью работ по капитальному ремонту с использованием укрупненных показателей стоимости капитального ремонта в рамках концепции ценообразования в строительстве.

Предмет исследования: система управления стоимостью строительства на всех этапах жизненного цикла объекта.

Материалы и методы: Рассмотрены основные положения совершенствования системы ценообразования, изложенные в Стратегии. В качестве гипотезы предложено создание системы управления стоимостью работ по капитальному ремонту, выполняемых на эксплуатационной стадии жизненного цикла объекта.

Результаты: Представлен подход к формированию системы укрупненных показателей в рамках концепции совершенствования системы ценообразования, приведенной в Стратегии, для оценки эффективности инвестиций и распределения предельных объемов расходов на капитальные вложения, выделяемые на восстановление основных фондов.

Выводы: Учет в Стратегии предложенной системы и ее последующее внедрение существенно повысит обоснованность экономических расчетов, связанных с планированием финансовых средств на восстановление основных фондов, обеспечив при этом достаточную прозрачность и обоснованное использование финансовых ресурсов.

Ключевые слова: укрупненные показатели стоимости капитального ремонта, основные фонды, эксплуатация объектов, капитальный ремонт, ресурсно-технологическое моделирование, стратегия развития строительной отрасли.

ВВЕДЕНИЕ

Проект Стратегии развития строительной отрасли до 2030 года является программным документом, характеризующим состояние строительного сектора, определяющим основные принципы, цели и задачи государственной политики в строительном секторе и смежных отраслях, а также эффективные механизмы достижения поставленных целей.

Стратегией определены среднесрочные целевые показатели на основе индикаторов национальных проектов, а также дополнительные показатели, разработанные с учетом приоритетных целей и задач социально-экономического и технологического развития России. Стратегия охватывает сферы жилищного, промышленного, транспортного, инфраструктурного строительства, производство строительных материалов и строительной техники.

Строительная отрасль и сфера жилищно-коммунального хозяйства являются системообразующими для российской экономики и существенно влияют на качество жизни населения страны. Перед ними стоят схожие вызовы: потребность в существенном объеме капитальных вложений, значимость технологического развития и потребность в развитии кадрового потенциала [1-3].

Стратегией отмечен весомый вклад жилищного строительства в общий объем ВВП (3,1% ВВП) с учетом мультипликативных эффектов влияния на другие отрасли экономики. Констатируется, что в период реализации Стратегии около трети жилищного фонда, построенного до 1970 года, потребует работ по капитальному ремонту или реновации.

Вместе с тем, согласно Стратегии, повышение комфорта и безопасности среды жизни и деятельности граждан должно быть обеспечено сокращением аварийного и ветхого жилищного фонда страны посредством реализации

соответствующих национальных и федеральных проектов и федеральных программ.

Основной проблемой, препятствующей устойчивому сокращению непригодного для проживания жилищного фонда, является ежегодное накопление вновь признанного аварийного жилья, составляющего около 2 млн. кв. м в год.

Отдельным механизмом, направленным на улучшение жилищных условий граждан, является реализация программы капитального ремонта. В Российской Федерации капитальный ремонт общего имущества в многоквартирных домах осуществляется на долгосрочной и плановой основе в рамках созданных региональных систем капитального ремонта.

Основными рисками для реализации программ капитального ремонта являются риски финансовой устойчивости региональных программ. Кроме того, мониторинг реализации региональных программ капитального ремонта выявил ряд проблем, в том числе [4]:

- низкий уровень планирования и организации проведения капитального ремонта;
- недостаточную финансовую обеспеченность обязательств по проведению капитального ремонта в региональных программах.

Тем не менее, вопросам управления стоимостью работ по капитальному ремонту (стоимостного планирования, оценочных расходов) в Стратегии не уделяется должного внимания.

Следует одновременно учитывать и риски неисполнения договорных обязательств, связанные с финансово-экономическим состоянием исполнителей программ капитального ремонта. По информации, приведенной в Стратегии, рентабельность строительных организаций по проданным товарам и выполненным услугам в 2010-2018 годах находилась в диапазоне 4,8–7%, тогда как в среднем по экономике показатель составлял 7,7–12,3%.

В этой связи, существенно-значимым и актуальным вопросом в реализации поставленных Стратегией целей, с учетом преобладающего государственного финансирования объемов строительства, составляющего около 70% от объема строительных работ, является совершенствование государственного регулирования ценообразования в строительстве в части организации капитального ремонта.

В рамках концепции регулирования ценообразования в строительстве одним из основных акцентов Стратегии констатируется создание системы управления стоимостью

строительства на всех этапах жизненного цикла объекта. При этом в качестве набора инструментов определения цены отмечены: укрупненные нормативы цены строительства – на стадии обоснования инвестиций и нормативы цены конструктивных решений – на стадии «Проект», а также федеральные единичные расценки и государственные элементные сметные нормы на стадии «Рабочая документация». Указанные нормативы не позволяют обеспечить возможность оперативного определения (планирования) экономически обоснованной стоимости работ по капитальному ремонту, выполняемых на эксплуатационной стадии жизненного цикла объекта.

Целью настоящей работы является аргументация необходимости создания и применения системы обоснования, планирования и управления стоимостью работ по капитальному ремонту для организации планирования на стадии эксплуатации.

В качестве задачи реализации поставленной цели определяется разработка механизма (инструмента), предусматривающего использование системы укрупненных показателей стоимости работ по капитальному ремонту.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По данным ГК «Фонд содействия реформированию ЖКХ» (ГК ФСР ЖКХ) на 2021 г. структура аварийного жилья в России (в разрезе годов постройки) включает следующие показатели:

- постройки до 1920 года- 6%;
- постройки 1921-1945 годов- 14,8%;
- постройки 1946-1970 годов – 53,2%;
- постройки 1996 года и позднее – 0,7%.

По информации ГК ФСР ЖКХ число аварийных домов в России составляет 83 206 домов., а общая площадь составляет 21,45 млн. кв. м. При этом количество граждан, проживающих в аварийных домах, составляет 1,25 млн. чел.

Приведенные в Стратегии сведения, характеризующие прогнозные объемы работ в разрезе основных сегментов строительства (табл. 1), свидетельствуют о предполагаемых объемах капитального ремонта в жилищном строительстве.

Требуемые объемы капитального ремонта спортивных объектов, объектов образования, здравоохранения, культуры и других объектов прогнозной оценке, в рамках проекта Стратегии не приведены.

Таблица 1. Прогноз объемов строительных работ в разрезе основных сегментов строительства (базовый сценарий), млрд. руб. в текущих ценах.**Table 1.** Forecast of the volume of construction works in the context of the main segments of construction (base scenario), billion rubles at current prices.

№ п/п	Сегмент строительства	2017 (факт)	2018 (факт)	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030
1	Жилищное строительство	3506	3828	3631	4104	4683	6474	6953	7446	7705	9308
2	Капитальный ремонт в жилищном строительстве	170	170	179	187	195	202	210	218	227	254
3	Строительство в социальной сфере	212	250	267	309	355	402	427	453	471	566
4	Промышленное строительство	3016	3367	3361	3607	3893	4234	4687	5169	5595	7548
5	Инфраструктурное строительство	670	771	1085	1268	1374	1439	1426	1458	1521	1981
6	Совокупный объем работ по виду деятельности «Строительство»	7573	8386	8523	9475	10500	12752	13705	14744	15519	19656

Вместе с тем проблема капитального ремонта объектов строительства (зданий и сооружений) стоит на особом месте в системе управления эксплуатацией зданий и сооружений и требует значительных финансовых ресурсов.

Следует отметить, что вопросам планирования, подготовки и осуществления капитального ремонта не уделялось и не уделяется должного внимания. Данное обстоятельство является одной из причин достаточно высокого физического износа зданий и

сооружений, являющихся значительной составной частью основных фондов страны.

По данным Росстата наибольший удельный вес в общем объеме основных фондов занимают здания и сооружения. Так для некоммерческих организаций доля зданий и сооружений составляет более 72 %, а для коммерческих – порядка 63 %. Структура основных фондов коммерческих и некоммерческих организаций представлена в табл. 2.

Таблица 2. Структура основных фондов коммерческих и некоммерческих организаций**Table 2.** Structure of fixed assets of commercial and non-profit organizations

Вид организаций	Здания	Сооружения	Машины и оборудование	Транспортные средства	Производственный и хозяйственный инвентарь
Коммерческие (без субъектов малого предпринимательства)	14,2	48,8	28,4	6,1	2,5
Некоммерческие	38,2	34,5	18,1	4,6	4,6

Следует отметить, что приведенная величина физического износа рассчитана на основе методов бухгалтерского учета, поэтому фактический износ зданий и сооружений может существенно отличаться от данных, публикуемых Росстатом [5].

Вместе с тем, как показали расчеты, нормативный уровень износа основных фондов в целом по Российской Федерации не должен превышать 25 % [6,7].

Одной из причин сложившейся ситуации, связанной со значительным износом зданий и сооружений, является наличие пробелов в области законодательной базы и нормативно-методического обеспечения управления процессом капитального ремонта. Вопросы, относящиеся к подготовке и планированию капитального ремонта, были наиболее конкретизированы в нормативных документах, разработанных в период плановой экономики. Вместе с тем, все эти документы устарели, поскольку разрабатывались десятки лет

назад и не учитывают изменений законодательства Российской Федерации, систем управления эксплуатацией, технологий восстановления зданий, сооружений и нормативно-методических документов по ценообразованию. Все это крайне отрицательно сказывается на эффективности принимаемых управленческих решений, приводит к непроизводственным издержкам и отсутствию объективного обоснования стоимости работ, связанных с восстановлением основных фондов [8,9].

Исправление сложившейся ситуации невозможно без развития нормативной базы ценообразования в области капитального ремонта. В общем виде сметно-нормативная база представлена государственными элементными сметными нормами (ГЭСН), федеральными единичными расценками (ФЕР) и укрупненными сметными нормативами [10]. При этом, если в области ГЭСН и ФЕР вопрос ценообразования

ремонтных работ в определенной степени страхуется наличием незначительного количества имеющихся нормативов на ремонтные работы, то в области укрупненных нормативных показателей, он

остается открытым. Текущее состояние сметно-нормативной базы в рамках жизненного цикла зданий и сооружений для стадии «Эксплуатация» представлено в табл. 3.

Таблица 3. Состояние разработки государственных сметных нормативов для стадии жизненного цикла зданий и сооружений для стадии «Эксплуатация»

Table 3. The state of development of state estimated standards for the stage of the life cycle of buildings and structures "Operation"

№ п/п	Наименование стадии (этапа) жизненного цикла	Наличие государственных сметных нормативов, в том числе по типам:	
		Элементные сметные нормативы, (единичные расценки)	Укрупненные сметные нормативы для решения задач на стадии планирования
	«Эксплуатация»		
1	Капитальный ремонт	+	-
2	Текущий ремонт	+	-
3	Техническое обслуживание (содержание)	-	-
4	Санитарное содержание	-	-

Как видно из табл. 3, на эксплуатационной стадии жизненного цикла объекта, в т.ч. для работ по капитальному ремонту, характерно отсутствие укрупненных стоимостных показателей. Данное обстоятельство существенно затрудняет осуществление качественного планирования капитального ремонта, тем самым снижая обоснованность среднесрочных и долгосрочных программ восстановления основных фондов.

В настоящее время в отдельных субъектах Российской Федерации разработаны и используются укрупненные показатели, характеризующие стоимость капитального ремонта 1 кв. м. здания. Однако, эти показатели рассчитаны только лишь для отдельных типов жилых зданий, в большинстве своем, требующих срочного противоаварийного ремонта. При этом остается неясным, каким образом определять стоимость капитального ремонта всех зданий и сооружений, входящих в номенклатуру объектов, финансирование капитального ремонта которых осуществляется за счет средств федерального и региональных бюджетов. Кроме того, анализ данных показателей свидетельствует о многочисленных ошибках при разработке нормативной базы, отсутствии четко формализованных методов расчета и общей закрытости информации об исходных данных, методах их получения, алгоритмах и результатах расчетов.

Известно, что основой принятия управленческих решений в любом виде деятельности является достоверная и своевременная информация как о состоянии отрасли в целом, так и о планах ее развития. Исходя из этого, отсутствие сведений о реальном состоянии зданий и сооружений, в том числе, находящихся в государственной

собственности, размытая нормативно-методическая база, а также отсутствие возможностей перспективного планирования инвестиций в восстановление основных фондов, не позволяет принимать эффективные управленческие решения и приводит к росту как коррупционных, так и непроизводительных издержек, и как следствие - к необоснованной стоимости ремонтных работ.

Укрупненные показатели являются основой при осуществлении планирования капитального ремонта и позволяют решить большой круг задач, к основным из которых следует отнести следующие [9,6]:

- определение прогнозной (на несколько лет) величины финансовых ресурсов на капитальный ремонт основных фондов в соответствии с их состоянием и структурой;
- распределение лимитов финансовых средств по субъектам бюджетного планирования, главным распорядителям бюджетных средств и государственным заказчикам;
- определение нормативной потребности в лимитах финансовых средств на капитальный ремонт, включаемых в перечень строек и объектов для федеральных государственных нужд;
- проверка достоверности сметной стоимости и оценка эффективности государственных инвестиций в капитальный ремонт зданий и сооружений.

Необходимо отметить, что творческим коллективом сотрудников, подведомственных Минстрою России организаций, включая авторов статьи, в инициативном порядке в течение нескольких лет проводилась работа по созданию системы укрупненных показателей стоимости капитального ремонта (УПС КР). При этом значительная часть работ была выполнена, а

основные результаты опубликованы в различных многочисленных изданиях [8, 9, 11]. Однако, в условиях отсутствия установленного государственного задания, выполнение данной работы носило исключительно научный характер, а результаты апробировались на незначительных примерах (территориальных агломерациях). Тем не менее, учет в рамках концепции совершенствования системы ценообразования подхода, предусматривающего механизм использования системы укрупненных показателей стоимости, гарантировано позволит осуществлять оценку эффективности инвестиций и распределения предельных объемов расходов на капитальные вложения, выделяемых на восстановление основных фондов.

Непосредственному созданию системы предшествует достаточно большая работа, а именно:

- проведение анализа существующих методов и подходов к прогнозной стоимостной оценке капитального ремонта;
- анализ существующей нормативной базы, используемой для оценки стоимости капитального ремонта;
- разработка и апробирование методологии создания данной системы;
- осуществление сбора, анализа и обработки значительного количества статистического материала;
- формирование форматов сборников УПС КР;
- определение внутреннего наполнения сборников УПС КР.

Система УПС КР, охватывающая все объекты непромышленного назначения (15 сборников), разрабатывается под специально созданный классификатор. Разработка классификатора осуществляется с использованием (в качестве исходного) шаблона структуры построения международных классификаторов. В этом случае обеспечивается функциональная полнота представления в нем всех кодовых позиций, необходимых для описания рыночной экономики, однозначность кодирования объектов классификации и вхождения в действующую систему международных экономических классификаций.

Классификатор включает в себя основную номенклатуру зданий и сооружений, возводимых и эксплуатируемых на территории Российской Федерации, с привлечением, как средств федерального бюджета, так и других источников финансирования. Таким образом, качественно обоснованное установление номенклатуры объектов капитального строительства способствует организации эффективного ресурсно-технологического моделирования, которое является начальным этапом разработки укрупненных нормативов [12].

В целом порядок разработки системы УПС КР может быть представлен в следующем виде:

1. Разработка классификатора зданий и сооружений.
2. Разработка укрупненных показателей восстановительной стоимости в соответствии с классификатором.
3. Определение межремонтных сроков выполнения работ.
4. Определение перечня ремонтных работ в зависимости от сроков эксплуатации зданий и сооружений.
5. Расчет удельных показателей стоимости капитального ремонта в общей восстановительной стоимости здания и сооружения в зависимости от срока их эксплуатации и предполагаемого физического износа.
6. Расчет укрупненных показателей стоимости капитального ремонта на единицу мощности конкретного здания (сооружения).
7. Формирование сборников УПС КР для соответствующих видов объектов.

Система УПС КР может быть использована при осуществлении бюджетного планирования капитального ремонта при отсутствии проектно-сметной документации на срок превышающий один год, а также для оценки эффективности инвестиций и распределения предельных объемов расходов на капитальные вложения, выделяемые на восстановление основных фондов.

ВЫВОДЫ

Учет в Стратегии системы УПС КР и последующая разработка и практическое ее внедрение существенно повысит обоснованность экономических расчетов, связанных с планированием финансовых средств на восстановление основных фондов, обеспечив при этом достаточную прозрачность и более эффективное использование финансовых ресурсов, выделяемых из федерального бюджета.

Значимость использования системы УПС КР состоит в практическом применении субъектами бюджетного планирования, главными распорядителями средств федерального бюджета, органами власти субъектов Российской Федерации, выполняющими функции государственных заказчиков, а также управляющими компаниями, участвующими в реализации региональных программ капитального ремонта многоквартирных жилых домов и принятию на основе указанной системы инвестиционных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карякина И.Е., Потапкина Е.К. Анализ современного состояния строительной отрасли РФ, проблемы и перспективы ее развития // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. №5-2. С. 57-67.
2. Бенц Д.С., Хидиятулина Л.М. Тенденции развития жилищного строительства в России // Вестник ЧелГУ. 2019. №3 (425). С. 67-77.
3. Голубцова В.В. Анализ состояния основных средств российских предприятий // Молодой ученый. 2020. № 27 (317). С. 169-172. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/317/72234/> (дата обращения: 22.06.2021).
4. Ермишина А.В., Мозгунова М.А. Оценка финансовой устойчивости региональных программ капитального ремонта многоквартирных домов в России // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2020. №4. С. 83-90.
5. Тевелева О.В. Об износе основных средств // Имущественные отношения в РФ. 2019. №2 (209). С. 11-17.
6. Клюев В.Д., Саватюгин Б.Г. Капитальный ремонт. Состояние нормативной базы и ее развитие // Вестник ценообразования и сметного нормирования. 2010. Вып. 6. С. 32-39.
7. Клюев В.Д., Журавлев П.А. Прогнозная оценка износа основных фондов. // Сборник трудов Международной научной конференции «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании». МГСУ. 2011.
8. Клюев В.Д., Саватюгин Б.Г., Журавлев П.А. Методологические основы формирования нормативной базы определения стоимости капитального ремонта // Нормирование и оплата труда в строительстве. 2019. № 2. С. 4-12.
9. Клюев В.Д., Журавлев А.А. Планирование капитального ремонта. Проблемы и пути их решения // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. 2011. №2. Т.2. С. 278-282.
10. Власова Г.А., Князева Н.В., Шиндина Т.А. Современные проблемы системы ценообразования при формировании сметной стоимости на территории Российской Федерации // Сибирский журнал науки и технологий. 2018. №1. С. 162-172.
11. Клюев В.Д., Журавлев П.А. Проблемы нормативного обеспечения процесса планирования капитального ремонта // Техническое нормирование. 2011. № 5 (6). С. 50-52.
12. Журавлев П.А. Номенклатура требуемых объектов капитального строительства для ресурсно-технологического моделирования // Промышленное и гражданское строительство. 2020 № 7. С. 52-57.

REFERENCES

1. Karyakina I.E., Potapkina E.K. Analysis of the current state of the construction industry of the Russian Federation, problems and prospects of its development. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika*. 2019. No. 5-2. Pp. 57-67. (In Russian).
2. Benz D.S., Hidiyatulina L.M. Trends in the development of housing construction in Russia. *Vestnik ChelGU*. 2019. No. 3 (425). Pp. 67-77. (In Russian).
3. Golubtsova V. V. Analysis of the state of fixed assets of Russian enterprises. 2020. No. 27 (317). Pp. 169-172. <https://moluch.ru/archive/317/72234/> (date of access 22.06.2021).
4. Ermishina A.V., Mozgunova M.A. Evaluation of the financial stability of regional programs for capital repairs of apartment buildings in Russia. *Gosudarstvennoe i municipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski*. 2020. No. 4. Pp. 83-90. (In Russian).
5. Teveleva O.V. On the wear and tear of fixed assets // *Imushchestvennye otnosheniya v Russian Federation*. 2019. No. 2 (209). Pp. 11-17. (In Russian).
6. Klyuev V.D., Savatyugin B.G. Capital repairs. The state of the regulatory framework and its development. *Vestnik cenoobrazovaniya i smetnogo normirovaniya*. 2010. Issue. 6. Pp. 32-39. (In Russian).
7. Klyuev V.D., Zhuravlev P.A. Predictive assessment of depreciation of fixed assets. *Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Integraciya, partnerstvo i innovacii v stroitel'noj nauke i obrazovanii»*. MGSU. 2011. (In Russian).
8. Klyuev V.D., Savatyugin B.G., Zhuravlev P.A. Methodological foundations of the formation of the regulatory framework for determining the cost of capital repairs. *Normirovanie i oplata truda v stroitel'stve*. 2019. No. 2. Pp. 4-12. (In Russian).
9. Klyuev V.D., Zhuravlev A.A. Planning of capital repairs. Problems and ways to solve them. *Nauchno-tehnicheskij zhurnal Vestnik MGSU*. 2011. No. 2. Vol. 2. Pp. 278-282. (In Russian).
10. Vlasova G.A., Knyazeva N.V., Shindina T.A. Modern problems of the pricing system in the formation of the estimated cost on the territory of the Russian Federation. *Sibirskij zhurnal nauki i tekhnologij*. 2018. No. 1. Pp. 162-172. (In Russian).
11. Klyuev V.D., Zhuravlev P.A. Problems of regulatory support for the process of capital repair planning. *Tekhnicheskoe normirovanie*. 2011. No. 5(6). Pp. 50-52. (In Russian).
12. Zhuravlev P.A. Nomenclature of Capital Construction Objects Required for Resource and Technological Modeling. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*, 2020, No. 7, Pp. 52-57. (In Russian).

FORMATION OF THE COST OF CAPITAL REPAIRS AT THE INVESTMENT PLANNING STAGE

Zhuravlev¹ P.A., Klyuev² V.D., Sborshikov³ S.B., Marukya⁴ A.M.

^{1,3,4} Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation.

² Research Institute-Republican Research Scientific and Consulting Center of Expertise; Moscow, Antonova-Ovseenko str., 13, p. 1.

E-mail: ¹tous2004@mail.ru, ²kluvd1402@yandex.ru, ³sbs@mgsu.ru, ⁴A8874316@yandex.ru

Abstract. Improving the comfort and safety of the living environment and activities of citizens is achieved by effective operation, timely capital repairs and reconstruction of buildings and structures (fixed assets). The key issue of the implementation of capital repairs of buildings and structures is the lack of a mechanism for justifying, planning and managing the cost of these works. The analysis of the draft Strategy for the development of the construction industry until 2030 (hereinafter referred to as the Strategy) revealed the creation of a construction cost management system at all stages of the object's life cycle. However, within the framework of the concept of pricing regulation in the construction industry, the proposed set of tools (federal unit prices, element estimated standards and enlarged standards) does not allow for the possibility of quickly determining (planning) the reasonable cost of major repairs performed at the operational stage of the object's life cycle. The article argues for the creation and application of a system for justifying, planning and managing the cost of work (within the framework of the concept of pricing in construction) for capital repairs using aggregated indicators of the cost of capital repairs.

Subject: a system for managing the cost of construction at all stages of the object's life cycle.

Materials and methods: The main provisions of improving the pricing system set out in the Strategy are considered. As a hypothesis, the creation of a cost management system for major repairs performed at the operational stage of the object's life cycle is proposed.

Results: The article presents an approach to the formation of a system of aggregated indicators within the framework of the concept of improving the pricing system, given in the Strategy, to assess the effectiveness of investments and the distribution of the maximum amounts of expenditures on capital investments allocated for the restoration of fixed assets.

Conclusions: Taking into account the proposed system in the Strategy and its subsequent implementation will significantly increase the validity of economic calculations related to the planning of financial resources for the restoration of fixed assets, while ensuring sufficient transparency and reasonable use of financial resources.

Key words: consolidated indicators of the cost of capital repairs, fixed assets, operation of facilities, capital repairs, resource and technological modeling, development strategy of the construction industry.

УДК 711.4

ПРОБЛЕМЫ УПЛОТНИТЕЛЬНОЙ ЗАСТРОЙКИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Бологов¹ И.С., Гамаюнова² О.С.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, 195251

E-mail: ¹bologov.is@edu.spbstu.ru, ²gamayunova_os@spbstu.ru

Аннотация. В статье рассмотрена и проанализирована одна из градостроительных проблем последнего времени – проблема уплотнительной застройки городов, преимущественно, крупных. Повышению плотности застройки и, соответственно, этажности жилых зданий способствует увеличение концентрации населения. В Российской Федерации, как и во многих городах мира, всё больше нарастает проблема уплотнительной застройки. В работе проведен анализ текущей ситуации в сфере городского жилищного строительства в России и, в частности, основных проблем уплотнительной застройки в Санкт-Петербурге на примере Приморского и Адмиралтейского районов, а также нового района Парнас на севере города. Показано превышение численности и плотности населения по новым административным районам города. Особое внимание уделяется особенностям городской политики Санкт-Петербурга. Приведены экономические, социальные, рыночные, соревновательные и другие факторы, побуждающие строительные компании к уплотнительной застройке повышенной плотности. Представлены модели уплотнительной застройки городов мира (европейская, азиатская, американская, российская). Приведены основные недостатки уплотнительной застройки в Российской Федерации в сравнении аналогичной застройкой в других странах. Показано, что уплотнительная застройка в России однозначно воспринимается населением отрицательно, тогда как за рубежом – как основное направление эффективного развития городов. В этой связи необходим пересмотр современной нормативной базы в сфере проектирования и градостроительства, а также использование опыта прогрессивных стран. Выводы, полученные в результате сбора, анализа, синтеза полученных сведений, позволили предложить эффективные способы решения представленных проблем, связанных с уплотнительной застройкой российских городов.

Предмет исследования: градостроительные проблемы, связанные с уплотнительной застройкой городов.

Материалы и методы: решение поставленных задач исследования осуществлялось при помощи анализа научных, литературных и нормативных источников; интернет поиска и анализа примеров реконструкции зданий.

Результаты: С целью выявления факторов, влияющих на проблемы, связанные с уплотнительной застройкой городов, проведено исследование основных моделей уплотнительной застройки, изучены градостроительные проблемы Санкт-Петербурга и опыт их решения в зарубежных странах. На основании проведенного анализа даны общие рекомендации по решению выявленных градостроительных проблем.

Выводы: Итогом исследования стали рекомендации, направленные на решение градостроительных проблем, связанных с уплотнительной застройкой.

Ключевые слова: строительство, уплотнительная застройка, градостроительство, Санкт-Петербург, район, жилой комплекс.

ВВЕДЕНИЕ

По всему миру наблюдается концентрация населения в крупных городах стран мира, что неизбежно ведет к повышению плотности застройки и соответственно этажности жилых зданий. Некоторые урбанисты считают «компактную» застройку универсальным средством решения проблем большого города. Другие, напротив, предупреждают о недопустимости излишнего уплотнения жилой среды [1-5, 7, 8].

В Градостроительном кодексе РФ понятие «уплотнительная» застройка не определено. В профессиональном сообществе также нет единого понимания этого явления. Между тем, в развитых странах существуют две разные практики, которые могут помочь в определении концепций. Существует термин «greenfield development» (зеленая застройка), означающий освоение пустошей, неиспользуемых и заброшенных участков в городе [6]. Еще одно, близкое по смыслу, понятие – «brownfield development» (застройка заброшенной территории), подразумевающая

строительство новых объектов на экологически загрязненных или бывших промышленных площадках. Эти термины обозначают не столько новое строительство, сколько развитие («строительство» и «развитие» на английском языке – синонимы) нерационально используемых участков без ущерба для города. В России подобный процесс уместно называть «комплексным развитием», то есть строительство нерационально используемых территорий в черте города с целью развития данной территории с учетом существующей застройки, инфраструктуры и других особенностей.

На противоположной стороне находится концепция «infill development» (точечная застройка), которая аналогична российской «точечной» или «уплотнительной» застройке [6]. Речь идет о строительстве новых объектов на территории, которая для этого не очень подходит или имеет потенциально лучшее предназначение. «Точечная» или «уплотненная» застройка обычно приводят к ухудшению городской среды.

Также стоит разделить термины «точечной» и

«уплотнительной» застройки. Под «точной» застройкой часто понимают строительство относительно небольшого (по занимаемой площади на участке) объекта. Такие проекты не всегда ухудшают качество окружающей среды, мешают местным жителям или затрудняют доступ к инфраструктуре [6].

Термин «уплотнительная застройка» прямо указывает на то, что строительство нового объекта ведет к сокращению полезной площади в пределах определенного региона или города. Более того, можно «уплотнить» город (со знаком «минус») как точечный проект или масштабный комплекс - все зависит от места строительства и самой направленности проекта. Если проект любого масштаба конфликтует с окружающей городской средой, то это «уплотнительная» застройка, а если грамотно вписывается в нее или даже улучшает ее, то это комплексная застройка [6].

В мире мы можем наблюдать четыре модели уплотнительной застройки [20, 27]:

1. **Европейская** – характерен исторически сложившийся принцип строительства городов с преобладающей низкой и средней этажностью, с минимальными расстояниями между домами, узкими улочками.

2. **Азиатская** – характерен принцип строительства городов с повышенной этажностью, узкими улицами и многоуровневыми транспортными и пешеходными развязками ввиду необходимости максимального использования ограниченной территории, на которой проживает большое количество людей.

3. **Американская** – характерен принцип максимального уплотнения общественных и деловых центров за счет роста зданий вверх, а уплотнения жилых районов за счет введения блокированного жилья.

4. **Российская**, которая идет вразрез со всеми мировыми тенденциями. В последние годы ведется активное уплотнение российских городов за счет роста этажности, как в азиатской модели, но дело далеко не в ограниченной площади территории страны, а в политике застройщиков.

Можно выделить следующие мотивы возведения застройки повышенной плотности:

1. **Экономический фактор** (максимальный коммерческий эффект).

2. **Социальный фактор** (необходимость обеспечения жильем).

3. **Рыночный фактор** (престиж, привлечение потребителя).

4. **Соревновательный фактор** (соревнование архитектурных школ).

5. **Эстетический фактор** (выразительность современного городского ансамбля).

В России всё больше нарастет проблема уплотнительной застройки [10-13, 17, 29-32]. Причин тому множество: высокий спрос на недвижимость, моноцентрическая структура старинных городов, варварские подходы к застройке пространств, почти полное

самоустранение государства от регулирования градостроительной политики, маятниковая миграция и прочее. Однако, будет являться это проблемой или нет – определяется градостроительной моделью, которую выбирают власти.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросы градостроительства, в частности, проблема уплотнительной застройки городов изучаются как российскими, так и зарубежными исследователями.

Васькова О.А., Демидов А.Ю., Бусыгин А.С., Миншин Я.В. рассматривали градостроительную ситуацию в крупнейших городах России, таких как: Екатеринбург, Воронеж, Самара, Москва, Санкт-Петербург и др. [1, 2, 4, 8, 10]. По итогам исследования выявлены тенденции к проведению политики уплотнения жилых застроек на территории сложившихся микрорайонов.

Анализ точечной застройки и вытекающих из этого проблем сделан в работах Мухатиновой Р.Н., Повзун А.О., Овсянниковой А.В. и др. [3, 27]. Авторами изучена связь с другими отраслями, представлен зарубежный опыт и обозначена необходимость нового подхода к процессу освоения территорий, предложено среднеэтажное квартальное домостроение как альтернатива многоэтажной микрорайонной застройке в городской среде.

В статье рассматривается точечная застройка как одна из актуальных проблем современного градостроительства. Авторами обосновано, что возводимые таким способом объекты значительно ухудшают условия проживания граждан и экологию городской среды. Одним из вариантов решения данной проблемы является нормативно-правовое регулирование данного вопроса на государственном уровне.

Османов М.А., Теличенко В.И., Сумеркин Ю.А., Генералов В.П. и др. анализируют существующую нормативную базу и предлагают в качестве одного из вариантов решения проблемы точечной застройки нормативно-правовое регулирование данного вопроса на государственном уровне [5, 8, 12].

Основные технические нормативные документы, регламентирующие допустимые осадки сооружений при уплотнительной застройке и основные технологические методы устройства фундаментов новых зданий вблизи существующих проанализированы Фадеевым А.Б. и Мангушевым Р.А. [7]. Предложены нормативно-правовые определения понятий ответственности проектировщиков, подрядчиков и инвесторов в случае причинения ущерба зданиям при строительстве в центральной части города.

Исследования Гаевской З.А., Яковлевой И.Ю., Могуева А.П., Лебедевой Е.С., Морозовой Т.Ф., Смирнова О.О. и др. показывают, что все архитектурные и градостроительные объекты - это

часть сложной интерактивной системы, связанной с природной средой [11, 13, 15, 17, 21, 23, 24, 28-32]. Следовательно, устойчивое городское развитие напрямую зависит от градостроительной деятельности.

Пешина Э.В., Рыженков А.В. сравнивают отечественный и зарубежный опыт точечной застройки городов [20]. На основе проведенного анализа авторы вносят предложения по изменению существующих тенденций точечной и уплотнительной застройки в Российской Федерации.

Анализ литературных источников показывает, что проблема уплотнительной застройки городов весьма актуальна и требует дальнейшего изучения зарубежного и отечественного опыта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе проанализированы теоретические и практические материалы, касающиеся ситуации с уплотнительной застройкой крупных городов,



Рис.1. Вид на промзону [18]
Fig.1. View of the industrial zone [18]

«Шуваловскому» повезло меньше, чем другим. Коломяжская промзона расположена в непосредственной близости от местных жителей. А в промзоне есть и котельная с резервным хранилищем мазута, и «Химтек». Единственное, чего здесь пока нет - это мусоросжигательного завода. Однако власти Санкт-Петербурга могут исправить это досадное недоразумение, и строительство «долгожданного» завода начнется в поселке Левашово, расположенном в шести километрах от указанных жилых массивов.

Жителей Приморского района могли спасти лесные насаждения, но сейчас активно вырубает деревья возле Суздальского шоссе и дороги на Каменку. Лес возле завода Nissan уже вырубил полностью и останавливаться не собираются: в Смольном ответили, что для этого нет никаких правовых оснований.

Жилой комплекс вписывается в концепцию каменных джунглей: все покрыто асфальтом, облицовано камнем, застелено специальным мягким

сделаны выводы. В процессе сбора и изучения материалов по теме публикации, а также анализа полученных результатов, применены такие методы как: дедукция, теоретический анализ и синтез, метод аналогии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Примеры уплотнительной застройки в Санкт-Петербурге

Приморский район [18]

Жители ЖК «Шуваловский», «Чистое небо», «Юбилейный квартал», «Граффити», «Каменка», «Легенда», «ЙОГА» и «Ультра Сити» особо не жалуются на выбросы и запахи, несмотря на то, что в десяти километрах от района находится полигон, ожидающий рекультивации. Ближе к заводу находится завод Nissan - еще один вечный источник вредных выбросов. Менее чем в двух километрах от одноименного жилого комплекса «Шуваловский» находятся еще два асфальтобетонных завода (Рис.1, Рис.2).



Рис.2. ЖК «Чистое небо» [18]
Fig.2. Residential complex «Clear Sky» [18]

покрытием для детских площадок или засыпано песком. Гуляя по местности, сложно избавиться от ощущения, что деревья и кусты просто забыли (Рис.3, Рис.4). Озеленение двора - важная задача для застройщиков, и, по словам местных жителей, территория плохо обработана: в «Чистом небе» из-за подземного паркинга и небольшой высоты земли возле домов невозможно посадить большие деревья, «Юбилейный квартал» уже спроектирован как бетонные джунгли и место для посадки просто не предусмотрено.

Рядом с районом находится Шуваловский карьер, но насколько территория, прилегающая к карьеру, пригодна для прогулок и отдыха, сложно сказать. Чтобы попасть в карьер, нужно пересечь пустырь, где гуляют собаки, и полузаброшенную деревню. По другую сторону карьера ведутся строительные работы. Прямой дороги к Юнтоловскому лесопарку пока нет, да и добраться до него сложно. «Сейчас люди либо гуляют по территории, либо куда-то уходят.



Рис.3. Вид на ЖК «Шуваловский» [18]

Fig.3. View of the residential complex «Shuvalovsky» [18]



Рис.4. Дискомфортная среда [18]

Fig.4. Uncomfortable environment [18]

Сейчас жителям непросто добраться до метро. Прогулка до «Комендантского проспекта» занимает 45 минут. Исправить ситуацию может станция метро «Шуваловский проспект», которая станет продолжением фиолетовой линии. Несмотря на то, что дома строятся очень быстро, развитие

транспортных сетей не достигает должного уровня - вокзал обещали открыть только к 2025 году. Насколько лучше ситуация с наземным общественным транспортом: маршрутки, автобусы и троллейбус ходят от микрорайона до метро «Комендантский проспект» (Рис.5, Рис.6).



Рис.5. ЖК «Граффити» [18]

Fig.5. Residential complex «Graffiti» [18]



Рис.6. ЖК «Каменка» [18]

Fig.6. Residential complex «Kamenka»

Как и во многих недавно построенных районах, жители испытывают трудности с выездами. Особенно остро эта проблема стоит для владельцев квартир в ЖК «Чистое небо». Огромный комплекс, в котором уже заселено шесть тысяч квартир, имеет только один выход на проспект Королева. Жители других жилых комплексов тоже выезжают на узкую аллею. Утром и вечером там скапливаются пробки: зимой автомобилисты ежедневно тратили около часа на дорогу до метро.

примыкают к жилому комплексу «Чистые небо», являются временными строительными проездами, и движение по ним ограничено. А пока жители уже переезжают в новые дома, до конца этого года в том же «Чистом небе» будет сдано не менее 6000 квартир, и это только усугубит проблему.

Для решения проблемы загруженности необходимо продлить Комендантский проспект от Шуваловского проспекта до реки Каменки, построить Глухарскую улицу параллельно Плещеевской, но соединить Парашютную и Нижне-Каменскую улицы, а также продолжить Шуваловский проспект до Парашютной. Власти обещают завершить часть Комендантского проспекта к концу 2020 года, Setl City построит его к лету 2019 года. Дороги, которые сейчас

Скорость строительства зачастую не поспевает не только дорожно-транспортная сеть, но и инфраструктура. В лучших традициях разработчиков – отсутствие школ и поликлиник в новых микрорайонах. В районе есть кабинеты врачей общей практики и женский консультационный пункт, а ближайшая 115-я поликлиника находится в трех километрах от домов. Четыре детских сада уже сданы в эксплуатацию и готовятся к сдаче пятого, но со школами ситуация намного хуже: девелоперам пока не удалось построить ни одной школы в новом районе (Рис.7, Рис.8).



Рис.7 – Детская площадка в ЖК «Юбилейный квартал» [18]

Fig.7. Children's playground in the residential complex «Yubileyny Kvartal» [18]

Жители новостроек озабочены различными проблемами в своих квартирах: в ЖК «Граффити» жалуются на холодные углы, в «Чистое небо» ремонтом довольны, но застройщик уменьшает



Рис.8 – ЖК «Чистое небо» [18]

Fig.8. Residential complex «Clear Sky» [18]

площадь квартир на целый квадратный метр, в «Юбилейном квартале» неудобные пандусы, а в «Каменке» и «Новой Каменке» много брака, но зато цена почти самая низкая в городе.



Рис.9. Строящееся здание ЖК «Граффити» [18]

Fig.9. Building under construction RC «Graffiti» [18]

Но есть одна проблема, которая объединяет всех жителей района – это желание застройщиков как можно быстрее продать свои дома, а об инфраструктуре, благоустройстве и экологии они думают позже. Радость петербуржцев от серьезной покупки омрачается отсутствием мест для прогулок и школ, близостью с промзоной и оживленной дорогой. Тенденция очевидна: девелоперы мало думают о комфорте жителей своих домов, предпочитая привлекать покупателей яркостью фасада, наспех сделанными детскими площадками и невыполнимыми обещаниями.

Парнас. ЖК «Северная Долина» [19]

Парнас – это новый район на севере Санкт-Петербурга, который начал активно развиваться после 2006 года, когда здесь открыли метро. Зона активной застройки находится между проспектами Суздальского и Энгельса, Шуваловским парком и



Рис.10. ЖК «Граффити» [18]

Fig.10. RC «Graffiti» [18]

поселком Климовец на Парнасе. Здесь строятся или уже построены около 10 жилых комплексов с названиями: «Шувалов Дуэт», «Три апельсина», «Моя стихия», «Бумеранг» и другие. Но самый крупный и известный из них – ЖК «Северная долина», по площади он примерно такой же, как и все остальные вместе взятые (Рис.11, Рис.12).

На 270 гектарах здесь разместятся 80 тысяч человек. Судя по карте микрорайона, уже готовы или почти готовы 17 зданий, еще несколько кварталов в стадии проектирования. Все дома, конечно, многоэтажные. В полной мере соблюдаются российские традиции строительства многоквартирных домов. По данным официального сайта компании-застройщика, в Северной долине продается в основном жилье эконом-класса, а площадь квартир здесь начинается от 21 квадратных метров. Цены варьируются от 2 миллионов 129 тысяч за студию до 6,5 миллиона за трехкомнатную квартиру.



Рис.11. Вид на весь комплекс зданий от застройщика «Главстрой»
Fig.11. View of the entire complex of buildings from the developer «Glavstroy»



а)



б)



в)



г)

Рис.12. ЖК «Северная долина» [9]: а – фото ЖК сверху, б – дворы ЖК, закатанных в асфальт с минимальным озеленением, в – дорога в ЖК, г – отсутствие благоустройства.
Fig.12. RC «Severnaya Dolina» [9]: а – photo of the RC from above, б – residential courtyards rolled into asphalt with minimal landscaping, в – road to the residential complex, г – lack of landscaping.

Адмиралтейский район

В центре Санкт-Петербурга, в Адмиралтейском районе тоже присутствует пример уплотнительной застройки – ЖК «Галактика», строительство которого ведется на бывшей территории Варшавского вокзала. ЖК «Тапиола» был построен одним из первых. Еще три ЖК «Московский 65», «Променад» и «ARTквартал» расположилась на бывшей территории скотобойни и молокозавода. Так же на территории молокозавода стоит современные ЖК «Времена Года» и «Новомосковский».

Самый большой комплекс – ЖК «Квартал Галактика» характеризуется хорошей транспортной доступностью. Ближайшей станции метро Балтийская и Фрунзенская в 10 минутах ходьбы. В пешей доступности Балтийский вокзал. На момент строительства комплекса вся необходимая инфраструктура была в соседних кварталах. В самом жилом квартале будет построена школа, два детских садика будут встроены в жилые корпуса и один с бассейном спроектирован как отдельное двухэтажное здание. К минусу можно отнести отсутствие зеленых зон поблизости. Подземный паркинг планируется построить под каждым домом отдельно. Согласно проекту 60% жителей будут обеспечены машиноместами в паркинге.

Примеры уплотнительной застройки мира

Китай [8]

Китай перенаселен и уплотнительная застройка (Рис.13) там необходимость. В Китае строят жилье со схожим ценовым сегментом: средняя цена в новых жилых комплексах на окраине города – 1000 долларов за кв.м. (примерно, как у нас). При этом в Китае проживает в 10 раз больше людей, чем у нас, так что массовое малоэтажное строительство там, в отличие от России, просто невозможно.

Метраж в китайских квартирах считается иначе. Учитываются внешние стены и площадки у лифтов. Поэтому у многих китайцев номинально площадь квартиры 100 кв.м., хотя на самом деле намного меньше. Они вынуждены платить за это дополнительное пространство, при этом никто не претендует на общественные площадки возле лифтов. Там нет таких вещей, как хранение обуви, установка чулана, разгрузка стройматериалов на зиму. В нашей стране люди обычно засоряют площадку своими вещами.

Коммунальные платежи в таких домах составляют в около 1000 юаней (10000 рублей) за всё – воду, электроэнергию, отопление. В Пекине – 1500 (15000 рублей) в месяц. В провинции можно оформить ипотеку на покупку квартиры под 3-5% годовых, тогда как в России проценты по ипотеке могут доходить до 15%.



а)



б)



в)



г)

Рис.13. Новый спальный район в Китае [25]: а – районная улица, б – район с зелеными насаждениями, в – детский сад, г – беседки, общественные пространства (вместо парковок).

Fig.13. A new dormitory area in China [25]: а – a district street, б – an area with green spaces, в – a kindergarten, г – gazebos, public spaces (instead of parking).

Германия [26]

В Мюнхене с населением 1,5 миллиона вряд ли встретишь микрорайоны с многоэтажными бесконечными новостройками. Один из примеров – микрорайон Parkviertel Giesing (Рис.14). Еще в 1970-х годах власти Мюнхена планировали реконструировать ряд территорий Гизинга, но

активное развитие началось уже в 2000-х годах. Parkviertel Giesing был построен на территории бывшей промышленной зоны Agfa. Некоторое время здесь были многоэтажки, но затем предпочтение было отдано малоэтажной застройке и созданию парков. Площадь зеленых насаждений здесь достигает 50 000 квадратных метров, дома на 1000 квартир стоят в окружении деревьями.



а)



б)

Рис.14. Микрорайон Parkviertel Giesing [26]: а - дома в среднем 6-8 этажей, б - отсутствие машин внутри квартала (парковки либо подземные, либо вдоль улицы по периметру квартала, велопарковки перед входом).

Fig.14. Microdistrict Parkviertel Giesing [26]: а - houses on average 6-8 floors, б - lack of cars inside the block (parking is either underground or along the street along the perimeter of the block, bicycle parking in front of the entrance).

Современные города давно отказались от концепции «спальной» зоны. Когда немецкие газеты описывают тот или иной район, они всегда указывают не только количество квартир, но и количество рабочих мест, которые он предоставляет. Например, в Parkviertel может работать до 1000 человек. Здесь будут помещения для магазинов, кафе, бистро, медицинских кабинетов и аптек.

Квартиры в Parkviertel Giesing недешевы. Пару лет назад (возможно, еще на стадии строительства) здесь можно было купить жилье по цене 5-6 тысяч евро за квадратный метр. Теперь вот такая трехкомнатная квартира жилой площадью 118 кв.м с террасой будет стоить 1 миллион 259 тысяч евро. Это более 10 000 евро за квадратный метр.

Многие квартиры не продаются, а сдаются в аренду застройщикам или агентствам, которым они принадлежат. Самую скромную квартиру (однокомнатную квартиру площадью 39 квадратных метров) можно снять за 604 евро в месяц. Это, не считая платы за гараж (80 евро) и предоплаты за коммуналку (150 евро). Получается, что аренда небольшой квартиры в новом районе обойдется в 834 евро. По текущему курсу это почти 60 000 рублей. За воду и электричество, скорее всего, нужно платить дополнительно.

Самая дорогая квартира (4-комнатная 126 квадратных метров) обойдется в 1755 евро. С гаражом и коммунальными платежами (80 + 220 евро) сумма увеличивается до 2055 евро в месяц или 146 000 рублей. Стоимость аренды такая же, как в Москве.

НЕДОСТАТКИ И ПРОБЛЕМЫ УПЛОТНИТЕЛЬНОЙ ЗАСТРОЙКИ

1. Плохое качество зданий

В отечественной практике есть одна большая проблема – неразвитость рынка недвижимости, жилья просто всем не хватает. На одного россиянина приходится около 24 кв.м. жилья, в Европе этот показатель составляет 45 кв.м., в США – более 70 [9]. Также наблюдается дисбаланс: в России почти 90% жилья находится в собственности, тогда как в Германии арендуемое жилье занимает более 50% рынка. Жилой фонд в России составляет 3,7 миллиарда квадратных метров. Чтобы соответствовать минимальному уровню развитых стран, его нужно увеличить до 5 миллиардов, чтобы на человека приходилось 32-33 квадратных метра [14]. Жилищная политика в России строится на простейшем способе обеспечения граждан квартирами – количестве вводимых квадратных метров. То есть речь идет о количественном показателе, а, следовательно, о выборе самого легкого пути, широко используемого в советское время: освоения дачных, пустующих земель и строительства привычных спальных кварталов.

2. Плохое благоустройство

В погоне за выгодой и экономией на этапе строительства девелоперы экономят и на благоустройстве дворов и прилегающей территории [9, 15]. Качественная среда для досуга и озеленение в строительные нормы не входят, поэтому застройщик в первую очередь занимает свободное пространство парковками, небольшой детской

площадкой, а все остальное – газоном, за которым никто не будет ухаживать... Однако так быть не должно! В комфортной, современной жилой среде парковки должны располагаться на подземной автостоянке. Наземный паркинг устраивается в профиле улиц и по границам дворовых территорий.

Многие считают совершенно нормальным отсутствие границ их придомовой территории, как, например, в США. Только есть большая разница: и в США, и в Европе это арендное жилье. В современных жилых районах мегаполисов России допустимая норма превышена почти вдвое, в результате это приводит к проблемам, связанным с отсутствием соответствующей транспортной и социальной инфраструктуры [9].

3. Отсутствие качественной инфраструктуры

Каждый человек нуждается в решении повседневных бытовых вопросов и обеспечении своего досуга, а, значит, нужны магазины, аптеки, кафе, рестораны, места для отдыха, прогулок и др. Однако в большинстве случаев – это только автостоянки, школы, детские сады и поликлиника [9, 21]. По мнению зарубежных аналитиков, для комфортной застройки максимальная плотность населения не должна превышать 450 человек на гектар [16]. Однако у нас наблюдается рост количества зданий с очень высокой плотностью населения, что приводит к отсутствию разнообразных услуг и возможности проведения досуга.

4. Нагрузка на городской транспорт и инфраструктуру

Основными критериями оценки качества территории являются насыщенность и связность. Допустим, есть метро и даже строится дорога, связывающая этот район с городом. Однако жители не только этого района, но и всех районов на пути к центру города будут толкаться в пробках., так как из-за отсутствия качественной инфраструктуры все жители нового района с окраины поедут работать и отдыхать в центр города, что многократно увеличит нагрузку на существующие дороги и транспорт [9]. В ближайшее время многоэтажки никуда не денутся. Более того, в России есть нацпроект, согласно которому 2/3 жилья, построенного с 2019 по 2024 год, должны быть многоэтажными [14].

5. Управление собственниками

Не исключено, что в ближайшем будущем наступит, так называемый, кризис неуправляемости в жилищном секторе. Когда в многоэтажном комплексе более 2000 квартир, невозможно собрать всех собственников на встречу, где выслушать все насущные проблемы. В результате собственники потеряют контроль над огромными жилыми комплексами, потому что последние обязательно попадут к управляющим компаниям. После того, как управляющая компания перестанет оправдывать ожидания собственников, жильцы дома захотят его поменять, но при отсутствии альтернатив проблема не будет решена [16].

6. Сложность в утилизации

В России практически не учитывается стоимость здания в течение всего жизненного цикла, хотя в среднем на проектирование и строительство уходит только 20% от общей стоимости здания за весь срок его эксплуатации. Остальные расходы относятся к эксплуатации, ремонту и утилизации материалов [14, 23, 24]. Согласно нормативным документам, срок эксплуатации многоэтажного дома из железобетона составляет 50 лет. Такие дома имеют низкую ремонтнопригодность. В любом случае со временем их придется снести. Непонятно, как массово перерабатывать обломки построек, ведь эффективных технологий на данный момент нет [14].

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ УПЛОТНИТЕЛЬНОЙ ЗАСТРОЙКИ

Одна из главных предпосылок уплотнительной застройки – миграция [6]. Миграция населения из-за спроса на жилье в городах, особенно в крупных, которые больше всего страдают от плотной застройки, происходит из-за спада региональных экономик. Население мигрирует в места, где есть работа и достойный заработок, а таких мест в стране очень мало из-за неразвитой экономики. Этот процесс создает предпосылки для повышенного спроса на жилье, что, в свою очередь, ускоряет цены на недвижимость и землю, превращая их в привлекательный объект для инвестиций.

Поэтому, прежде всего, необходимо устранить предпосылки проблемы, а именно выровнять степень экономического развития разных регионов, чтобы остановить внутреннюю миграцию. Далее необходимо разработать единую концепцию градостроительной политики для всей страны. Исходя из общих принципов, каждый город должен разработать свои правила участия застройщиков в развитии инфраструктуры, предельно допустимую плотность заселения территорий, этажность домов и самые общие стилистические принципы [6].

В каждом городе есть один или несколько районов, в которых сосредоточена деловая жизнь. Время на то, чтобы добраться от основных спальных районов города до бизнес-центра не должно превышать 30 минут [6]. Если этот принцип соблюдается, то здесь нет необходимости в уплотнении этих городов. Однако в большинстве городов транспорт не отвечает этим требованиям.

Второй вариант решить проблему уплотнительной застройки – строить дома, не забывая о людях, которые будут жить в них, и о их потребностях [22]. Проектировщики и архитекторы должны строить и планировать свои объекты таким образом, чтобы жители чувствовали себя комфортно и не испытывали стресса, даже несмотря на увеличение плотности застройки.

Можно строить плотнее, но комфортнее, тем более что в Швейцарии для этого уже есть все условия. Конечно, помимо общественно-политических условий необходимо соблюдение и

современных строительных норм. Эксперты Люцернской высшей школы прикладных наук и искусств определили несколько принципиально важных аспектов и подходов [16]:

1. Добиваться эффекта звукового рассеивания

Известно, что поверхности способны отражать звуковые волны. Находясь параллельно друг другу, они значительно усиливают эффект отражения, поэтому следует избегать их взаимной локализации. Гораздо более приятную акустическую атмосферу во дворе можно получить за счет эффекта звукового рассеивания. Такая «акустическая дисперсия» возникает из-за нестандартных структурированных внешних поверхностей, выстроенные с использованием соответствующих строительных материалов, например, обладающих пористой структурой. Пенополистирол или текстиль поглощают шум лучше, чем дерево или стекло.

Кроме того, звуковые волны могут рассеиваться из-за различного рода препятствий на своем пути, поэтому при размещении зданий по отношению друг к другу следует позаботиться о том, чтобы добиться выгодного взаимного расположения их углов с точки зрения акустической гигиены.

2. Не забывать зеленые пространства

Зеленые насаждения - очень важный и сложный аспект. Природные участки в городе регулируют температуру, фильтруют воздух и удерживают дождевую воду. Они также структурируют общественное пространство, будучи источником отдыха и расслабления для людей, замученных повседневной жизнью. Такие площадки живой природы важны и с точки зрения меняющегося климата. Решением проблемы может быть активное озеленение стен домов и крыш зданий.

3. Поддерживать высокую степень биоразнообразия

Но что делать в ситуации, когда площади зеленых насаждений в городах, в том числе из-за уплотнительной застройки, постепенно и неизбежно сокращаются? Во-первых, швейцарские города в основном небольшие, и из центра почти каждого из них можно увидеть сельские пригороды с их полями, лесами, заповедниками и фермами

Важно сохранять и развивать оставшиеся участки зеленых насаждений. Даже в самых густонаселенных мировых мегаполисах стараются сохранить многочисленные виды животных и растений. Городские власти должны взять на себя здесь ведущую роль, модернизируя парки, школьные дворы, кладбища, а также живые железнодорожные и автомобильные разделительные барьеры-ограды, чтобы они оставались как можно ближе к своему естественному природному состоянию.

4. Не повышать этажность

Исследование «Абстрактный квартал» наглядно показало, что по действующим нормам можно строить дома средней высотой 5-8 этажей вместо 25, не увеличивая размеры участка, сохраняя при этом ту же плотность - 450 человек на гектар. Проекты

предлагают парковочные места прямо под домами, концепцию «двор без машин» и, как следствие, более тесные отношения с соседями.

Во всем мире именно города с малоэтажной застройкой уже становятся полигоном для инноваций: доставки товаров дронами, роботизированной торговли, внедрения технологий искусственного интеллекта и в целом «автономного плавания» жильцов.

5. Учет зарубежного опыта

Оценивая опыт зарубежных коллег, нужно, в первую очередь, ориентироваться на страны с похожим на нас климатом - страны Скандинавии. Эксперты подтверждают, что проекты финов и отношение к строительству в целом существенно отличаются от нашего подхода. За рубежом даже к самому дешевому жилью предъявляются жесткие требования, а рынок настолько перенасыщен, что борьба за клиента идет на уровне предложения ему как можно большего количества преимуществ - дизайна, планировки, ландшафта. В нашей стране ситуация далека от идеальной.

ВЫВОДЫ

Подводя итог, вспомним что определение уплотнительная застройка является отрицательной характеристикой зданий с большой плотностью жилья, которое приносит дискомфорт. У подобного вида жилья есть ряд минусов, таких как: плохое качество материалов и отсутствие благоустройства – застройщикам главное быстро построить и продать, а все остальные проблемы ложатся на собственников и управляющие компании. Так же новые районы обычно не задумываются о развитии инфраструктуры, а полагаются на уже существующую, что в свою очередь оказывает высокое давление на общегородскую. При этом строить по одному дому и продумывать для каждого свой проект невыгодно, поэтому девелоперы строят несколько одинаковых зданий, что в будущем будет затруднять жителям поиск своих мест, то есть отсутствие идентификации. В этом случае застройщик идет по иному пути: создает комплекс заведомо высотных зданий, что в будущем будет препятствовать хорошей коммуникации среди собственников, что в свою очередь ухудшает управляемость двора жильцами, тем самым они попадают в «рабство» управляющих компаний. В конце концов из-за некачественных материалов, у которых из плюсов была высокая скорость возведения, здание быстро обвешает и тогда появится проблема в его утилизации.

Но если все же уплотнительная застройка необходима, есть несколько правил, придерживаясь которых плотная застройка станет комфортным жильём: строить уплотнительную застройку, не забывая о людях, которые будут жить в этих домах, и о их потребностях. Застройщикам следует добиваться эффекта звукового рассеивания, размещать зеленые пространства, поддерживать высокую степень биоразнообразия и не повышать

этажность. При учете всех этих правил можно достичь качественного и комфортного жилья.

В каких-то случаях уплотнительная застройка необходима, в каких-то случаях ее называют комплексным развитием территории, что является разными понятиями. Но будет ли такого вида застройка плохой, приносящей проблемы городу и жильцам на протяжении нескольких лет или будет качественной средой для проживания большого количества людей, решается на уровне проектирования и градостроительного надзора региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васькова, О.А. Уплотнительная застройка в крупнейших городах России как форма реализации градостроительной политики: основные тенденции / О.А. Васькова, А.Ю. Демидов, А.С. Бусыгин // Научный журнал. – 2017. – № 5(18). – С. 116-118.
2. Миншинин, Я.В. Основные тенденции уплотнительной застройки в городах Российской Федерации, как формы реализации градостроительной политики / Я.В. Миншинин // Вестник Воронежского института экономики и социального управления. – 2018. – № 2. – С. 40-42.
3. Мухатинова, Р.Н. Уплотненная застройка как часть концепции «умного роста» / Р.Н. Мухатинова // Молодежный научный вестник. – 2016. – № 12(12). – С. 197-201.
4. Ахмедова, Е.А. Современные требования к включению уплотнительной застройки в композиционно-планировочную структуру крупнейшего города / Е.А. Ахмедова // Innovative Project. – 2016. – Т. 1. – № 1. – С. 44-47. – DOI 10.17673/ip.2016.1.01.7.
5. Османов, М.А. Проблемы точечной застройки территорий / М.А. Османов // Вестник науки. – 2019. – Т. 1. – № 7(15). – С. 33-36.
6. Эксперты: проблема уплотнительной застройки в России нарастает [электронный ресурс]. – URL: <https://urbanlook.ru/eksperty-problema-uplotnitelnoj-zastrojki-v-rossii-narastaet> (дата обращения 31.03.2021).
7. Фадеев, А.Б. Проблемы уплотнительной застройки в Санкт-Петербурге / А. Б. Фадеев, Р.А. Мангушев // Вестник гражданских инженеров. – 2005. – № 4(5). – С. 61-65.
8. Теличенко, В.И. Градостроительные проблемы и перспективы точечной (уплотнительной) застройки / В.И. Теличенко, Ю.А. Сумеркин // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 2. – С. 12-16.
9. Почему многоэтажные спальные микрорайоны – это плохо (на примере питерского Парнаса) [электронный ресурс]. – URL: <https://varlamov.ru/1873609.html> (дата обращения 31.03.2021).
10. Горшков, А.С. Градостроительные эксперименты Петербурга / А.С. Горшков // AlfaBuild. – 2018. – № 4(6). – С. 23-48. – DOI 10.34910/ALF.6.4.
11. Gaevskaya, Z.A. Capital construction and noosphere genesis / Z.A. Gaevskaya, S.D. Mityagin // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 587-589. – P. 123-127. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.587-589.123.
12. Генералов, В.П. Проблемы формирования массового доступного жилья в России / В.П. Генералов, Е.М. Генералова // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2014. – № 4(17). – С. 10-18. – DOI 10.17673/Vestnik.2014.04.2.
13. Яковлева, И.Ю. Городские территории и их рациональное использование в условиях плотной застройки / И.Ю. Яковлева, А.П. Могуев, Е.С. Лебедева // Естественные и технические науки. – 2019. – № 3(129). – С. 253-255.
14. Почему многоэтажки – это тупик для России [электронный ресурс]. – URL: <https://varlamov.ru/3795997.html> (дата обращения 31.03.2021)
15. Морозова, Т.Ф. Организация поточной застройки кварталов объектами соцкультбыта / Т.Ф. Морозова, Н.Н. Боковая, Ц. Ся // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2013. – № 1(6). – С. 36-46.
16. Жизнь в «человечниках»: как застройщики закладывают бомбу замедленного действия под наши города [электронный ресурс]. – URL: <https://realnoevremya.ru/articles/101091-zhizn-v-cheloveynikah-pochemu-nelzya-zhit-v-sovremennom-zhile> (дата обращения 31.03.2021).
17. Загороднов, Е.И. Высотный регламент в жилищном строительстве. тенденции и контекст / Е.И. Загороднов // Строительство: новые технологии - новое оборудование. – 2017. – № 6. – С. 72-75.
18. Камень об Каменку: как живет район с новостройками на Парашютной улице [электронный ресурс]. – URL: <https://karpovka.com/2019-04-02/kamen-ob-kamenku-kak-zhivet-rajon-s-nov> (дата обращения 31.03.2021)
19. Новые районы Питера. Хотели бы так жить? [электронный ресурс]. – URL: <https://varlamov.ru/1869299.html> (дата обращения 31.03.2021)
20. Пешина, Э.В. Точечная застройка городов: российский и зарубежный опыт / Э.В. Пешина, А.В. Рыженков // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2013. – № 5(49). – С. 92-97.
21. Смирнов, О.О. Влияние высотной застройки на город и городскую среду / О.О. Смирнов // Жилищные стратегии. – 2019. – Т. 6. – № 1. – С. 45-64. – DOI 10.18334/zhs.6.1.40471.
22. Уплотнительная застройка не должна вести к понижению качества жизни [электронный ресурс]. - URL: <https://varlamov.ru/4009913.html> (дата обращения 31.03.2021).
23. Gaevskaya, Z.A. Modern building materials and the concept of «sustainability project» / Z.A. Gaevskaya, X.M. Rakova // Advanced Materials

Research. – 2014. – Vol. 941-944. – P. 825-830. – DOI 10.4028/www.scientific.net/AMR.941-944.825.

24. Potapov, I. Cost Efficiency of Dwelling Construction with Account of Cities Factors / I. Potapov, S. Potapov, M. Romanenko // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2017. – No 3(54). – P. 80-92. – DOI 10.18720/CUBS.54.7.

25. Новые районы Китая (китайский Парнас): хотели бы так жить? [электронный ресурс]. - URL: <https://varlamov.ru/2136534.html> (дата обращения 31.03.2021).

26. Новые районы Мюнхена. Хотели бы так жить? [электронный ресурс]. – URL: <https://varlamov.ru/1839789.html> (дата обращения 31.03.2021).

27. Повзун, А.О. Среднеэтажное квартальное домостроение как альтернатива многоэтажной микрорайонной застройке в городской среде / А.О. Повзун, С.С. Зимин, А.В. Овсянникова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. – № 3(42). – С. 7-16.

28. Попова, О.Н. Энергетическая устойчивость жилой застройки как критерий комплексной оценки энергосистемы города / О.Н. Попова, Ю.М. Глебова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2018. – № 3(66). – С. 7-18. – DOI 10.18720/CUBS.66.1.

29. Gamayunova, O. Solutions to the Urban Problems by Using of Underground Space / O. Gamayunova, E. Gumerova // Procedia Engineering (см. в книгах). – 2016. – Vol. 165. – P. 1637-1642. – DOI 10.1016/j.proeng.2016.11.904.

30. Шпилова, Н.А. Преимущества комплексной застройки крупных мегаполисов / Н.А. Шпилова, И.Д. Муранов, Е.Н. Бахтарова // Вопросы устойчивого развития общества. – 2020. – № 4-1. – С. 393-398. – DOI 10.34755/IROK.2020.48.65.194.

31. Степанян, С.В. Алгоритм развития и основные принципы повышения архитектурных качеств застройки / С. В. Степанян // Новая наука: Стратегии и векторы развития. – 2016. – No 118-3. – P. 260-264.

32. Ногайбекова, М.Т. Высотная застройка и современный город / М.Т. Ногайбекова, Б.З. Серикбаева // Вестник ТарГУ имени М.Х. Дулати. Природопользование и проблемы антропоферы. – 2019. – № 2. – С. 121-126.

REFERENCES

1. Vaskova, O.A. Sealing development in the largest cities of Russia as a form of urban planning policy implementation: main trends / O.A. Vaskova, A.Yu. Demidov, A.S. Busygin // Scientific journal. - 2017. - No. 5 (18). – Pp. 116-118.

2. Minshinin, Ya.V. The main tendencies of sealing development in the cities of the Russian Federation as a form of urban planning policy implementation / Ya.V. Minshinin // Bulletin of the Voronezh Institute of Economics and Social Management. – 2018. – No. 2. – Pp. 40-42.

3. Mukhatinova, R.N. Dense development as part of the concept of «smart growth» / R.N. Mukhatinova // Youth Scientific Bulletin. – 2016. – No. 12 (12). – Pp. 197-201.

4. Akhmedova, E.A. Modern requirements for the inclusion of sealing buildings in the compositional-planning structure of the largest city / E.A. Akhmedova // Innovative Project. – 2016. – Т. 1. – No. 1. – Pp. 44-47. – DOI 10.17673 / ip.2016.1.01.7.

5. Osmanov, MA Problems of dot development of territories / MA Osmanov // Bulletin of science. – 2019. – Т. 1. – No. 7 (15). – Pp. 33-36.

6. Experts: the problem of sealing construction in Russia is growing [electronic resource]. - URL: <https://urbanlook.ru/eksperty-problema-uplotnitelnoj-zastrojki-v-rossii-narastaet> (date of access 03/31/2021)

7. Fadeev, A.B. Problems of sealing construction in St. Petersburg / A.B. Fadeev, R. A. Mangushev // Bulletin of civil engineers. – 2005. – No. 4 (5). – Pp. 61-65.

8. Telichenko, V I. Urban planning problems and prospects of point (sealing) development / V.I. Telichenko, Yu.A. Sumerkin // Industrial and civil construction. – 2015. – No. 2. – Pp. 12-16.

9. Why multi-storey sleeping quarters are bad (for example, St. Petersburg Parnassus) [electronic resource]. – URL: <https://varlamov.ru/1873609.html> (date of treatment 03/31/2021)

10. Gorshkov, A.S. Urban planning experiments in St. Petersburg / A. S. Gorshkov // AlfaBuild. – 2018. – No. 4 (6). – Pp. 23-48. – DOI 10.34910 / ALF.6.4.

11. Gaevskaya, Z.A. Capital construction and noosphere genesis / Z.A. Gaevskaya, S.D. Mityagin // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 587-589. – Pp. 123-127. – DOI 10.4028 / www.scientific.net / AMM.587-589.123.

12. Generalov, V.P. Problems of formation of mass affordable housing in Russia / V.P. Generalov, E.M. Generalova // Bulletin of SGASU. Urban planning and architecture. – 2014. – No. 4 (17). – Pp. 10-18. - DOI 10.17673 / Vestnik.2014.04.2.

13. Yakovleva, I.Yu. Urban territories and their rational use in conditions of dense development / I.Yu. Yakovleva, A.P. Moguev, E.S. Lebedeva // Natural and technical sciences. – 2019. – No. 3 (129). – Pp. 253-255.

14. Why high-rise buildings are a dead end for Russia [electronic resource]. – URL: <https://varlamov.ru/3795997.html> (date of treatment 03/31/2021)

15. Morozova, T.F. Organization of flow development of quarters with social and cultural facilities / T.F. Morozova, N.N. Bokovaya, Ts. Xia // Construction of unique buildings and structures. – 2013. – No. 1(6). – Pp. 36-46.

16. Life in «human beings»: how developers are planting a time bomb under our cities [electronic resource]. – URL: <https://realnoevremya.ru/articles/101091-zhizn-v-cheloveynikah-pochemu-nelzya-zhit-v-sovremennom-zhile> (date of access 03/31/2021)

17. Zagorodnov, EI Height regulation in housing construction. trends and context / EI Zagorodnov //

Construction: new technologies – new equipment. – 2017. – No6. – Pp. 72-75.

18. Stone on Kamenka: how the area with new buildings on Parashutnaya street lives [electronic resource]. – URL: <https://karpovka.com/2019-04-02/kamen-ob-kamenku-kak-zhivet-rajon-s-nov> (date of access 03/31/2021)

19. New areas of St. Petersburg. Would you like to live like this? [electronic resource]. – URL: <https://varlamov.ru/1869299.html> (date of treatment 03/31/2021)

20. Peshina, E.V. Point development of cities: Russian and foreign experience / E.V. Peshina, A.V. Ryzhenkov // Bulletin of the Ural State University of Economics. – 2013. – No. 5 (49). – Pp. 92-97.

21. Smirnov, O.O. The impact of high-rise buildings on the city and the urban environment / OO Smirnov // Housing strategies. – 2019. – T. 6. – No. 1. – Pp. 45-64. – DOI 10.18334 / zhs.6.1.40471.

22. Sealing buildings should not lead to a decrease in the quality of life [electronic resource]. – URL: <https://varlamov.ru/4009913.html> (date of treatment 03/31/2021)

23. Gaevskaya, Z.A. Modern building materials and the concept of «sustainability project» / Z.A. Gaevskaya, X.M. Rakova // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 941-944. – Pp. 825-830. - DOI 10.4028 / www.scientific.net / AMR.941-944.825.

24. Potapov, I. Cost Efficiency of Dwelling Construction with Account of Cities Factors / I. Potapov, S. Potapov, M. Romanenko // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2017. – No 3 (54). – Pp. 80-92. – DOI 10.18720 / CUBS.54.7.

25. New regions of China (Chinese Parnassus): would you like to live like this? [electronic resource]. – URL: <https://varlamov.ru/2136534.html> (date of treatment 03/31/2021)

26. New areas of Munich. Would you like to live like this? [electronic resource]. – URL: <https://varlamov.ru/1839789.html> (date of treatment 03/31/2021).

27. Povzun, A.O. Mid-rise block housing construction as an alternative to multi-storey micro-district development in the urban environment / A.O. Povzun, S.S. Zimin, A.V. Ovsyannikova // Construction of unique buildings and structures. – 2016. – No. 3 (42). – Pp. 7-16.

28. Popova, O.N. Energy sustainability of residential buildings as a criterion for a comprehensive assessment of the city's energy system. Popova, Yu.M. Glebova // Construction of unique buildings and structures. – 2018. – No. 3(66). – Pp. 7-18. – DOI 10.18720 / CUBS.66.1.

29. Gamayunova, O. Solutions to the Urban Problems by Using of Underground Space / O. Gamayunova, E. Gumerova // Procedia Engineering (see books). – 2016. – Vol. 165. – Pp. 1637-1642. – DOI 10.1016 / j.proeng.2016.11.904.

30. Shipilova, N.A. The advantages of complex development of large megacities / N.A. Shipilova, I.D. Muranov, E.N. Bakhtarova // Issues of sustainable development of society. – 2020. – No. 4-1. – Pp. 393-398. – DOI 10.34755 / IROK.2020.48.65.194.

31. Stepanyan, S.V. Algorithm of development and basic principles of improving the architectural qualities of buildings / S.V. Stepanyan // New science: Strategies and vectors of development. – 2016. – No 118-3. – Pp. 260-264.

32. Nogaybekova, M.T. High-rise buildings and a modern city / M.T. Nogaybekova, B.Z. Serikbaeva // Bulletin of TarGU named after M.Kh. Dulati. Nature management and problems of the anthroposphere. – 2019. – No. 2. – Pp. 121-126.

PROBLEMS OF INFILL DEVELOPMENT IN ST. PETERSBURG

Bologov¹ I.S., Gamayunova² O.S.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, ussia, 195251, St. Petersburg, Polytechnicheskaya, 29

E-mail: ¹ bologov.is@edu.spbstu.ru, ² gamayunova_os@spbstu.ru

Abstract. The article examines and analyzes one of the urban planning problems of recent times - the problem of the sealing development of cities, mainly large ones. An increase in the concentration of the population contributes to an increase in the density of development and, accordingly, the number of storeys in residential buildings. In the Russian Federation, as in many cities of the world, the problem of sealing construction is growing more and more. The paper analyzes the current situation in the field of urban housing construction in Russia and, in particular, the main problems of sealing construction in St. Petersburg using the example of Primorsky and Admiralteisky districts, as well as the new Parnas district in the north of the city. The excess of the number and density of the population in the new administrative districts of the city is shown. Special attention is paid to the peculiarities of the urban policy of St. Petersburg. The economic, social, market, competitive and other factors that induce construction companies to build high density densification are given. Models of sealing construction of cities in the world (European, Asian, American, Russian) are presented. The main disadvantages of sealing buildings in the Russian Federation are given in comparison with similar buildings in other countries. It is shown that compaction building in Russia is unambiguously perceived by the population negatively, while abroad - as the main direction of effective urban development. In this regard, it is necessary to revise the modern regulatory framework in the field of design and urban planning, as well as to use the experience of progressive countries. The conclusions obtained as a result of the collection, analysis, synthesis of the information obtained made it possible to propose effective ways to solve the presented problems associated with the sealing development of Russian cities.

Subject of research: urban planning problems associated with the consolidation of urban development.

Materials and methods: the solution of the assigned research tasks was carried out using the analysis of scientific, literary and regulatory sources; Internet search and analysis of examples of building reconstruction.

Results: In order to identify the factors influencing the problems associated with the sealing development of cities, a study of the main models of sealing construction was carried out, the urban planning problems of St. Petersburg and the experience of their solution in foreign countries were studied. On the basis of the analysis, general recommendations are given for solving the identified urban planning problems.

Conclusions: The study resulted in recommendations aimed at solving urban planning problems associated with compaction development.

Key words: construction, sealing development, urban planning, St. Petersburg, district, residential complex.

ПРИНЦИПЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ В ГРАНИЦАХ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ, НА ПРИМЕРЕ ПГТ. ЧЕРНОМОРСКОЕ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Сидорова В.В., Живица В.В., Суворов А.И., Эрайзер А. А.

Академия строительства и архитектуры, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
295493, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181, naten.anastasia@gmail.com

Аннотация. В статье подобраны и проанализированы научные литературные источники и нормативно-правовые документы по реконструкции общественных пространств в границах прибрежных территорий. Проведён анализ мирового опыта реконструкции набережных и современной специфики градостроительного развития прибрежных территорий с точки зрения взаимосвязи прибрежных территорий с городской застройкой. Исследованы архитектурно-планировочные проблемы набережных пространств и проблемы их реконструкции. Сформулированы принципы реконструкции общественных пространств приморских территорий населенного пункта. Даны практические рекомендации по их применению. Осуществлён анализ истории развития и современного состояния набережной пгт. Черноморское в Республике Крым. Разработаны предложения и рекомендации по реконструкции указанной набережной в пгт. Черноморское. На базе проведённого исследования предложена экспериментальная проектная модель реконструкции набережной пгт. Черноморского.

Предмет исследования: Реконструкция общественных пространств в границах прибрежных территорий

Материалы и методы: В ходе исследования применялся анализ мировых аналогов, проводились натурные обследования территории. Для выявления исторической закономерности развития территории применяется сравнительный анализ прибрежных территорий советского периода и настоящее время. Для апробации теоретических выводов, принципов и рекомендаций по реконструкции применено экспериментальное проектирование территорий. В работе проанализированы теоретические и практические материалы, касающиеся объекта исследования, сделаны выводы. В процессе подбора материалов по теме публикации и анализа полученных результатов применены методы: дедукции, теоретического анализа и синтеза, метод аналогии.

Результаты:

Изучена научная литература и нормативно-правовые документы. Анализ данных свидетельствует о том, что вопрос реконструкции общественных пространств в границах прибрежной полосы, в том числе городских набережных, чрезвычайно актуален и должен быть изучен специалистами разных сфер деятельности (градостроителями, архитекторами, социологами, экономистами, инженерами, технологами и т.д.).

Проанализирован мировой опыт реконструкции набережных. Выявлено, что преобразование прибрежной зоны в мировой практике может осуществляться по двум схемам:

- фокусировка на повышении рекреационного потенциала набережных в историческом центре за счет установки малых архитектурных форм;

- создание непрерывных транспортных коридоров для пешеходов и велосипедистов, формирования динамичных общественных пространств с разными активностями.

Изучена история формирования и развития населённого пункта в границах современного пгт. Черноморское, начиная с периода античности до современного периода существования. Определено, что основное направление развития пгт. Черноморское заключается в предоставлении туристических услуг отдыхающим. Для увеличения длительности курортного сезона в поселке и повышения привлекательности места определены основные показатели: формирование идентификационного архитектурного образа прибрежной полосы пгт. Черноморское, привлечение инвесторов для реализации проектов, расширение сферы предоставляемых услуг туристам.

Выявлены принципы реконструкции общественных пространств в границах прибрежных территорий: принцип комфорта и безопасности, принцип внедрения современных технологий и материалов; принцип рационального функционального зонирования; принцип комплексного развития территории; принцип привязки к истории и объектам культурного наследия; принцип формирования водного фасада города; принцип безопасности и берегозащиты.

Формирование и преобразование городских общественных рекреационных зон прибрежных территорий должно иметь продуманную стратегию планомерного, поэтапного проведения работ по строительству и благоустройству прибрежных территорий. Для этого необходимо разработать стратегию или концепцию развития территории и придерживаться ей.

Вывод: Сформулированные в статье принципы и рекомендации по реконструкции набережных решают сложившиеся проблемы прибрежных территорий населенных пунктов и могут применяться в проектировании. Практические рекомендации и экспериментальная проектная модель могут быть интересны администрации Черноморского района Республики Крым, обучающимся вузов архитектурных и градостроительных специальностей, профессорско-преподавательскому составу, ученым и всем, кто интересуется вопросами благоустройства приморских территорий.

Ключевые слова: реконструкция, набережная, прибрежные территории, фронт застройки, ансамбль, благоустройство, историческая значимость, городские общественные пространства.

ВВЕДЕНИЕ

Приморские города Крыма обладают особо ценным рекреационным ресурсом - прибрежными территориями. В настоящее время исключительно редко этот ресурс используется рационально. Причиной данного положения является низкий уровень качества благоустройства общественных пространств, отсутствие функционального разнообразия, общего архитектурно-эстетического стиля для населенного пункта. Городские общественные пространства, расположенные в прибрежной полосе приморского населенного пункта служат постоянному и временному населению местами отдыха, оздоровления и развлечений.

Набережные – это центр жизни любого приморского города. Для создания комфортных, красивых, функциональных, биопозитивных набережных, требуется проведение комплексных исследований и совместная работа многих специалистов: градостроителей, архитекторов, ландшафтных дизайнеров, социологов, экономистов. Также важную роль играет активное участие местного населения и администрации города. Следует учитывать потенциальные возможности привлечения туристов и инвесторов для обеспечения дальнейшего устойчивого развития прибрежных территорий [1].

Набережные служат связующим звеном между городской застройкой и акваторией. Как правило, в сферу визуального влияния набережных пространств попадают общественные сооружения, жилые здания, естественный или искусственно-создаваемый прибрежный ландшафт, пляжи, зелёные насаждения, а также различное оборудование и коммуникации. Роль каждого элемента в формировании ансамбля набережной различна, и в этой связи возможно бесконечное разнообразие объемно-планировочных решений. В связи с социальными, природными, антропогенными и техногенными факторами, набережные, как и любые другие искусственные образования, недолговечны, поэтому проблема реконструкции набережных является чрезвычайно актуальной [2].

Цель исследования – разработать принципы и рекомендации по реконструкции общественных пространств прибрежных территорий приморских населенных пунктов, предложить экспериментальную проектную модель апробации исследований.

Задачи:

- изучить научную литературу, нормативно-правовые документы, касающиеся темы исследования;
- провести анализ мирового опыта по реконструкции набережных и современную специфику градостроительного развития прибрежных территорий;
- проанализировать принципы реконструкции набережных, применяющихся в мире;

- проанализировать историю развития и современное состояние набережной пгт. Черноморское в Республике Крым;

- разработать предложения и рекомендации по реконструкции набережной пгт. Черноморское в Республике Крым;

- предложить экспериментальную модель реконструкции набережной пгт. Черноморское.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Развитием, реконструкцией, благоустройством набережных в своих трудах занимались: Цитман Т. Алимova Ю.Р. [3]; Калмыкова К.А. и Шкотова О.В. [4]; Скобелева А.Ю. [6]; Клинова А.В. и Шкотова О.В [8]; Сокол О.В. и Сидорова В.В. [19].

В научной статье Сидоровой В.В. и Маслий В.В. «Мировой опыт по градостроительному развитию приморских курортов» [5] проанализирован отечественный и зарубежный опыт возникновения приморских курортов, а также архитектурно-планировочные принципы градостроительного зонирования, принципы градостроительного развития.

В статье Савельева М.В., Киселева Д.А., Бондарь Н.В. и Пигина Ю.А. «Принципы формирования городских общественных рекреационных зон набережных территорий» [7] рассмотрены общественные городские рекреационные пространства и выделены основные принципы их формирования. Определено, что городские набережные пространства включают в себя как эстетический аспект формирования архитектурной среды, так и принципы организации общественной рекреации в зонах с особыми условиями использования территории водоохранной зоны.

В статьях [15-18] Сидорова В.В. рассмотрела: проблемы планировочной организации прибрежных территорий в условиях реконструкции курортов, градостроительную типологию и терминологию приморских территорий.

Анализ публикаций свидетельствует о том, что вопрос реконструкции общественных пространств в границах прибрежной полосы, в том числе городских набережных, чрезвычайно актуален и должен быть изучаем и обсуждаем специалистами в разных сферах деятельности (градостроителями, архитекторами, социологами, экономистами, инженерами, технологами и т.д.)

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе исследования применялся анализ мировых аналогов, проводились натурные обследования территории. Для выявления исторической закономерности развития территории применяется сравнительный анализ прибрежных территорий советского периода и настоящее время. Для апробации теоретических выводов, принципов и рекомендаций по реконструкции применено экспериментальное проектирование территорий. В

работе проанализированы теоретические и практические материалы, касающиеся объекта исследования, сделаны выводы. В процессе подбора материалов по теме публикации и анализа полученных результатов применены методы: дедукции, теоретического анализа и синтеза, метод аналогии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Вопрос благоустройства общественных пространств прибрежных территорий в настоящее время чрезвычайно актуален.

Проведено исследование наиболее успешных зарубежных проектных работ по реконструкции

прибрежных территорий. Ниже приведены некоторые примеры объектов.

Яркий пример реконструкции в г. Барселона. La Rambla – знаменитая центральная пешеходная улица, ведущая к городской набережной. Она протянулась почти на 5 км вдоль всего побережья Средиземного моря. До Олимпиады 1992 года набережные и пляжи в Барселоне отсутствовали. На их месте был гигантский порт со множеством складских помещений, подъездных железнодорожных путей, обслуживающей техники. Но к олимпиаде порт перенесли, а прибрежную полосу расчистили (рис. 1) [9].



Рис. 1. Барселона. La Rambla – пешеходная улица
Fig. 1. Barcelona. La Rambla– pedestrianstreet

Первой частью городской гавани, которая подверглась реконструкции, стала набережная Фуста (рис. 2), от ул. Рамблы до ул. Виа-Лайетана. Вдоль берега возвели современные отели, деловые центры, рестораны, посадили деревья и цветущие кустарники, организовали городские пляжи. Вдоль всей набережной проходит многоуровневая магистраль, которая отделена от широкой береговой полосы пальмовой аллей. Над одной из полос автодороги проходит пешеходно-велосипедная зона.

Комплексному и планомерному развитию прибрежных кварталов Барселоны способствовала политика городских властей, положенная в основу тщательно продуманной и цельной концепции архитектурно-планировочного преобразования огромного района, граничащего с морем и рекой. Таким образом, Барселона отказалась от точечного освоения набережных в пользу цельной концепции [9].



Рис. 2. Набережная Фуста, Барселона
Fig. 2. Fusta Embankment, Barcelona

Опыт преобразования приморских территорий в г. Нью Йорк. В процессе развития индустриализации Нью Йорка большинство городских районов оказались отрезанными от воды промзонами, портовыми сооружениями, дорожной инфраструктурой. Береговая линия начинала

развиваться со стороны Манхэттена, но единого плана не было. В 2011 году был представлен долгосрочный комплексный план развития всего 520-мильного «водного фасада» Нью-Йорка – Vision 2020: New York City Comprehensive Waterfront Plan (рис. 3) [1].



Рис. 3. NewYorkCityComprehensiveWaterfrontPlan
Fig. 3. Комплексный план набережной Нью-Йорка

Проект состоит из отдельных программ и проектов самой разной направленности – от расширения набережных и пляжей до модернизации ливневой канализации. Конечная цель – превращение всего берега в общедоступную благоустроенную территорию. В прибрежной зоне предусмотрено строительство жилья, коммерческой застройки и даже размещение безвредных производств. Главным принципом проекта реконструкции является обеспечение общественного доступа к воде, очистка реки и восстановление биоразнообразия, сохранение визуальных связей с водными пейзажами. Проект также предусматривает модернизацию значительной части береговой линии в открытые пространства с различными рекреационными функциями [9], привлекательными для различных категорий населения.

Значимой составляющей зарубежных стандартов является грамотное определение пространственных границ набережной, которая включает прилегающие улицы, связанные с ней визуально. В стандартах благоустройства различных стран существуют конкретные отличия в создании профиля набережных, но связывает их общие принципы формирования общественных пространств, обеспечивающих комфортные условия для отдыха, развлечения и оздоровления людей [8, 10].

В результате проведенного анализа сформулированы следующие принципы и рекомендации по реконструкции общественных пространств:

1. Принцип комфорта и безопасности. Рекомендации: при реконструкции и

проектировании набережных необходимо решать задачу по созданию комплекса работ, направленных на обеспечение комфорта и безопасности жителей.

2. Принцип внедрения современных технологий и материалов. Рекомендации: использовать передовые экологические и инновационные технологии для обеспечения устойчивого развития среды и создания единой образной структуры застройки набережных.

3. Принцип рационального функционального зонирования. Рекомендации: формирование функциональных зон должно быть с учетом пешеходно-транспортных связей. Необходимо учитывать качество насыщения набережных элементами благоустройства, обеспечивающих функциональное разнообразие. Также при благоустройстве набережных необходимо учитывать потребности маломобильных групп населения и обеспечивать организацию безбарьерной среды.

4. Принцип комплексного развития территории. Рекомендации: любое формирование и преобразование городских общественных набережных должно иметь продуманную стратегию планомерного, поэтапного проведения работ по строительству, реконструкции и благоустройству.

5. Принцип привязки к истории и объектам культурного наследия. Рекомендации: одним из ключевых условий проектирования и реконструкции набережных является соблюдение исторически сложившихся принципов архитектурно-планировочной среды. Композиционные решения могут отвечать современным тенденциям, но при этом

подчеркивать принадлежность к определенному историческому контексту городской территории [7].

6. Принцип формирования водного фасада города. Рекомендация: эстетичная застройка и формирование водного фасада населенного пункта с фарватера моря с учетом градостроительных доминант и архитектурных акцентов; узнаваемость застройки с моря.

7. Принцип безопасности и берегозащиты. Рекомендация: реконструкция должна осуществляться при условии устройства берегозащиты, применения биопозитивных технологий и материалов.

Рассмотрим курортный поселок городского типа Черноморское, расположенный на западном побережье Крыма, в районе Тарханкутского полуострова в Узкой бухте. Территория Черноморского относится к равнинно-степной зоне западного Крыма. Вдоль всего побережья Тарханкутского полуострова идеальные мелководные пляжи с белым песком чередуются с известняковыми скалами [11].

Расстояние от пгт. Черноморское до столицы Крыма г. Симферополь – 145 км, до ближайшей железнодорожной станции в г. Евпатория – 75 км. На рис. 4 изображена ситуационная схема.



Рис. 4. Ситуационная схема
Fig. 4. Situation diagram

В населённом пункте отсутствуют какие-либо виды промышленных предприятий, загрязняющих окружающую природную среду. Экологические экспертизы показывают высокую степень природной чистоты курорта. Питьевая вода подается из подземных артезианских скважин, расположенных в нескольких километрах от посёлка и очищается с помощью ультрафиолета – эта технология позволяет сохранять полезные свойства воды и избавляться от болезнетворных бактерий.

История развития пгт. Черноморское начинается еще с древнего античного периода. Первое поселение Калос Лимен возвели древние греки. Позже оно было завоёвано скифскими племенами. В период Средневековья территория населённого пункта была во владениях Крымского ханства. Далее последовали периоды: российской власти, революционный период, влияние советской власти (рис. 5), украинский период и окончательное возвращение в Россию. Каждый из перечисленных этапов по-своему повлиял на развитие посёлка.



Рис. 5.1. Благоустройство общественных пространств периода советской власти
Fig. 5.1. Improvement of public spaces during the Soviet period



Рис. 5.2. Благоустройство общественных пространств периода советской власти
Fig. 5.2. Improvement of public spaces during the Soviet period

Основной целью реконструкции прибрежной зоны пгт. Черноморское с созданием фронта застройки центральной набережной является привлечение потока туристов в поселок (рис. 5).

Идея проекта заключается в формировании ансамбля гостиницы и застройки набережной с учетом исторического наследия, что является актуальной не только для архитектуры данного населённого пункта, но и для экономики крымского региона, так как такие зоны рекреации как приморские набережные улицы служат местом интенсивного привлечения больших масс отдыхающих и туристов.

Большое значение для города имеют набережные, так как являются местом массового отдыха. Функциональная организация данных общественных пространств может включать в себя такие функции как: порт, пляж, место парковок, транзитная зона, рекреация, зону общественного питания, аттракционов и прочее [9].

В результате натурного обследования, были выделены основные архитектурно-планировочные проблемы набережной пгт. Черноморское, а также предложены экспериментальные проектные варианты их решения:

1 проблема: Застройка вдоль набережной хаотична или вовсе отсутствует. Нет единого выраженного образа и стиля. Отсутствуют доминанты и композиция в целом. В настоящее время на территории городской набережной находятся торговые сувенирные ряды, заведения общественного питания, аттракционы. Все эти заведения работают лишь в курортный период, все остальное время года они представляют собой разобранные каркасы (рис. 6).

2 проблема: Ширина набережной составляет около 4-5 в различных ее частях, что не соответствует нормам.

3 проблема: На территории Суворовского редута установили памятник в виде двух наклонных якорей, но в целом, благоустройство данной территории отсутствует. Возле берега находятся

остатки старого причала в виде переплетенных между собой ржавых труб.

4 проблема: Спуск к морю со стороны здания гостиницы находится в разрушенном состоянии, присутствуют деформированные трубы.

5 проблема: Отсутствует единая пешеходная зона от Суворовского редута вдоль территории гостиницы и до северной оконечности городской набережной.

7 проблема: В городском парке (Комсомольский парк) благоустроена главная аллея и территория, прилегающая к ней. Остальной парк находится в запустении. Требуется реконструкция зелёных насаждений, дорожно-тропиночной сети, малых архитектурных форм и пр. Отсутствует четкое разграничение парковых зон (рис. 8).

8 проблема: В центре композиции набережной возвышается ротонда из греческих ордоров, а на спуске к песчаному пляжу находится скульптура «Ихтиандр». Указанные сооружения были возведены в советский период. Ограждение вдоль набережной состоит из двух стилей, со стороны главного входа – это бетонный парапет, а от ротонды к северной оконечности набережной построено ограждение с балюстрадами. Мощение плитки аналогичным образом поделено на три стилия.

6 проблема: На территории гостиничного комплекса «Динамикс» располагается корпуса в настоящее время не действующего пансионата. Непригодные для эксплуатации территории, здания и сооружения занимают половину гостиничного комплекса. Корпус четырёхэтажного здания гостиницы состоит из двух частей: половина здания обновлена в стилистике советского периода, а половина – находится в заброшенном состоянии. Со стороны набережной, территория гостиничного комплекса выглядит непрезентабельно. Однако, исходя из своего, видимого со всех точек городской набережной, расположения, должно быть архитектурной доминантой (рис. 7).



Рис. 6. Фотофиксация набережной пгт. Черноморское
Fig. 6. Photo fixation of the embankment of Chernomorskoye



Рис. 7. Фотофиксация гостиничного комплекса Динамикс
Fig. 7. Photofixation of the Dynamixhotel complex



Рис. 8. Фотофиксация Комсомольский парк
Fig. 8. Photofixation Komsomolsky Park

Учитывая мировой опыт реконструкции и благоустройства прибрежных территорий, а также проведенный анализ архитектурно-планировочных проблем, авторами разработаны и предложены для внедрения экспериментальные проектные модели реконструкции общественных пространств в границах прибрежной территории пгт. Черноморское в Республике Крым.

Проектное решение является одним из вариантов проектно-творческой экспериментальной модели реконструкции общественных пространств

предполагает организацию единой пешеходной связи от Суворовского редута вдоль всего городского пляжа. Представленная ниже модель решает ряд выявленных проблем.

Генеральный план на рис. 9 выполнен в соответствии с основными требованиями, норм и правил проектирования и привязан к местным геологическим и топологическим условиям района застройки. Место под строительство располагается в прибрежной части пгт. Черноморское вдоль центрального пляжа.



Рис. 9. Генеральный план территории
Fig. 9. General plan of the territory

В первой линии застройки набережной запроектированы секционные здания низкой этажности (3-5 этажей) с внутренними дворами. Общественная функция этих зданий предусматривает магазинов и предприятий общественного питания размещение в уровне первого этажа. Сплошное остекление нижних этажей позволит создать привлекательный образ первого этажа масштабному идущему по набережному человеку. Стилистический образ фасадов выполнен с акцентом на историю поселка (греческую античность) для создания единого стиля застройки.

К зданиям предусмотрены проезды по однополосному проезду, завершающемуся

парковкой для автомобилей. Для подхода к зданиям со стороны набережной и со стороны внутренних дворов предусмотрены пешеходные дорожки в виде тротуаров шириной 3 м. Основные зоны участка соединяют пешеходные связи шириной 2 м.

Протяженность набережной составляет 650 м, а ширина профиля – 15 м. В экспериментальной модели запроектированы связующие аллеи, ведущие к набережной из поселка и Комсомольского парка.

Также предложен вариант реконструкции Суворовского редута, организация смотровой площадки и причала для малых мореходных судов (рис. 10).



Рис. 10. Визуализация реконструкции набережной пгт. Черноморское (расположение видовых точек смотри на генплане)

Fig. 10. Visualization of the reconstruction of the village embankment. Chernomorskoye (for the location of the viewpoints, see the master plan)

Центром композиции ансамбля набережной является гостиница, которая служит завершающей доминантой в застройке. Гостиницы и гостиничные

комплексы на прибрежных территориях являются одними из самых сложных объектов проектирования. Выполнение правильного

функционального зонирования и расположения номеров недостаточно. С первого этапа проект должен включать в себя много деталей и элементов, которые будут влиять на функционирование гостиницы в будущем, а также на комфорт проживающих [12].

Один из важных факторов полноценного комфортного отдыха в курортной гостинице является наличие благоустроенной и оборудованной открытой территории, так как постояльцы предпочитают проводить время отдыха вне номера, на свежем воздухе. Таким образом, курортным гостиницам для осуществления своих прямых функций необходимо обустройство рекреационной, спортивно-оздоровительной и развлекательно-досуговой зон с устройством спортивных площадок, детских площадок, площадок для тихого отдыха, климатолечения, чтения и т.д. [13].

Проектом предусмотрено строительство пятиэтажной гостиницы на заброшенной

территории комплекса «Динамикс». Дугообразные пристройки со стороны моря своей плавной кривизной, как бы повторяют изогнутую линию берега.

Переход из одного геометричного объема в другой создаёт четкие контуры, а использование панорамного остекления отсылает зрителя к образам современности и стилю «хай-тек». Благодаря этому фасады здания обладают такими качествами как динамика и ритмичность. Завершают силуэт здания надстройки, выполняющие функцию смотровых площадок. Навесы и открытые галереи придают зданию южную пространственность – неотъемлемую черту архитектуры Крыма. Линейно-ячеистые фасады отражают внутреннюю конструктивную структуру, характерную для современной гостиницы.

Главный вход на рисунке 11 (видовая точка 5) представляет собой портал в стиле постмодерна, который создает архитектурную преемственность с остальной застройкой набережной.



Рис. 11. Визуализация реконструкции гостиничного комплекса Динамикс (расположение видовых точек см. на генплане)
Fig. 11. Visualization of the reconstruction of the hotel complex Dynamics (for the location of the viewpoints, see the master plan)

Создание эстетически-выразительного ансамбля парка всегда было и остается одной из самых сложных проблем ландшафтной архитектуры. С ее решением сопряжен целый ряд функциональных и градостроительных задач. Ими обуславливается необходимость определения принципа формирования садово-паркового ландшафта и приемов композиции, чутко отвечающих природно-климатическим условиям, функциональным и эстетическим требованиям организации отдыха [14].

Проектом реконструкции парка предусмотрена: высадка зелёных насаждений; очистка территории от старых деревьев и зарослей; лечение больных

ценных деревьев и кустарников; реконструкция аллей и мест отдыха с лавочками; размещение малых архитектурных форм; организация ночного и декоративного освещения и пр.

Экспериментальная модель реконструкции предусматривает также расширение функционального наполнения Комсомольского парка. Организованы следующие зоны: зона тихого отдыха, детская зона, зона аттракционов, арт пространство, кинотеатр под открытым небом, зона общественного питания. Все малые архитектурные формы будут выполнены в едином современном стиле с использованием дерева и камня (рис. 12).



Рис. 12. Визуализация реконструкции Комсомольского парка (расположение видовых точек см. на генплане)
Fig. 12. Visualization of the reconstruction of Komsomolsky Park (for the location of the viewpoints, see the master plan)

Основная цель проекта – создание современной общественно-культурной среды на основе исторического ансамбля и преодоление пространственной изоляции территории. Функциональное наполнение участка осуществляется с помощью нового строительства и перепрофилирования морально устаревших объектов и зон. Для достижения цели в проекте решались следующие задачи:

- пешеходная и транспортная организация участка проектирования;
- функциональное наполнение участка проектирования;
- архитектурно-пространственная организация участка проектирования [15].

ВЫВОДЫ

1. Изучена научная литература и нормативно-правовые документы, касающиеся темы исследования. Анализ литературных источников свидетельствует о том, что вопрос реконструкции общественных пространств границах прибрежной полосы, в том числе городских набережных, чрезвычайно актуален и должен быть изучаем и обсуждаем специалистами в разных сферах деятельности (градостроителями, архитекторами, социологами, экономистами, инженерами, технологами и т.д.)

2. Проанализирован мировой опыт реконструкции набережных. Отмечено, что водные объекты и доступ к ним в современном мире считаются особо ценным рекреационным ресурсом, повышающим качество жизни в городе, помогающим сформировать функциональную,

интересную, гармоничную, биопозитивную, комфортную среду для жизни, отдыха и оздоровления гостей и жителей города.

3. Преобразование прибрежной зоны в мировой практике может осуществляться по двум схемам:

- фокусировка на повышении рекреационного потенциала набережных в историческом центре за счет установки малых архитектурных форм;
- создание непрерывных транспортных коридоров для пешеходов и велосипедистов, динамичных общественных пространств с разными активностями.

4. Изучена история формирования и развития населённого пункта в границах современного пгт. Черноморское начиная с периода античности (греческое поселение существовало в период с IV в. до н. э. по I в. н. э.) до современного периода существования. Каждый из периодов по-своему повлиял на архитектурно-планировочный образ и внес значимый вклад в развитие поселка.

5. Основное направление развития пгт. Черноморское заключается в предоставлении туристических услуг отдыхающим. Гостинично-развлекательный комплекс функционирует в летне-осенний период. Зимой и весной жизнь в посёлке замирает. Реконструкция общественных пространств посёлка с параллельным строительством гостиничных зданий на набережной в первой линии застройки, является актуальным и востребованным проектом. Создание привлекательного образа пгт. Черноморское, привлечение инвесторов, расширение сферы предоставляемых туристам услуг может существенно увеличить длительность периода отдыха в посёлке, что в свою очередь будет

способствовать развитию населённого пункта.

6. Одним из ключевых условий проектирования набережной должно являться соблюдение исторически сложившихся принципов создания гармоничной архитектурно-дизайнерской среды. Композиционные решения должны отвечать современным тенденциям и подчеркивать принадлежность городской территории определенному историческому контексту.

7. Формирование и преобразование городских общественных рекреационных зон прибрежных территорий должно иметь продуманную стратегию планомерного, поэтапного проведения работ по строительству и благоустройству прибрежных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скверы, бульвары, пешеходные набережные. Категория: Ландшафтное проектирование [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://gardenweb.ru/ckvery-bulvary-peshekhodnye-zony-naberezhnye> (дата обращения 20.05.21)

2. Цитман Т.О. и Алимова Ю.Р. Современные решения набережных // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2016. С. 9-14

3. Калмыкова К.А. и Шкотова О.В. «Благоустройство городских набережных» // Академическая публицистика. 2019. С. 297-303

4. Сидорова В.В. Мировой опыт по градостроительному развитию приморских курортов / В.В. Сидорова, В.В. Маслий // Строительство и техногенная безопасность №6 (58) 2017. – С.26-29

5. Скобелева А.Ю. Принципы архитектурно-планировочной реконструкции городских набережных // Стратегия развития современной науки. 2017. С. 75-77

6. М.В. Савельев, Д.А. Киселева, Н.В. Бондарь, Ю.А. Пигин Принципы формирования городских общественных рекреационных зон набережных территорий // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. – 2019. – № 33. – С.173-188

7. Клинова А.В. Реконструкция набережной / А.В. Клинова, О.В. Шкотова // Академическая публицистика №12, 2019. – С. 314-316

8. 5 городов мира с лучшими современными набережными. Статья [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://archsovet.msk.ru/article/gorod/5-gorodov-mira-s-luchshimi-sovremennymi-naberezhnymi> (дата обращения 24.05.21)

9. McDonald E. Городские набережные. L.: Routledge. 2017. – 230 с.

10. Поселок Черноморское в Крыму. Весь Крым на одном сайте. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://krum-portal.ru/zapadnoe-poberejje-krima/poselok-chernomorskoe-v-krimu/> (дата обращения 26.05.21).

11. Тахирай Г. Объемно-планировочные и архитектурные особенности проектирования гостиниц и гостиничных комплексов на

прибрежных территориях // Международный академический вестник. 2018. 10 (30). – С.2-4

12. Крамаренко М.А. Принципы архитектурно-планировочной организации курортных гостиниц // Architecture and Modern Information Technologies. – 2017 – №3(40). – С. 104-112 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://marhi.ru/AMIT/2017/3kvart17/08_kramarenko/index.php

13. Николаевская З.А. Садово-парковый ландшафт. – М.: Стройиздат, 1989. – 344 с.: ил. ISBN 5-274-00591-8

14. Шетько М.С., Фукс Л.П. Перспективы реконструкции исторической среды улицы Инской и превращения ее в общественное значимое пространство города // Региональные архитектурно-художественные школы. 2016. № 1. – С. 73-80.

15. Сидорова В.В. Проблемы планировочной организации прибрежных территорий в условиях реконструкции курортов южного берега Крыма / Сидорова В.В. // Строительство и техногенная безопасность: Сборник научных трудов. – Симферополь.: НАПКС. – 2010. – №31 – С. 22-30.

16. Сидорова В.В. К вопросу о градостроительной типологии приморских территорий на примере Большой Алушты / Сидорова В.В. // Современные проблемы архитектуры и градостроительства: Науч.-техн. сборник. – К.: КНУБА. – 2011. – Вып. 26 – С. 169-175.

17. Сидорова В.В. Градостроительная терминология применительно к приморским территориям, на примере Большой Алушты / Сидорова В.В. // Містобудування та територіальне планування: Науч.-техн. сборник. – К.: КНУБА. – 2011. – Вып. 39. – С. 348-352.

18. Сидорова В.В. Социологические исследования по прибрежным территориям / В.В. Сидорова // Современные проблемы архитектуры и градостроительства: Науч.-техн. сборник. – К.: КНУБА. – 2011. – Вып.28. – С.267-275

19. Сидорова В.В. Развитие современных приморских набережных / В.В. Сидорова, О.В. Сокол // Строительство и техногенная безопасность: Науч.-техн. сборник. – Симферополь: НАПКС. – 2011. – Вып. 38 – С.13-21

20. Города для людей / Ян Гейл; Изд. На русском языке – Концерн “КРОСТ” пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2012. – 276 с.

REFERENCES

1. Squares, boulevards, pedestrian embankments. Category: Landscape design [Electronic resource]: - Access mode: <http://gardenweb.ru/ckvery-bulvary-peshekhodnye-zony-naberezhnye> (accessed 20.05.21).

2. Tsitman T.O. and Alimova Yu.R. Sovremennye resheniya naberezhnye chelny [Modern solutions of embankments]. 2016. pp. 9-14.

3. Kalmykova K.A. and Shkotova O.V. "Improvement of city embankments". 2019. pp. 297-303.

4. Sidorova V.V. World experience in urban development of seaside resorts / V.V. Sidorova, V.V. Masliy // Construction and technogenic safety No. 6 (58) 2017. – Pp. 26-29.
5. Skobeleva A. Yu. Principles of architectural and planning reconstruction of urban embankments // Strategy of development of modern science. 2017. Pp. 75-77.
6. M.V. Savelyev, D.A. Kiseleva, N.V. Bondar, Yu. A. Pigin Principles of formation of urban public recreational zones of embankment territories // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Cultural studies and art history. No. 33, 2019. – Pp. 173-188.
7. Klinova A.V. Reconstruction of the embankment / A.V. Klinova, O. V. Shkotova // Academic Journalism No. 12, 2019. – Pp. 314-316.
8. 5 cities in the world with the best modern embankments. Article [Electronic resource]: – Access mode: <https://archsovet.msk.ru/article/gorod/5-gorodov-mira-s-luchshimi-sovremennymi-naberezhnymi> (accessed 24.05.21).
9. McDonald E. City embankments. L.: Routledge. 2017. – 230 p.
10. The village of Chernomorskoye in the Crimea. All of Crimea on one site. [Electronic resource]: – Access mode: <https://krym-portal.ru/zapadnoe-poberejje-krima/poselok-chernomorskoe-v-krimu/> (accessed 26.05.21).
11. Tahirai G. Space-planning and architectural features of the design of hotels and hotel complexes in the coastal territories // International Academic Bulletin. 2018. 10 (30). – Pp. 2-4
12. Kramarenko M.A. Principles of architectural and planning organization of resort hotels // Architecture and Modern Information Technologies. – 2017 – №3 (40). – Pp. 104-112 [Electronic resource]. – Access mode: http://marhi.ru/AMIT/2017/3kvart17/08_kramarenko/index.php
13. Nikolaevskaya Z.A. Sadovo-park landscape. – M.: Stroyizdat, 1989. – 3 44 p.: ill. ISBN 5-274-00591-8.
14. Shetko M.S., Fuks L.P. Prospects for reconstruction of the historical environment of Inskaya Street and its transformation into a socially significant space of the city // Regional architecture and art schools. 2016. No. 1. – Pp. 73-80.
15. Sidorova V.V. Problems of planning organization of coastal territories in the conditions of reconstruction of resorts of the southern coast of Crimea / Sidorova V.V. // Construction and technogenic safety: Collection of scientific works. – Simferopol: NAPKS. – 2010. – No. 31. – Pp. 22-30.
16. Sidorova V.V. On the issue of urban typology of coastal territories on the example of Bolshaya Alushta / Sidorova V.V. // Modern problems of architecture and urban planning: Nauch.-tehn. collection. – K.: KNUBA. – 2011. – Issue 26. – Pp. 169-175.
17. Sidorova V.V. Urban planning terminology in relation to the coastal territories, on the example of Bolshaya Alushta / Sidorova V.V. // Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya: Nauch.-tehn. collection. – K.: KNUBA. – 2011. – Issue 39. – Pp. 348-352.
18. Sidorova V.V. Sotsiologicheskie issledovaniya po littoral'nyim territoriyam / V.V. Sidorova // Modern problems of architecture and urban planning: Sci.-tech. collection. – K.: KNUBA. – 2011. – Issue 28. – Pp. 267-275.
19. Sidorova V.V. Razvitie sovremennykh primorskikh naberezhnye chelny / V.V. Sidorova, O.V. Sokol // Stroitelstvo i tekhnogennaya bezopasnosti: Nauch.-tehn. collection. – Simferopol: NAPKS. – 2011. – Issue 38. – Pp. 13-21.
20. Cities for people / Ian Gale; Ed. In Russian-Concern "KROST" per. s engl. – M.: Alpina Publisher, 2012. – 276 p.

PRINCIPLES OF RECONSTRUCTION OF PUBLIC SPACES WITHIN THE BORDERS OF COASTAL TERRITORIES ON THE EXAMPLE OF THE CHERNOMORSKOYE SETTLEMENT IN THE REPUBLIC OF CRIMEA

Sidorova V.V., Zhivisa V.V., Suvorov A.I., Arizer A.A.

Academy of Construction and Architecture of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University
295493, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya Street, 181, naten.anastasia@gmail.com

Abstract. The article selects and analyzes scientific literature sources and regulatory documents on the reconstruction of public spaces within the boundaries of coastal territories. It analyzes global experience in the reconstruction of embankments and the modern specifics of urban development of coastal areas in terms of the relationship of coastal areas with urban development. It investigates the architectural and planning problems of embankment spaces and the problems of their reconstruction. It formulates the principles of reconstruction of public spaces of the coastal territories of the locality. It provides practical recommendations for their use. It analyzes the history of the development and current state of the embankment of the urban-type settlement of Chernomorskoye in the Republic of Crimea. It provides proposals and recommendations for the reconstruction of the specified embankment urban-type settlement of Chernomorskoye. On the basis of the conducted research, an experimental design model for the reconstruction of the embankment of urban-type settlement of Chernomorskoye is proposed.

Subject: Reconstruction of public spaces within the boundaries of coastal territories

Materials and methods: In the course of the study, world analogues were analyzed and full-scale surveys of the territory were conducted. To identify the historical pattern of the territory's development, a comparative analysis of the coastal territories of the Soviet period and the present was used. To test the theoretical conclusions, principles and recommendations for reconstruction, an experimental design of territories was applied. The paper analyzes the theoretical and practical materials related to the object of research, and draws conclusions. In the process of selecting materials on the topic of publication and analyzing the results obtained, the following methods were used: deduction, theoretical analysis and synthesis, and the method of analogy.

Results: The scientific literature and regulatory documents were studied. The analysis of the data shows that the issue of reconstruction of public spaces within the boundaries of the coastal strip, including city embankments, is extremely relevant and should be studied by specialists in various fields of activity (urban planners, architects, sociologists, economists, engineers, technologists, etc.).

The world experience of embankment reconstruction is analyzed. It is revealed that world practice is to carry out the transformation of coastal zones through two methods:

- focusing on increasing the recreational potential of embankments in historical centers by installing small architectural forms, and
- the creation of continuous transport corridors for pedestrians and cyclists and the formation of dynamic public spaces with different activities.

The history of the formation and development of the settlement within the boundaries of the modern village of Chernomorskoye is studied from antiquity to modern times. It is determined that the main direction of the development of Chernomorskoye is toward the provision of tourist services to vacationers. To increase the duration of the holiday season in the village and increase the attractiveness of the place, the main indicators were determined as: the formation of an architectural identity for the coastal strip of Chernomorskoye, attraction of investors for the implementation of projects, and an expansion of the scope of services provided to tourists.

The principles of reconstruction of public spaces within the borders of coastal territories are revealed as: the principle of comfort and safety, the principle of introduction of modern technologies and materials; the principle of rational functional zoning; the principle of integrated development of the territory; the principle of linking to history and cultural heritage objects; the principle of forming the water facade of the city; the principle of safety and coastal protection.

The formation and transformation of urban public recreational zones of coastal territories should have a well-reasoned strategy for the systematic, step-by-step implementation of works on the construction and improvement of coastal territories. To achieve this, it is necessary to develop a strategy or concept for the development of the territory and to adhere to it.

Conclusion: The principles and recommendations for the reconstruction of embankments formulated in the article solve the existing problems of coastal territories of settlements and can be applied in the design. Practical recommendations and an experimental design model may be of interest to: the administration of the Black Sea Region of the Republic of Crimea, students of universities of architectural and urban planning specialties, faculty, scientists and anyone interested in the improvement of coastal areas.

Key words: reconstruction, embankment, coastal territories, front of development, ensemble, landscaping, historical significance, urban public spaces.

ПЛЮСЫ И МИНУСЫ СТРОИТЕЛЬСТВА XX ВЕКА

Мосякин Д.С.¹, Крицкий И.В.²

Академия строительства и архитектуры, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
295003, Республика Крым, г. Симферополь, улица Балаклавская 131 кв 127.
E-mail: ¹ mosyakin_dmitriy@mail.ru, ² kiv.simferopol@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается история и основные черты архитектуры XX века, с точки зрения формулы единого архитектурного целого, выведенная древнеримским теоретиком зодчества Марко Витрувием.

Предмет исследования. Советская архитектура XX века.

Материалы и методы. В ходе работы был проведен анализ литературы по теме исследования. Была найдена причинно-следственная связь. Применены методы: дедукции, теоретического анализа и синтеза, метод аналогии.

Результаты. Осуществлен анализ данной темы, выявлены плюсы и минусы. Сделаны выводы. Написаны рекомендации.

1) Исходя из проведенного анализа нормативно-правовых документов и научной литературы можно заключить, что данная проблема актуальна и всесторонне изучается. Однако отсутствует унифицированное её решение.

2) Сформулирован ряд проблем характерных строительству ЖК.

3) Проанализирован мировой успешный опыт совершенствования массового строительства.

4) В результате исследования разработаны предложения рекомендации по реконструкции системы проектирования.

Выводы. Улучшая внешний облик, ее архитектурную насыщенность можно улучшить качество жизни граждан в современных городах. Сформулированные предложения и рекомендации по улучшению визуальной составляющей могут быть интересны обучающимся вузов архитектурных и градостроительных специальностей, профессорско-преподавательскому составу, ученым и всем, кто интересуется вопросами устойчивого развития городов. Тема рассмотрена путем выявления ошибок прошлого и дальнейшего рассмотрения путей их исключения в будущем.

Ключевые слова: Строительство, архитектура, XX век.

ВВЕДЕНИЕ

Архитектуру, градостроительство и в целом строительство XX века можно разделить на несколько этапов. В каждом преследовались свои цели и задачи. Главной задачей из которых было предоставления жилой площади населению страны. Лишняя в определенных проектах оказывают свое отрицательное влияние на городскую среду и по сей день. Современный специалист, имея широкий спектр ресурсов может учесть ошибки прошлого, не допустить в настоящем. Каждый период строительства характеризуется влиянием экономики, потребностями населения.

Цель исследования: Выявить плюсы и минусы, основные идеи и замыслы массового строительства. Обнаружить задатки появления ЖК.

Задачи исследования: Проследить влияние строительства XX века на формирование городской среды в современности.

Выявить три составляющие архитектурного целого, по концепции Витрувия: «Прочность – польза – красота».

Теоретическими методами разобраться, как в современных жилых комплексах осуществляется концепция, разработанная М. Витрувием.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Авторами была проанализирована нормативно-правовая документация, посредством которой регулируется проектирование и реконструкция транспортного каркаса в Российской Федерации.

СП 42.13330.2011

«Градостроительство.

Планировка и застройка городских и сельских поселений». Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* – настоящий свод правил распространяется на проектирование новых и реконструкцию существующих городских и сельских муниципальных образований на территории Российской Федерации и содержит основные требования к их планировке и застройке [1].

Исследованиям комфортности и перспективам развития жилищного фонда в Российской Федерации посвящено много исследований, как архитектурной направленности, так и социологической. В частности, исследования касаются влияния окружающей человека застройки на его психологическое и физическое состояние. Данные исследования помогают понять, как должна развиваться застройка, каким требованиям и каким критериям должны отвечать современные жилые комплексы [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Городская среда – совокупность конкретных условий, созданных человеком и природой в границах населенного пункта, которые оказывают влияние на уровень и качество жизнедеятельности человека.

Архитектура триединая: она извечно сочетает в себе логику учёного, ремесло мастера и вдохновение художника. «Прочность – польза – красота»- такова знаменитая формула единого архитектурного целого, выведенная древнеримским

теоретиком зодчества Марко Витрувием. «Десять книг об архитектуре».

Люди всегда стремились достичь гармонии в архитектуре. Благодаря этому стремлению на свет

появлялись всё новые изобретения, конструкции и стили. Именно с этой точки зрения, будет рассматриваться строительство XX века.

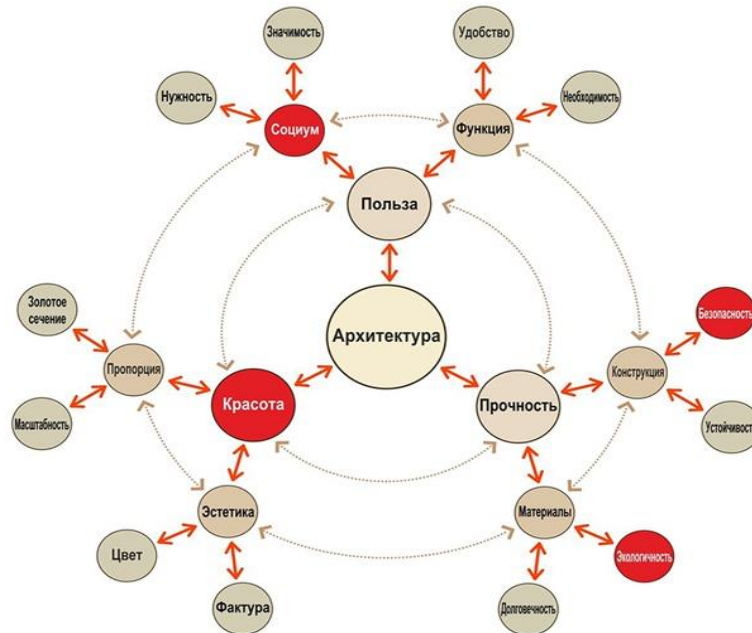


Рис 1. Формула единого архитектурного целого М. Ветрувия
Fig. 1. The formula of a single architectural whole of M. Vitruvius

В июле 1957-го было подписано постановления ЦК КПСС и Совмина СССР «О развитии жилищного строительства в СССР». В этот день завершились эксперименты с каркасными и крупноблочными конструкциями жилых домов. Этому решению предшествовало десятилетие активных поисков. «Сталинки» (Рис.1), построенные в конце 30-х, начале 50-х годов 20 века. В то время, не экономили на строительных материалах [3]. Даже сейчас, по сравнению с большинством современных планировок, «сталинки» кажутся просторными и удобными для жизни. Довоенные сталинские дома строились из кирпича, стены таких домов были довольно толстые и прекрасно сохраняли тепло. Строительные материалы были высокого качества. Однако,

типизировать проекты начали в Москве ещё в 1920-х, когда возводились рабочие посёлки в духе конструктивизма. Тотальная индустриализация в 1930-х гг. затронула строительную отрасль лишь поверхностно. Между тем численность москвичей подскочила с 1,5 миллиона в 1913 году до 4 миллионов в 1939-м. Приезжавшие поднимать тяжёлую и лёгкую промышленность люди ютились в бараках, подвалах и уплотнённых по несколько раз коммуналках. После Великой Отечественной Войны (1941-1945 гг.) стало окончательно ясно, что для решения жилищной проблемы в СССР необходимо полностью пересмотреть способы строительства. Именно поэтому «сталинки» играют немало важную роль в строительстве.



Рис. 2. «Сталинка», 1930-1950-х годов.
Fig. 2. «Stalinka», 1930-1950.



Рис. 3. «Хрущевка» 1955-1985гг.
Fig. 3. «Khrushchevka» 1955-1985

Никита Сергеевич Хрущёв – советский государственный деятель. Первый секретарь ЦК КПСС (1953-1964).

В СССР активно развивалась промышленность, наука, образование, были достигнуты большие успехи в покорении космоса. В связи с этим было развернуто активное жилищное строительство.

В 1957 году в СССР развернулось массовое жилищное строительство. В результате с 1957 по 1963 год жилищный фонд увеличился с 640 до 1184 млн кв. м. жилой площади, жилищные условия улучшили более 50 млн человек, переехал в новостройки. Массовое распространение получила практика жилищных кооперативов на льготных финансовых условиях, с рассрочкой выплаты платежа за квартиру на пять лет [4].

Дома хрущёвской постройки – советские типовые панельные или кирпичные жилые дома.

С началом строительства «хрущёвок» советское домостроение стало преимущественно индустриальным. Архитектура домов была предельно проста и функциональна. В то же это позволила разрешить острейшую нехватку жилья.

При Хрущеве началось массовое строительство домов под девизом: «Для каждой семьи маленькое жильё, но свое». Дома носили временный характер и имели относительно низкие сроки эксплуатации.

Плюсы:

1. Низкая себестоимость
2. Расположение в районах с развитой

инфраструктурой

Минусы:

1. Низкие потолки 2,5 метра
2. Отсутствие архитектурной ценности
3. Узкие коридоры и лестничные клетки

Леонид Ильич Брежнев – советский государственный и партийный деятель, занимавший высшую руководящую должность в КПСС в течение 18 лет.

В отличие от Н.С. Хрущёва, который архитектуру воспринимал скорее как приложение к экономичному строительству и породившему минимализм, Л.И. Брежнев (правил с 1964-82 гг) относился к архитектуре более индифферентно. Влияние коммунистической партии на развитие архитектуры было обезличено, поэтому правомерность применять термин «брежневская архитектура» остаётся спорной. Несмотря на то, что этот период называется эпохой "застоя" в экономической и социальной сферах жизни страны, строительство шло в невиданных масштабах.

Архитектура общественных зданий развивалась в общем русле советского минимализма и функционализма. Сравнительно недавно (с 2010-х годов) появился новый термин, обозначающий современную постсталинскую архитектуру 1955-1991 гг – «советский архитектурный модернизм». Эта архитектура ещё недостаточно изучена (ведутся

многочисленные исследования на этот счет), а термин ещё недостаточно прижился и чётко не определён.

В целом новому направлению соответствуют следующие критерии: применяются самые современные строительные материалы и конструкции на основе последних достижений научно-технической революции и промышленного прогресса; рациональный (функциональный) подход к конструктивным решениям; минимум декораций; глобально-космополитичный облик зданий; стремление к отказу от обращения к архитектурному прошлому (историзму) [5].

«Брежневки» (1970-1985 гг.) – высотные комфортные панельные дома. Они являются прототипом современных новостроек. Планировка советских построек претерпела большие изменения. Основной причиной появления «брежневок» стало недовольство населения к качеству жилищного фонда. Восторг от получения собственной «хрущёвки» постепенно рассеивался, и компромисс в итоге был найден – «брежневка». Стоит отметить, что «брежневка» – это среднее арифметическое между двумя кардинально отличающимися назначениями городской застройки: «ухудшенная сталинка» или «улучшенная хрущёвка». Отличительной особенностью жилья данного периода была большой простор и высота помещений, чем у «хрущёвок».

Основными плюсами «брежневок были»:

- отдельный санузел;
- широкие лестничные клетки и пролеты;
- дома обычно располагались в домах с высоко развитой инфраструктурой;
- отсутствие проходных комнат;
- увеличенная по размеру кухня (около 9 м кв.);
- грамотная планировка при относительно небольшом размере квартиры;
- более молодые постройки, по сравнению со «сталинками» и «хрущёвками».

Современных новостройки – это по сути концепция «города в городе», когда не выходя за пределы района, а то и дома-комплекса, можно получить весь спектр обслуживания, необходимого для жителей дома. Однако, как и при любом строительстве, у современных домов комплексов есть как минусы, так и плюсы [6].

Примерами отрицательного индустриального воздействия на современное строительство жилых комплексов являются: ЖК «Горизонт», г. Щелково, «Инвестрой», г. Красноярск.

Удачными примерами, как архитектурной ценности, так триединой идеологии современного строительства жилых комплексов являются: ЖК «Гранд Хаус», г. Санкт-Петербург, «Пироговская Ривьера», Московская область, Russian Design District, г. Москва (Рис.4).



Рис. 4. Современный жилой комплекс. Russian Design District. г. Москва
Fig. 4. Modern residential complex. Russian Design District. Moscow

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Каким должен быть современный ЖК?

Современные новостройки кардинально отличаются от своих собратьев двадцатилетней давности [7]. Сегодня жилой комплекс – это единый организм, где органично сочетаются дома, дворовая и парковая территория. Одной из тенденций в мировой архитектуре и проектировании является целостность проектов. Значительным преимуществом для жилого комплекса остается наличие рекреационных зон, расположение проекта на благоустроенной набережной или создание в его составе собственного парка. Его архитектурная ценность.

Например, «Пироговская Ривьера» она расположена всего в 300 метрах от Пироговского водохранилища с его благоустроенными пляжами. Здесь есть все для спокойного и активного отдыха.

Также стоит отметить передовой жилой комплекс «Russian Design District» в г. Москва, особенно стоит отметить в данном жилой комплексе придомовую территорию. Вокруг небоскребов планируется обустроить зеленую зону. Это аллеи для прогулок с детскими игровыми зонами и спортивными площадками. На территории комплекса смогут весело и продуктивно проводить свободное время люди любых возрастов. Резидентам комплекса будут доступны все объекты культурно-спортивной инфраструктуры.

ВЫВОДЫ

1. Исходя из проведенного анализа нормативно-правовых документов и научной литературы можно заключить, актуальность

проблемы внешнего облика как зданий так в целом картины городской среды современности.

2. Предлагается проектирование в ЖК рекреационных зон, сфер обслуживания.

3. Сформулирован ряд проблем характерных строительству XX века.

4. Проанализирован успешный опыт модернизации ЖК.

5. В результате исследования были выявлены тенденции развития жилых комплексов, проанализированы тенденции, которые необходимо учитывать при формировании современного жилого комплекса с учетом формулы архитектуры Марко Ветрувия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 31-01-2003. Строительные нормы и правила РФ. Здания жилые многоквартирные [Текст]. – Приняты постановлением Госстроя России №109 от 23.06.2003г. Дата введения: 01-10-2003 г. Москва. – 23 с.

2. Эллард, Колин. Среда обитания. Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие [Текст]: / Колин Эллард; перевод с английского [Анастасия Васильева]. – Москва: Альпина паблишер, 2016. - 287 с.

3. Исследования жилых комплексов. Аналитический обзор / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://erzrf.ru/images/repfle/13440997001REPFLE.pdf>. – открытый

4. Мейзер Ф. Жилищное строительство в СССР 1955–1985: Архитектура хрущевского и брежневского времени. Front Cover. Philipp Meuser. DOM publishers, 2021 г.– 311 с.

5. Поцелуев В.А. П64 История России XX столетия: (Основные проблемы): Учеб. пособие для

студентов вузов. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1997. – 512 с.

6. Что такое «брежневка» и почему она «лучшенка» / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://blog.domclick.ru/post/chto-takoe-brezhnevka-i-pochemu-ona-uluchshenka?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.ru%2F.

7. Город в городе: что предлагают своим жителям современные новостройки / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.domofond.ru/statya/gorod_v_gorode_chto_predlagayut_svoim_zhitelyam_sovremennye_novostroyki/101503.

REFERENCES

1. SNiP 31-01-2003. Building codes and regulations of the Russian Federation. Residential multi-apartment buildings [Text]. – Adopted by the resolution of the State Construction Committee of Russia No. 109 of 23.06.2003. Date of introduction: 01-10-2003. Moscow. – 23 p.

2. Ellard, Colin. Habitat. How architecture affects our behavior and well-being [Text]: / Colin Ellard; translated from English [Anastasia Vasilyeva]. – Moscow: Alpina publisher, 2016. – 287 p.

3. Research of residential complexes. Analytical review / [Electronic resource]. – Access mode: <https://erzrf.ru/images/repfle/13440997001REPFLE.pdf>. – open.

4. Meiser F. Housing construction in the USSR 1955-1985: Architecture of the Khrushchev and Brezhnev times. Front Cover. Philipp Meuser. DOM publishers, 2021. – 311 p.

5. Kisses V. A. П64 History of Russia of the XX century: (Major problems): Proc. textbook for University students. – М.: Гуманит. ed. center VLADOS, 1997. – 512 p.

6. What is a "Breznev" and why it is "uluchshena" / [Electronic resource]. – Mode of access: https://blog.domclick.ru/post/chto-takoe-brezhnevka-i-pochemu-ona-uluchshenka?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.ru%2F

7. The city in the city: what modern new buildings offer their residents / [Electronic resource]. – Access mode:

https://www.domofond.ru/statya/gorod_v_gorode_chto_predlagayut_svoim_zhitelyam_sovremennye_novostroyki/101503.

PROS AND CONS OF XX CENTURY CONSTRUCTION

Mosyakin¹ D.S., Kritsky² I.V.

Academy of Construction and Architecture, V.I. Vernadsky Crimean Federal University
295003, Republic of Crimea, Simferopol, Balaklavskaya Street 131 kv. 127.
E-mail: ¹ mosyakin_dmitriy@mail.ru, ² kiv.simferopol@gmail.com

Abstract. The article examines the history and main features of the architecture of the XX century, from the point of view of the formula of a single architectural whole, derived by the ancient Roman architectural theorist Marco Vitruvius.

The subject of the study. SOVIET ARCHITECTURE OF THE XX CENTURY.

Materials and methods. In the course of the work, an analysis of the literature on the topic of the study was carried out. A causal relationship was found. Methods are applied: deduction, theoretical analysis and synthesis, the method of analogy.

Results. The analysis of this topic is carried out, the pros and cons are identified. Conclusions are drawn. Recommendations are written.

1) Based on the analysis of regulatory documents and scientific literature, it can be concluded that this problem is relevant and is being comprehensively studied. However, there is no unified solution to it.

3) A number of problems characteristic of the construction of the residential complex are formulated.

4) The world successful experience of mass construction is analyzed.

5) As a result of the study, proposals and recommendations for the reconstruction of the design system were developed.

Conclusions. By improving the appearance and architectural richness of the street, it is possible to improve the quality of life of citizens in modern cities. The formulated proposals and recommendations for improving the visual component may be of interest to students of universities of architectural and urban planning specialties, faculty, scientists and anyone interested in sustainable urban development. The topic is considered by identifying the mistakes of the past, and further considering ways to eliminate them in the future.

Key words: Construction, architecture of the XX century,

Раздел 2. Строительство

УДК 624.014

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРНОГО ПОКРЫТИЯ НАД ХАНСКИМ ДВОРЦОМ

Синцов А.В., Данченко Н.В., Синцов В.П., Митрофанов С.В.

Академия строительства и Архитектуры, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,
адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: sin59@bk.ru

Аннотация. После перехода Крыма в состав Российской Федерации большое внимание стали уделять вопросам реставрации историко-художественных памятников, расположенных в Республике Крым. Для устранения атмосферных воздействий на реставрируемое здание главного корпуса Бахчисарайского ханского дворца возвели навес, конструктив которого выполнен из металлических труб.

Предмет исследования: При возведении навеса были допущены отклонения и отдельные дефекты в элементах конструкции структурного покрытия, поэтому возникла необходимость проведения обследования сооружения. В этой связи проведена проверка напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов конструкций навеса на расчетные нагрузки с учетом 8-ми бальной сейсмичности и выявленных отклонений, и дефектов.

Материалы и методы: ПК ЛИРА САПР, основанный на применении метода конечных элементов, позволяет получить картину распределения напряжений в элементах структурной плиты навеса. Для исследования поведения элементов структурной плиты под нагрузкой разработана пространственная компьютерная модель, составленная из стержневых конечных элементов и элементов - оболочки.

Результаты: В результате расчета на статическое и динамическое воздействие от внешних нагрузок получены - деформированные схемы перекрестно-стержневой пространственной системы структурного покрытия, произведена проверка прочности и устойчивости элементов структурной системы при действии сейсмических нагрузок. Результаты расчета представлены в виде мозаик перемещений узлов структуры, усилий в элементах структуры и процентов исчерпания запасов по 1-й и 2-й группам предельного состояния.

Выводы: Результаты исследований показали, что прочность, устойчивость металлических элементов навеса и жесткость сооружения в целом обеспечены (требования 1-ого и 2-ого предельных состояний и местной устойчивости) и удовлетворяют требованиям действующих строительных норм. Техническое состояние фундаментов, металлических четырехгранных металлических опор, капителей, стеновой металлической опоры и металлической структурной плиты типа МАРХИ в целом оценивается как работоспособное с учетом выявленных несоответствий и внесённых конструктивных изменений. Навес пригоден для эксплуатации в данной природно-климатической зоне в условиях 8-ми бальной сейсмичности и может быть введен в эксплуатацию как временное сооружение со сроком службы до 10 лет.

Ключевые слова: пространственная стержневая конструкции, структура типа МАРХИ, конечный элемент, прочность, устойчивость, местная устойчивость.

ВВЕДЕНИЕ

В ходе проведения работ по реставрации зданий и сооружений объекта культурного наследия «Ханский дворец» (XVI-XIX века) возникла острая производственная необходимость устроить над главным корпусом, который находится в центре памятника, навес.

В качестве несущей системы навеса была запроектирована и построена структурная плита типа МАРХИ, которая представляет собой структурную плиту, выполненную из трубчатых металлических элементов [9...11].

Навес имеет габаритные размеры в плане 42,0 × 45,0 м.

Опирается навес по оси 1 на три сквозные колонны и по оси 2 на четырнадцать опор, образующих пространственную конструкцию

Для отвода воды с крыши навеса над перекрестно-стержневой пространственной системой устроена система прогонов, по которым

уложен профилированный лист покрытия. Отметка конька покрытия 20,320 м.



Рис. 1. Общий вид навеса по оси 1
Fig. 1. General view along axis 1

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ НАВЕСА И ДЕФЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Конструктивная схема навеса – плоское сетчатое покрытие (структура), опирающаяся на пространственные конструкции стоек [1...4].

Пространственная неизменяемость сооружения обеспечивается многосвязностью перекрестно-стержневой пространственной системы МАРХИ, системой капителей и жестким сопряжением металлических опор с фундаментами по оси 1 [13, 14].

Исходя из назначения сооружения и согласно ГОСТ 27751-2014 табл. 4.1. – навес – временное сооружение и срок службы до 10 лет и относится к классу сооружений – КС-1 (пониженный), уровень ответственности – 3 (пониженный), коэффициент надежности по ответственности – $\gamma_p = 0,8$, что подтверждается ФЗ №384 от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [3].

Для выявления дефектов строительства и отклонений от проектных решений было проведено инструментальное обследование несущих конструкций навеса [6...9].



Рис. 2. Измерение толщины элементов стеновой панели по оси 2

Fig. 2. Measurement of thickness of wall panel elements along axis 2

В результате проведенного инструментального обследования строительных конструкций навеса было выявлено следующие дефекты строительства [11, 12]:

- Отклонения отдельно стоящих опор на фундаменте ростверке – до 38 мм, межосевое расстояние между опорами превышено на 79 мм от проектного;
- Расчетное значение сопротивления бетона фундаментов осевому сжатию соответствует классу бетона В22,5, а по проекту класс бетона принят В25;
- Отклонения элементов металлических опор

от вертикали зафиксированы в пределах от ± 25 мм до ± 125 мм;

- Отклонения опорных узловых элементов капителей структурной плиты от горизонтали зафиксированы в пределах 15...20 мм.

Для оценки влияния выявленных дефектов на прочность, деформативность и надежность навеса разработана пространственная компьютерная модель навеса, в которую были введены отклонения, выявленные при обследовании. Проверку металлических конструкций навеса на расчетные нагрузки с учетом 8-ми бальной сейсмике провели с использованием рекомендуемого для этих целей ПК ЛИРА САПР [5].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Для исследования поведения элементов навеса под нагрузкой была разработана пространственная компьютерная модель, составленная из стержневых конечных элементов.

В результате расчета по расчетным сочетаниям нагрузок (РСН) определены максимальные напряжения в конечных элементах водонапорной башни от комплекса нагрузок.

ПК ЛИРА САПР позволяет получить картину распределения усилий и напряжений в элементах пространственной структурной конструкции [5].

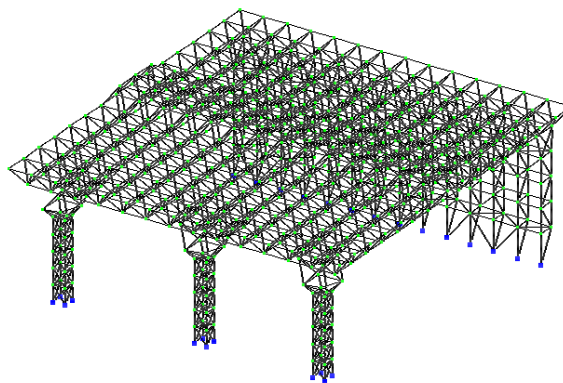


Рис.3. Расчетная схема навеса

Fig. 3. Design model

При создании перекрестно-стержневой пространственной компьютерной модели были применены конечные элементы приведенных ниже сечений.

Сквозная четырехгранная опора:

- пояса опоры – трубы $\varnothing 152$ мм;
- раскосы – трубы $\varnothing 133$ мм;
- распорки – трубы $\varnothing 51$ мм.

Стеновая стержневая панель:

- стойки панели – трубы $\varnothing 146$ мм;
- раскосы – трубы $\varnothing 127$ мм;
- распорки – трубы $\varnothing 57$ мм.

Капители над четырехгранными опорами двух типов:

- правильная пирамида – трубы \varnothing 89 мм, 102 мм, 114, мм и 127 мм (1-й тип);
- неправильная пирамида – трубы \varnothing 102 мм, 114, мм, 127 мм, 133 мм.

Перекрестно-стержневой система МАРХИ:

- кристаллы структуры – трубы \varnothing 51мм до трубы \varnothing 133 мм.

Вычисление напряжений в элементах по РСУ проводилось по алгоритму, при котором в качестве критерия для определения опасных сочетаний используются экстремальные значения напряжений в характерных точках сечений элементов.

В результате расчета на статические и динамические воздействия от внешних нагрузок получены:

- деформированные схемы навеса при различных загрузках;
- результаты проверки по 1-ому и 2-му предельным состояниям элементов навеса;
- результаты проверки напряжений и деформаций в элементах фундаментов.

Результаты расчета представлены в виде мозаик перемещений узлов и усилий в элементах структурной конструкции от действия внешних нагрузок и собственного веса элементов навеса.

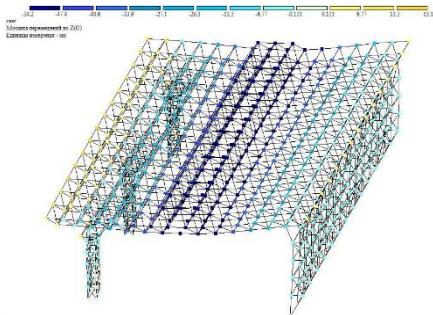


Рис.4. Деформированная схема модели навеса от снегового воздействия
Fig. 4. Deformed scheme of a canopy model from snow impact

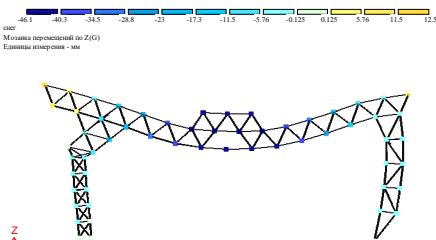


Рис.5. Деформированная схема фрагмента навеса от снегового воздействия
Fig. 5. Deformed diagram of a fragment of a canopy from snow exposure

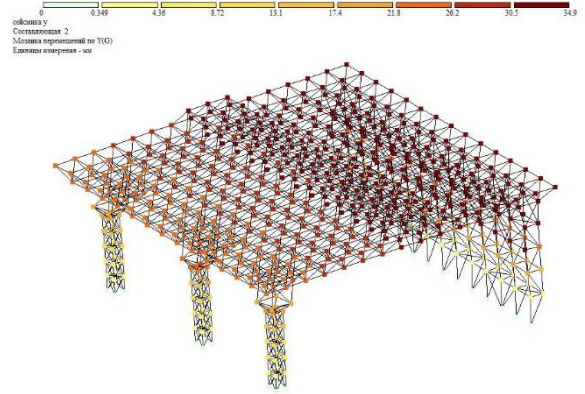


Рис. 6. Деформированная схема навеса от сейсмического воздействия
Fig. 6. Deformed canopy scheme from seismic impact

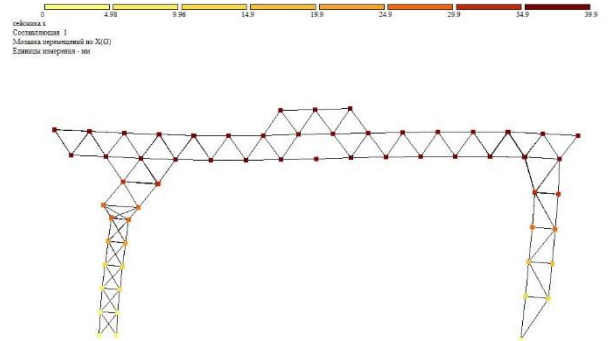


Рис. 7. Деформированная схема фрагмента навеса от сейсмического воздействия
Fig. 7. Deformed diagram of the canopy fragment from seismic impact

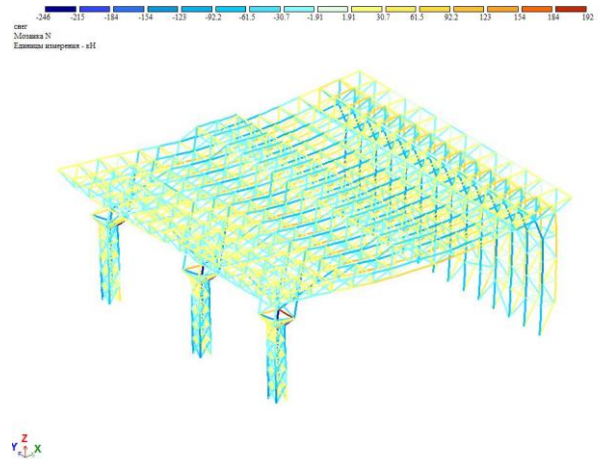


Рис. 8. Усилия в стержневых элементах навеса от снегового воздействия
Fig. 8. Forces in the core elements of the canopy from snow exposure

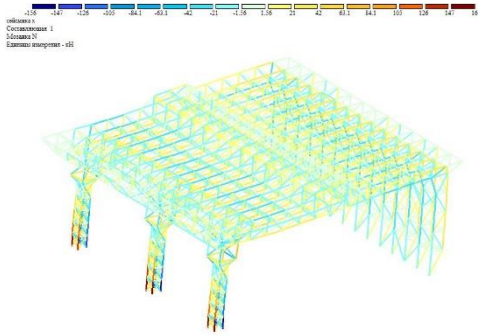


Рис. 9. Усилия в стержневых элементах навеса от сейсмического воздействия
Fig. 9. Forces in the core elements of the canopy from seismic impact

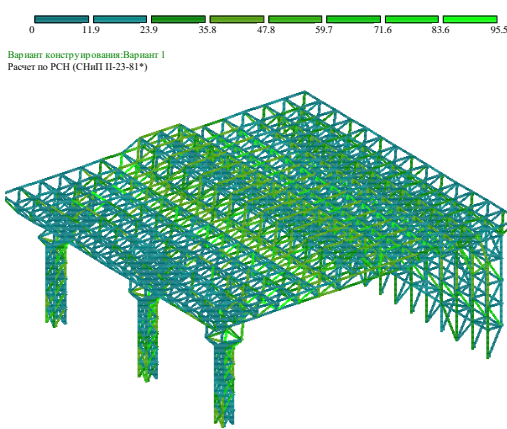


Рис. 10. Проверка элементов каркаса по 1-му предельному состоянию
Fig. 10. Checking the frame elements according to the 1st limit state

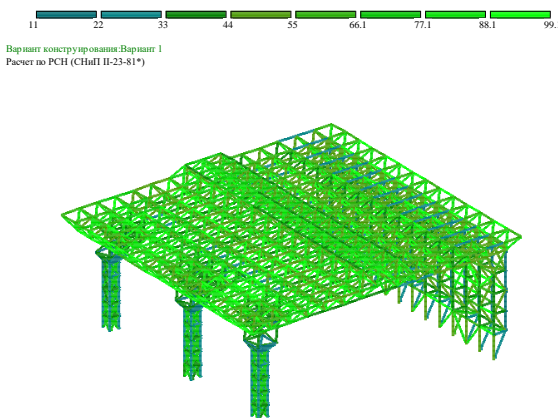


Рис. 11. Проверка элементов каркаса по 2-му предельному состоянию
Fig. 11. Checking the frame elements according to the 2nd limit state

Комбинации усилий в элементах 4-х гранных пространственных опор:

- поясах – +152,96/-128 кН;
- в распорках – +21,026/-66,1 кН;
- в раскосах – +25,90/-42,48 кН.

Результаты проверки с процентами исчерпания несущей способности наиболее напряженных элементов:

- пояс 4-х гранной опоры

Сечение	1.4.4.4 Труба 133 x 4				
Профиль	133 x 4; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	20; ГОСТ 3731-74*				
Сортомент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.YI	уст.отн.ZI	F1 мин.	уст.стенки	уст.полос
35.1	39.8	39.8	0.88	0.0	0.0
проценты использов.по НДС			сводные%использов.		шаг ребер/планок
гибс. отн.YI	гибс. отн.ZI	НДС	2НДС	местн.устойч.	планок
29.5	29.5	39.8	29.5	0.0	нет

- распорка 4-х гранной опоры

Сечение	1.6.6.6 Труба 57 x 3				
Профиль	57 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВСУЗен; ГОСТ 1075-80				
Сортомент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.YI	уст.отн.ZI	F1 мин.	уст.стенки	уст.полос
60.9	83.6	83.6	0.73	0.0	0.0
проценты использов.по НДС			сводные%использов.		шаг ребер/планок
гибс. отн.YI	гибс. отн.ZI	НДС	2НДС	местн.устойч.	планок
49.1	49.1	83.6	49.1	0.0	нет

- раскос 4-х гранной опоры

Сечение	1.5.5.5 Труба 60 x 3				
Профиль	60 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВСУЗен; ГОСТ 1075-80				
Сортомент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.YI	уст.отн.ZI	F1 мин.	уст.стенки	уст.полос
36.8	85.7	36.8	0.43	0.0	0.0
проценты использов.по НДС			сводные%использов.		шаг ребер/планок
гибс. отн.YI	гибс. отн.ZI	НДС	2НДС	местн.устойч.	планок
78.6	0.0	85.7	78.6	0.0	нет

Комбинации усилий в элементах капителей 4 х гранных опор

- в опорных раскосах – +68,63/-245,86 кН;
- в распорках – +22,60/-66,64 кН.

Результаты проверки с процентами исчерпания несущей способности наиболее напряженных элементов:

- в опорных раскосах

Сечение	1.4.4.4 Труба 133 x 4				
Профиль	133 x 4; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	20; ГОСТ 3731-74*				
Сортомент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.YI	уст.отн.ZI	F1 мин.	уст.стенки	уст.полос
67.4	72.9	72.9	0.92	0.0	0.0
проценты использов.по НДС			сводные%использов.		шаг ребер/планок
гибс. отн.YI	гибс. отн.ZI	НДС	2НДС	местн.устойч.	планок
24.1	24.1	72.9	24.1	0.0	нет

- в распорках

Сечение	1.6.6.6 Труба 57 x 3				
Профиль	57 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВСУЗен; ГОСТ 1075-80				
Сортомент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.YI	уст.отн.ZI	F1 мин.	уст.стенки	уст.полос
60.9	83.7	83.7	0.73	0.0	0.0
проценты использов.по НДС			сводные%использов.		шаг ребер/планок
гибс. отн.YI	гибс. отн.ZI	НДС	2НДС	местн.устойч.	планок
49.1	49.1	83.7	49.1	0.0	нет

Комбинации усилий в элементах структурного покрытия:

- верхнего пояса – +9,02/-23,12 кН;
- нижнего пояса – +8,40/-20,75 кН;
- опорных раскосах – +20,60/-61,94 кН.

Результаты проверки с процентами исчерпания несущей способности наиболее напряженных элементов:

- верхнего пояса

Сечение	1.1.1.1 Труба 63.5 x 3				
Профиль	63.5 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВС3сп; ГОСТ 1075-80				
Сортмент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.Y1	уст.отн.Z1	F1 мин.	уст.стенки	уст.пазлов
14.5	54.1	54.1	0.35	0.0	0.0
проценты использо.по НДС					шир ребер/плавик
гиб. отн.Y1	гиб. отн.Z1	ИНС	2НС	местн.устойч.	плавик
94.9	94.9	54.1	94.9	0.0	нет

● НИЖНЕГО ПОЯСА

Сечение	1.2.2.2 Труба 63.5 x 3				
Профиль	63.5 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВС3сп; ГОСТ 1075-80				
Сортмент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.Y1	уст.отн.Z1	F1 мин.	уст.стенки	уст.пазлов
16.9	48.4	48.4	0.35	0.0	0.0
проценты использо.по НДС					шир ребер/плавик
гиб. отн.Y1	гиб. отн.Z1	ИНС	2НС	местн.устойч.	плавик
93.4	93.4	48.4	93.4	0.0	нет

● опорных раскосах

Сечение	1.3.3.3 Труба 73 x 3				
Профиль	73 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВС3сп; ГОСТ 1075-80				
Сортмент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.Y1	уст.отн.Z1	F1 мин.	уст.стенки	уст.пазлов
43.7	97.3	97.3	0.45	0.0	0.0
проценты использо.по НДС					шир ребер/плавик
гиб. отн.Y1	гиб. отн.Z1	ИНС	2НС	местн.устойч.	плавик
99.6	99.6	97.3	99.6	0.0	нет

Приведенные результаты расчетов показывают, что наиболее напряженные элементы по верхнему и нижнему поясам структуры располагаются в местах опирания структуры на четырехгранные опоры, что объясняется горизонтальными воздействиями на структурное покрытие.

Принятые по проекту сечения элементов структурной плиты, основных колон, капителей и стеновой панели удовлетворяют требованиям 1-ого предельного состояния (требованиям прочности и устойчивости), и требованиям 2-ого предельного состояния (предельной гибкости).

ВЫВОДЫ

На основании результатов расчета и данных обследования технического состояния строительных конструкций навеса над памятником истории и культуры федерального значения: Ханский дворец (XVI -XIX века) в г. Бахчисарай, сделаны следующие выводы:

1. Конструктивные решения несущих конструкций навеса в виде перекрестно-стержневой пространственной системы типа МАРХИ над памятником истории и культуры федерального значения «Ханский дворец в г. Бахчисарай», принятые в проекте, обоснованы основными расчетами проектной организации и подтверждены поверочными расчетами, проведенными специалистами АСиА КФУ им В.И. Вернадского. Все отклонения от проекта не оказывают существенного влияния на несущую способность элементов навеса.

2. Проведенные в ходе обследования проверочные расчеты адекватной пространственной модели навеса показали следующее:

● прочность, устойчивость металлических элементов навеса обеспечены в зависимости от его назначения в пространственной системе (требования 1-ого и 2-ого предельных состояний и местной устойчивости) и удовлетворяют требованиям действующих строительных норм;

● жесткость сооружения в целом (требования 2-ого предельного состояния) удовлетворяет требованиям действующих строительных норм.

3. При обследовании несущих элементов навеса выявлено отсутствие следующих документов по строительству:

● паспорта предприятия на конструкции заводского изготовления.

4. По результатам обследования и проверочного расчета пространственной модели для несущих элементов навеса принято следующее:

● техническое состояние в целом оценено как работоспособное с учётом выявленных несоответствий и внесённых конструктивных изменений;

● техническое состояние фундаментов, металлических четырехгранных металлических опор, капителей, стеновой металлической опоры и металлической перекрестно-стержневой пространственной системы типа МАРХИ в целом оцпеневаается как работоспособное с учётом выявленных несоответствий и внесённых конструктивных изменений;

5. Навес (металлоконструкции пространственной стержневой конструкции типа МАРХИ и фундамент) над объектом культурного наследия «Ханский дворец» по адресу: Республика Крым, г. Бахчисарай, ул. Речная, д. 133., Главный корпус» пригоден для эксплуатации в данной природно-климатической зоне в условиях 8-ми бальной сейсмичности готов и может быть введен в эксплуатацию как временное сооружение со сроком службы до 10 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлические конструкции. Конструкции зданий. Т.2 / ред. В.В. Горев. М.: изд. Высшая школа. 1999 г. 385 с.
2. Лихтарников Я.М., Ладыженский Д.В., Клыков В.М. Расчет стальных конструкций. К.: Будівельник, 1984. 368 с.
3. Металлические конструкции. В 3 т. Т.3. Стальные сооружения / ред. В.В. Кузнецов. М.: изд. АСВ, 1999. 528 с.
4. Казакевич М.И. Актуальные заметки по аэродинамике зданий и сооружений. Дн-ск: Акцент, 2011.184 с.
5. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. К.: Факт, 2005. 344 с.
6. Современные методы обследования зданий/ Н.Г. Смоленская, А.Г. Ройтман, В.Д. Кириллов и др. Изд. 2-е испр. и доп. – М.: Стройиздат, 1979.
7. Агафонкин В.С., Моисеев М.В., Исаева Л.А., Дымолазов М.А. Усиление структурных конструкций с узловым решением "МЕРО-МАРХИ" // Известия Казанского ГАСУ. 2011. № 2 (16). С. 76-80.
8. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1984. – 304 с.

9. Сtrygin С.В., Чичанина Е.В. Разработка перекрестно-стержневых пространственных конструкций для инженерного проектирования // Тенденции развития агропром. комплекса глазами молодых ученых: сб. науч. тр. Рязань, ГАТУ имени П.А. Костычева». 2018. С. 238-242.

10. Мартынов В.А., Репин В.А. Проектирование пространственно-стержневых перекрестных конструкций. // VIII междунар. научно-практическая конференция. В 5-ти частях. «Инновации в науке и практике»: Сб. научн. стат. Воронеж, 2018 С. 224-230.

11. Алексенко Е.В., Дворяшина М.С. Пространственные стержневые системы как конструктивный инструмент архитектурной формы // Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки; сб. науч. тр. Уфа, 2020. С. 391-397.

12. Трянин Н.В., Зуева И.И. Влияние осадки опор на напряженно-деформированное состояние структурных блоков типа "Москва" // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2020. Т. 1. С. 76-83.

13. Трущев, А.Г. Пространственные металлические конструкции / А.Г. Трущев. – М.: Стройиздат, 1983. – 215 с.

14. Клячин А. З. Пространственные стержневые металлические конструкции регулярной структуры / А.З. Клячин - Екатеринбург: Диамант, 1995. – 276 с.

REFERENCES

1. Metal structures. Building structures. Т. 2 / ed. V.V. Gorev. М.: ed. High school. 1999.385 p.

2. Likhtarnikov Ya.M., Ladyzhensky DV, Klykov V.M. Calculation of steel structures. К.: Budivel'nik, 1984.368 p.

3. Metal structures. In 3 volumes.Vol. 3. Steel structures / ed. V.V. Kuznetsov. М.: ed. ASV, 1999.528 p.

4. Kazakevich M.I. Actual notes on the aerodynamics of buildings and structures. Dn-sk: Accent, 2011, 184 p.

5. Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. Computer models of structures. К.: Fact, 2005.344 p.

6. Modern methods of inspection of buildings / N.G. Smolenskaya, A.G. Roitman, V.D. Kirillov and others-Ed. 2nd rev. and add. – М.: Stroyizdat, 1979.

7. Agafonkin V.S., Moiseev M.V., Isaeva L.A., Dymolozov M.A. Strengthening structural structures with a nodal solution "MERO-MARCHI" // Izvestiya Kazan GASU. 2011. No. 2 (16). Pp. 76-80.

8. Recommendations for the design of structural structures / TsNIISK them. Kucherenko. – М.: Stroyizdat, 1984. – 304 p.

9. Strygin S.V., Chichanina E.V. Development of cross-bar spatial structures for engineering design // Trends in the development of agroindustry. complex through the eyes of young scientists: Sat. scientific. tr. Ryazan, GATU named after P.A. Kostychev ". 2018. Pp. 238-242.

10. Martynov V.A., Repin V.A. Design of spatially bar cross structures. // VIII Int. scientific and practical conference. In 5 parts. "Innovations in Science and Practice": Sat. scientific. stat. Voronezh, 2018 S. 224-230.

11. Aleksenko E.V., Dvoryashina M.S. Spatial core systems as a constructive tool of architectural form // Fundamental and applied aspects of the development of modern science; Sat. scientific. tr. Ufa, 2020. Pp. 391-397.

12. Tryanin N.V., Zueva I.I. Influence of settlement of supports on the stress-strain state of structural blocks of the "Moscow" type // Modern technologies in construction. Theory and practice. 2020.Vol. 1. P. 76-83.

13. Trushev, A. G. Spatial metal structures / A. G. Trushev. - М.: Stroyizdat, 1983.- 215 p.

14. Klyachin A.Z. Spatial rod metal structures of regular structure / A.Z. Klyachin – Yekaterinburg: Diamant, 1995. – 276 p.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF CONSTRUCTION DEFECTS ON THE STRESS-STRAIN STATE OF STRUCTURAL COATING ELEMENTS OVER THE KHAN'S PALACE

Sintsov A.V., Danchenko N.V., Sintsov V.P., Mitrofanov S.V.

Academy of Construction and Architecture, V.I. Vernadsky Crimean Federal University,
Simferopol, Kievskaya str., 181, e-mail: sin59@bk.ru

Annotation. After the transition of Crimea to the Russian Federation, much attention was paid to the restoration of historical and artistic monuments located in the Republic of Crimea. To eliminate atmospheric influences on the restored building of the main building of the Bakhchisarai Khan's Palace, a canopy was erected, the structure of which is made of metal pipes.

Subject of research: During the construction of the canopy, deviations and individual defects were made in the structural elements of the structural coating, so there was a need to conduct a survey of the structure. In this regard, it became necessary to check the stress-strain state (VAT) of the canopy structural elements for design loads, taking into account 8-point seismicity and the detected deviations and defects.

Materials and methods: The LIRA CAD PC, based on the application of the finite element method, allows us to obtain a picture of the stress distribution in the elements of the structural canopy plate. To study the behavior of structural plate elements under load, a spatial computer model composed of rod finite elements and shell elements has been developed.

Results: As a result of the calculation for static and dynamic effects from external loads, deformed schemes of the cross - rod spatial system of the structural coating were obtained, the strength and stability of the structural system elements under the action of seismic loads were checked. The calculation results are presented in the form of mosaics of movements of the structure nodes and forces in the structure elements.

Conclusions: The research results have shown that the strength, stability of the metal elements of the canopy and the rigidity of the structure as a whole are provided (the requirements of the 1st and 2nd limit states and local stability) and meet the requirements of the current building codes. The technical condition of the foundations, metal tetrahedral metal supports, capitals, wall metal supports and a metal cross-rod spatial system of the MARKHI type as a whole is petrified as workable, taking into account the identified inconsistencies and the structural changes made. The canopy is suitable for operation in this natural and climatic zone in conditions of 8-point seismicity and is ready and can be put into operation as a temporary structure with a service life of up to 10 years.

Key words: spatial rod structure, MARCHI type structure, finite element, strength, stability, local stability.

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ БЕТОННОГО КОМПОЗИТА, АРМИРОВАННОГО СУХОЙ РАСТИТЕЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ

Мусорина Т.А., Петриченко М.Р., Заборова Д.Д., Гамаюнова О.С., Куколев М.И.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ); Россия, 195251,
г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Аннотация. В статье проведен анализ существующих данных по применению органических добавок в бетон в целях улучшения его теплотехнических характеристик. Выявлены наиболее перспективные виды добавок для армирования, проведена серия экспериментальных исследований и получены данные по прочностным и теплотехническим характеристикам полученных бетонов. Даны развернутые выводы и рекомендации по применению полученных результатов.

Предмет исследования: использование растительных добавок позволяет улучшить теплотехнические и механические свойства бетонных композитов. Древесные добавки являются наиболее популярными и экологически безопасными, используются в виде щепы, стружки и золы. В статье предлагается в качестве добавки в бетон использовать сухую щепу борщевика длиной 25 мм и 50 мм. Для сравнения были созданы образцы из полипропиленовых волокон и контрольный образец (без добавки). Целью работы является изучение теплотехнических и механических свойств нового бетонного композита.

Материалы и методы: каждая серия бетонного композита состоит из трех образцов. С помощью испытаний на трехточечный изгиб на установке Instron 5965 (США) была определена максимальная нагрузка и нормальное напряжение. На установке ПИТ 2.1 при стационарном тепловом режиме была определена теплопроводность нового бетонного композита.

Результаты: полученные результаты выявили определенный прирост нормального напряжения на 29% образца с добавкой длиной 50 мм. Теплопроводность нового бетонного композита на 43% меньше, чем теплопроводность обычного бетона, следовательно, увеличение термического сопротивления. Данная добавка не только улучшает механические и теплотехнические свойства материала, а также делает его легче, что существенно снижает нагрузку от ограждающих и несущих конструкций.

Выводы: предложенная растительная добавка улучшает не только свойства бетона, но и сокращает количества сорняка. Данную добавку необходимо испытать в мокром виде, чтобы избежать образование осадка на поверхности борщевика и проверить механические и теплотехнические свойства.

Ключевые слова: добавка в бетон, борщевик, теплопроводность, термическое сопротивление, нормальное напряжение, прочность на изгиб.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

ВВЕДЕНИЕ

Потери тепла происходят через оболочку здания – ограждающие конструкции (стены, кровля и др.). При выборе материала для конструкции существует множество критериев отбора, в т.ч. технических и санитарно-гигиенических.

Целью работы является создание бетонного композита, армированного сухой растительной добавкой, обладающий повышенным термическим сопротивлением и прочностью на изгиб.

Задачи:

1. Создание бетонных композитов, армированных различными добавками
2. Определение механических свойств бетонного композита, армированного различными добавками: поперечный изгиб
3. Определение теплотехнических свойств нового бетона и обычного бетона: теплопроводность и термическое сопротивление
4. Сравнение нового бетонного композита с обычным бетоном.

Бетон является основным материалом в строительстве и с каждым годом его состав совершенствуется за счет различных добавок, влияющих на его тепловые и механические свойства. В Европе бетон с древесным наполнителем используется с 30-х годов прошлого столетия [1,2]. На сегодняшний день предложено множество вариантов и способов использования древесины и древесных отходов [3-5].

В России с 60-х годов прошлого столетия мягкие отходы в небольших количествах используются в гидролизном производстве для изготовления арболита (деревобетон) и опилкобетона (конструкционно-теплоизоляционный бетон). В опилкобетоне опилки и песок используются в качестве заполнителя, а цемент и известь как вяжущее наполнение. В арболите цемент занимает в среднем 10-22% по весу, а в опилкобетоне – до половины. Это не влияет на прочность, но заметно снижает теплозащитные свойства. Смеси можно использовать для изготовления штучных блоков различных размеров для последующего возведения стен построек, а также для непосредственной укладки в опалубку при возведении монолитных

стен. Деревобетон не может впитывать воду физически, потому что он не имеет пор, так как место пор занимает древесный наполнитель. Дерево в большинстве вариантов хорошо пропитано известью, к тому же плотно схвачено цементом, поэтому вода внутрь материала проникать не может. Существуют гипсоопилочный бетон, применяемые для устройства стен в жилых, общественных и производственных зданиях (одноэтажные здания III и IV степени долговечности) с относительной влажностью воздуха не более 60%. Термопорит – это плиты плотностью от 700 до 1300 кг/м³, различных форматов применяются в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала в каркасном строительстве. Смеси заливаются в металлические или металлодеревянные формы и выдерживаются в течение 1-2 суток при $t = 15^{\circ}\text{C}$ и выше. При приготовлении смеси древесные опилки должны быть просеяны через сито с ячейками 10-20 и 5 мм. Остаток на сите 5 мм - основная масса для смеси, к ней допускается добавлять до 30% остатка на сите 10 мм. Расход воды такой же, как при приготовлении опилкобетона. Плиты термопорита используются для закладки проемов каркасных стен с учетом толщины теплоизоляции, аналогично опилкобетону. Термиз – это теплоизоляционный материал на основе гашеной извести, опилок, цемента, суглинка. Применяется в строительстве в виде плит или монолита для утепления стен и кровли [6,7].

Тепловая защита здания, следовательно, и его энергетическая эффективность во многом зависят от теплотехнической однородности ограждений [8]. Теплотехнические расчеты показывают, что заменяя тяжелый бетон в несущих конструкциях зданий на низкотеплопроводный легкий, можно существенно выиграть в теплотехнической однородности ограждения и, следовательно, либо в сокращении расчетной толщины наружной стены на 10–20%, либо при сохранении толщины – в снижении энергозатрат на отопление здания, а именно в повышении его энергоэффективности [9].

Еще одним главным преимуществом древесных наполнителей, добавляемых к цементным материалам, является то, что они недороги, доступны в больших количествах, экологически чисты и просты в обработке.

Древесные добавки представлены в следующей форме: щепа, опилки, стружки, древесная пыль, зола, которые показали положительные влияния на прочностные свойства бетона. В дополнении к низкой плотности древесина обладает высокой прочностью. Уникальными являются физико-химические показатели древесины: низкая тепло- и звукопроводность, коррозионная стойкость в

агрессивных средах, способность гасить вибрации, лёгкая обрабатываемость и формообразование.

В связи с этим для России и стран ЕС и СНГ стоит рассмотреть в качестве растительной добавки к бетону борщевик, который занимает большие территории и считается большой проблемой.

Борщевик Сосновского (БС) (*Heracleum sosnowskyi Manden.*) – крупное травянистое растение семейства зонтичных (Ariaceae). В середине 20-го века широко внедрялся на полях европейской части СССР и Восточной Европы как кормовая культура. Все части растения содержат фурукумарины – вещества, которые при попадании на кожу резко повышают ее чувствительность к ультрафиолетовому свету [10]. В сухом виде оно безопасно (не выделяет никаких вредных веществ) и, учитывая строение стебля, представляет интерес в качестве дешевой добавки. Для этого проведем исследования использования борщевика в строительстве в качестве добавки к бетону

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данном разделе описываются процесс организации эксперимента, примененные методики, использованная аппаратура; даются подробные сведения об объекте исследования; указывается последовательность выполнения исследования и обосновывается выбор используемых методов (наблюдение, тестирование, эксперимент, лабораторный опыт, анализ, моделирование, изучение и обобщение и т.д.).

Определение механических и теплотехнических свойств бетона, армированного различными добавками. На основе физического эксперимента рассматривается определение максимальной нагрузки на образцы с различными добавками; определение прочности на изгиб образцов; определение коэффициента теплопроводности материалов.

В данной работе были исследованы четыре типа образцов: контрольный образец без армирования; образец с наполнителем в виде короткого полипропиленового (ПП) волокна и два типа образцов, наполненных щепой борщевика Сосновского различной длины. Короткая ПП фибра была специально выбрана для сравнительного анализа, так как такой вид наполнителя наиболее часто на сегодняшний день используется для изготовления фибробетонов. Характеристики образцов представлены в таблице 1, на рисунке 1 показаны армирующие наполнители.

Таблица 1. Характеристики образцов
Table 1. Characteristics of samples

№	Армирование	Аббревиатура	Продольный размер, мм
1	Без армирования	без армир.	-
2	Короткое ПП волокно	ПП волокно	54
3	борщевик Сосновского	Б-1	50
4	борщевик Сосновского	Б-2	25

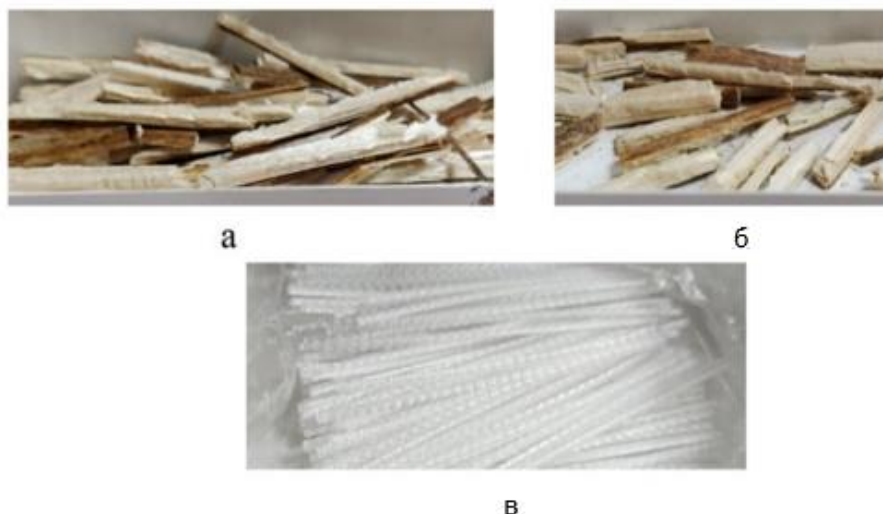


Рис. 1. Виды добавок: крупная добавка 50мм (а), средняя добавка 25мм (б), ПП волокно 54 мм (в)
Fig. 1. Types of additives: large additive 50mm (a), medium additive 25mm (b), P fiber 54 mm (c)

Для изготовления опытных образцов бетона использовалась цементная смесь (предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток не менее 30 МПа) М300 Петролит Профи, заполнитель – мелкозернистый песок с максимальной фракцией 2,5 мм. Соотношение цемента и песка 1:2. Состав смеси бетона приведен в таблице 2. Объемная доля волокна в изготовленных образцах составляла

приблизительно 2%. Для изготовления образцов была использована форма прямоугольного сечения с размерами 77 × 200 × 20 мм. Для испытаний каждого из типов бетона была изготовлена серия из не менее чем 3 образцов. Испытуемые образцы хранились перед механическими испытаниями в течение 28 суток при температуре 20°С и относительной влажности 95%.

Таблица 2. Состав бетона
Table 2. Composition of concrete

Цемент, г	Песок (2,5 мм), г	Пластификатор, г	Вода, мл
500	1000	10	285

Подготовленные образцы были испытаны на поперечный (трехточечный) изгиб (рисунок 2). Испытания проводились на универсальной испытательной установке Instron 5965 (США). Расстояние между крайними опорами составляло 150 мм.



Рис.2. Испытание образца на трехточечный изгиб
Fig. 2. Three-point bending test of the sample

По результатам испытаний была определена величина предела прочности при изгибе как отношение максимального изгибающего момента

при разрушении образца к осевому моменту сопротивления сечения при изгибе:

$$\sigma = \frac{M_{изг}^{max}}{W_z}, \quad (1)$$

где $M_{изг}^{max}$ – максимальный изгибающий момент, кН·м;

W_z – осевой момент сопротивления, м³ [11, 12].

Одна из главных задач строительства – обеспечить сохранность тепла в помещении [13,14]. Необходимо определить коэффициент теплопроводности нового материала на основе растительной добавки (сухой борщевик) и сравнить полученное значение с обычном бетоном. На определение коэффициента влияют два фактора: заполнитель, влияющий на плотность материала и температура окружающей среды [15,16].

Теплопроводность – свойство материала проводить тепловой поток через свою толщу от одной поверхности к другой. Это свойство имеет важное значение для строительных материалов, применяемых при устройстве ограждающих конструкций (стен, перекрытий, покрытий) и материалов, предназначенных для теплоизоляции.

Теплопроводность пористых материалов ниже, чем плотных. Чем он больше, тем хуже теплоизоляционная способность материала. Плотные стройматериалы, материалы с крупными порами и с закрытыми порами лучше передают тепло, поэтому для целей теплоизоляции стараются применять мелкопористые материалы и материалы с открытыми порами [17].

Показания теплопроводности снимались с устройства ПИТ 2.1 при стационарном тепловом режиме [18]. Предел допускаемой относительной погрешности 3%. Метод оценки - по технологическим характеристикам материалов,

определяющиеся по ГОСТ 7076 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме» [19].

Для опытов был создан образец с параметрами $25 \times 25 \times 3$ см, вес образца – 3,289 кг, состав смеси был такой же как для образца Б-1 (50 мм). Далее образец помещался между пластинами прибора (рисунок 3). Результаты определения коэффициента теплопроводности представлены графически: по у откладывается величина коэффициента теплопроводности, [Вт/(м·К)], по х время эксперимента, с шагом 10 мин.



Рис.3. Прибор для измерения коэффициента теплопроводности образца
Fig. 3. Device for measuring the thermal conductivity coefficient of a sample

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Прочность при изгибе. Результаты проведенных измерений показали, что использованные наполнители для получения бетонных композитов, оказывают существенное влияние на механические свойства при изгибе. На рисунке 4 представлены зависимости стрелы прогиба от напряжения при поперечном изгибе образцов. Характер поведения до разрушения у всех исследуемых образцов примерно одинаковый.

Деформирование при изгибе сопровождается резким увеличением нагрузки с последующим разрушением после достижения пиковой нагрузки. Определенное различие имеется как в характеристики прочности, так и характеристики пластичности. По максимальной нагрузке при разрушении можно судить, что образец Б-1 обладает самым высоким значением. Для остальных трех образцов это разница менее заметна. Армирующий компонент привносит существенное увеличение модуля упругости образца.

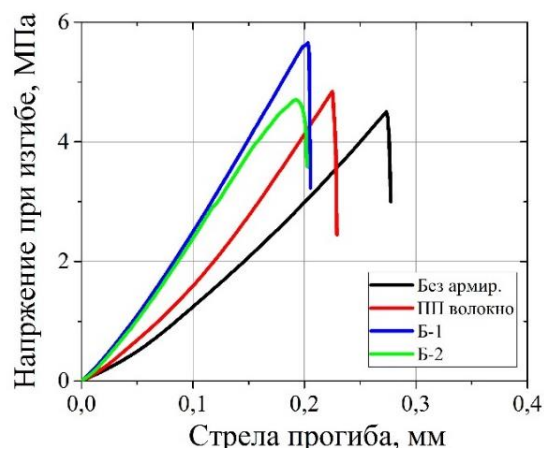


Рис.4. Диаграммы зависимости прогиба от изгибного напряжения исследуемых образцов
Fig. 4. Diagrams of the dependence of the deflection on the bending stress of the studied samples

Для проведения сравнительного анализа испытанных образцов была выбрана характеристика прочности при изгибе. Прочность при изгибе исходного образца составляет 4,54 МПа, что является минимальной среди всех полученных результатов. Максимальной прочностью обладает образец Б-1 составляет 5,61 МПа, армированный щепой борщевика длиной в 50 мм. Результаты испытаний по всем образцам приведены в таблице 3.

Таблица 3. Значения прочности при изгибе
Table 3. Bending strength values

	образец	σ , МПа
1	Б1	5,610
2	Б2	4,365
3	ПП	4,791
4	К	4,545

Эффективность армирования. Для того чтобы выяснить эффективность армирования был рассчитан прирост по прочности в процентах относительно контрольного (неармированного образца) для всех исследуемых образцов. На рисунке 5 представлено процентное отношение эффективности армирования. Из полученных результатов видно, что максимальный прирост в 25% наблюдается у образца Б-1. Это связано с тем, что добавка сама по себе имеет большую размерность и при контакте с водой впитала

определенный процент влаги из смеси. У других двух образцов прирост составляет не более 5-7%.

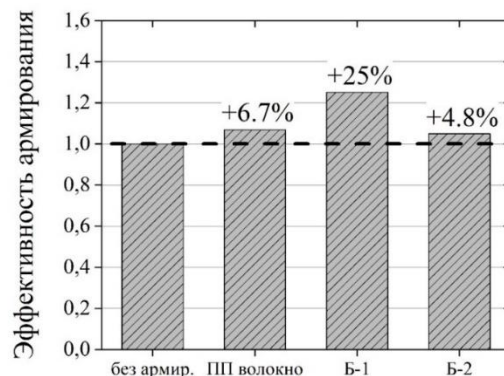


Рис.5. Процент эффективности армирования
Fig. 5. Reinforcement efficiency

Определение коэффициента теплопроводности нового материала с борщевиком. Для определения среднего коэффициента теплопроводности необходимо провести три испытания, которые представлены на рисунках 6 и 7.

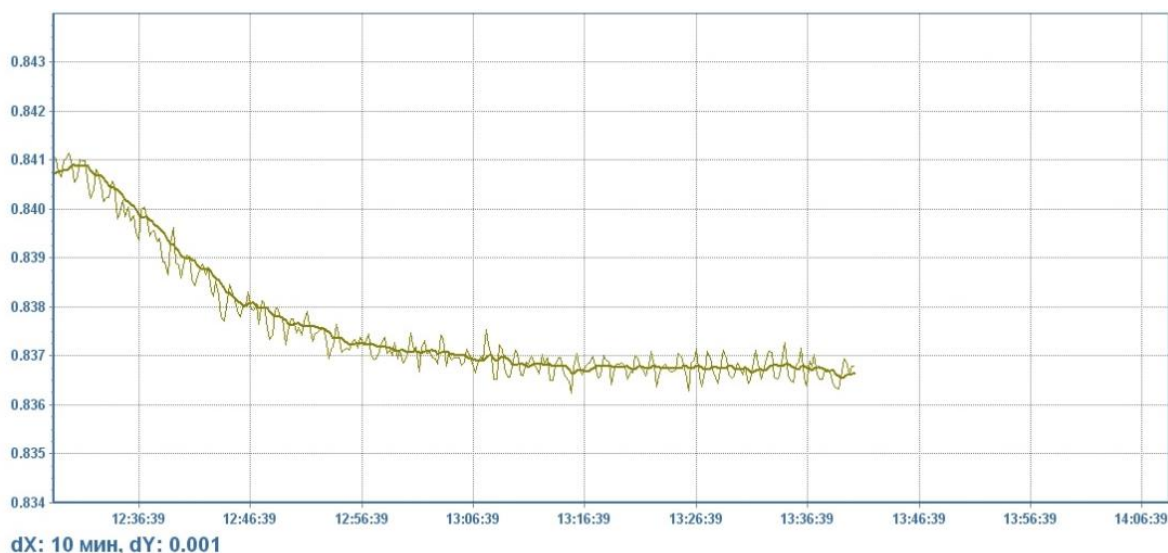


Рис.6. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности
Fig. 6. Experimental determination of the thermal conductivity coefficient

Среднее значение коэффициента теплопроводности:

$$\lambda = \frac{0,834 + 0,858 + 0,881}{3} = 0,8576 \frac{Вт}{м \cdot К} \quad (1)$$

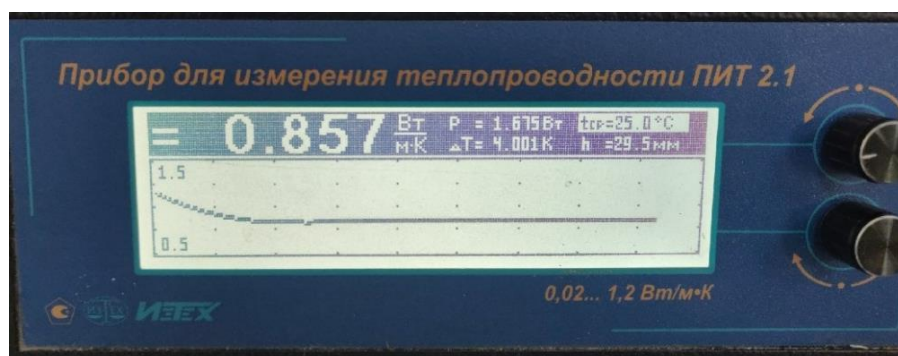


Рис.7. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности. Показания прибора
 Fig. 7. Experimental determination of the thermal conductivity coefficient. Device readings

Теплопроводность обычного бетона в районе 1,5 Вт/(м·К). Это в 1,75 раз больше, чем у бетона с добавкой борщевика. Данный материал не только механически устойчив, но и имеет лучше теплотехнические свойства.

На основе проведенного эксперимента был проведен сравнительный анализ теплофизических свойств двух материалов: чем выше прочностные характеристики материала (минимальное количество пор), тем выше его тепловые свойства. Это связано с тем, что обычный бетон имеет пористость, в то время как поры высокопрочного бетона заполнены пластификатором и шлаком (добавкой).

Проведенные в работе экспериментальные исследования показали, что тип армирующего заполнителя оказывает влияние на изгибные свойства бетонных композитов. Были разработаны четыре типа образцов, в том числе неармированный образец; бетонный композит, армированный короткими волокнами ПП длиной 54 мм; два типа бетонных композитов, армированных растительными добавками: крупная добавка борщевика длиной 50 мм и средняя добавка борщевика длиной 25 мм.

Необходимость учета теплотехнических характеристик, влияет на комфортный микроклимат помещения [20,21]. В качестве сравнения теплотехнические свойства аналогичных материалов можно сделать вывод: при большем объеме процента добавки увеличиваются теплотехнические свойства, но значительно уменьшаются механические свойства.

Исследования в этой статье отличаются от других тем, что ранее сухой борщевик не использовался в бетонных композитах в качестве древесных и растительных добавок. Но в то же время этот материал также обладает повышенными механическими свойствами. В работе [22] прочность на изгиб исследуемого бетона WWA составляла от 3,65 до 5,57 МПа, с самыми низкими значениями, полученными при уровне добавки 30%

золе. Сравнивая результаты с другими работами, можно отметить следующее: разработанные образцы композитов по структуре аналогичны представленным в [23-25]; их главное отличие - дешевизна и доступность наполнителя. Также следует отметить, что аналогичные прочностные показатели разработанных композитов получены разными авторами в [26-28]. Наибольшее значение прочности на изгиб 5,6 МПа было получено в случае образца Б-1 длиной борщевика 50 мм [29].

Разработанные образцы бетонных композитов были испытаны на поперечный изгиб в возрасте 28 суток. Результаты показали, что наибольшим пределом прочности обладает образец борщевика длиной 50 мм. В случае остальных образцов не удалось достичь какого-либо статистически значимого эффекта армирования. Теплопроводность нового бетонного композита в 1,75 раз меньше, чем у обычного бетона. При этом можно будет экономить на толщине утеплителя, чтобы добиться требуемого значения сопротивления многослойного стенового ограждения. Данный материал не только обладает аналогичными механическими свойствами, но и имеет лучше теплотехнические свойства. Новый бетонный композит обладает меньшей массой, что позволяет уменьшить нагрузку от несущих стен.

ВЫВОДЫ

Из проведенных опытов были получены следующие механические и теплотехнические свойств бетонов, представленные в таблице 4.

Основным недостатком на данный момент исследования является образование осадка на сухой добавке, который отрицательно может влиять на механические свойства (спецплемость бетонного композита и добавки). Но как показали результаты исследования, несмотря на образование осадка, механические свойства повышаются.

Таблица 4. Механические и теплотехнические свойства бетонов
Table 3. Mechanical and thermal properties of concrete

Свойство	Ед. изм.	Значения обычного бетона	Значения нового материала	Разница
Теплопроводность	Вт/(м·К)	1,5	0,858	-43%
Плотность	Кг/м ³	2400	1754	-27%
Температуропроводность	10 ⁻⁶ м ² /с	0,833	0,792	-5%
термическое сопротивление для 0,25 м	[м ² ·К/Вт]	0,167	0,291	+74%
Прочность при изгибе	МПа	3,873	4,821	+24%
Нормальное напряжение	МПа	4,5	5,6	29%

В дальнейшем планируется данную добавку Б-1 (длина 50 мм) добавлять в бетонный композит в мокром виде и изучить другие механические и теплотехнические свойства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cherkashin A., Begich Y., Sherstobitova P., Semencha A., Doroshin I. Heat-resistant properties of construction composites based on nanocarbon cement (ncmc) // E3S Web of Conferences. 2018 Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics, TPACEE 2018. 2019. pp. 02029. DOI: 10.1051 / e3sconf / 20199102029
2. Ramagea M. H., Burrige H. The wood from the trees: The use of timber in construction // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. 68. Pp. 333-359. DOI: 10.17863/CAM.10386
3. Sabbaghian, M., & Kheyroddin, A. Flexural strengthening of RC one way slabs with high-performance fiber-reinforced cementitious composite laminates using steel and GFRP bar // Engineering Structures. 2020. 221. Pp. 111106. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111106
4. Thandavamoorthy, T. S. Wood waste as coarse aggregate in the production of concrete // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2015. 20(2). Pp. 125–141. DOI: 10.1080/19648189.2015.1016631
5. Morales-Conde M. J., Rubio-de-Hita P., Pérez-Gálvez, F. Composite Mortars Produced with Wood Waste from Demolition: Assessment of New Compounds with Enhanced Thermal Properties // Journal of Materials in Civil Engineering. 2018. 30(2). Pp. 04017273. DOI: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002148
6. Сафин Р.Г., Степанов В.В., Хайруллина Э.Р., Гайнуллина А.А., Степанова Т.О. Современные строительные композиционные материалы на основе древесных отходов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №20. С. 123-128
7. Колосова А.С., Пикалов Е.С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на основе древесного сырья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 3. С. 66-77
8. Мусорина Т.А., Гамаюнова О.С., Петриченко М.Р. Обоснование конструктивных мероприятий по увеличению энергоэффективности стеновых ограждений // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 11 (110). С. 1269-1277. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.11.1269-1277
9. Матросов Ю.А., Ярмаковский В.Н. Энергетическая эффективность зданий при комплексном использовании модифицированных легких бетонов // Строительные материалы. 2006. № 1. С. 19-21
10. Озерова Н.А., Кривошеина М.Г. Особенности формирования вторичных ареалов борщевиков Сосновского и Мантегацци (*Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*) на территории России // Российский журнал биологических инвазий. 2018. № 1. С. 78–87. DOI: 10.1134/S2075111718020091
11. Волкова, А.А. Пайков А.В., Столяров О.Н., Семенов С.Г., Мельников Б.Е. Структура и свойства текстильно-армированного бетона // Инженерно-строительный журнал. 2015. №7. С. 50–56. DOI: 10.5862 / MCE.59.5
12. Кирсанов А.И., Столяров О.Н. Механические свойства синтетических волокон для армирования бетона // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 4(80). С. 15–23. DOI: 10.18720/MCE.80.2
13. Ватин Н.И., Петриченко М.Р., Корниенко С.В., Горшков А.С., Немова Д.В. Воздушный режим трехслойной стеновой конструкции // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 6 (45). С. 102-114. DOI: 10.18720/CUBS.45.6
14. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Assessment of enclosing structure unsteady-state moisture behavior using moisture potential theory // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 918. pp. 012113. DOI: 10.1051 / mateconf / 201819303053
15. Zubarev K.P. Gagarin, V.G. Determining the coefficient of mineral wool vapor permeability in vertical position // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. 1259. Pp. 593-600. DOI: 10.1007 / 978-3-030-57453-6_56
16. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Graphical method for determination of maximum wetting plane position in enclosing structures of buildings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 753. Pp. 022046. DOI: 10.1088/1757-899X/753/2/022046
17. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Position control of maximum wetting plane for building walls with foam polystyrene heat insulator // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 753. Pp. 022045. DOI: 10.1088/1757-899X/753/2/022045
18. Vatin N., Sultanov S., Krupina A. Comparison of thermal insulation characteristics of pir, mineral wool, carbon fiber, and aerogel // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. 983. pp. 877-883. DOI: 10.1007/978-3-030-19868-8_86
19. ГОСТ 7076-99 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. – М.: 1999. – 23 с.
20. Petrichenko M., Ostrovaia A., Statsenko E. The glass ventilated facades – research of an air gap // Applied

Mechanics and Materials. 2015. 725-726. pp. 87-92. DOI.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.87

21. Gamayunova O., Gumerova E., Miloradova N. Smart glass as the method of improving the energy efficiency of high-rise buildings // E3S Web of Conferences. 2018. С. 02046. DOI: 10.1051/e3sconf/20183302046

22. Udoeyo F. F., Young D. T., Inyang H.I., Oparadu E. E Potential of wood waste ash as an additive in concrete // Journal of Materials in Civil Engineering. 2006. 18 (4). DOI: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2006)18:4(605)

23. Li M., Khelifa M., Ganaoui M. El. Mechanical characterization of concrete containing wood shavings as aggregates // International Journal of Sustainable Built Environment. 2017. 2 (6). Pp 587-596. DOI.org/10.1016/j.ijsbe.2017.12.005

24. Chowdhury S., Maniar A., Suganya O.M. Strength development in concrete with wood ash blended cement and use of soft computing models to predict strength parameters // Journal of Advanced Research. 2015. 6 (6). Pp. 907–913. DOI: 10.1016/j.jare.2014.08.006

25. Куправа Л.Р., Никольников Р.С. Современные технологии строительства. Несъемная опалубка durisol (дюрисол) - строительные блоки на основе природных материалов // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. 2014. С. 199-202

26. Batayneh M., Marie I., Asi I. Use of selected waste materials in concrete mixes // Waste Management. 2007. 27(12). pp. 1870–1876. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.07.026

27. Naik T.R., Kraus R.N., Siddique R. CLSM containing mixture of coal ash and a new pozzolanic material // Aci Materials Journal. 2003. 100(3). Pp. 208–215.

28. Morales-Conde M.J., Rodríguez-Liñán C., Pedreño-Rojas M.A. Physical and mechanical properties of wood-gypsum composites from demolition material in rehabilitation works // Construction and Building Materials. 2016. 114. Pp. 6–14. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.137

29. Мусорина Т.А. Конструктивное обеспечение теплотехнической эффективности стеновых ограждений зданий: дисс. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2020. 159 с. DOI: 10.18720/SPBPU/2/r20-42

REFERENCES

1. Cherkashin A., Begich Y., Sherstobitova P., Semencha A., Doroshin I. Heat-resistant properties of construction composites based on nanocarbon cement (ncmc) // E3S Web of Conferences. 2018 Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics, TPACEE 2018. 2019. pp. 02029. DOI: 10.1051/e3sconf/2019102029

2. Ramagea M. H., Burrige H. The wood from the trees: The use of timber in construction // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. 68. Pp. 333-359. DOI: 10.17863/CAM.10386

3. Sabbaghian, M., & Kheyroddin, A. Flexural strengthening of RC one way slabs with high-performance fiber-reinforced cementitious composite laminates using steel and GFRP bar // Engineering Structures. 2020. 221. Pp. 111106. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111106

4. Thandavamoorthy, T. S. Wood waste as coarse aggregate in the production of concrete // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2015. 20(2). Pp. 125–141. DOI: 10.1080/19648189.2015.1016631

5. Morales-Conde M. J., Rubio-de-Hita P., Pérez-Gálvez, F. Composite Mortars Produced with Wood Waste

from Demolition: Assessment of New Compounds with Enhanced Thermal Properties // Journal of Materials in Civil Engineering. 2018. 30(2). Pp. 04017273. DOI: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002148

6. Safin R.G., Stepanov V.V., Khairullina E.R., Gainullina A.A., Stepanova T.O. Modern construction composite materials based on wood waste // Bulletin of Kazan Technological University. 2014. №20. Pp. 123-128

7. Kolosova A.S., Pikalov E.S. Modern effective thermal insulation materials based on wood raw materials // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2021. № 3. Pp. 66-77

8. Musorina T.A., Gamayunova O.S., Petrichenko M.R. Substantiation of constructive measures to increase the energy efficiency of wall fences // Vestnik MGSU. 2017. T. 12. № 11 (110). Pp. 1269-1277. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.11.1269-1277

9. Matrosov Yu.A., Yarmakovskiy V.N. Energy efficiency of buildings with integrated use of modified lightweight concretes // Building materials. 2006. № 1. Pp. 19-21

10. Ozerova N.A., Krivosheina M.G. Features of the formation of secondary areas of Sosnovsky and Mantegazzi hogweed (*Heraculum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*) on the territory of Russia // Russian Journal of Biological Invasions. 2018. № 1. Pp. 78–87. DOI: 10.1134/S2075111718020091

11. Volkova, A.A. Paikov A.V., Stolyarov O.N., Semenov S.G., Melnikov B.E. Structure and properties of textile-reinforced concrete // Engineering and Construction Journal. 2015. №7. Pp. 50–56. DOI: 10.5862/MCE.59.5

12. Kirsanov A.I., Stolyarov O.N. Mechanical properties of synthetic fibers for concrete reinforcement // Civil Engineering magazine. 2018. № 4(80). Pp. 15–23. DOI: 10.18720/MCE.80.2

13. Vatin N.I., Petrichenko M.R., Kornienko S.V., Gorshkov A.S., Nemova D.V. Air mode of a three-layer wall structure // Construction of unique buildings and structures. 2016. № 6 (45). Pp. 102-114. DOI: 10.18720/CUBS.45.6

14. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Assessment of enclosing structure unsteady-state moisture behavior using moisture potential theory // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 918. pp. 012113. DOI: 10.1051/mateconf/201819303053

15. Zubarev K.P. Gagarin, V.G. Determining the coefficient of mineral wool vapor permeability in vertical position // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. 1259. Pp. 593-600. DOI: 10.1007/978-3-030-57453-6_56

16. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Graphical method for determination of maximum wetting plane position in enclosing structures of buildings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 753. Pp. 022046. DOI: 10.1088/1757-899X/753/2/022046

17. Gagarin, V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Position control of maximum wetting plane for building walls with foam polystyrene heat insulator // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 753. Pp. 022045. DOI: 10.1088/1757-899X/753/2/022045

18. Vatin N., Sultanov S., Krupina A. Comparison of thermal insulation characteristics of pir, mineral wool, carbon fiber, and aerogel // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. 983. pp. 877-883. DOI: 10.1007/978-3-030-19868-8_86

19. GOST 7076-99 Materials and construction products. Method for determining thermal conductivity and thermal resistance in a stationary thermal regime. – M.: 1999. – 23 p.
20. Petrichenko M., Ostrovaia A., Statsenko E. The glass ventilated facades – research of an air gap // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. 725-726. pp. 87-92. DOI.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.87
21. Gamayunova O., Gumerova E., Miloradova N. Smart glass as the method of improving the energy efficiency of high-rise buildings // *E3S Web of Conferences*. 2018. P. 02046. DOI: 10.1051 / e3sconf / 20183302046
22. Udoeyo F. F., Young D. T., Inyang H.I., Oparadu E. E Potential of wood waste ash as an additive in concrete // *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2006. 18 (4). DOI: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2006)18:4(605)
23. Li M., Khelifa M., Ganaoui M. El. Mechanical characterization of concrete containing wood shavings as aggregates // *International Journal of Sustainable Built Environment*. 2017. 2 (6). Pp 587-596. DOI.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.12.005
24. Chowdhury S., Maniar A., Suganya O.M. Strength development in concrete with wood ash blended cement and use of soft computing models to predict strength parameters // *Journal of Advanced Research*. 2015. 6 (6). Pp. 907–913. DOI: 10.1016/j.jare.2014.08.006
25. Kuprava L.R., Nikulnikov R.S. Modern construction technologies. Durisol permanent formwork (durisol) - building blocks based on natural materials // *Scientific support for the development of agriculture in the conditions of reform*. Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference of the teaching staff.2014. Pp. 199-202
26. Batayneh M., Marie I., Asi I. Use of selected waste materials in concrete mixes // *Waste Management*. 2007. 27(12). pp. 1870–1876. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.07.026
27. Naik T.R., Kraus R.N., Siddique R. CLSM containing mixture of coal ash and a new pozzoloanic material // *Aci Materials Journal*. 2003. 100(3). Pp. 208–215.
28. Morales-Conde M.J., Rodríguez-Liñán C., Pedreño-Rojas M.A. Physical and mechanical properties of wood-gypsum composites from demolition material in rehabilitation works // *Construction and Building Materials*. 2016. 114. Pp. 6–14. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.137
29. Musorina T.A. Constructive provision of thermal efficiency of wall fences of buildings: diss. ... candidate of Technical Sciences. Saint-Petersburg, 2020. 159 p. DOI: 10.18720/SPBPU/2/r20-42

IMPROVING THE PROPERTIES OF A CONCRETE COMPOSITE REINFORCED WITH A DRY PLANT ADDITIVE

Musorina T.A., Petritchenko M.R., Zaborova D.D., Gamayunova O.S., Kukolev M.I.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya st.,
St. Petersburg, 195251, Russian Federation

Abstract. The article analyzes the existing data on the use of organic additives in concrete in order to improve its thermal characteristics. The most promising types of additives for reinforcement have been identified, a series of experimental studies have been carried out and data on the strength and thermal characteristics of the obtained concretes have been obtained. Detailed conclusions and recommendations on the application of the obtained results are given.

Subject: the use of plant additives improves the thermal and mechanical properties of concrete composites. Wood additives are the most popular and environmentally friendly, they are used in the form of chips, shavings and ash. The article suggests using dry hogweed chips with a length of 25 mm and 50 mm as an additive in concrete. Samples were made from polypropylene fibers and controls (samples without additive) for comparison. The purpose of the work is to study the thermal and mechanical properties of the new concrete composite.

Materials and methods: each series of concrete composite consists of three samples. Using tests, the thermal conductivity of the concrete composite and the flexural strength mechanical properties were determined. Using three-point bending tests on the Instron 5965 installation (USA), the maximum load and normal stress were determined. The thermal conductivity of the new concrete composite was determined at the PIT 2.1 installation under a stationary thermal regime.

Results: the obtained results showed a certain increase in normal stress by 29% for the sample with the additive length 50 mm. The thermal conductivity of the new concrete composite is 43% less than the thermal conductivity of control concrete composite, hence the thermal resistance increases. This additive not only improves the mechanical and thermal properties of the material, but also makes it lighter, which significantly reduces the load from the enclosing and supporting structures.

Conclusions: the proposed plant additive improves not only the properties of concrete, but also reduces the amount of weed. This additive must be tested in wet form to avoid the formation of sediment on the surface of the hogweed and to check the mechanical and thermal properties.

Key words: additive in concrete, hogweed, thermal conductivity, thermal resistance, normal stress, flexural strength.

УДК 691.316 DOI: 10.37279/2413-1873-2021-22-67-78

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДИОКСИДА ТИТАНА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА (VI)

Бахтин¹ А.С., Любомирский² Н.В., Бахтина³ Т.А., Николаенко⁴ В.В., Гавриш⁵ В.М.

Институт «Академия строительства и архитектуры»

^{1,2,3,4}ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, ул. Киевская, 181,
⁵ Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, ул. Университетская 33E-mail: ¹aleserba@gmail.com; ²niklub.ua@gmail.com; ³t.bakhtina83@gmail.com; ⁴v1told@mail.ru; ⁵vmgavrish@sevsu.ru

Аннотация: В работе приведены результаты экспериментальных исследований по определению возможности повышения фотокаталитической активности диоксида титана за счет применения оксида вольфрама (VI), путем тестирования разложения родамина Б как органического загрязнителя в водных растворах под действием УФ-излучения, в том числе в видимом спектре. В качестве фотокатализаторов использовался промышленный диоксид титана рутильной модификации и триоксид вольфрама, полученный методом биологического синтеза за счет использования жизнедеятельности тионовых бактерий (*Thiobacillus ferrooxidans*). Установлено, что концентрация красителя в растворе со смесью TiO₂ и WO₃ в соотношении 1:1 под действием естественного солнечного излучения снизилась на 85 % после 28 дней исследования в сравнении с 30 % и 42 % для растворов с чистыми WO₃ и TiO₂ соответственно.

Предмет исследования: Изменение фотокаталитической активности порошков TiO₂ и WO₃ путем тестирования разложения родамина Б как органического загрязнителя в водных растворах под действием УФ-излучения, в том числе в видимом спектре.

Материалы и методы: В работе применялся метод колориметрического теста основанный на разложении родамина Б как органического загрязнителя в водных растворах под действием естественного солнечного излучения. Морфология частиц и элементный состав фотокатализаторов определялись на сканирующем электронном микроскопе PHENOM ProX (Thermo Fisher Scientific) с интегрированной системой энергодисперсионного анализа. Распределение частиц по размерам исследовали методом лазерной дифракции на анализаторе Partica LA-960 (HORIBA). Концентрацию красителя в растворах определяли на спектрофотометре ПЭ-5400УФ (ООО «Экохим»).

Результаты: Установлено, что смесь TiO₂ и WO₃ показывает большую степень снижения концентрации красителя родамина Б в растворе в сравнении с чистыми фотокатализаторами. Так концентрация красителя в растворе со смесью TiO₂ и WO₃ в соотношении 1:1 под действием естественного солнечного излучения снизилась на 85 % после 28 дней исследования в сравнении с 30 % и 42 % для растворов с чистыми WO₃ и TiO₂ соответственно.

Выводы: Проведенные исследования позволили установить, что возможно повышение фотокаталитической активности диоксида титана за счет применения оксида вольфрама (VI), в том числе в видимом спектре солнечного излучения.

Ключевые слова: фотокатализаторы; TiO₂, WO₃, фотокаталитическая активность, фотодegradация, УФ-излучение, видимый свет.

ВВЕДЕНИЕ. АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Экологическое строительство и формирование безопасной и комфортной среды жизнедеятельности – одни из самых актуальных мировых трендов в строительной отрасли, составляющие понятие «устойчивое развитие». Наиболее существенным отличительным признаком, повышающим экологизацию строительства, в особенности городского является применение «умных» строительных материалов и изделий. При этом изготовление таких строительных композитов на основе вторичного сырья и наделение их дополнительными специальными свойствами, например, гетерогенной фотокаталитической активностью, эффектом самоочищения поверхности под действием внешних факторов (УФ-излучение) является актуальным трендом в борьбе с загрязнением окружающей среды и повышением долговечности данных материалов.

Современная производственная деятельность человека порождает определенные проблемы

экологической безопасности. Одной из проблем является тенденция увеличения концентрации загрязняющих вредных веществ в окружающей среде, превышающих установленные ПДК. В частности, к контролируемым вредным веществам относят оксид азота (II)(IV), оксид углерода, диоксид серы, бенз(а)пирен, формальдегид, а также летучие органические вещества (ЛОВ). Источниками загрязнения вышеперечисленных отходов и вредных соединений в основном являются предприятия черной и цветной металлургии, топливной, энергетической и химической промышленности, предприятия по производству строительных материалов, изделий и конструкций, а также автотранспорт.

Еще одной проблемой является коррозионная стойкость, а соответственно и долговечность различных строительных материалов, изделий и конструкций. Согласно данным Всемирного института по борьбе с коррозией (NACE International), рост агрессивности атмосферы и природных сред за счет промышленных выбросов и загрязнений сопровождается усилением

коррозионных процессов различных строительных композитов. При этом 50 % коррозионных процессов обусловлено биокоррозией за счет появления новых видов бактерий и штаммов плесневых грибов. В результате агрессивных коррозионных процессов, существенно снижается долговечность различных строительных композитов и изделий, что в свою очередь наносит определенный экономический ущерб.

Таким образом, для решения обозначенных проблем направление разработки и эффективного применения фотокаталитически активных строительных материалов является одним из наиболее актуальных на текущий момент. Данное направление все чаще используется на этапах современного проектирования зданий и сооружений в рамках концепции «зеленого» строительства [1], поскольку строительные конструкции являются доминирующими элементами в густонаселенных и промышленных территориях, имеют большую площадь поверхности, а соответственно и эффективность протекания окислительно-восстановительных реакций на этой поверхности. Прогнозируется, что количество зданий к 2050 году увеличится в три раза по сравнению с 2010 годом [2], что в свою очередь будет способствовать росту потребления «умных» строительных материалов и изделий, способных дать уникальный положительный ответ на внешние раздражители, например УФ-излучение [3,4]. Наиболее изученным фотокатализатором, используемым в производстве строительных материалов и изделий для надления их фотокаталитической активностью является диоксид титана (TiO_2). Это объясняется его высокой химической стабильностью, совместимостью с вяжущими веществами и коммерческой доступностью. Практическое применение диоксида титана в качестве фотокатализатора началось в 1972 году, когда авторы [5] использовали его для расщепления воды. Различные исследователи сообщают, что под действием УФ-излучения TiO_2 может эффективно уменьшать количество загрязняющих веществ, таких как оксиды азота (NO_x), ароматические соединения, аммиак и альдегиды [6,7,8]. Что касается строительных материалов и изделий, то TiO_2 обычно включается в объем строительных композитов, однако его можно наносить и на поверхность в качестве покрытия [3,4,9]. Активное исследование фотокаталитических строительных материалов началось в начале 1990-х годов, а различные фотокаталитические строительные изделия для мощения и покрытия на основе гидравлических связующих позже были запатентованы Mitsubishi Materials Corporation и Italcementi SpA [10,11,12]. При этом следует отметить, что в области строительного материаловедения все лабораторные исследования и опытные практические применения с получением фотокаталитически активных материалов (поверхностей) велись с применением диоксида титана, как наиболее массового и коммерчески относительно доступного фотокатализатора.

Эффективность фотохимического процесса является сложной функцией нескольких основных факторов: (1) эффективное поглощение солнечного света, (2) быстрое разделение заряда после поглощения света для предотвращения электронно-дырочной рекомбинации, (3) отделение продукта от поверхности фотокатализатора и (4) долговременная стабильность фотокатализатора [4,8,13,14,15]. Анализ указанных факторов позволяет определить, что наиболее существенное влияние на фотокаталитическую активность оказывает фактор эффективного поглощения солнечного света. Существует три полиморфа TiO_2 : анатаз (искаженная тетрагональная кристаллическая структура), рутил (также тетрагональная) и брукит (ромбическая кристаллическая структура) из которых только рутил и анатаз являются привлекательными для практического применения. Известно, что анатазная модификация проявляет большую фотокаталитическую активность по сравнению с рутильной структурной формой TiO_2 , но вместе с тем является более дорогостоящей и менее распространенной [16]. Однако, за счет особенностей зонной структуры TiO_2 независимо от полиморфной формы этот материал проявляет свои фотокаталитические свойства только при воздействии электромагнитного излучения УФ диапазона т.е. с длиной волны до 400 нм, что позволяет использовать лишь около 9 % интенсивности излучения солнечного света. По этой причине разработка материалов на основе диоксида титана с более эффективным использованием видимого диапазона (длина волны до 700 нм) электромагнитного излучения является актуальной задачей. Постоянные исследования в этой области направлены на повышение фотокаталитической эффективности TiO_2 путем получения наноструктурированного TiO_2 , легирования неметаллами (C, N, S и I) и ионами металлов (Ag, Au, Cr, Mn, Fe и Ni), а также получение различных нанокомпозитов за счет применения модифицирующих полупроводников [17]. Результаты этих исследований показывают, что возможно увеличение фотокаталитической активности диоксида титана, за счет направленного синтеза наноструктур заданного фазового состава и морфологии, а также создание композитов с наночастицами металлов и полупроводников. Однако существенным недостатком разработанных методов и составов является невозможность их промышленного масштабирования ввиду либо сложности осуществления синтеза, либо стоимости исходных компонентов (например наночастиц Ag, Au), в результате чего эти фотокатализаторы имеют крайне узкую область применения за счет своей высокой стоимости.

При прогнозируемом спросе на строительные изделия обладающие фотокаталитической активностью, индустрия производства строительных материалов и изделий потребует значительное количество фотокатализаторов,

обладающих повышенной фотокаталитической активностью, в том числе в видимой части спектра и с относительно низкой стоимостью. Получить такой фотокатализатор возможно за счет использования рутильной структурной модификации TiO_2 , как более распространенной промышленной формы и ее модификации полупроводниковыми материалами с энергиями дна зоны проводимости и потолка валентной зоны большими или меньшими чем у диоксида титана. В первом случае появляется возможность переноса неравновесных электронов с частицы модифицирующего полупроводника на TiO_2 , а фотогенерированных дырок - в обратном направлении. Такой механизм возможен как в хорошо изученном композитном материале CdS/TiO_2 , так и в гораздо менее изученной системе CuO/TiO_2 . Во втором случае неравновесные электроны с TiO_2 будут переноситься на модифицирующий полупроводник, а неравновесные дырки - с модификатора на диоксид титана. Примером такого модифицирующего полупроводника может служить оксид вольфрама (VI).

Оксид вольфрама (VI) относится к числу стратегических видов сырья РФ. Производится из шеелитсодержащих руд по комбинированным схемам, включающим получение флотацией низкосортных черновых шеелитовых концентратов с последующей автоклавно-содовой переработкой. Является полупродуктом для получения карбида вольфрама и металлического фольфрама и в конечном потреблении используется для производства твердых сплавов, сталей и суперсплавов. На данный момент производителями WO_3 в Российской Федерации являются два предприятия ОАО «Гидрометаллург» (г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика) и ОАО «Кировградский завод твердых сплавов» (г. Кировград, Свердловская область), более 95 % которого перерабатывается в металлический вольфрам и карбид фольфрама, используемые для получения конечной продукции - быстрорежущего инструмента, буровых коронок. Таким образом, сложившаяся система потребления и производства оксида вольфрама (VI) на внутреннем рынке обуславливает дефицит и значительную стоимость данного вида сырья, в связи чем необходимо прибегать к использованию импортных концентратов, объем которых в общей структуре потребления достигает 20 %.

В этой связи, в мировой научной среде ведутся активные исследования в направлении разработки нетрадиционных методов получения различных нанопорошков металлов, а именно биологические методы синтеза. Эти методы относятся к экологически чистым методам получения наночастиц металлов по сравнению с традиционными (физическими и химическими). По сути это симбиоз биологии и нанотехнологии, основанный на принципах и химических особенностях живых организмов, который

относится к функциональным применениям биомолекул в нанотехнологии [18]. Широкий спектр биологических ресурсов, доступных в природе, включая растения и растительные продукты, водоросли, грибы, дрожжи, бактерии и вирусы, может быть использован для синтеза. Наночастицы, синтезированные биологическим методом, обладают более высокой каталитической реакционной способностью и большей удельной поверхностью в сравнении с аналогичными частицами полученными физическими или химическими методами. Различные бактерии имеют разные механизмы действия, однако в основном наночастицы формируются следующим образом: ионы металлов сначала адсорбируются на поверхности или внутри микробных клеток, а затем восстанавливаются до наночастиц с помощью ферментативных или неферментных методов. Список видов бактерий и варианты их вовлечения во внутриклеточный и внеклеточный синтез наночастиц многообразны и приведены в обзорах [19,20].

Следует отметить, что, несмотря на перспективность и возрастающий интерес к биологическим методам синтеза наноматериалов, вопросы их промышленного масштабирования все еще остаются открытыми. Проблему промышленного масштабирования данных методов удалось решить в Севастопольском государственном университете, где на базе научно-образовательного центра «Перспективные технологии и материалы» организовано опытно-промышленное получение порошков WO_3 , WC, W, TiC, смесь TiC+WC методом биологического синтеза [21,22,23,24,25]. Суть технологии получения указанных порошков заключается в использовании микробиологического метода переработки скрапа твердосплавных материалов и реализуется с использованием минимального технологического оборудования, относительно малыми эксплуатационными расходами и обеспечением экологической безопасности [26]. Эффективность применения полученных по данной технологии порошков WO_3 , WC, W, TiC, смеси TiC+WC исследовалась в различных практических приложениях, в том числе в строительном материаловедении [27,28,29,30], а полученные положительные результаты подтвердили эффективность их использования в получении бетонов и строительной керамики с повышенными эксплуатационными характеристиками.

В связи с вышесказанным, целью настоящей работы является определение возможности повышения фотокаталитической активности промышленного диоксида титана, в том числе в видимом спектре за счет применения WO_3 , полученного методом биологического выщелачивания вольфрамсодержащего вторичного сырья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования использовали диоксид титана рутильной модификации марки $TiO_2 - 271$, являющегося продуктом ООО «Титановые инвестиции» (г.Армянск, Республика Крым), крупнейшего производителя диоксида титана в восточной Европе и странах СНГ.

Значения показателей качества диоксида титана марки $TiO_2 - 271$, установленные нормативной документацией представлены в табл. 1.

Образец порошка WO_3 для исследований был предоставлен НОЦ «Перспективные технологии и материалы» Севастопольского государственного университета. Поскольку данный порошок не

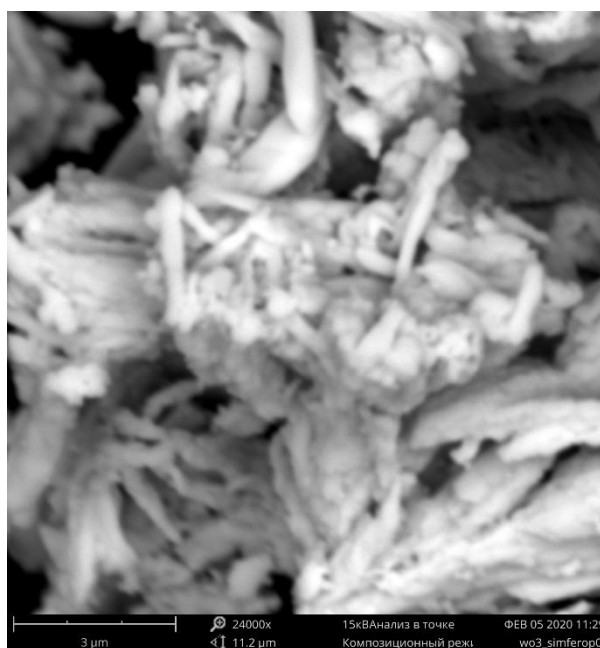
является массовым продуктом промышленного производства основные характеристики данного порошка (морфология частиц, элементный состав) определялись в лабораторных условиях НОЦ «Перспективные технологии и материалы». Морфология поверхности образцов порошка WO_3 анализировалась на сканирующем электронном микроскопе PHENOM ProX (Thermo Fisher Scientific) с интегрированной системой энергодисперсионного анализа. Максимальное увеличение 150 000, разрешение 10 нм, ускоряющее напряжение 5, 10, 15 кВ. Для анализа морфологии частиц использовали программное обеспечение Particle Metric, позволяющее анализировать изображения частиц. Результаты анализа представлены на рис. 1.

Таблица 1. Регламентированные значения показателей качества диоксида титана марки $TiO_2 - 271$
Table 1. Regulated values of quality indicators of $TiO_2 - 271$ grade titanium dioxide

№ п/п	Наименование показателя качества	Значение
1	Содержание TiO_2 , не менее, % мас.	94
2	Массовая доля рутильной формы не менее, %	97
3	Массовая доля веществ, растворимых в воде, не более, %	0,2
4	Остаток на сите с сеткой 45 мкм не более, % мас.	0,01
5	Диспергируемость, не более, мкм	12



1



2

Рис. 1. SEM-изображения частиц порошка WO_3 : 1 – увеличение 13500x; 2 – увеличение 24000x.

Fig. 1. SEM-images of WO_3 powder particles: 1 – increase 13500x; 2 – increase 24000x.

Анализ изображений показывает, что порошок WO_3 представлен как отдельными частицами игольчатой и чешуйчатой формы, так и их агрегатами. При этом следует отметить, что одна из плоскостей трехмерной конфигурации частицы

имеет размер нанометрического диапазона (до 100 нм), что позволяет отнести данный порошок к наноматериалам.

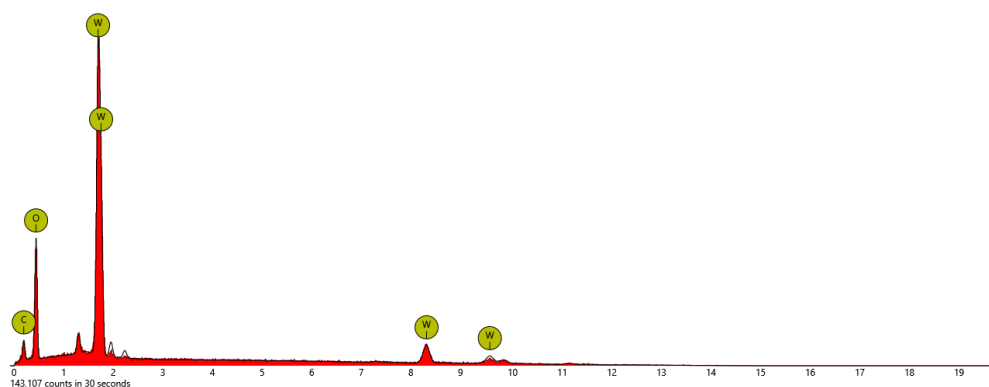
Элементный состав исследуемого порошка полученного методом биологического синтеза

определяли с помощью интегрированной в микроскоп системы энергодисперсионного анализа. Результаты представлены в табл. 2 и на рис. 2. Анализ данных табл. 2 показывает, что

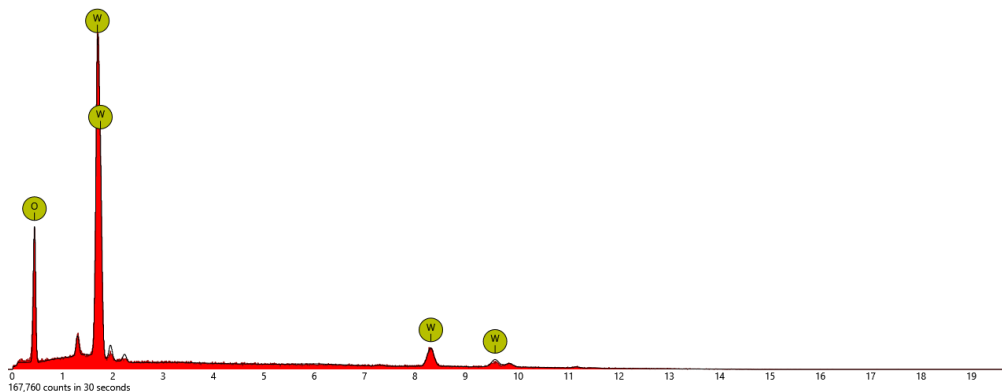
исследуемый порошок более чем на 99 % состоит из триоксида вольфрама, что говорит о высокой степени чистоты данного порошка.

Таблица 2. Результаты определения элементного состава WO₃ с помощью энергодисперсионного анализа
Table 2. The results of determining the elemental composition of WO₃ using energy dispersion analysis

Для увеличения 13500х					Для увеличения 24000х				
Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.	Oxide Symbol	Stoich. wt Conc.	Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.	Oxide Symbol	Stoich. wt Conc.
W	15,19	67,44	WO ₃	99,26	W	14,43	65,96	WO ₃	100,00
O	82,63	31,93			O	85,57	34,04		
C	2,18	0,63							



1



2

Рис. 2. Спектры полученные для участков исследования: 1 – увеличение 13500х; 2 – увеличение 24000х.
Fig. 2. Spectra obtained for the study sites: 1 – increase 13500x; 2 – increase 24000x.

В аналитическом литературном обзоре отмечалось, что наиболее существенное влияние на фотокаталитическую активность оказывает фактор эффективного поглощения солнечного света частицами фотокатализатора. Фактор поглощения излучения в свою очередь также определяется следующими основными критериями: генезис фотокатализатора, полиморфная форма, размер частиц. В связи с этим, в лабораторных условиях инжинирингового центра «Биопозитивное строительство и ресурсосбережение» Института

«Академия строительства и архитектуры» (структурное подразделение) Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского для исследуемых порошков (TiO_2 и WO_3) дополнительно определялся параметр распределения частиц по размерам методом лазерной дифракции. Данный анализ проводили на анализаторе размера частиц Partica LA-960 (HORIBA). Результаты анализа представлены на рис. 3.

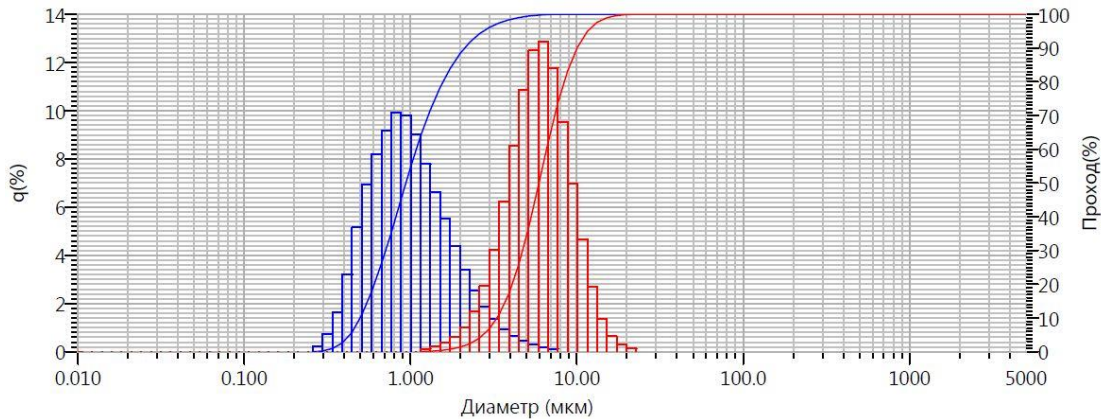


Рис. 3. Гранулометрический состав частиц порошков: синий – TiO_2 ; красный – WO_3 .
Fig. 3. Granulometric composition of powder particles: blue – TiO_2 ; red – WO_3 .

Определение распределения размеров частиц TiO_2 показало, что его гранулометрический состав составляют частицы размером от 0,3 до 7,2 μm . Общий средний геометрический размер частиц исследуемой пробы составил 0,98 μm . То же исследование для WO_3 показало, что его гранулометрический состав составляют частицы размером от 1,3 до 22,7 μm . Общий средний геометрический размер частиц исследуемой пробы составил 5,8 μm .

Данные о распределении размеров частиц WO_3 полученные методом лазерной дифракции согласуются с данными сканирующей электронной микроскопии (см. рис. 1). На изображениях идентифицируются агломераты с размером описанной окружности порядка 5-7 μm , которые и определяет лазерный анализатор.

Общий вид исследуемых порошков представлен на рис. 4.



Рис. 4. Общий вид исследуемых порошков: белый – TiO_2 ; желто-зеленый – WO_3 .
Fig. 4. The general appearance of the powders studied: white – TiO_2 ; yellow-green – WO_3 .

Фотокаталитическая активность данных порошков оценивалась путем тестирования разложения родамина Б как органического загрязнителя в водных растворах под действием УФ-излучения, в том числе в видимом спектре. Для этого готовили водный раствор с массовой концентрацией родамина Б 500 мг/л. Полученный раствор разливали в четыре стеклянные колбы объемом 50 мл. Одну колбу оставляли в качестве

раствора сравнения, а в три других добавляли исследуемые порошки из расчета 0,5 г порошка на одну колбу. При этом, в две колбы помещали чистые порошки соответственно TiO_2 и WO_3 , а в третью их смесь в соотношении $TiO_2 : WO_3 = 1 : 1$. Для удобства последующего анализа и описания результатов колбы с растворами были маркированы в соответствии с табл. 3.

Таблица 3. Обозначение колб с приготовленными растворами

Table 3. Designation of flasks with prepared solutions

Состав	Раствор сравнения с родамином Б	Раствор с порошком TiO_2	Раствор с порошком WO_3	Раствор со смесью порошков TiO_2 и WO_3 в соотношении $TiO_2 : WO_3 = 1 : 1$
Обозначение колбы	1	2	3	4

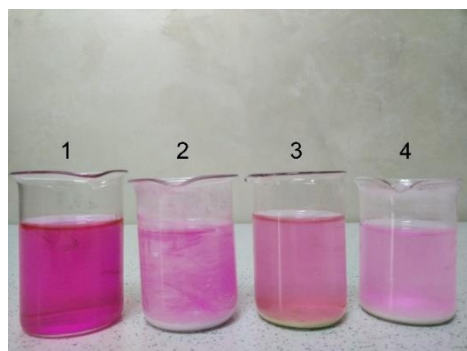
Облучение полученных растворов проводили в естественных условиях для чего колбы были выставлены на открытую площадку, воспринимающую прямое солнечное излучение в течение всего светового дня. В результате приготовленные растворы родамина Б с фотокатализаторами подвергались воздействию всего спектра электромагнитного излучения Солнца. Эффективность фотодеградации родамина Б оценивалась периодическим измерением его концентрации в растворах на спектрофотометре ПЭ-5400УФ (ООО «Экохим»), а также фотофиксацией изменения интенсивности окраски

раствора в колбах. Общий цикл исследований составил 28 дней, в течение каждого светового дня анализируемые растворы периодически перемешивались. Изменение концентрации родамина Б определяли по формуле:

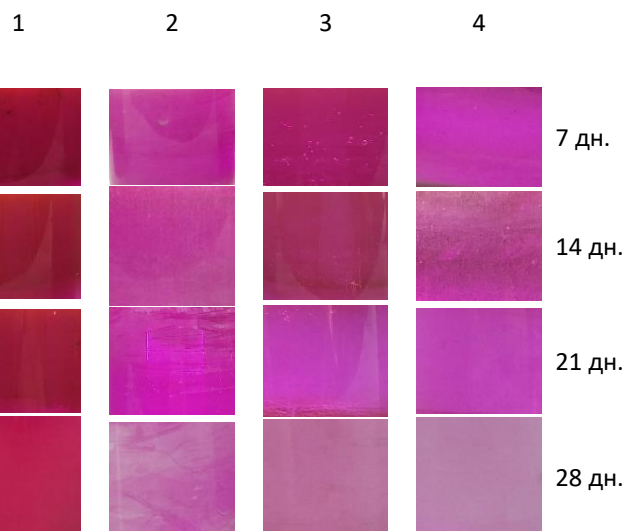
$$\Delta C = \frac{C_i}{C_0} \quad (1)$$

где C_i – концентрация родамина Б в растворе в различные интервалы времени;
 C_0 – исходная концентрация родамина Б.

Общий вид растворов после 28 дней выдержки в естественных условиях



(I)



(II)

Рис. 5. Общий вид интенсивности окраски растворов после 28 дней выдержки в естественных условиях (I) и динамика изменения окраски в течение 28 дней (II)

Fig. 5. General view of the color intensity of solutions after 28 days of exposure in vivo (I) and the dynamics of color change within 28 days (II)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

На рис. 5 и 6 показаны результаты определения фотокаталитической активности исследуемых порошков путем тестирования разложения родамина Б как органического загрязнителя в водных растворах под действием естественного солнечного излучения. Детальный анализ рис. 5 показывает, что интенсивность окраски приготовленных растворов с исследуемыми фотокатализаторами и их смесью снижается в зависимости от вида фотокатализаторов и времени исследований. Наибольшее снижение интенсивности окраски на 28 день исследования наблюдается в колбе 4 содержащей смесь TiO_2 и

WO_3 в соотношении 1:1. Если рассматривать изменение интенсивности окраски для чистых фотокатализаторов, можно отметить, что визуально в колбе 3 цвет более насыщен в сравнении с колбой 2. Это подтверждает более эффективную фотокаталитическую активность TiO_2 . Также с течением времени интенсивность окраски в колбах 2 и 3 снижается, что свидетельствует о протекании процесса фотодеградации красителя в растворах как с TiO_2 так и с WO_3 . Данные качественного протекания процесса фотодеградации красителя в растворах с исследуемыми фотокатализаторами, подтверждается количественными исследованиями определения концентрации родамина Б в растворах на спектрофотометре представленными на рис. 6.

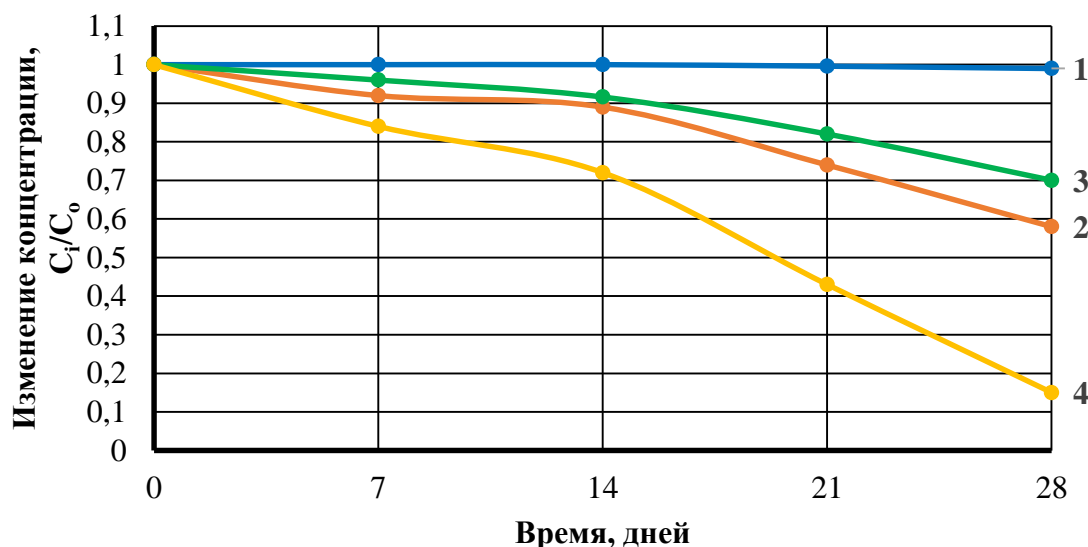


Рис. 6. Изменение концентрации родамина Б в растворах в соответствии с принятой маркировкой (см. табл. 3).

Fig. 6. The change in the concentration of rhodamine B in solutions in accordance with the accepted labeling (see Table 3).

Данные представленные на рис. 6 свидетельствуют о снижении концентрации красителя в приготовленных растворах, за счет его разложения фотокатализаторами под действием естественного солнечного излучения. При этом концентрация красителя в колбе 1 без фотокатализаторов практически не изменилась в течение всего периода исследований, а концентрация в колбах 2, 3 и 4 снизилась на 42 %, 30 % и 85 % соответственно. Необходимо отметить, что угол наклона кривых 2, 3, 4 к оси абсцисс в период между 7 и 14 днями исследований уменьшается, что говорит о снижении эффективности протекания процесса фотокатализа. После 14 дней угол снова повышается. При этом, количественное замедление снижения концентрации в абсолютных единицах более выражено для раствора с чистым TiO_2 . Детальный анализ этого периода исследований показал, что в это время наблюдалась дождливая погода с высокой облачностью. Соответственно, повышенная облачность рассеивала часть УФ-излучения, тогда как видимая часть спектра практически безпрепятственно достигала земной поверхности. В

результате мощность УФ-излучения, в которой эффективно работает диоксид титана снизилась, что обусловило снижение фотокаталитической активности данного фотокатализатора. В свою очередь динамика снижения концентрации красителя в растворе с WO_3 практически не изменилась, что говорит о фотокаталитической активности WO_3 в видимой части спектра.

ВЫВОДЫ

В результате проведения экспериментальных исследований в лабораторных условиях получены результаты, подтверждающие теоретические предположения повышения фотокаталитической активности промышленного TiO_2 за счет применения WO_3 , в том числе в видимом спектре солнечного излучения, а также доказана высокая эффективность оксида вольфрама (VI), полученного методом биологического синтеза, при использовании его в области гетерогенного фотокатализа.

Установлено, что смесь TiO_2 и WO_3 показывает наибольшую степень снижения концентрации

красителя родамина Б в растворе в сравнении с чистыми фотокатализаторами. Так концентрация красителя в растворе со смесью TiO_2 и WO_3 в соотношении 1 : 1 под действием естественного солнечного излучения снизилась на 85 % после 28 дней исследования в сравнении с 30 % и 42 % для растворов с чистыми WO_3 и TiO_2 соответственно.

Выявлено, что снижение мощности солнечного УФ-излучения за счет его рассеивания естественными погодными условиями (изменение облачности) снижает фотокаталитическую активность TiO_2 тогда, как активность WO_3 почти не изменяется.

Проведенные исследования и полученные положительные результаты могут служить основой для практического применения исследованных фотокатализаторов в области строительного материаловедения, в частности проектирования сырьевых составов и получения строительных изделий с фотокаталитическими свойствами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Крым в рамках научного проекта № 20-43-910002.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bogue, R. (2014), "Smart materials: a review of capabilities and applications", *Assembly Automation*, Vol. 34 No. 1, pp. 16-22. <https://doi.org/10.1108/AA-10-2013-094>.
2. Gopalan, A.-I.; Lee, J.-C.; Saianand, G.; Lee, K.-P.; Sonar, P.; Dharmarajan, R.; Hou, Y.-I.; Ann, K.-Y.; Kannan, V.; Kim, W.-J. Recent Progress in the Abatement of Hazardous Pollutants Using Photocatalytic TiO_2 -Based Building Materials. *Nanomaterials* 2020, 10, 1854. <https://doi.org/10.3390/nano10091854>.
3. Chen, J.; Poon, C.-S. Photocatalytic construction and building materials: From fundamentals to applications. *Build. Environ.* 2009, 44, 1899–1906. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.01.002>
4. Hanus, M.J.; Harris, A.T. Nanotechnology innovations for the construction industry. *Prog. Mater. Sci.* 2013, 58, 1056–1102. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2013.04.001>.
5. Fujishima, A., Honda, K. Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode. *Nature* 238, 37–38 (1972). <https://doi.org/10.1038/238037a0>.
6. Addamo, M., Augugliaro, V., Bellardita, M. et al. Environmentally Friendly Photocatalytic Oxidation of Aromatic Alcohol to Aldehyde in Aqueous Suspension of Brookite TiO_2 . *Catal Lett* 126, 58–62 (2008). <https://doi.org/10.1007/s10562-008-9596-0>.
7. Palmisano, L.; Augugliaro, V.; Bellardita, M.; Di Paola, A.; García López, E.; Loddo, V.; Marci, G.; Palmisano, G.; Yurdakal, S. Titania photocatalysts for selective oxidations in water. *ChemSusChem* 2011, 4, 1431–1438. <https://doi.org/10.1002/cssc.201100196>
8. Tsai, S.-J.; Cheng, S. Effect of TiO_2 crystalline structure in photocatalytic degradation of phenolic contaminants. *Catal. Today* 1997, 33, 227–237. [https://doi.org/10.1016/S0920-5861\(96\)00152-6](https://doi.org/10.1016/S0920-5861(96)00152-6).
9. Cassar, L.; Beeldens, A.; Pimpinelli, N.; Guerrini, G. Photocatalysis of cementitious materials. In *Proceedings of the International RILEM Symposium on Photocatalysis, Environment and Construction Materials*, Florence, Italy, 8 October 2007; pp. 131–145.
10. Murata, Y.; Obata, H.; Tawara, H.; Murata, K. NOx-Cleaning Paving Block. U.S. Patent No. 5,861,205, 19 January 1999.
11. Cucitore, R.; Cangiano, S.; Cassar, L. High Durability Photocatalytic Paving for Reducing Urban Polluting Agents. U.S. Patent No. 8,039,100, 18 October 2011.
12. Alfani, R. Coatings Based on Hydraulic Binders with an Optimal Rheology and High Photocatalytic Activity. U.S. Patent No. 8,377,579, 19 February 2013.
13. Bellardita, M.; Di Paola, A.; Megna, B.; Palmisano, L. Determination of the crystallinity of TiO_2 photocatalysts. *J. Photochem. Photobiol. A Chem.* 2018, 367, 312–320. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2018.08.042>.
14. Folli, A.; Macphee, D. Photocatalytic Concretes—The interface between photocatalysis and cement chemistry. *Cement and Concrete Research.* 2016, 85, 48 – 54. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.03.007>.
15. Cassar, L. Photocatalysis of Cementitious Materials: Clean Buildings and Clean Air. *MRS Bulletin* 29, 328–331 (2004). <https://doi.org/10.1557/mrs2004.99>.
16. Структура цементного камня с диспергированным диоксидом титана в суточном возрасте / Н.П. Лукутцова и др. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016.- № 11.- С. 13-17. <https://doi.org/10.12737/22432>.
17. Haider, A.J.; Jameel, Z.N.; Al-Hussaini, I.H.M. Review on: Titanium Dioxide Applications. *Energy Procedia* 2019, 157, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.159>.
18. Chokriwal, A. Biological Synthesis of Nanoparticles Using Bacteria and Their Applications / A. Chokriwal, M.M. Sharma, A. Singh // *Am. J. PharmTech Res.* – 2014. – V. 4. – P. 38–61.
19. Ghashghaei, S. The Methods of Nanoparticle Synthesis Using Bacteria as Biological Nanofactories, their Mechanisms and Major Applications / S. Ghashghaei, G. Emtiazi // *Current Bionanotechnology.* – 2015. – V. 1. – P. 3–17. DOI: 10.2174 / 2213529401999140310104655
20. Bekele ET, Gonfa BA, Sabir FK. Use of Different Natural Products to Control Growth of Titanium Oxide Nanoparticles in Green Solvent Emulsion, Characterization, and Their Photocatalytic Application. *Bioinorganic Chemistry and Applications.* 2021, (6626313), 1–17. <https://doi.org/10.1155/2021/6626313>.
21. Гавриш В.М. Влияние нанопорошка, полученного из лома твердых сплавов марки ГТК, на эксплуатационные свойства эпоксидного клея / В.М. Гавриш, Г.А. Баранов, Е.А. Храброва, Т.В. Чайка, О.П. Гавриш // Энергетические установки и

технологии. 2016. Т. 2. № 3. С. 64-69.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=27518630>.

22. Гавриш В.М. Применение микробиологического выщелачивания для отвалов полиметаллических руд с целью извлечения Ni, Cu, Ti, Cr, Mn, Mo / В.М. Гавриш, С.А. Федорова, Е.А. Храброва // *Экология и развитие общества*, №4(19), 2016. – С. 22 – 27.

23. Дербасова Н.М. Микробиологическая деструкция отходов, образующихся при производстве и переработке боеприпасов / Н.М. Дербасова, В.М. Гавриш, О.П. Гавриш // *Актуальные вопросы ядерно-химических технологий и экологической безопасности: сборник статей по материалам научно-практической конференции (15 – 18 июня 2016 г., г. Севастополь)*. – Севастополь: СевГУ, 2016. – С. 206 – 208.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27270483>.

24. Гавриш В.М., Гавриш О.П., Баранов Г.А., Храброва Е.А. Использование биотехнологических методов для утилизации и переработки различных видов отходов. Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием *Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность*, 2017, С. 268–272.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32364169>.

25. Gavrish V, Chayka T, Baranov G. On the issue of the techniques to produce mass and low-price tungsten oxide nanopowder. *Procedia Manufacturing*. 37, 2019, 306–310.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.12.052>.

26. Чайка Т.В. Исследования разделения карбида вольфрама и кобальта в результате микробиологической деструкции вольфрамкобальтовых отходов / Т.А. Чайка, Н.М. Дербасова В.М. Гавриш // *Вестник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт»*. Серия: Машиностроение. 2013. № 3 (69). С. 125-130.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26154856>.

27. V Gavrish et al 2020 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1652 012008.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1652/1/012008>.

28. V Gavrish et al 2017 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 168 012013.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/168/1/012013>.

29. Федорова С.А., Гавриш В.М., Гавриш О.П., Чайка Т.В., Баранов Г.А. Определение оптимальных концентраций добавок нанопорошков тугоплавких металлов для увеличения прочностных характеристик бетона / *Энергетические установки и технологии*. 2019. Т. 5. № 1. С. 151-155.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37145028>.

30. V. Gavrish et al. 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1866 012008.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1866/1/012008>.

REFERENCES

1. Bogue, R. (2014), Smart materials: a review of capabilities and applications, *Assembly Automation*, Vol. 34 No. 1, pp. 16-22. <https://doi.org/10.1108/AA-10-2013-094>.

2. Gopalan, A.-I.; Lee, J.-C.; Saianand, G.; Lee, K.-P.; Sonar, P.; Dharmarajan, R.; Hou, Y.-I.; Ann, K.-Y.; Kannan, V.; Kim, W.-J. Recent Progress in the Abatement of Hazardous Pollutants Using Photocatalytic TiO₂-Based Building Materials. *Nanomaterials* 2020, 10, 1854.
<https://doi.org/10.3390/nano10091854>.

3. Chen, J.; Poon, C.-S. Photocatalytic construction and building materials: From fundamentals to applications. *Build. Environ.* 2009, 44, 1899–1906.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.01.002>

4. Hanus, M.J.; Harris, A.T. Nanotechnology innovations for the construction industry. *Prog. Mater. Sci.* 2013, 58, 1056–1102.
<https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2013.04.001>.

5. Fujishima, A., Honda, K. Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode. *Nature* 238, 37–38 (1972).
<https://doi.org/10.1038/238037a0>.

6. Addamo, M., Augugliaro, V., Bellardita, M. et al. Environmentally Friendly Photocatalytic Oxidation of Aromatic Alcohol to Aldehyde in Aqueous Suspension of Brookite TiO₂. *Catal Lett* 126, 58–62 (2008).
<https://doi.org/10.1007/s10562-008-9596-0>.

7. Palmisano, L.; Augugliaro, V.; Bellardita, M.; Di Paola, A.; García López, E.; Loddo, V.; Marci, G.; Palmisano, G.; Yurdakal, S. Titania photocatalysts for selective oxidations in water. *ChemSusChem* 2011, 4, 1431–1438. <https://doi.org/10.1002/cssc.201100196>

8. Tsai, S.-J.; Cheng, S. Effect of TiO₂ crystalline structure in photocatalytic degradation of phenolic contaminants. *Catal. Today* 1997, 33, 227–237.
[https://doi.org/10.1016/S0920-5861\(96\)00152-6](https://doi.org/10.1016/S0920-5861(96)00152-6).

9. Cassar, L.; Beeldens, A.; Pimpinelli, N.; Guerrini, G. Photocatalysis of cementitious materials. In *Proceedings of the International RILEM Symposium on Photocatalysis, Environment and Construction Materials*, Florence, Italy, 8 October 2007; pp. 131–145.

10. Murata, Y.; Obata, H.; Tawara, H.; Murata, K. NO_x-Cleaning Paving Block. U.S. Patent No. 5,861,205, 19 January 1999.

11. Cucitore, R.; Cangiano, S.; Cassar, L. High Durability Photocatalytic Paving for Reducing Urban Polluting Agents. U.S. Patent No. 8,039,100, 18 October 2011.

12. Alfani, R. Coatings Based on Hydraulic Binders with an Optimal Rheology and High Photocatalytic Activity. U.S. Patent No. 8,377,579, 19 February 2013.

13. Bellardita, M.; Di Paola, A.; Megna, B.; Palmisano, L. Determination of the crystallinity of TiO₂ photocatalysts. *J. Photochem. Photobiol. A Chem.* 2018, 367, 312–320.
<https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2018.08.042>.

14. Folli, A.; Macphee, D. Photocatalytic Concretes—The interface between photocatalysis and

- cement chemistry. *Cement and Concrete Research*. 2016, 85, 48 – 54.
[=https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.03.007](https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.03.007).
15. Cassar, L. Photocatalysis of Cementitious Materials: Clean Buildings and Clean Air. *MRS Bulletin* 29, 328–331 (2004).
<https://doi.org/10.1557/mrs2004.99>.
16. Lukutsova N.P., Pykin A.A., Postnikova O.A., Golovin S.N., Borovik E.G The structure of cement stone with dispersed titanium dioxide in daily age / *Bulletin of Belgorod State Technological University named after. V.G. Sshukhov*. – 2016. – № 11. – P. 13-17. <https://doi.org/10.12737/22432>.
17. Haider, A.J.; Jameel, Z.N.; Al-Hussaini, I.H.M. Review on: Titanium Dioxide Applications. *Energy Procedia* 2019, 157, 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.159>.
18. Chokriwal, A. Biological Synthesis of Nanoparticles Using Bacteria and Their Applications / A. Chokriwal, M.M. Sharma, A. Singh // *Am. J. PharmTech Res*. – 2014. – V. 4. – P. 38-61.
19. Ghashghaei, S. The Methods of Nanoparticle Synthesis Using Bacteria as Biological Nanofactories, their Mechanisms and Major Applications / S. Ghashghaei, G. Emtiazi // *Current Bionanotechnology*. – 2015. – V. 1. – P. 3-17.
DOI: 10.2174 / 2213529401999140310104655
20. Bekele ET, Gonfa BA, Sabir FK. Use of Different Natural Products to Control Growth of Titanium Oxide Nanoparticles in Green Solvent Emulsion, Characterization, and Their Photocatalytic Application. *Bioinorganic Chemistry and Applications*. 2021, (6626313), 1–17.
<https://doi.org/10.1155/2021/6626313>.
21. Gavrish V.M., Baranov G.A., Khrabrova E.A., Chajka T.V., Gavrish O.P. The effect of the nanopowder, derived from of TTK brand alloy solid, on the epoxy glue performance properties // *Energeticheskie ustanovki i tekhnologii (Energy Plants and Technologies)*. 2016. V. 2. No 3. P. 64–69. (in Russ.). <https://elibrary.ru/item.asp?id=27518630>.
22. Gavrish V.M., Fedorova S.A., Khrabrova E.A. Application of microbiological leaching for polymetallic ore dumps in order to extract Ni, Cu, Ti, Cr, Mn, Mo / Gavrish V.M., Fedorova C.A., Khrabrova E.A. // *Ecology and development of society*, No 4(19), 2016. – P. 22-27.
23. N.M. Derbasova, V.M. Gavrish, O.P. Gavrish Microbiological destruction of wastes, appearing at production and processing of live ammunitions / N.M. Derbasova, V.M. Gavrish, O.P. Gavrish // *Topical issues of nuclear chemical technologies and environmental safety: a collection of articles based on the materials of the scientific and practical conference (June 15-18, 2016, Sevastopol)*. – Sevastopol: Sevastopol State University, 2016. – P. 206-208. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27270483>.
24. V.M. Gavrish, O.P. Gavrish, G.A. Baranov, E.A. Khrabrova. Use of biotechnological methods for utilization and processing of various waste species. Collection of articles based on the materials of the scientific and practical conference with international participation Environmental, industrial and energy security, 2017, P. 268–272.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32364169>.
25. Gavrish V, Chayka T, Baranov G. On the issue of the techniques to produce mass and low-price tungsten oxide nanopowder. *Procedia Manufacturing*. 37, 2019, 306–310.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.12.052>.
26. Chaika T., Derbasova N., Gavrish V. Research division of tungsten carbide and cobalt as a result of microbiological waste destruction of tungstencobalt waste / Chaika T., Derbasova N., Gavrish V.// *Mechanics and Advanced Technologies*. 2013. No 3 (69). P. 125-130.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26154856>.
27. V Gavrish et al 2020 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1652 012008.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1652/1/012008>.
28. V Gavrish et al 2017 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 168 012013.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/168/1/012013>.
29. S.A. Fedorova, V.M. Gavrish, O.P. Gavrish, T.V. Chaika, G.A. Baranov Determination of optimal concentrations of additives of nanopowders of refractory metals to increase the strength characteristics of concrete / *Power plants and technologies*. 2019. T. 5. No 1. P. 151-155.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37145028>.
30. V. Gavrish et al. 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1866 012008.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1866/1/012008>.

INVESTIGATION OF INCREASING THE PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF TITANIUM DIOXIDE DUE TO THE USE OF TUNGSTEN (VI) OXIDE

Bakhtin¹ A.S., Lyubomirskiy² N.V., Bakhtina³ T.A., Nikolaenko⁴ V.V., Gavrish⁵ V.M.

^{1,2,3,4}Institute «Academy of Construction and Architecture» of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Kiyevskaya St., 181,

⁵Sevastopol State University, Sevastopol, Universitetskaya St., 33,

E-mail: ¹aleserba@gmail.com; ²niklub.ua@gmail.com; ³t.bakhtina83@gmail.com; ⁴v1told@mail.ru; ⁵vmgavrish@sevsu.ru

Abstract. The paper presents the results of experimental studies to determine the possibility of increasing the photocatalytic activity of titanium dioxide through the use of tungsten (VI) oxide, by testing the decomposition of rhodamine B as an organic pollutant in aqueous solutions under the influence of UV radiation, including in the visible spectrum. Industrial titanium dioxide of rutile modification and tungsten trioxide obtained by biological synthesis due to the use of the vital activity of thionic bacteria (*Thiobacillus ferrooxidans*) were used as photocatalysts. It was found that the dye concentration in a solution with a mixture of TiO₂ and WO₃ in a ratio of 1: 1 under the influence of natural solar radiation decreased by 85% after 28 days of study compared with 30% and 42% for solutions with pure WO₃ and TiO₂, respectively.

Materials and methods: The method of colorimetric test based on the decomposition of rhodamine B as an organic pollutant in aqueous solutions under the influence of natural solar radiation was used in the work. The morphology of the particles and the elemental composition of the photocatalysts were determined using a scanning electron microscope PHENOM ProX (Thermo Fisher Scientific) with an integrated energy dispersion analysis system. The particle size distribution was studied by laser diffraction on a Partica LA-960 analyzer (HORIBA). The concentration of the dye in the solutions was determined using a PE-5400UF spectrophotometer (Ecohim LLC).

Results: It was found that the mixture of TiO₂ and WO₃ shows a greater degree of reduction in the concentration of the rhodamine B dye in solution in comparison with pure photocatalysts. Thus, the dye concentration in a solution with a mixture of TiO₂ and WO₃ in a ratio of 1: 1 under the influence of natural solar radiation decreased by 85% after 28 days of study compared with 30% and 42% for solutions with pure WO₃ and TiO₂, respectively.

Conclusions: The conducted studies allowed us to establish that it is possible to increase the photocatalytic activity of titanium dioxide due to the use of tungsten (VI) oxide, including in the visible spectrum of solar radiation.

Key words: photocatalyst; TiO₂, WO₃, photocatalytic activity, photodegradation, UV radiation, visible light.

Раздел 3. Инженерное обеспечение

УДК 628.1+612.0

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА ГАРАНТИРОВАННОЙ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НА ОСНОВЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

ЧАСТЬ 2. Расчет периода безотказной работы гидравлической схемы системы водоснабжения по эксплуатационным показателям надежности современного насосного оборудования

Николенко¹ И.В., Котовская¹ Е.Е., Будчаний² А.О.

¹Академия строительства и архитектуры, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская 181
e-mail: energia-09@mail.ru

²ООО «Н₂О-Крым»
295542, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Залесская, 41
e-mail: fantikraft@mail.ru

Аннотация. В статье представлены подходы к оценке показателей надежности технических систем при проектировании. Показано что на стадии проектирования рассматривается период нормального режима эксплуатации при котором обеспечивается постоянная интенсивность отказов системы, для которого наиболее точной математической моделью является экспоненциальный закон распределения отказов. В первой части настоящей статьи определены значения интенсивности отказов для поставляемых в Республику Крым четырех типов насосов на основе статистической обработки данных по их эксплуатации. Полученные значения интенсивности отказов позволили оценить показатели надежности гидравлической схемы, в которых применяется различные типы такого насосного оборудования. Выполнен расчет периода безотказной работы гидравлической схемы для системы водоснабжения сафари-парка «Тайган». Проведен анализ полученных результатов расчета, а также даны рекомендации по увеличению надежности гидравлической схемы.

Предмет исследования. Закономерности изменения показателей безотказности в течении жизненного цикла технических систем, а также математические модели распределения отказов для различных периодов их работы. Зависимости между основными количественными характеристиками безотказности для периода нормальной эксплуатации, в качестве которой принимается математическая модель экспоненциального закона распределения отказов.

Материалы и методы исследования: Значения показателей надежности для четырех видов насосного оборудования на основе обработки данных эксплуатации методами математической статистики. Анализ и разработка рекомендаций по проектированию гидравлической схемы системы водоснабжения с учетом показателей безотказности на основе применения зависимостей теории вероятности для экспоненциального закона распределения отказов

Результаты. Определен период гарантированной безотказной работы гидравлической схемы проектируемой системы водоснабжения на основе эксплуатационных показателей надежности насосных агрегатов. Повышение эффективности работы гидравлических схем систем водоснабжения и водоотведения за счет выявления реальных показателей надежности.

Выводы. По результатам выполненного расчета гидравлической схемы проектируемой системы водоснабжения выполнена оценка периода гарантированной безотказной работы всей гидравлической схемы и ее составных частей, а также даны предложения по повышению надежности работы рассмотренной системы водоснабжения.

Ключевые слова: техническая система, отказ, вероятность, наработка на отказ, безотказность, интенсивность отказов, гидравлическая схема, количественная оценка, доверительный интервал, резервирование.

ВВЕДЕНИЕ

Качество – это совокупность свойств технической системы (ТС), которые определяют пригодность удовлетворять конкретные потребности в соответствии с её назначением. Показатель качества продукции – это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, которая рассматривается применительно к определенным условиям ее проектирования, создания, эксплуатации или потребления. Одним из важнейших показателей качества ТС является надёжность, как способность системы и её элементов сохранять в течении определенного

времени и в пределах установленных значений параметров, необходимых для выполнения требуемых функций в заданных условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Физический смысл надежности состоит в способности ТС сохранять показатели качества в процессе эксплуатации.

Надёжность ТС является комплексным показателем качества, которое оценивают по четырём единичным показателям – безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости, отражающих одно из свойств надежности технической системы или комплексными показателями по сочетанию единичных свойств.

Безотказность – свойство ТС непрерывно в течение некоторого времени или некоторой наработки сохранять работоспособное состояние, которое характеризуется основными показателями: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и средней наработкой на отказ. Свойство безотказности особенно важно для ТС, отказ в работе которых связан с опасностью для здоровья и жизни людей, с рисками для систем жизнеобеспечения и материальных ценностей или для окружающей природной среды.

Системы водоснабжения (СВ) представляют собой комплекс сооружений, оборудования и трубопроводов, обеспечивающих забор воды из природного источника, очистку и ее обработку, транспортирование и подачу воды потребителям с требуемым расходом, напором и показателями качества. При проектировании и эксплуатации СВ, они должны удовлетворять техническим, экономическим и санитарным требованиям, предъявленным к ним нормативно-технической документацией. Надежность как показатель качества СВ закладывается при их проектировании, но выявляется в процессе эксплуатации. В цикл эксплуатации гидравлических систем, как составной части СВ включаются периоды: подготовки к работе, безотказной работы, устранения отказов, технического обслуживания и ремонта. На длительность безотказной работы гидравлических систем существенное влияние оказывают надежность его элементов, структура их соединения, а также режим их эксплуатации. Чем менее надежны элементы гидравлической системы, тем меньше будут периоды гарантированной безотказной работы и тем чаще будут проводиться мероприятия по устранению отказов для поддержания работоспособности системы, что также связано с увеличением затрат на эксплуатацию.

Надежность гидравлической системы в значительной мере зависит от надежности, прочности, герметичности, износостойкости насосных агрегатов, трубопроводов и их соединений, так как отказ одного из элементов или соединения может вывести из строя всю гидравлическую систему или отдельный ее участок. Для гидравлических систем период гарантированной безотказной работы, продолжительность восстановления работоспособного состояния являются случайными величинами, так как на них оказывают влияние совокупность различных факторов на стадиях проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации. Поэтому показатели надежности имеют вероятностный характер, которым дают статистическое и вероятностное определения. Первое необходимо для оценки показателей надежности по результатам статистической обработки результатов эксплуатации элементов систем водоснабжения либо их стендовых испытаний на надежность, вероятностное определение выполняется при анализе показателей

надежности, проектируемых СВ либо при модернизации и реконструкции этих систем [1].

На этапе проектирования СВ определяются главные элементы проекта, их параметры, характеристики, взаимосвязи и вырабатываются наиболее эффективные варианты реализации задач по подаче воды потребителям с обеспечением требуемых расходов, напоров и качества. При этом СВ должны быть запроектированы и сооружены таким образом, чтобы они удовлетворяли при нормальной работе требованиям потребителей воды по расходам и напорам, а уровень обеспечения потребителей не падал ниже установленного допустимого предела при возникновении в них возможных неисправностей.

Важным показателем качества проектов СВ является условия обеспечения требований по надежности, которые для гидравлических схем выполняются расчетами вероятностными методами на основе данных по интенсивности отказов их основных элементов. Значения интенсивностей отказов, представленные в отечественных источниках научно-технической информации основаны на статистическом анализе отказов по данным эксплуатации отечественного оборудования на крупных насосных станциях систем водоснабжения и водоотведения в конце прошлого века [2, 3, 4, 5]. В настоящее время на рынке насосного оборудования, значительно расширился круг производителей, поставщиков, а также существенно изменились режимы и условия его эксплуатации, что очевидно требует уточнения показателей надежности этого оборудования на основе условий эксплуатации.

В статье [6] авторами статистическими методами установлены количественные оценки показателей безотказности для четырех групп насосного оборудования, поставляемого в Республику Крым специализированным предприятием, деятельностью которого является реализация и гарантийное обслуживание насосных агрегатов для систем водоснабжения и водоотведения, а также выполнен комплексный анализ основных видов отказов этого оборудования. В данной работе выполнен расчет периода гарантированной безотказной работы проектируемой гидравлической схемы на основе установленных статистическими методами эксплуатационных показателей надежности насосных агрегатов.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эффективность ТС характеризуется их жизненным циклом, который состоит из ряда стадий: проектирование, изготовление и эксплуатация. Каждая из этих стадий жизненного цикла ТС влияет на ее надежность. На стадии проектирования ТС закладываются основы его надежности, так как кроме основных конструктивных и технологических параметров элементов ТС, также оцениваются параметры

надежности каждого элемента и системы в целом. На стадии проектирования и изготовления ТС и ее элементов определяются конструктивно-технологические факторы, влияющие на надежность. Действие этих факторов выявляется на стадии эксплуатации ТС. Кроме того, на этой стадии жизненного цикла системы на ее надежность существенно влияют и эксплуатационные факторы [7, 8].

На стадии эксплуатации реализуются показатели надежности ТС, особенно сложных, в которых происходят преобразования различных видов энергии, существенные изменения режимов работы и эксплуатации. Надежность ТС при эксплуатации обеспечивается путем соблюдения условий и режимов эксплуатации, которые были приняты на стадии проектирования и изготовления.

Основными причинами снижения надежности в процессе эксплуатации СВ являются, ошибки проектирования, изготовления и монтажа, нарушения условий и режимов эксплуатации, а также износ и старение элементов насосного оборудования, арматуры и трубопроводов. Износ приводит к изменению формы и размеров элементов, нарушению работоспособности, усталостным поломкам, снижению прочности, герметичности и т.д. Старение элементов СВ приводит к изменению физико-механических свойств их материалов, влекущему поломки или отказы.

Для создания инженерных методов расчета надежности ТС применяются различные модели проявления отказов, которые базируются на физических представлениях закономерности возникновения и развития процессов, приводящих к утрате работоспособности ТС. Одним из основных показателей безотказности ТС является интенсивность отказов, которая для зависит от времени эксплуатации. Надежность ТС по времени эксплуатации характеризуется тремя периодами по интенсивности отказов [7, 8]. Первый период эксплуатации – это период приработки в течении которого выявляются отказы по вине ошибок проектировщиков и конструкторов, неточностей изготовителей и погрешностей монтажа, что ведет к начальной повышенной интенсивности отказов, которая в течении времени приработки снижается. В период приработки в основном характерны внезапные отказы ТС и ее элементов.

Второй период, является периодом нормальной эксплуатации, при котором интенсивность отказов устанавливается примерно постоянной и определяется случайными, в основном внезапными отказами из-за влияния на ТС различных эксплуатационных факторов. Этот период характерен наименьшей величиной интенсивности отказов. В этот период имеет место экспоненциальный закон надежности.

Третий период эксплуатации ТС характеризуется существенным ростом интенсивности закономерных отказов, что обусловлено повышенными значениями износа,

старения и усталости элементов ТС, что показывает о нецелесообразности ее дальнейшей эксплуатации.

Проектирование, монтаж и эксплуатация СВ выполняется в соответствии с техническим заданием, и действующим комплексом нормативно-технической документации, которые устанавливают нормы, правила, требования к объекту, в том числе по показателям надежности. Несмотря на это, в процессе эксплуатации наблюдаются отказы СВ и ее элементов. В статье [6] детально рассмотрены и проанализированы причины, которые обуславливают основные виды отказов гидравлических схем с четырьмя видами насосного оборудования, поставляемого в системы водоснабжения и водоотведения Республики Крым.

Появление отказов объясняется тем, что СВ работают в сложных условиях, при которых различные процессы и факторы оказывают влияние на элементы системы, чем изменяют во времени значения параметров функционирования. Кроме того, при проектировании, изготовлении элементов, монтаже и эксплуатации имеет место разброс физических и прочностных свойств материалов, нестабильность и различия технологических процессов, а также непостоянство внешних нагрузок и условий работы. Кроме указанных процессов, на работоспособность СВ воздействует много различных случайных факторов, которые предусмотреть и учесть заранее невозможно.

При определении уровня надежности ТС на стадии проектирования нужно количественно оценить время безотказной работы, либо вероятность отказов в течении определенного промежутка времени. Для этого необходимо выполнить анализ физических и химических процессов, ведущих к отказу элементов системы. Однако, на практике отказ вызывается многими, часто противоречивыми случайными факторами, с разнообразной природой и случайной интенсивностью. Количественные выводы о таких отказах, основанные на физико-математических зависимостях получаются весьма сложными для применения в инженерных расчетах. Кроме этого, не все элементарные процессы, которые приводят к отказу достаточно полно исследованы и описываются математически. Поэтому в теории надежности принят количественный метод, который основан на рассмотрении отказов как случайных событий. В этом случае количественные соотношения теории надежности подчиняются законам теории вероятности [9]. Основной задачей теории надежности является выявление и математическое описание такого закона распределения показателей, которые с высокой степенью достоверности процессов появления отказов.

Охарактеризовать надежность ТС в течении жизненного цикла одним законом распределения отказов, практически невозможно. Как указывалось, выше можно выделить как минимум три периода эксплуатации ТС, в которых интенсивность отказов изменяется по-разному. Выбирая закон

распределения отказов для различных периодов работы ТС принимается математическая модель появления отказов, которая должна хорошо соответствовать физической сущности явлений, приводящих к отказам.

Задачей проектирования СВ является определение наиболее надежных вариантов подачи воды потребителям с обеспечением требуемых расходов, напоров и качества в течении установленного промежутка времени. То есть рассматривается период нормального (установившегося) режима эксплуатации при котором обеспечивается постоянная интенсивность отказов системы. Для этого периода эксплуатации наиболее точной математической моделью является экспоненциальный закон распределения отказов. Между большинством показателей теории вероятности установлены математические зависимости, которые позволяют по одному из показателей определять остальные.

Зависимости между основными количественными характеристиками безотказности при экспоненциальном законе распределения отказов при их интенсивности λ и времени работы t имеют вид [10]:

- вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\lambda t}; \quad (1)$$

- частота отказов

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}; \quad (2)$$

- средняя наработка до первого отказа

$$t_{cp} = \frac{1}{\lambda}. \quad (3)$$

Отказы сложных ТС, которые состоят из последовательно соединенных узлов и элементов считают случайными и независимыми событиями. Для возможности функционирования такой ТС необходима исправность всех элементов. Поэтому вероятность безотказной работы таких ТС в течении времени t , согласно правилу умножения случайных и независимых событий, можно определить по зависимости:

$$P(t)_{TC} = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdots P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (4)$$

где $P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)$ – вероятность безотказной работы узлов и элементов ТС, отказ которых вызывает отказ всей ТС, n – количество таких узлов и элементов в ТС.

Из формулы (4) следует, что что вероятность безотказной работы сложной ТС всегда ниже вероятности безотказной работы, самого ненадежного элемента. Основными методами повышения безотказности сложных ТС с последовательно соединенными элементами являются:

- уменьшение числа последовательно соединенных элементов;

- повышение надежности наиболее слабых элементов, за счет снижения интенсивности их отказов, путем снижения нагрузок на них, повышения качества и коэффициентов запаса по техническим характеристикам;

- частное резервирование наименее надежных узлов и элементов, путем параллельного соединения дополнительных аналогичных элементов.

При частном резервировании отказ ТС может наступить при отказе всех элементов системы, в том числе и параллельно соединенных. Поэтому вероятность безотказной работы ТС, содержащего n параллельно соединенных элементов, определяется из выражения [10]

$$P(t)_{TC} = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P_i(t)], \quad (5)$$

В общем случае СВ состоит из гидравлических схем, которые соединяют сооружения забора воды из природного источника, сооружения ее очистки и подачи потребителям. В состав гидравлических схем включаются насосные агрегаты, трубопроводы с арматурой. Работоспособность указанных элементов определяют надежность гидравлических схем в целом. Для расчета сложной ТС, к которым относятся СВ и их гидравлические схемы, достаточно знать состав элементов, их число монтажные соединения и статистические показатели надежности каждого из элементов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Специализированное предприятие – компания «Н₂О-Крым» занимается не только реализацией различного насосного оборудования, но и в составе предприятия функционирует проектная группа, занимающаяся составлением гидравлических схем, подбором насосного оборудования, выполнением проектно-изыскательских работ. Как одна из составляющих репутационного риска коммерческого предприятия является надежность реализованных гидравлических схем. Конечной целью выполнения данной работы является оценка параметров надежности гидравлических схем, составленных проектировщиками компании.

Для анализа надежности работы гидравлической системы, воплощенной по техническому решению принята система насосных станций и трубопроводов, соединенных последовательно, предназначенных для водоснабжения сафари-парка «Тайган». В связи с переброской Тайганского и Белогорского водохранилищ по руслу р. Бююк-Карасу для водоснабжения населенных пунктов Керченского полуострова и Восточного берега Крыма сафари-парк остался без стабильного водоснабжения. Для решения данного стратегического вопроса, обеспечивающего жизнедеятельность крупнейшего в Европе сафари-парка, администрация зоопредприятия обратилась в компанию «Н₂О-Крым» с просьбой поиска

альтернативного решения по водоснабжению сафари-парка и его технического воплощения. Для корректного подбора насосного оборудования были определены расходы водопотребления зоопредприятием. Водопотребление подразделяется на следующие группы: расход воды на содержание животных (водопой, уборка клеток и вольеров, водоемы для водоплавающих животных и птиц) - $7,68 \text{ м}^3/\text{сут}$; водопотребление объектов инфраструктуры: кафе, столовая, бар, гостиница, помещения, предназначенные для проживания обслуживающего зоопарк персонала - $38,03 \text{ м}^3/\text{сут}$; полив парковых растений - $94,35 \text{ м}^3/\text{сут}$. Суммарный суточный расход составляет $147,05 \text{ м}^3/\text{сут}$, часовой расход водопотребления - $10,85 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для подачи воды на территорию сафари - парка была принята группа насосов. Первым в цепочку последовательно соединенных насосов включен погружной насос, установленный на плавучей платформе в воде Белогорского водохранилища, марка принятого насоса - ЭЦВ 6-25-40, который подает воду с отметки 223,0 м на отметку 246,0 м в емкость (125 м^3) по напорному полиэтиленовому трубопроводу $d_{\text{н}}75$ длиной $l=308 \text{ м}$. Из емкости вода под гидростатическим напором поступает в чек для

выращивания рыбы, расположенный на отметке 230,0 м по напорному полиэтиленовому трубопроводу $d_{\text{н}}150$ длиной $l=4000 \text{ м}$. Из рыбного чека вода под гидростатическим напором по напорному трубопроводу длиной $l=105 \text{ м}$ поступает во всасывающий патрубок насоса К 80-50-315б, расположенный на отметке 228,0 м, который по напорному полиэтиленовому трубопроводу $d_{\text{н}}100$ длиной $l=850 \text{ м}$ подает воду в выработанный карьер на отметку 240,0 м, в дне которого имеются ключи, подпитывающие систему. Из карьера погружным насосом марки ЭЦВ8-18-80 вода подается по напорному полиэтиленовому трубопроводу $d_{\text{н}}100$ длиной $l=100 \text{ м}$ на площадку зоопарка, откуда часть потока направляется на очистку и обеззараживание для питьевых целей, а часть потока направляется на полив территории сафари - парка «Тайган». Таким образом, система состоит из четырех гидравлических систем. На рисунке 1 представлен ситуационный план, а на рисунке 2 гидравлический профиль системы подачи воды на площадку сафари-парка. Обоснование параметров гидравлической схемы водоснабжения выполнялось на основе действующих норм, правил и требований [12].



Рис. 1. Схема водоснабжения сафари-парка «Тайган»
 Fig. 1. Water supply scheme of the Taigan Safari Park

Принятые гидравлические схемы были описаны показателям интенсивности отказов, полученными в ходе статистической обработки и определены границы вероятности безотказной работы [6, 9, 11], как для отдельных составляющих реализованной

схемы, так и для всей системы в целом. В таблице 1 представлены результаты определения интенсивности отказов, а в таблице 2 представлены результаты расчета интенсивности отказов.

Таблица 1. Расчет интенсивности отказов
Table 1. Calculation of the failure rate

№	Наименование конструктивных элементов	Число элементов	Интенсивность отказов, 10^4 1/ч		$\lambda_{min} * Ni$	$\lambda_{max} * Ni$
			λ_{min}	λ_{max}		
1	Насос ЭЦВ 6-25-60	1	0,16	0,26	0,160	0,260
2	Обратный клапан $du75$	1	0,04	1	0,040	1,000
3	Задвижка $du75$	1	0,1	0,8	0,100	0,800
4	Трубопровод полиэтиленовый $du75$	0,078	0,0913	0,0913	0,007	0,007
5	Задвижка $du75$	1	0,1	0,8	0,100	0,800
6	Трубопровод полиэтиленовый $du75$	0,23	0,0913	0,0913	0,021	0,021
	Итого				0,428	2,888
7	Задвижка $du150$	1	0,01	1	0,010	1,000
8	Трубопровод полиэтиленовый $du150$	4	0,0913	0,0913	0,365	0,365
9	Задвижка $du150$	1	0,1	0,8	0,100	0,800
	Итого				0,475	2,165
10	Трубопровод полиэтиленовый $du150$	0,105	0,0913	0,0913	0,010	0,010
11	Задвижка $du150$	1	0,01	1	0,010	1,000
12	Насос К 65-60-105	1	0,27	0,43	0,270	0,430
13	Обратный клапан $du150$	1	0,04	1	0,040	1,000
14	Задвижка $du150$	1	0,1	0,8	0,100	0,800
15	Трубопровод полиэтиленовый $du150$	0,85	0,0913	0,0913	0,078	0,078
	Итого				0,507	3,317
16	Насос ЭЦВ 8-16-80	1	0,16	0,26	0,160	0,260
17	Трубопровод полиэтиленовый $Du75$	0,15	0,0913	0,0913	0,014	0,014
18	Задвижка $Du150$	1	0,1	0,8	0,100	0,800
	Итого				0,274	1,074
	Всего				1,684	9,444

Таблица 2. Расчет интенсивности отказов
Table 2. Calculation of the failure rate

Время, при котором определяется $P_c(t)$	Значение $\lambda_{min} * t$	Значение $\lambda_{max} * t$	$P_c(t)$ при $\lambda_{min} * t$	$P_c(t)$ при $\lambda_{max} * t$
0	0	0	1	1
100	0,016	0,09	0,98	0,92
500	0,08	0,43	0,92	0,65
1000	0,16	0,87	0,85	0,42
1500	0,24	1,3	0,78	0,27
2000	0,32	1,74	0,72	0,17
2500	0,4	2,17	0,67	0,11
3000	0,4	2,6	0,62	0,07
3500	0,56	3,04	0,57	0,05
4000	0,64	3,47	0,52	0,03
4500	0,72	3,9	0,48	0,02
5000	0,8	4,34	0,44	0,013
5500	0,88	4,77	0,41	0,009
6000	0,96	5,21	0,38	0,006
6500	1,05	5,64	0,35	0,004
7000	1,13	6,07	0,32	0,002
7500	1,21	6,51	0,29	0,0015
8000	1,29	6,94	0,27	0,001

На рисунках 3, 4, 5, 6 представлены границы гарантированной работы для первой, второй, третьей и четвертой гидравлической схемы

соответственно, в целом по всей системе границы гарантированной работы представлены на рисунке 7.

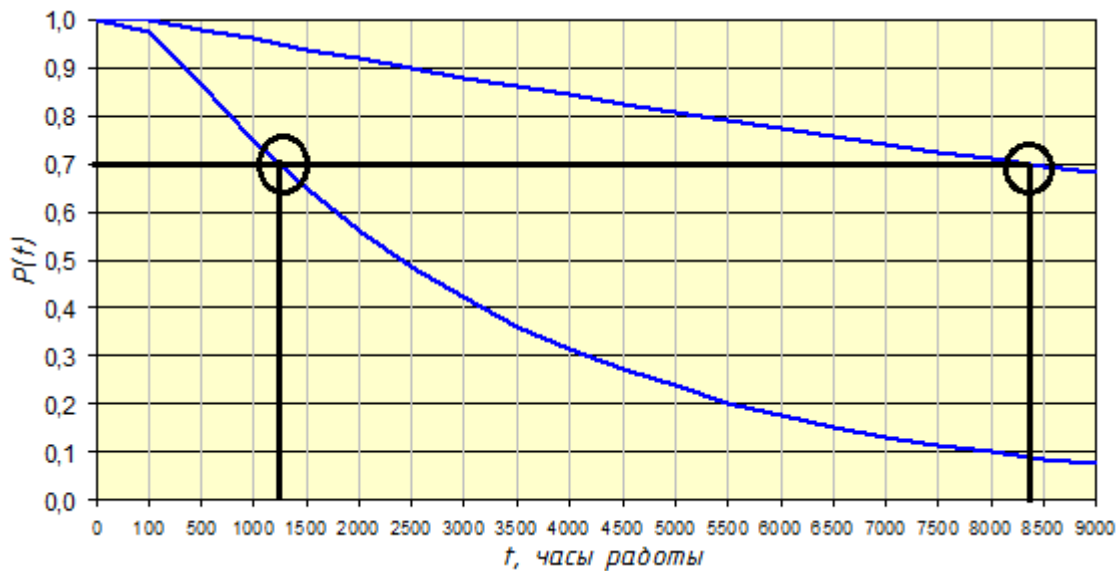


Рис. 3. Границы гарантированной работы первой гидравлической схемы с вероятностью 0,7
Fig 3. The boundaries of the guaranteed operation of the first hydraulic circuit with a probability of 0.7

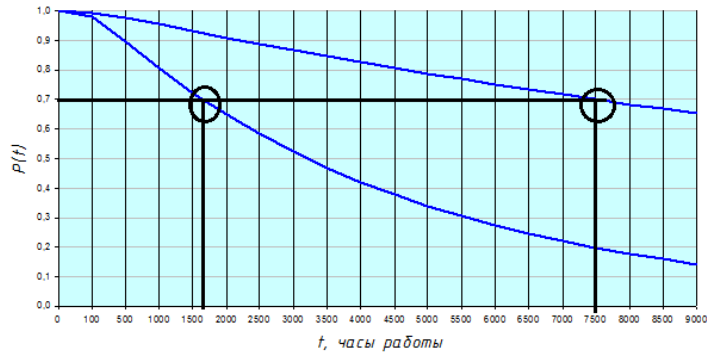


Рис. 4. Границы гарантированной работы второй гидравлической системы с вероятностью 0,7
Fig 4. The boundaries of the guaranteed operation of the second hydraulic system with a probability of 0.7

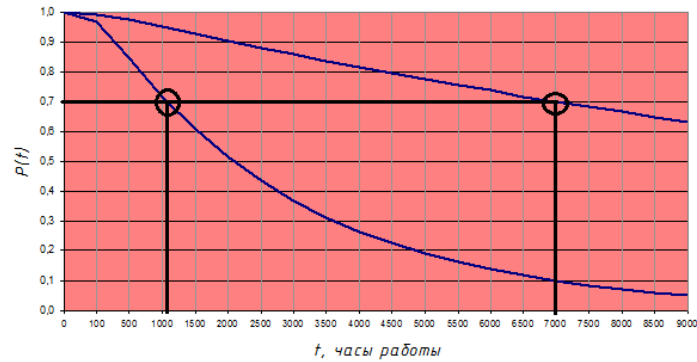


Рис. 5. Границы гарантированной работы третьей гидравлической системы с вероятностью 0,7
Fig 5. The boundaries of the guaranteed operation of the third hydraulic system with a probability of 0.7

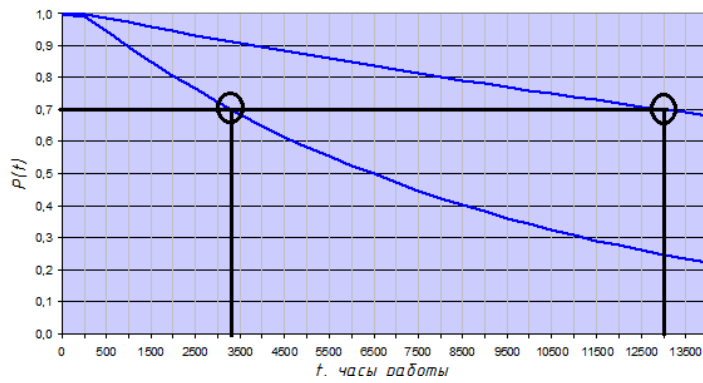


Рис.6. Границы гарантированной работы четвертой гидравлической системы с вероятностью 0,7
Fig 6. The boundaries of the guaranteed operation of the fourth hydraulic system with a probability of 0.7

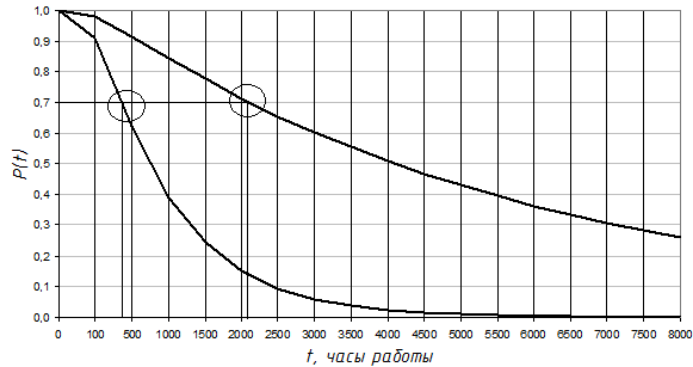


Рис. 7. Границы гарантированной работы всей гидравлической системы с вероятностью 0,7
Fig 7. -Limits of guaranteed operation of the entire hydraulic system with a probability of 0.7

Таким образом были определены числовые значения вероятности безотказной гидравлической схемы системы водоснабжения сафари-парка «Тайган», которые составляют для первой части схемы *1200...8350 часов*; для второй – *1680...7500 часов*; третьей системы *1050...7000 часов*; для четвертой – *3350...13000 часов*; и для всей гидравлической схемы в целом эта величина находится в диапазоне *400...2150 часов*. Можно сделать заключение, что для повышения надежности работы системы необходимо выполнить общее резервирование наименее надежной третьей части гидравлической схемы либо раздельное резервирование наименее надежных элементов всех частей гидравлической схемы.

ВЫВОДЫ

В результате анализа публикаций установлено, что эффективность ТС характеризуется их жизненным циклом, который состоит из ряда стадий: проектирование, изготовление и эксплуатация, каждая из которых на надежность. На стадии проектирования ТС закладываются основы его надежности, так как кроме основных конструктивных и технологических параметров элементов ТС оцениваются параметры надежности каждого элемента и системы в целом. Проанализированы подходы по определению показателей надежности ТС на стадии проектирования. Основой определения показателей безотказности на стадии проектирования СВ является принятие модели периода нормальной эксплуатации, при котором интенсивность отказов устанавливается постоянной.

На основе результатов статистической обработки эксплуатационных отказов 4-х групп современного насосного оборудования получены показатели их надежности, которые были применены для оценки периода безотказной работы гидравлической схемы, реализованной для водоснабжения сафари-парка «Тайган».

В результате расчета периода безотказной работы гидравлической системы и ее составных частей определено, что продолжительность безотказной работы составляет: для первой системы с насосом ЭЦВ 6-25-40 – *1200...8350 часов*; для второй – *1680...7500 часов*; третьей системы с насосом К80-50-3156 – *1050...7000 часов*; для четвертой с насосом ЭЦВ 8-18-80 – *3350...13000 часов*. Для всей гидравлической схемы системы в целом эта величина находится в диапазоне *400...2150 часов* с показателем вероятности отказа – 0,7. Продолжительность безотказной работы гидравлической схемы водоснабжения сафари-парка «Тайган» в целом при вероятности отказа 0,9 находится в диапазоне *100...500 часов*.

Полученные данные показывают, что для повышения надежности системы целесообразно выполнить резервирование общее резервирование

наименее надежной третьей части гидравлической схемы либо раздельное резервирование наименее надежных элементов всех частей гидравлической схемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ильин, Ю.А. Надежность водопроводных сооружений и оборудования / Ю.А. Ильин. – М.: Стройиздат, 1985. – 240 с.
2. Абрамов, Н.Н. Надежность систем водоснабжения [Текст]: / Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1984. – 216 с.
3. Ильин, Ю.А. Расчет надежности подачи воды / Ю.А. Ильин. – М.: Стройиздат, 1987. – 320 с.
4. Найманов, А.Я. Расчет показателей надежности водопроводных насосных станций / А.Я. Найманов, Ю.В. Гостева // Науковий вісник будівництва. Зб наук. праць. – Харків. – 2012. – Вип. 70 – С. 307-312.
5. Новохатній, В.Г. Принципи оцінювання надійності систем виробничого водопостачання / В.Г. Новохатній, С.О. Костенко // Науковий вісник будівництва. Зб. наук. праць. – Харків. – 2012. – Вип. 70 – С. 252-255.
6. Николенко И.В. Определение периода гарантированной безотказной работы гидравлической схемы на основе эксплуатационных показателей надежности насосных агрегатов. Часть 1. Анализ эксплуатационных отказов насосных агрегатов и определение их показателей надежности / И.В. Николенко, Е.Е. Котовская, А.О. Будчаний // Строительство и техногенная безопасность. – 2021, № 21 (73). – с. 115-133.
7. Проников А.С. Надежность машин / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
8. Беляев Ю.К. Надежность технических систем / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
9. Венцель Е.С. Теория вероятностей: учебник / Е.С. Венцель. – М.: Кнорус, 2010. – 658 с.
10. Сырицин Т.А. Надежность гидро- и пневмопривода / Т.А. Сырицин. – М.: Машиностроение, 1981. – 216 с.
11. Прейсман, В.И. Основы надежности сельскохозяйственной техники / В.И. Прейсман – К.: Вища школа, 1988. – 247 с.
12. СП 31.13330.2012. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*. – Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012. – 124 с.

REFERENCES:

1. Ilyin, Yu. A. Reliability of water supply facilities and equipment / Yu. A. Ilyin. - M.: Stroyizdat, 1985. - 240 p.
2. Abramov, N. N. Reliability of water supply systems / N. N. Abramov. - M.: Stroyizdat, 1984 - 216 p.

3. Ilyin, Yu.A. Calculation of the reliability of water supply / Yu.A. Ilyin. – M.: Stroyizdat, 1987 – 320 p.
4. Naimanov, A.Ya. Calculation of reliability indicators of water pumping stations / A.Ya. Naimanov, Yu.V. Gosteva // Naukoviy visnik budivnitstva. Zb of Sciences. prats. – Harkiv. – 2012. – V.70. – Pp. 307-312.
5. Novokhatny, V.G. Principi otsinyuvannya nadiynosti sistemy virobничого vodopostachannya / V. G. Novokhatny, S.O. Kostenko // Naukoviy visnik budivnitstva. Zb.nauk. prats. – Harkiv. – 2012. – V.70. – Pp. 252-255.
6. Nikolenko I.V. Determination of the period of guaranteed trouble-free operation of the hydraulic circuit based on operational reliability indicators of pumping units. Part 1. Analysis of operational failures of pumping units and determination of their reliability indicators / I.V. Nikolenko, E.E. Kotovskaya, A.O. Budchany // Construction and technogenic safety. – 2021, № 21(73). – p. 115-133.
7. Pronikov A.S. Reliability of machines / A.S. Pronnikov. – M.: Mashinostroenie, 1978. – 592 p.
8. Belyaev Yu.K. Reliability of technical systems / Yu.K. Belyaev, V.A. Bogatyrev, V.V. Bolotin. – M.: Radio and Communications, 1985. – 608 p.
9. Wentzel E.S. Probability theory: textbook [Text]:/. E.S. Wentzel. – M.: Knorus, 2010. – 658 p.
10. Syritsin T.A. Reliability of hydro-and pneumatic drive /. T.A. Syritsin. – M.: Mashinostroenie, 1981 – - 216 p.
11. Preisman, V.I. Fundamentals of reliability of agricultural machinery / V.I. Preisman. – K.: Vishcha shkola, 1988. – 247 p.
12. SP 31.13330.2012. A set of rules. Water supply. Outdoor networks and structures. Updated version of SNiP 2.04.02-84*. – Introduction. 2013-01-01. – M.: Ministry of Regional Development of Russia, 2012. – 124 p.

DETERMINATION OF THE PERIOD OF GUARANTEED RELIABILITY OPERATION OF THE HYDRAULIC CIRCUIT BASED ON THE OPERATIONAL RELIABILITY INDICATORS OF PUMPING UNITS

PART 2. Calculation of the period of reliability operation of the hydraulic circuit of the water supply system according to the operational reliability indicators of modern pumping equipment

Nikolenko I.V.¹, Kotovskaya E.E.¹, Budchany A.O.²

¹V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295007, Simferopol, Prospect Academic Vernadsky 4, Russia
²LLC "H2O-Crimea"

Annotation. The article presents approaches to assessing the reliability of technical systems in the design. It is shown that at the design stage, the period of normal operation is considered, in which a constant failure rate of the system is provided, for which the most accurate mathematical model is the exponential law of failure distribution. In the first part of this article, the values of the failure rate for four types of pumps supplied to the Republic of Crimea are determined on the basis of statistical processing of data on their operation. The obtained values of the failure rate allowed us to evaluate the reliability indicators of the hydraulic circuit, in which various types of such pumping equipment are used. The calculation of the period of trouble-free operation of the hydraulic circuit for the water supply system of the safari park "Taigan" was performed. The analysis of the obtained calculation results is carried out, as well as recommendations for increasing the reliability of the hydraulic circuit are given.

The subject of the study. Regularities of changes in reliability indicators during the life cycle of technical systems, as well as mathematical models of failure distribution for different periods of their operation. The dependence between the main quantitative characteristics of reliability for the period of normal operation, which is taken as a mathematical model of the exponential law of the distribution of failures.

Materials and methods of research. The values of reliability indicators for four types of pumping equipment based on the processing of operation data by methods of mathematical statistics. Analysis and development of recommendations for the design of a hydraulic scheme of a water supply system taking into account reliability indicators based on the application of probability theory dependencies for the exponential law of failure distribution

Results. The period of guaranteed trouble-free operation of the hydraulic scheme of the projected water supply system is determined on the basis of operational reliability indicators of pumping units. Improving the efficiency of hydraulic circuits of water supply and sanitation systems by identifying real reliability indicators.

Conclusions. Based on the results of the performed calculation of the hydraulic scheme of the projected water supply system, an assessment of the period of guaranteed trouble-free operation of the entire hydraulic scheme and its components was made, and proposals were also made to improve the reliability of the considered water supply system.

Key words: technical system, failure, probability, operating time for failure, reliability, failure rate, hydraulic circuit, quantitative assessment, confidence interval, redundancy.

УДК 620.92 DOI: 10.37279/2413-1873-2021-22-91-100

ТЕХНИКА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ГИБРИДНОЙ СОЛНЕЧНО-ВЕТРО-ДИЗЕЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Абдали Л. М.¹, Али К.А.², Кувшинов В.В.³, Бекиров Э.А.⁴, Коровкин Н. В.⁵

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, РФ, laith_2210@yahoo.com

²ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» Институт энергетики г. Санкт-Петербург, РФ, qaysadnanali153@gmail.com

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, ул. Курчатова, 7, г. Севастополь, РФ, 299015, kuvshinov.vladimir@gmail.com

⁴ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. Вернадского», Физико-технический институт, г. Симферополь, РФ, bekirov.e.a@cfuv.ru

⁵ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» Институт энергетики г. Санкт-Петербург, РФ, Nikolay.korovken@gmail.com

Аннотация: Использование возобновляемых источников энергии играет незаменимую роль в отдаленных районах, где электросеть недоступна. Фотоэлектрическое преобразование энергии (ФЭ) и преобразование энергии ветра основные виды используемых возобновляемых источников энергии. Гибридные системы считаются наиболее эффективным решением для удаленных районов, не подключенных к централизованной энергосети.

Возобновляемая энергия привлекает внимание исследователей во всем мире. Основная задача состоит в том, чтобы объединить различные существующие источники в единую модель, чтобы извлечь пользу каждого из них, одновременно дополняя недостатки друг друга. Возможности управления комбинированными гибридными системами на основе возобновляемых источников энергии в настоящий момент досконально не изучены. Для увеличения выработки электрической энергии и снижения потерь при работе этих систем необходимо проводить исследования, направленные на улучшение взаимодействий отдельных узлов предложенных систем генерации и улучшение методик расчетов гибридных энергетических установок. Комплексное использование систем солнечной и ветровой генерации способно значительно улучшить энергетические характеристики и увеличить выработку электрической энергии.

В этой работе предлагается метод интеграции солнечной фотоэлектрической системы, ветряной турбины и дизельного генератора, подключенных к нагрузке. К системе также подключается дополнительная нагрузка для поглощения избыточной мощности. Модель гибридной системы была разработана в MATLAB/Simulink. Был разработан контроллер на основе системы адаптивного нейро-нечеткого вывода, и система проанализирована с точки зрения выработки и потребления энергии. Полученные результаты показывают степень увеличения надежности и стабильности работы системы.

Предмет исследования. Анализ технического оборудования для производства энергии и управления гибридной энергетической системой.

Материалы и методы. В данной статье выполняется моделирование гибридной системы, состоящей из солнечной фотоэлектрической системы, ветряного генератора, дизельного генератора и нагрузки потребителя. Был разработан контроллер на основе системы адаптивного нейро-нечеткого вывода, и система проанализирована с точки зрения выработки и потребления энергии.

Результаты. Был разработан контроллер на основе системы адаптивного нейро-нечеткого вывода. Результаты были обнадеживающими при анализе предложенной гибридной системы с точки зрения производства и потребления энергии.

Выводы. По результатам можно сделать вывод, что эффективность гибридных установок с аналогичными программными блоками Simulink может быть увеличена. В исследованиях приоритет отдается возобновляемым источникам энергии для выработки электроэнергии, тогда как дизельный генератор работает в случае дефицита электроэнергии, то есть при увеличении нагрузки для получения баланса энергии.

Ключевые слова: солнечно-ветровая система, дизельная электрическая установка, система управления, фотоэлектрическая панель, ветряная турбина, гибридное производство энергии, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), компьютерное моделирование

ВВЕДЕНИЕ

В отдаленных районах, таких как острова, горы и пустыни, выработку электрической энергии обычно обеспечивают генераторы, потребляющие ископаемое топливо. В большинстве случаев производство электроэнергии с использованием ископаемого топлива является относительно дорогим и сопряжено с выделением значительного количества CO₂ и иных загрязняющих окружающую среду веществ, в то время как транспортировка и

хранение такого топлива в отдаленные районы также сопряжена с рядом трудностей [1]. Гибридные системы на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), включающие источники солнечной и ветровой энергии, предлагают новые решения для удаленных районов вне энергосистемы и обеспечивают значительное снижение выбросов [2-4].

Хотя эти источники энергии в соответствующей комбинации, используют сильные стороны одного для компенсации слабых сторон другого, они могут вызвать ненадежное энергоснабжение из-за

непредсказуемых погодных и климатических изменений. Таким образом, для решения проблемы надежных автономных систем выработки электроэнергии гибридные системы, состоящие из обычных генераторов и возобновляемых источников энергии, привлекают внимание производителей энергии и теперь широко используются для обеспечения электроэнергией отдаленных районов [5].

Одним из важных вопросов для гибридных систем генерации энергии является оптимизация размера компонентов для оптимального набора автономных ветряных и фотоэлектрических систем, оптимальное количество и тип блоков было определено путем минимизации общей стоимости системы, для обеспечения их экономичности и экологичности [6]. Также были предложены различные подходы для оптимизации размеров гибридных систем выработки электроэнергии. Гибридная ветровая и фотоэлектрическая система генерирования энергии обычно разрабатывалась как автономная или подключенная к сети. Оптимальное сочетание ветровой и фотоэлектрической генерации в сочетании с аккумулятором было использовано для удовлетворения годовой нагрузки [7-9]. В соответствии с различными сценариями энергопотребления было проведено экономическое обоснование использования ВИЭ по сравнению со строительством ЛЭП от ближайшей подстанции для снабжения мощностью нагрузки [10].

Что касается оптимального размера автономных ветряных и фотоэлектрических систем, оптимальное количество и тип блоков было определено путем минимизации общей стоимости системы за 20 лет при ограничении требований к энергии нагрузки [11]. Следует отметить, что минимизация функции стоимости проводилась с использованием специальных алгоритмов, которые позволяют достичь почти оптимального или хорошего решения при относительной простоте вычислений [12,13]. Для других алгоритмов оптимизации размера для аналогичных гибридных систем выработки электроэнергии алгоритм оптимизации роя частиц с точки зрения скорости и сходимости к хорошему решению превосходил традиционно генетические алгоритмы, которые использовались в литературе [14], при этом был использован алгоритм моделирования отжига для минимизации общей стоимости гибридной энергетической системы, которая позволила получить лучшие результаты, чем методология поверхности отклика [15-17]. На рисунке 1 приведена схема гибридной системы возобновляемых источников энергии.

В данной работе было выполнено моделирование и симуляция гибридной системы, состоящей из солнечной фотоэлектрической системы, ветряного генератора, дизельного генератора и нагрузки потребителя. Был разработан контроллер на основе системы адаптивного нейронечеткого вывода, и система проанализирована с точки зрения выработки и потребления энергии.

Предлагаемый метод обеспечивает надежность и точность управления.

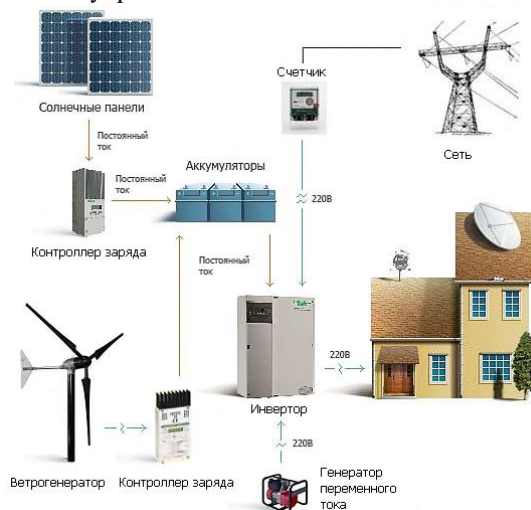


Рис. 1. Принципиальная схема автономной гибридной системы возобновляемой энергии PV / ветер / дизель [18].

Fig. 1. Schematic diagram of an autonomous hybrid renewable energy PV / wind / diesel system [18].

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ

Конфигурация, используемая в этой работе, состоит из ветроэнергетических и фотоэлектрических подсистем, дизельного генератора, аккумуляторной батареи, контроллера заряда, двунаправленного преобразователя, а также основной и фиктивной нагрузки, как показано на рис. 1. Отправка этой конфигурации осуществляется легко доступным способом, поскольку основная нагрузка подается в основном от ветряных турбин и фотоэлектрической батареи через двунаправленный преобразователь. Избыточная мощность от подсистемы энергии ветра и / или подсистемы фотоэлектрической энергии сверх потребности нагрузки сохраняется в блоке батарей до тех пор, пока батареи не будут полностью заряжены. Если аккумуляторная батарея заполнена, избыточная мощность (т.е. фиктивная мощность) будет использоваться для питания определенных специальных нагрузок, таких как нагрузки для охлаждения и обогрева, перекачивания воды и зарядка батарей аварийного освещения. Когда требуемая мощность превышает генерируемую мощность, недостаточная мощность будет компенсироваться батареями до тех пор, пока они не достигнут состояния заряда. Когда аккумуляторная батарея разряжена и гибридные системы возобновляемой энергии не могут удовлетворить потребность в нагрузке, используется дизельный генератор. Для обеспечения хорошей производительности гибридных систем возобновляемой энергии [19].

I. Ветряная турбина

В данном исследовании была выбрана ветряная турбина. Номинальная мощность турбины 210 кВт при скорости ветра 12 м/с. В таблице 1 выделены проектные характеристики этого компонента. Приведены минимальная и максимальная скорость ветра для работы ветряной турбины, срок ее службы и другие параметры. Кривая мощности на рис. 2 описывает количество мощности, производимой турбиной, как функцию скорости ветра на высоте ступицы. Выходная мощность ветряной турбины сильно зависит от скорости ветра. Для расчета энергии, производимой ветряной турбиной, применялись различные модели. В этой работе была выбрана квадратичная модель, проиллюстрированная формулой (1).

$$P_w(V_v) = \begin{cases} P_n & V_d < V_v < V_n \\ P_n & V_n \leq V_v \leq V_c \\ 0 & V_v \leq V_d \text{ et } V_v \geq V_c \end{cases} \quad (1)$$

где P_w – мощность, вырабатываемая ветряной турбиной, P_n – номинальная мощность, V_d – скорость ветра при включении, V_n – номинальная скорость ветра, а V_c – скорость ветра при отключении. Регулировка профиля ветра по высоте учитывается с помощью степенного закона, который является полезным инструментом для моделирования вертикального профиля скорости ветра. Модель, которая проиллюстрирована в формуле. (2) используется для оценки скорости ветра [20,21].

$$V(H) = V(H_m) \left(\frac{H}{H_m} \right)^\sigma \quad (2)$$

где $V(H)$ – скорость ветра, измеренная на высоте ступицы H_m , $V(H_m)$ – скорость ветра, измеренная на исходной высоте H_m , и σ – коэффициент степенного закона распределения скорости ветра.

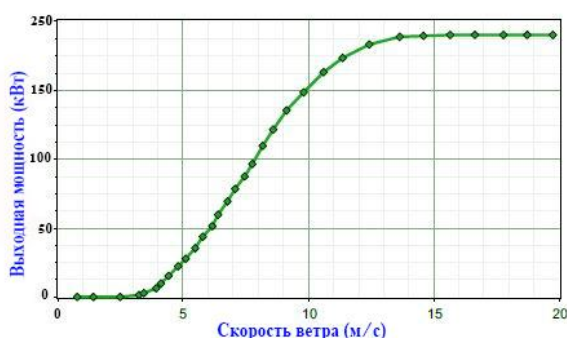


Рис. 2. Заводские характеристики ветротурбины.
Fig. 2. The manufacturer properties of the wind turbine.

II. Фотоэлектрические модули

Выходная мощность фотоэлектрической подсистемы может быть определена по солнечному излучению, падающему на наклонную поверхность, данным производителя фотоэлектрических модулей и температуре окружающей среды как: [22]

$$P_{PV} = H_t PVA \mu_c(t) \quad (3)$$

где H_t – излучение, падающее на наклонную поверхность, PVA – это общая площадь солнечных элементов, а $\mu_c(t)$ – мгновенная эффективность генерации фотоэлектрических модулей, $\mu_c(t)$ можно получить через температуру ячейки как:

$$\mu_c(t) = \mu_{cr} [1 - \beta_t(T_c(t) - T_{cr})] \quad (4)$$

здесь β_t – температурный коэффициент в диапазоне от 0,004 до 0,006 / $^{\circ}C$ для кремниевых элементов. В данной статье β_t принимается равным 0,004 / $^{\circ}C$. μ_{cr} и T_{cr} – теоретические КПД и температура солнечного элемента соответственно. $T_c(t)$ – мгновенная температура солнечного элемента при температуре окружающей среды [23].

На рис. 3 выделена интенсивность солнечного излучения для лучшего понимания работы и управления гибридной электростанцией.

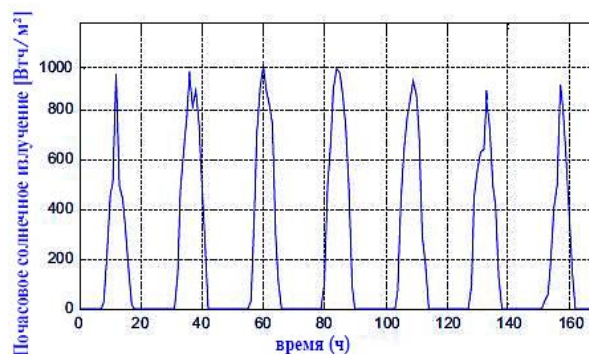


Рис. 3. Данные солнечной радиации за неделю.
Fig. 3. Data of solar radiation for the week.

III. Дизельный генератор

Дизель-генератор включен в качестве резервного источника в гибридные системы возобновляемой энергии для обеспечения дефицита электроэнергии, который не могут обеспечить ветровые, фотоэлектрические подсистемы и аккумуляторы [24].

Дизель-генератор состоит из двух основных частей: генератора и тягового двигателя. Первичный двигатель обеспечивает требуемую мощность с постоянной частотой, а синхронный генератор помогает поддерживать постоянное напряжение при всех условиях нагрузки. Частота поддерживается на постоянном уровне за счет поддержания постоянной скорости ротора с помощью регулятора. Синхронный генератор регулирует ток возбуждения, который, в свою очередь, регулирует выходное напряжение. Изменение частоты указывает баланс активной мощности, поддерживаемый регулятором, а изменение напряжения указывает баланс реактивной мощности, поддерживаемый посредством возбуждения генератора [25].

Проектирование базового контроллера

Система нейро-нечеткого вывода представляет собой графическое сетевое представление систем нечеткого вывода типа Сугено, которые имеют возможности нейронного обучения. Сеть имеет различные узлы с определенными функциями, собранными в слоях. Систему нечеткого вывода можно обучить и настроить с помощью системы нейро-нечеткого вывода. В процессе обучения функции принадлежности оптимизируются на основе входных/выходных данных [26].

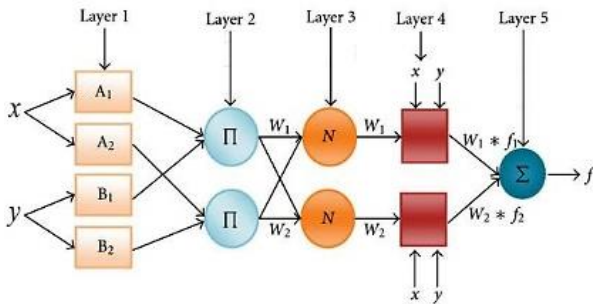


Рис. 4. Принципиальная схема предлагаемой методологии системы нейро-нечеткого вывода

Fig.4. Schematic diagram of the proposed methodology of the neuro-fuzzy inference system

Структура сети системы нейро-нечеткого вывода показана на рис.4. Он обычно состоит из пяти слоев. Для проектирования выход пропорционально-интегрального (PI) контроллера берется в качестве входного обучающего набора данных для системы нейро-нечеткого вывода [27].

Моделирование

Модель гибридной системы разработана и проведено моделирование с помощью MATLAB / Simulink 20a. Контроллер для системы разработан на основе системы адаптивного нейро-нечеткого вывода с помощью наборов инструментов нечеткой логики. Выходная мощность ветряной турбины составляет примерно 225 кВт при скорости ветра 12 м/с, но из-за потерь, возникающих в асинхронной машине, она вырабатывает 205 кВт. Мощность солнечной фотоэлектрической системы зависит от солнечного излучения и температуры (30 °C). Солнечное излучение выбрано как постоянное значение освещенности. Нагрузка удовлетворяется таким образом, чтобы максимальная мощность извлекалась из возобновляемых источников энергии, при этом потреблялась наименьшая мощность из дизельного генератора для поддержания баланса мощности. Дизель-генератор используется для поддержания баланса мощности в случае колебаний нагрузки или во время пикового потребления. Также подключается дополнительная нагрузка для поглощения избыточной мощности в случае, если выработка превышает потребность. Моделирование проводится с целью проверки предложенной модели. Полная модель MATLAB/Simulink показана на рисунке 5.

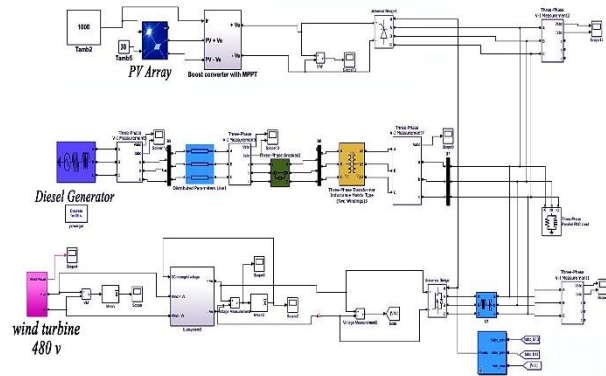


Рис. 5. Предлагаемое моделирование гибридной системы генерации солнечной / ветровой / дизельной энергии в Matlab

Fig.5. The proposed simulation model of the solar/wind/diesel hybrid power generation system in Matlab

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Постоянная нагрузка в гибридной системе

На рис. 6 показана мощность, вырабатываемая системой ветряной турбины при подключении постоянной нагрузки 500 кВт. При первоначальном запуске ветряного генератора в системе возникают колебания. В момент времени $t = 0,3$ система переходит в установившееся состояние и вырабатывает номинальную мощность, то есть 205 кВт. На рисунке 7 показана мощность, вырабатываемая солнечной фотоэлектрической системой. Фотоэлектрическая система вырабатывает 270 кВт. На рис.8 показана мощность, вырабатываемая дизельным генератором. При внезапном приложении нагрузки дизель сначала вырабатывает больше мощности, но после $t = 0,2$ с система подает в систему мощность 55 кВт. Таким образом, генерация из всех трех источников удовлетворяет потребность в нагрузке. Избыточная мощность потребляется дополнительной нагрузкой, таким образом, сохраняется баланс сил. Частота колеблется от 50,4 Гц до 49,8 Гц и стабилизируется до 50 Гц через $t = 0,3$ с, как показано на рисунке 9.

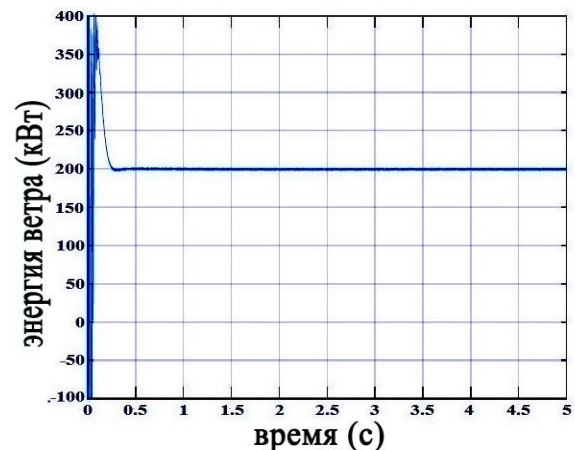


Рис. 6. Результаты моделирования ветровой энергии, вырабатываемой системой ветряных турбин.

Fig.6. Simulation results for wind power generated by the wind turbine system.

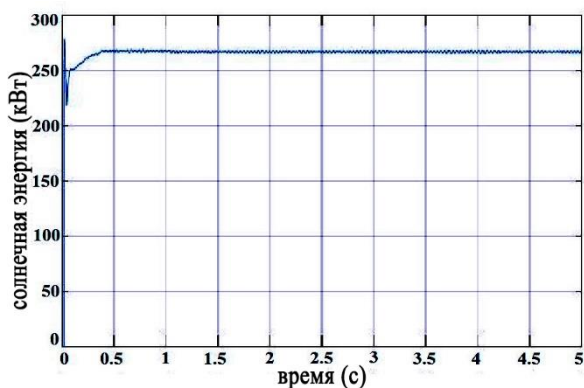


Рис. 7. Результаты моделирования солнечной энергии, вырабатываемой фотоэлектрической системой
Fig.7. Simulation results for solar Power generated by the PV system

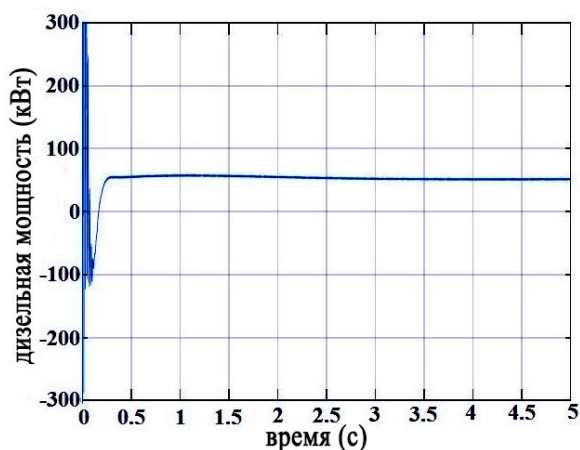


Рис. 8. Результаты моделирования мощности, вырабатываемой системой дизель-генератора.
Fig.8. Simulation results for power generated by the diesel generator system

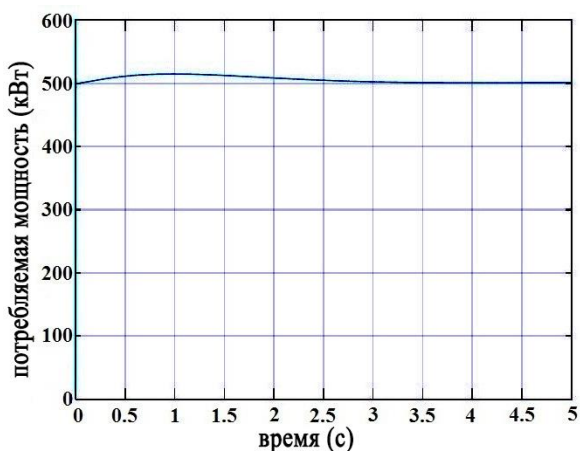


Рис. 9. Результаты моделирования потребляемой мощности от нагрузки (кВт).
Fig.9. The simulation results for the consumed Power from load (kW).

При изменении нагрузки в гибридной системе

На рис.10 показана мощность, вырабатываемая ветряной турбиной. При $t = 2,1$ с к системе добавляется дополнительная нагрузка в 100 кВт, то есть общая нагрузка, подключенная к системе, теперь увеличивается до 600 кВт.

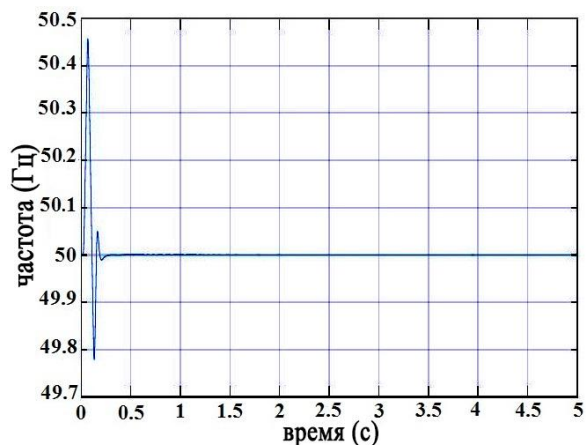


Рис. 10. Результаты моделирования потребляемой мощности от нагрузки (кВт).
Fig.10. The simulation results for the consumed Power from load (kW).

Генератор ветряной турбины, солнечная фотоэлектрическая система и дизельный генератор вырабатывают энергию таким образом, что вырабатываемая мощность равна потребляемой мощности. Во время резкого увеличения или уменьшения нагрузки дизельный генератор действует как резервный источник питания и обеспечивает недостающую мощность. Формы сигналов генерируемой и подаваемой мощности показаны на рисунках с 11 по 14.

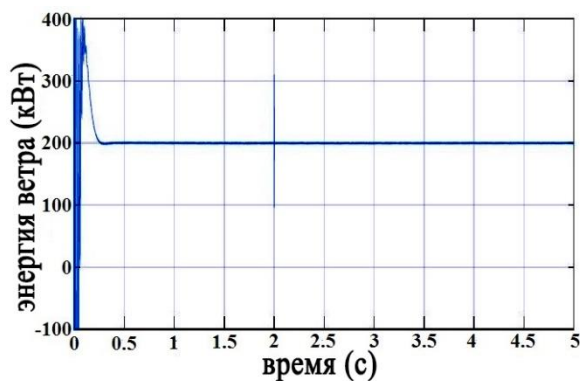


Рис. 11. Результаты моделирования ветровой энергии, вырабатываемой системой ветряных турбин при возрастании нагрузки.
Fig.11. Simulation results for wind power generated by the wind turbine system during rising load.

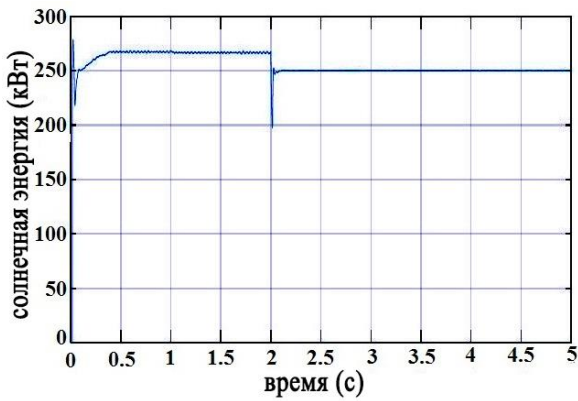


Рис. 12. Результаты моделирования солнечной энергии, вырабатываемой фотоэлектрической системой во время роста нагрузки.

Fig.12. Simulation results for solar Power generated by the PV system during rising load.

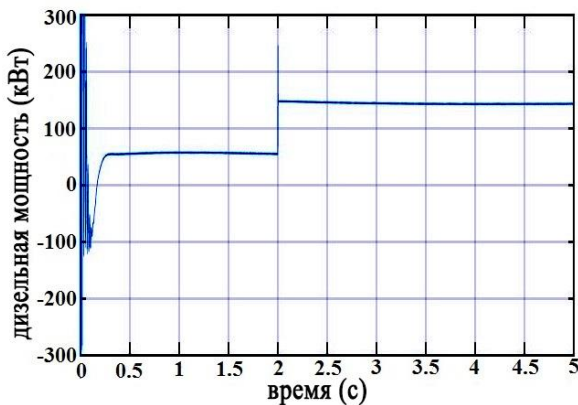


Рис. 13. Результаты моделирования мощности, вырабатываемой системой дизель-генератора при возрастании нагрузки.

Fig.13. Simulation results for power generated by the diesel generator system during rising load

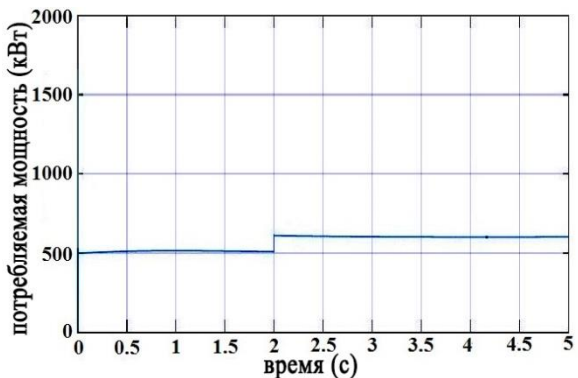


Рис. 14. результаты моделирования потребляемой мощности от нагрузки (кВт).

Fig.14. the simulation results for the consumed Power from load (kW).

Производство энергии каждым компонентом показано на рис 15. Наблюдается равномерная нагрузка около 510 кВт ч в месяц. Основная часть этого количества (около 465 кВт ч) обеспечивается возобновляемой системой, включая

фотоэлектрическую и ветровую. Средняя доля электроэнергии от каждого компонента гибридной электростанции выделена на рис. 15. Ожидается, что фотоэлектрическая энергия обеспечит около (49,9%), в то время как ветряная турбина занимает второе место с (39,1%). Дизель-генератор используется только для восполнения дефицита мощности. Поэтому доля электроэнергии в нем не превышает 11%. Это означает, что гибридная система экономит около 89% ископаемого топлива. Таковую же долю составляет сокращение выбросов парниковых газов, а также при увеличении нагрузки в системе дизель-генератор будет компенсировать нехватку производимой энергии.

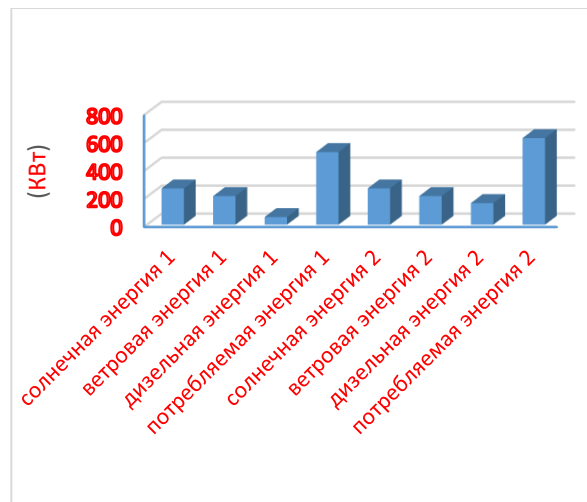


Рис. 15. Производство энергии каждой частью гибридной системы по сравнению с потреблением энергии.

Fig.15. The amount of energy produced by each component of the hybrid system vs. the amount of energy consumed.

Можно повысить надежность системы, используя аккумулятор. В работе также анализируется аккумуляторный блок. На рис. 16 и рис.17 представлено состояние заряда аккумулятора. Рис. 16 иллюстрирует нагрузку батареи в течение года. Состояние заряда батареи через неделю показано на рис. 17. Было замечено, что цикл заряда-разряда относительно невелик из-за дизельного генератора, и это увеличивает срок службы батареи.

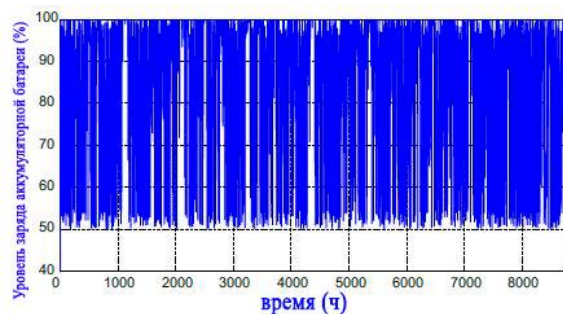


Рис. 16. Результат зарядки аккумулятора через год.

Fig.16. The result of a charge of the battery through a year

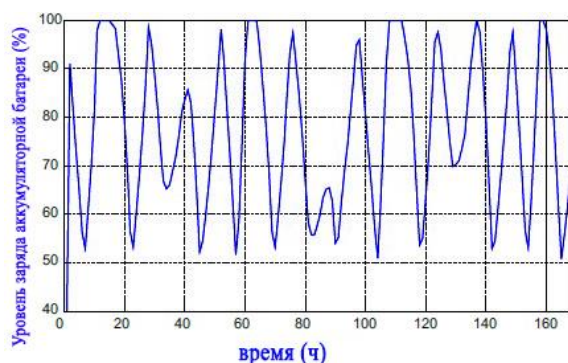


Рис. 17. Результат зарядки аккумулятора через неделю
Fig.17. The result of a charge of the battery through a week

ВЫВОДЫ

Возобновляемые источники энергии представляют собой экологически чистые источники энергии, и их интеграция сокращает использование традиционных ископаемых топлив, таких как дизельные генераторы, что приводит к снижению затрат на топливо и выбросов углерода. В этой статье представлена интеграция систем солнечных и ветряных турбин вместе с дизельным генератором в качестве резервного источника питания. Был разработан контроллер на основе системы адаптивного нейро-нечеткого вывода, и производительность системы проанализирована с точки зрения баланса мощности и стабильности с учетом постоянной нагрузки и переменных нагрузок. Чтобы удовлетворить спрос на нагрузку, приоритет отдается возобновляемым источникам генерации, а дизельный генератор работает только для обеспечения дефицитной мощности для поддержания баланса мощности. Кроме того, в систему можно включить аккумуляторную батарею. Батарея заряжается избыточной мощностью, когда генерация превышает потребность в нагрузке, и подает энергию обратно в систему в случае высокой потребности в нагрузке. Это также помогает уменьшить переходные процессы напряжения.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке внутреннего гранта ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» № 27/06–31.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ производительности гибридных фото-ветроэлектрических установок / Абд Али, Лаит Мохаммед А., Ф.М. Аль-Руфай, Б.А. Якимович, В.В. Кувшинов // Энергетические установки и технологии. 2019. Т. 5, № 2. С. 61–68.
2. Абдали Л.М. Анализ и моделирование автономной фотоэлектрической системы с использованием среды matlab/simulink / Л.М. Абдали, Х.А. Исса, К.А. Али, В.В. Кувшинов, Э.А. Бекиров // Строительство и техногенная

безопасность. – 2021. – № 21(73). – с.97-105. – DOI: <https://doi.org/10.37279/2413-1873-2021-21-97-105>.

3. Абдали Л.М., Аль-Руфай Ф.М., Якимович Б.А., Кувшинов В.В., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д. Комбинированная энергетическая установки для преобразования солнечной и ветровой энергии. международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2020» – Севастополь: СевГУ, 2020. С.21-28.

4. Интеллектуальная система управления, используемая при работе ветроэлектрических установок /Л.М. Абдали, Ф.М. Аль-Руфай, Б.А. Якимович, В.В. Кувшинов // Вестник ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова. 2021. Т. 24, № 1. С.102–112. DOI: 10.22213/2413-1172-2021-1-102-112

5. Абд Али Лаит Мохаммед, Хайдер Абдулсахиб Исса. Разработка элементов Smart Grid для оптимизации режимов районных сетей // Молодой ученый. 2014. № 8. С. 117–120.

6. Kuvshinov V.V., Abdali L.M., Kakushina E.G. Studies of the PV Array Characteristics with Changing Array Surface Irradiance. Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 223-228. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040054>.

7. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A. Lyamina, N.V. Some Results of a Study of Wave Energy Converters at Sevastopol State University. Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 256-259. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040029>.

8. Vologdin S.V., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Analysis of Various Energy Supply Scenarios of Crimea with Allowance for Operating Modes of Solar Power Planta. Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 229-234. <https://doi.org/10.3103/S0003701X1904008X>.

9. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. An Offshore Wind-Power-Based Water Desalination Complex as a Response to an Emergency in Water Supply to Northern Crimea. Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 260-264. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040030>.

10. Guryev V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. Improvement of Methods for Predicting the Generation Capacity of Solar Power Plants: the Case of the Power Systems in the Republic of Crimea and City of Sevastopol. Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 242-246. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040042>.

11. Ahmed Mommmed H., Anssari M.O.H., Abd Ali L.M. Electricity generation by using a hybrid system (photovoltaic and fuel cell). J. Eng. Appl. Sci., 2019, no. 14, pp. 4414-4418. doi.org/10.3923/jeasci.2019.4414.4418.

12. Layth Mohammed Abd Ali, Haider Ahmed Mommmed and HusamAbdulhuseinWahhab. A Novel Design of 7-Level Diode Clamped Inverter. Journal of Engineering and Applied Sciences, 2019, no. 14, pp. 3666-3673. doi.org/10.36478/jeasci.2019.3666.3673.

13. Kuvshinov V.V., Kolomiychenko V.P., Kakushkina E.G. Storage System for Solar Plants. Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 153-158. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19030046>.

14. Kuznetsov, N. P., Abd Ali, M.L., Kuvshinov, V.V., Issa, A.H., Mohammed, J.H., & Al-bairmani, G.A. Investigation of the losses of photovoltaic solar systems during operation under partial shading. *Journal of Applied Engineering Science*, 2020, Vol. 18, No.3, pp. 313 - 320. Doi :10.5937/jaes18-24460.

15. Abd Ali, L.M., Al-Rufae, F.M., Kuvshinov, V.V. et al. Study of Hybrid Wind–Solar Systems for the Iraq Energy Complex. *Appl. Sol. Energy*, 2020, vol. 56, no. 4, pp. 284–290. <https://doi.org/10.3103/S0003701X20040027>.

16. Кувшинов, В., Абдали, Л., Морозова, Н., Крит, Б., Аль-Руфай, Ф., & Исса, Х. (2021). Экспериментальные исследования приемных поверхностей плоских солнечных коллекторов. *Электронная обработка материалов*, 57(1), 75-81. DOI: 10.5281/zenodo.4456690

17. Оценка потенциала ветроэнергетических ресурсов на юге Ирака / Ф.М. Аль-Руфай, Л.М. Абдали, В.В. Кувшинов, Б.А. Якимович // *Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова*. 2020. Т. 23, № 3. С. 105–113. DOI: 10.22213/2413-1172-2020-3-105-113.

18. Abd Ali L.M., Ahmed Mohammed H., Anssari M.O.H. Modeling and simulation of tidal energy. *J. Eng. Appl. Sci.*, 2019, no. 14, pp. 3698-3706. DOI: 10.36478/jeasci.2019.3698.3706

19. Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д., Якимович Б.А., Моделирование и контроль энергии ветра, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", - Томск: ТПУ, 22–24 апреля 2020 г., с. 14-19.

20. Абдали Л.М. Моделирование параметров управления интегрированной системой солнечной генерации и накопления энергии / Л.М. Абдали, В.В. Кувшинов, Э.А. Бекиров, Ф.М. Аль-Руфай // *Строительство и техногенная безопасность*. – 2020. – № 18(70). – с.133-142. – DOI: 10.37279/2413-1873-2020-18-133-142.

21. Issa H.A., Mohammed H.J., Abdali L.M., Al Bairmani A.G., Ghachim M. Mathematical Modeling and Controller for PV System by Using TMMT Algorithm. *Vestnik IzGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2021, vol. 24, no. 1, pp. 96-101. DOI: 10.22213/2413-1172-2021-1-96-101

22. Belkaid, A.; Colak, I.; Kayisli, K. Implementation of a modified P&O-TMMT algorithm adapted for varying solar radiation conditions. *Electr. Eng.* 2017, 99, pp. 839–846.

23. Оптимизация аккумулирования энергии в гибридных системах ветроэнергетики и фотовольтаики / Л. М. Абдали, Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов // *Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова*. 2020. Т. 23, № 2. С. 100–108. doi: 10.22213/2413-1172-2020-2-100-108.

24. Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Мохаммед Х.Д., Якимович Б.А., Кувшинов В.В. Моделирование гибридной фото-ветроэнергетической системы с сетевым подключением. В сборнике: *Возобновляемые источники энергии. Материалы Всероссийской*

научной конференции с международным участием и XII научной молодежной школы, 2020, С. 117-128.

25. Исса Х.А., Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф.М., Мансор М.Ф., Мохаммед Х.Д., Моделирование фотоэлектрического модуля с помощью программы matlab, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", Томск: ТПУ, 22-24 апреля 2020, с.116-122.

26. Мохаммед, Х. Д., Абдали, Л.М., Исса, Х.А., Аль-Руфай, Ф.М., Разработка обобщенной фотоэлектрической Модель с MATLAB использованием, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", Томск: ТПУ, 22-24 апреля 2020, С.166-172.

27. Javed, K.; Ashfaq, H.; Singh, R. A new simple TMMT algorithm to track TMM under partial shading for solar photovoltaic systems. *Int. J. Green Energy* 2020, 17, 48–61.

References

1. AbdAli Laith Mohammed A., Al-Rufae F.M., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. [Performance Analysis of Hybrid Photo-Wind Turbines]. *Energeticheskiyeustanovki i tekhnologii*, 2019, vol. 5, no. 2, pp. 61-68 (in Russ.).

2. Abdali L.M. ANALYSIS AND SIMULATION OFF-GRID PV PANELS BY USING MATLAB / SIMULINK ENVIRONMENT / L.M. Abdali, H.A. Issa, Q.A. Ali, V.V. Kuvshinov, E.A. Bekirov // *Construction and industrial safety*. – 2021. – № 21(73). – Pp.97-105. DOI: <https://doi.org/10.37279/2413-1873-2021-21-97-105>.

3. Abdali L.M., Al-Rufai F.M., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V., Issah.A., Mohammed h.D. [The generation power plant by using the combined of solar and wind power]. *mezhdunarodnoynauchno-prakticheskoykonferentsii «Ekologicheskaya, promyshlennaya i energeticheskayabezopasnost' – 2020» – Sevastopol': SevGU*, 2020. pp. 21-28(in Russ.).

4. Abdali L.M., Al-Rufae F.M., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Smart Control System for the Wind Energy Networks // *Vestnik IzGTU imeni M.T. Kalasnikova*. – 2021. – Vol. 24. – N. 1 – Pp. 102-112. doi: 10.22213/2413-1172-2021-1-102-112

5. Abd Ali Laith Mokhammed, KhayderAbdulsakhilIssa. [Development of Smart Grid elements for optimizing regional network modes]. *Molodoyuchenyy*, 2014, vol. 8, pp. 117-120 (in Russ.).

6. Kuvshinov V.V., Abd Ali L.M., Kakushina E.G. Studies of the PV Array Characteristics with Changing Array Surface Irradiance. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 223-228. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040054>.

7. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A. Lyamina, N.V. Some Results of a Study of Wave Energy Converters at Sevastopol State University. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 256-259. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040029>.

8. Vologdin S.V., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Analysis of Various Energy Supply Scenarios of Crimea with Allowance for Operating Modes of Solar Power Planta. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 229-234. <https://doi.org/10.3103/S0003701X1904008X>.
9. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. An Offshore Wind-Power-Based Water Desalination Complex as a Response to an Emergency in Water Supply to Northern Crimea. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, No. 4, Pp. 260-264. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040030>.
10. Guryev V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. Improvement of Methods for Predicting the Generation Capacity of Solar Power Plants: the Case of the Power Systems in the Republic of Crimea and City of Sevastopol. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, Pp. 242-246. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040042>.
11. Ahmed Mohammed H., Anssari M.O.H., Abd Ali L.M. Electricity generation by using a hybrid system (photovoltaic and fuel cell). *J. Eng. Appl. Sci.*, 2019, No. 14, Pp. 4414-4418. doi.org/10.3923/jeasci.2019.4414.4418.
12. Layth Mohammed Abd Ali, Haider Ahmed Mohammed and HusamAbdulhuseinWahhab. A Novel Design of 7-Level Diode Clamped Inverter. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2019, no. 14, pp. 3666-3673. doi.org/10.36478/jeasci.2019.3666.3673.
13. Kuvshinov V.V., Kolomiychenko V.P., Kakushkina E.G. Storage System for Solar Plants. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 153-158. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19030046>.
14. Kuznetsov, N.P., Abd Ali, M.L., Kuvshinov, V.V., Issa, A.H., Mohammed, J.H., & Al-bairmani, G.A. Investigation of the losses of photovoltaic solar systems during operation under partial shading. *Journal of Applied Engineering Science*, 2020, Vol. 18, No. 3. Pp. 313-320. doi :10.5937/jaes18-24460.
15. Abd Ali, L.M., Al-Rufae, F.M., Kuvshinov, V.V. et al. Study of Hybrid Wind-Solar Systems for the Iraq Energy Complex. *Appl. Sol. Energy*, 2020, vol. 56, no. 4, Pp. 284-290. <https://doi.org/10.3103/S0003701X20040027>.
16. Kuvshinov, V.V., Morozova, N.V., Abd Ali, L.M., Krit, B L., Al-Rufae, F. M., & Issa, H.A. (2021). Experimental studies for the receiving surfaces of solar flat collectors. *Электронная обработка материалов*, 1(57), 75–81. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4456690>
17. Al-Rufae F.M., Abdali L.M., Kuvshinov V.V., Yakimovich B.A. Assessment of the Potential of Wind Energy Resources in Southern Iraq // *Vestnik IzGTU imeni M.T. Kalasnikova*. – 2020. – Vol. 23. – No 3 – Pp. 105-113. doi: 10.22213/2413-1172-2020-3-105-113.
18. Abd Ali L.M., Ahmed Mohammed H., Anssari M.O.H. Modeling and simulation of tidal energy. *J. Eng. Appl. Sci.*, 2019, no. 14, pp. 3698-3706. doi.org/10.3923/jeasci.2019.3698.3706.
19. Abdali L.M., Al-Rufai F.M., IssaKh.A., Mohammed Kh.D., Yakimovich B.A., [Modeling and control of wind energy], X Vserossiyskayanauchno-prakticheskayakonferentsiya "Nauchnayainitsiativainostrannykhstudentov i aspirantovrossiyskikhvuzov", - Tomsk: TPU, April 22-24, 2020, p. 14-19(in Russ.).
20. Abdali L.M. Development of the simulation and control system for an integrated solar energy generation and storage / L.M. Abdali, V.V..Kuvshinov, E.A. Bekirov, F.M. Al-Rufae // *Construction and industrial safety*. – 2020. – № 18(70). – Pp.133-142. – DOI: 10.37279/2413-1873-2020-18-133-142.
21. Fazal, M.R.; Kamran, M.; ul Haq, I.; Abbas, Z.; Ayyaz, M.N.; Mudassar, M. Modified Perturb and Observe TMMT algorithm for partial shading conditions. *Int. J. Renew. Energy Res.*2019, 9,721-731.
22. Belkaid, A.; Colak, I.; Kayisli, K. Implementation of a modified P&O-TMMT algorithm adapted for varying solar radiation conditions. *Electr. Eng.* 2017, 99, 839–846.
23. Abdali L.M., Al-Rufae F.M., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Optimization of Energy Storage in Hybrid Wind and Photovoltaic Energy Systems // *Vestnik IzGTU imeni M.T. Kalashnikova*. – 2020. – Vol.23. – No2. – Pp. 100-108. doi:10.22213/2413-1172-2020-2-100-108.
24. Abdali L.M., Al-Rufai F.M., Mohammed H.D., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Modeling of a hybrid photo-wind power system with a mains connection V sbornike: *Vozobnovlyayemye istochniki energii. Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem i XII nauchnoy molodezhnoy shkoly*, 2020, Pp. 117-128. (in Russ.).
25. Issa H.A., Abdali L.M., Al-Rufai F.M., Mansor M.F., Mohammed H.D., [Modeling a photovoltaic module using the matlab program].X Vserossiyskayanauchno-prakticheskayakonferentsiya "Nauchnayainitsiativainostrannykhstudentov i aspirantovrossiyskikhvuzov", - Tomsk: TPU, April 22-24, 2020, Pp. 116-122 (in Russ.).
26. Mohammed, H.D., Abdali, L.M., Issa, H.A., Al-Rufai, F.M., Development of a Generalized Photoelectric Model with MATLAB.X Vserossiyskayanauchno-prakticheskayakonferentsiya "Nauchnayainitsiativainostrannykhstudentov i aspirantovrossiyskikhvuzov". – Tomsk: TPU, April 22-24, 2020, pp. 166-172 (in Russ.).
27. Javed, K.; Ashfaq, H.; Singh, R. A new simple TMMT algorithm to track TMM under partial shading for solar photovoltaic systems. *Int. J. Green Energy* 2020, 17, 48-61.

THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUE FOR THE ENERGY GENERATION AND ADMINISTRATION OF THE HYBRID SOLAR/WIND/DIESEL POWER SYSTEM

Abdali L. M.¹, Ali Q. A.², Kuvshinov V.V.³, Bekirov E.A.⁴, Korovkin N.V.⁵

¹Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry, 7, Kurchatov Avenue, Sevastopol, 299015, Russia, E-mail: laith_2210@yahoo.com

²Postgraduate student, Institute of Energy of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia, E-mail: qaysadnanali153@gmail.com

³Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry, Kurchatov Avenue, 7, Sevastopol, 299015, Russia, E-mail: kuvshinov.vladimir@gmail.com

⁴Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, 295007, Simferopol, Prospect Academic Vernadsky 4, Russia, bekirov.e.a@cfuv.ru

⁵Postgraduate student, Institute of Energy of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia, E-mail: Nikolay.korovken@gmail.com

Abstract. The use of renewable energy sources plays an irreplaceable role in remote areas where the power grid is not available. Photovoltaic power conversion (PV) and wind power conversion are the main types of renewable energy sources used. Hybrid systems are considered the most efficient solution for remote areas that are not connected to the centralized power grid.

Renewable energy is attracting the attention of researchers around the world. The main challenge is to combine the various existing sources into a single model in order to benefit from each of them, while complementing each other's disadvantages. The possibilities of managing combined hybrid systems based on renewable energy sources are currently not thoroughly studied. To increase the generation of electrical energy and reduce losses during the operation of these systems, it is necessary to conduct research aimed at improving the interactions of individual nodes of the proposed generation systems and improving the calculation methods for hybrid power plants. The integrated use of solar and wind generation systems can significantly improve energy performance and increase the generation of electrical energy.

This paper proposes a method for integrating a solar photovoltaic system, a wind turbine, and a diesel generator connected to a load. An additional load is also connected to the system to absorb excess power. The hybrid system model was developed in MATLAB / Simulink. A controller based on an adaptive neuro-fuzzy inference system was developed and the system analyzed in terms of energy production and consumption. The results obtained show the degree of increase in the reliability and stability of the system.

Subject of study. Analysis of technical equipment for power generation and control of a hybrid energy system.

Materials and methods. This article simulates a hybrid system consisting of a solar PV system, a wind generator, a diesel generator, and a consumer load. A controller based on an adaptive neuro-fuzzy inference system was developed and the system analyzed in terms of energy production and consumption.

Results. A controller was developed based on an adaptive neuro-fuzzy inference system. The results were encouraging when analyzing the proposed hybrid system in terms of energy production and consumption.

Conclusions. Based on the results, it can be concluded that the efficiency of hybrid installations with similar Simulink software blocks can be increased. Research prioritizes renewable energy sources for power generation, while a diesel generator works in the event of a power shortage, that is, when the load is increased to obtain an energy balance.

Key words: solar-wind system, diesel power plant, control system, photovoltaic panel, wind turbine, hybrid energy production, renewable energy sources (RES), simulation model.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ 2-ГО ПОРЯДКА И ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБОЛОЧЕК
ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ИХ ОСНОВЕКонопатский¹ Е.В., Воронова² О.С., Ротков³ С.И., Лагунова⁴ М.В., Бездитный⁵ А.А.

¹ Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, 2, e.v.konopatskiy@mail.ru

² Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, 2, kornilova.oly@mail.ru

³ Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65, rotkov@nngasu.ru

⁴ Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65, mvlmn@mail.ru

⁵ Севастопольский филиал ФГБОУВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», 299053, Россия, г. Севастополь, ул. Вакуленчука, 29, bezdytniy@gmail.com

Аннотация. В работе описан пример моделирования дуги кривой 2-го порядка с помощью инженерного дискриминанта и её аналитическое описание на основе графического алгоритма построения кривой в точечном исчислении. Приведены примеры моделирования поверхностей оболочек инженерных сооружений на эллиптическом и прямоугольном плане, полученные с помощью эллиптических, параболических, гиперболических и круговых образующих. Методы исследований включают геометрические алгоритмы моделирования кривых 2-го порядка, проходящих через 3 наперёд заданные точки и имеющих касательные в начальной и конечной точках, и поверхностей оболочек на их основе. Аналитическое определение дуг кривых и отсеков поверхностей с помощью математического аппарата точечное исчисление в заданной параметризации и с учётом всех наперёд заданных геометрических условий. Такой подход может найти широкое распространение в практике моделирования оболочек инженерных сооружений различного технического назначения. Он позволяет проектировщику подобрать наилучшую кривизну поверхности оболочки, которая будет обладать необходимыми прочностными характеристиками, технической эстетичностью и художественной выразительностью. Также предусмотрена возможность разбиения поверхности оболочки на конечные элементы заданного количества для исследования напряженно-деформированного состояния оболочки под действием различных нагрузок в системах конечно-элементного анализа.

Предмет исследования: методы геометрического моделирования кривых 2-го порядка и поверхностей оболочек по наперед заданным требованиям.

Материалы и методы: методы исследований включают геометрические алгоритмы моделирования кривых 2-го порядка и поверхностей оболочек, аналитическое описание которых выполнено с помощью математического аппарата «Точечное исчисление».

Результаты: разработан математический аппарат определения дуг кривых 2-го порядка с помощью инженерного дискриминанта в точечном исчислении; рассмотрены частные случаи моделирования дуг кривых 2-го порядка и поверхностей оболочек инженерных сооружений на их основе.

Выводы: предложенный подход может найти широкое распространение в практике моделирования оболочек инженерных сооружений различного технического назначения. В частности, как один из эффективных инструментов геометрического и компьютерного моделирования в системах автоматизированного проектирования различного назначения, который позволяет проектировщику подобрать наилучшую кривизну поверхности оболочки, обладающей необходимыми прочностными характеристиками, технической эстетичностью и художественной выразительностью.

Ключевые слова: кривая 2-го порядка, геометрическое моделирование, поверхность оболочки, инженерный дискриминант, параметризация кривой, параметризация поверхности, точечное исчисление.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство из существующих систем автоматизированного проектирования, информационного и твердотельного моделирования имеют ряд ограничений связанных с формообразованием геометрических объектов, которые необходимо определить с нужными значениями кривизны и в нужной параметризации. В большинстве своём они имеют скудный инструментарий формообразующих элементов и геометрических примитивов. Например, даже такие простейшие формообразующие элементы как кривые 2-го порядка, изученные вдоль и поперёк, и аналитически, и геометрически [1-9], реализованы не в полном объёме в системах твердотельного моделирования. В лучшем случае существует

возможность построения эллипса в различных параметризациях. С параболой уже сложнее. А построение дуги гиперболы возможно исключительно с использованием аппроксимации (например, сплайнами). Исключением является лишь система автоматизированного проектирования и расчёта Компас 3D, новые версии которой, содержат инструмент «Коническая кривая». Данный инструмент позволяет строить кривые 2-го порядка, определяя их с помощью инженерного дискриминанта [10]. Что уже говорить о более сложных формообразующих элементах. Например, как реализовать в существующих системах твердотельного моделирования тело с образующей в виде циклоиды? А ведь эта кривая обладает уникальными свойствами, благодаря которым она может использоваться и как

таутохрона, и как брахистохрона. И если аппроксимировать линию циклоиды другими линиями, то, конечно, выглядеть она будет также, но потеряет свои уникальные свойства. В работе [11] приводится другой пример, в котором описано, что для построения, казалось бы, простого и знакомого нашему глазу луковичного купола, который украшает храм Василия Блаженного, кривыми нужной кривизны пришлось разрабатывать целый язык геометрических построений для компьютерной реализации геометрических моделей. Но тогда возникает другая проблема. Даже если использовать дополнительный программный код, написанный, например, на VBA или AutoLISP для AutoCAD, то неминуемо столкнёмся с проблемой графического вывода полученных результатов, которая опять будет сведена к аппроксимации т.к. визуализация других геометрических примитивов просто не предусмотрена функционалом программных продуктов. Если рассматривать задачу с точки зрения дальнейшего использования метода конечных элементов для расчёта твердотельных моделей, то такой подход является вполне оправданным и, в некоторых случаях, даже более удобным. С другой стороны, он совершенно не подходит, если необходимо использовать геометрические свойства модели. И здесь уместно вспомнить, что самым простым из геометрических примитивов является точка. Сама по себе точка не имеет даже размера. Это геометрический аналог

бесконечно малой величины. Однако используя множество точек можно получать геометрические объекты любой степени сложности. Как наш организм состоит из атомов, так и любой геометрический объект, любого пространства, можно описать организованным множеством точек в точечном исчислении [12].

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДУГИ КРИВОЙ 2-ГО ПОРЯДКА С ПОМОЩЬЮ ИНЖЕНЕРНОГО ДИСКРИМИНАНТА

Как известно, кривая 2-го порядка однозначно определяется пятью точками, пятью касательными или комбинациями точек и касательных. Рассмотрим алгоритм построения кривой 2-го порядка с помощью инженерного дискриминанта (рис. 1). В данном случае дуга кривой 2-го порядка проходит через точку A и точку B , также она имеет две касательные в этих точках – AC и BC . Чтобы однозначно определить дугу кривой 2-го порядка зададим ещё одну точку K , через которую она будет проходить. Для удобства точку K будем определять отношением на медиане CO , которое известно под названием инженерного дискриминанта. Исходя из этого, определим точку K с помощью инженерного дискриминанта k в симплексе CAB :

$$K = (O - C)k + C = (A - C)\frac{k}{2} + (B - C)\frac{k}{2} + C.$$

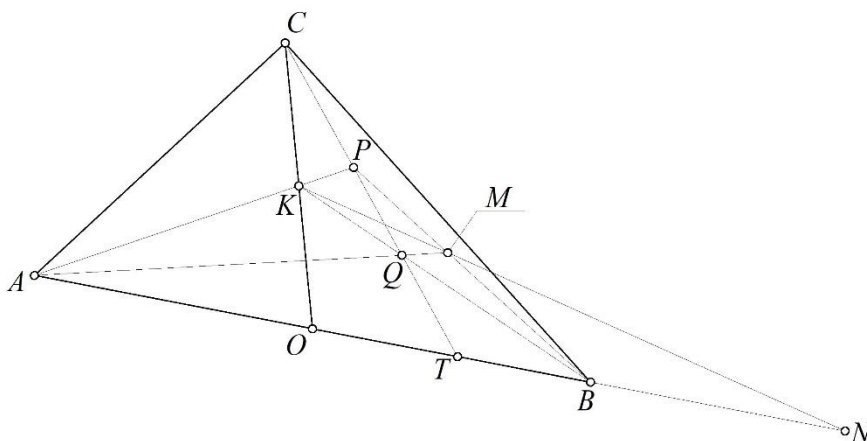


Рис. 1. Геометрическая схема определения кривой 2-го порядка с помощью инженерного дискриминанта
 Fig. 1. Geometric scheme for determining the 2nd order curve using the engineering discriminant

Для определения текущей точки M дуги кривой 2-го порядка зададим на прямой AB параметрическую точку T с помощью параметра v , который изменяется от 0 до 1:

$$T = (B - A)v + A. \quad (1)$$

Тогда на пересечении этой прямой CT с прямыми AK и BK получим промежуточные

текущие точки P и Q . Текущую точку M определим пересечением прямых AQ и BP .

Переходим к аналитическому описанию приведенного выше графического алгоритма построения дуги кривой 2-го порядка с помощью инженерного дискриминанта. Определим текущий параметр v из точечного уравнения (1):

$$v = \frac{AT}{AB} = -TBA \rightarrow TBA = -v.$$

Четырёхугольник $KPMQ$, образует гармоническое отношение четырех точек:

$$\frac{ABTN}{ABN} = -1 \rightarrow ABN = -ABT.$$

Используя правила преобразования простого отношения трёх точек прямой, получим:

$$ABT = \frac{v}{\bar{v}} \rightarrow N = A \frac{\bar{v}}{1-2v} - B \frac{v}{1-2v},$$

где $\bar{v} = 1 - v$ – дополнение параметра v до 1.

Определим точку P , как результат пересечения прямых AK и CT . Для этого зададим её в виде точки, текущей по отрезку CT :

$$P = C\bar{t} + Tt = A\bar{v}t + Bvt + C\bar{t},$$

где $\bar{t} = 1 - t$ – дополнение параметра t до 1.

При пересечении прямых AK и CT площадь подвижного треугольника APK будет равна нулю. В соответствии с S -теоремой точечного исчисления [12], получим:

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \bar{v}t & vt & \bar{t} \\ \frac{k}{2} & \frac{k}{2} & \bar{k} \end{vmatrix} = 0 \rightarrow P = A \frac{\bar{v}k}{2\bar{v}k + k} + B \frac{vk}{2\bar{v}k + k} + C \frac{2\bar{v}k}{2\bar{v}k + k}.$$

Аналогичным образом, определим текущую точку M , как результат пересечения прямых KN и BP :

$$M = (A - C) \frac{k\bar{v}^2}{k(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + (B - C) \frac{vt^2}{k(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + C. \quad (2)$$

Полученная кривая является дугой обвода и может использоваться для построения обводов первого порядка гладкости. Рассмотрим некоторые её свойства. Изменяя инженерный дискриминант k , можно получить различные виды дуги кривой 2-го порядка. При значении инженерного дискриминанта $k = 0,5$ получим дугу параболы, при $0 < k < 0,5$ – дугу гиперболы, а при $0,5 < k < 1$ –

дугу эллипса. Вместе с тем для моделирования поверхностей оболочек необходимо преобразовать точечное уравнение (2) таким образом, чтобы дуга кривой 2-го порядка проходила через 3 наперёд заданные точки: A , K и B .

В соответствии с геометрической схемой конструирования дуги кривой 2-го порядка (рис. 1), определим точку C из следующего соотношения:

$$k = \frac{KC}{OC} \rightarrow C = -A \frac{k}{2k} - B \frac{k}{2k} + K \frac{1}{k}. \quad (3)$$

Произведём замену симплекса в уравнении (2), подставив вместо точки C уравнение (3):

$$M = (A - K) \frac{k\bar{v}(1-2v)}{k(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + (B - K) \frac{kv(2v-1)}{k(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + K. \quad (4)$$

Выполнив покоординатный расчёт, для 3-мерного пространства получим следующую систему однотипных параметрических уравнений:

$$\begin{cases} x = (x_A - x_K) \frac{k\bar{v}(1-2v)}{k(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + (x_B - x_K) \frac{kv(2v-1)}{k(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + x_K \\ y = (y_A - y_K) \frac{k\bar{v}(1-2v)}{k(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + (y_B - y_K) \frac{kv(2v-1)}{k(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + y_K \\ z = (z_A - z_K) \frac{k\bar{v}(1-2v)}{k(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + (z_B - z_K) \frac{kv(2v-1)}{k(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + z_K \end{cases}$$

Полученные уравнения можно эффективно использовать в качестве формообразующих элементов поверхностей оболочек инженерных сооружений различного технического назначения.

Анализируя возможные значения инженерного дискриминанта k возникает вопрос: при каком значении k можно выделить окружность из множества эллиптических кривых? Чтобы ответить

на этот вопрос воспользуемся геометрической схемой, представленной на рисунке 2. Окружность однозначно определяется тремя точками A , B и K , зная координаты которых можно определить радиус окружности $|O_1A| = r$, длину хорды $|AB| = c$ и высоту сегмента $|OK| = h$.

Определим искомое значение инженерного дискриминанта используя подобие прямоугольных треугольников ACO_1 и ACO :

$$k = \frac{KC}{OC} = \frac{1}{2} + 2\frac{h^2}{c^2}. \quad (5)$$

Как видно из соотношения (5) значение k зависит от длины хорды и высоты сегмента и однозначно определяется координатами исходных точек, через которые проходит искомая дуга кривой 2-го порядка.

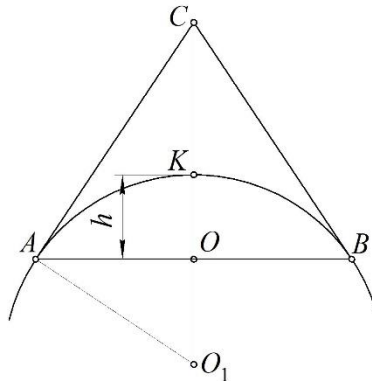


Рис. 2. Геометрическая схема определения значения инженерного дискриминанта для дуги окружности
Fig. 2. Geometric scheme for determining the value of engineering discriminant for a circular arc

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБОЛОЧЕК НА ЭЛЛИПТИЧЕСКОМ ПЛАНЕ

В инженерной практике широкое распространение получили оболочки на эллиптическом (в частном случае на круговом) плане. В строительстве они называются купольные конструкции и относятся к наиболее экономичным пространственным конструкциям, применяемым в покрытиях диаметром до 150 м при толщине оболочки в 1/600-1/800 диаметра. Геометрическая форма купольной конструкции во многом зависит от вида образующей поверхности оболочки. Встречаются такие геометрические формы купольных конструкций как сферическая, коноидная, параболическая и эллиптическая. Практически все перечисленные купольные конструкции используют в качестве образующей

кривые 2-го порядка, для определения которых удобно использовать точечное уравнение (4).

В соответствии с геометрической схемой моделирования (рис. 3) габаритные размеры поверхности оболочки задаются координатами точек O , R , S и K . Точка O определяет центр эллиптического основания поверхности оболочки, а R и S – его размеры в плане. При этом отрезки OR и OS являются сопряжёнными полуосями эллипса. С помощью координат точки K задаётся высота оболочки h . Таким образом, задавая координаты точек O , R , S и K можно получить поверхность оболочки на эллиптическом или круговом плане, с вертикальной или наклонной образующей. На параметризацию оболочки с помощью точечных уравнений это никак не повлияет. Также, эти точки координируют положение поверхности оболочки в 3-мерном пространстве.

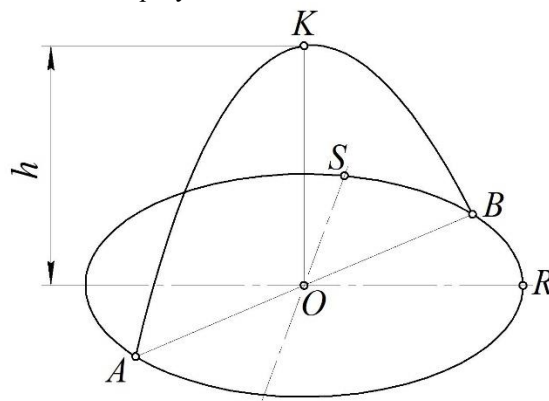


Рис. 3. Геометрическая схема моделирования поверхности оболочки на эллиптическом плане
Fig. 3. Geometric scheme for modeling the surface of the shell on an elliptical plan

Для параметризации опорной линии эллиптического контура воспользуемся точечным уравнением эллипса, полученного сжатием окружности к одному из ее диаметров [12]:

$$B = (R - O)\cos\varphi + (S - O)\sin\varphi + O, \quad (6)$$

где $\varphi \in [0; 2\pi]$ – угол сжатия (растяжения), определяющий текущую точку B эллипса при полном обходе линии кривой.

В соответствии с геометрической схемой (рис. 1) необходимо эллиптический контур представить в

$$A = -(R - O)u - (S - O)\sqrt{1 - u^2} + O,$$

$$B = (R - O)u + (S - O)\sqrt{1 - u^2} + O,$$

где $u \in [-1; 1]$ – текущий параметр.

После подстановок и преобразований получим точечное уравнение искомой поверхности оболочки в симплексе $ORSK$:

$$M = (R - O)\frac{uk(1 - 2v)^2}{k(1 - 2v)^2 + 2v\bar{v}} + (S - O)\frac{k(2v - 1)\sqrt{1 - u^2}}{k(1 - 2v)^2 + 2v\bar{v}} + (K - O)\frac{2v\bar{v}}{k(1 - 2v)^2 + 2v\bar{v}} + O.$$

Полученное уравнение описывает множество поверхностей оболочек на эллиптическом (в частном случае, круговом) плане, с образующей в форме кривой 2-го порядка, проходящей через 3 точки. Это множество определяется исключительно

виде 2-х опорных линий, которые задаются текущими точками A и B . Тогда получится, что текущая точка B определяется интервалом значений параметра φ от 0 до π , а текущая точка B – от π до 2π .

Без нарушения общности можно сделать замену переменных в точечном уравнении (6). В результате получим более удобную параметризацию опорного эллиптического контура, состоящего из двух дуг:

исходными точками симплекса $ORSK$ и инженерным дискриминантом k .

Проведём вычислительный эксперимент по моделированию нескольких поверхностей оболочек на эллиптическом плане в зависимости от инженерного дискриминанта k (рис. 4).

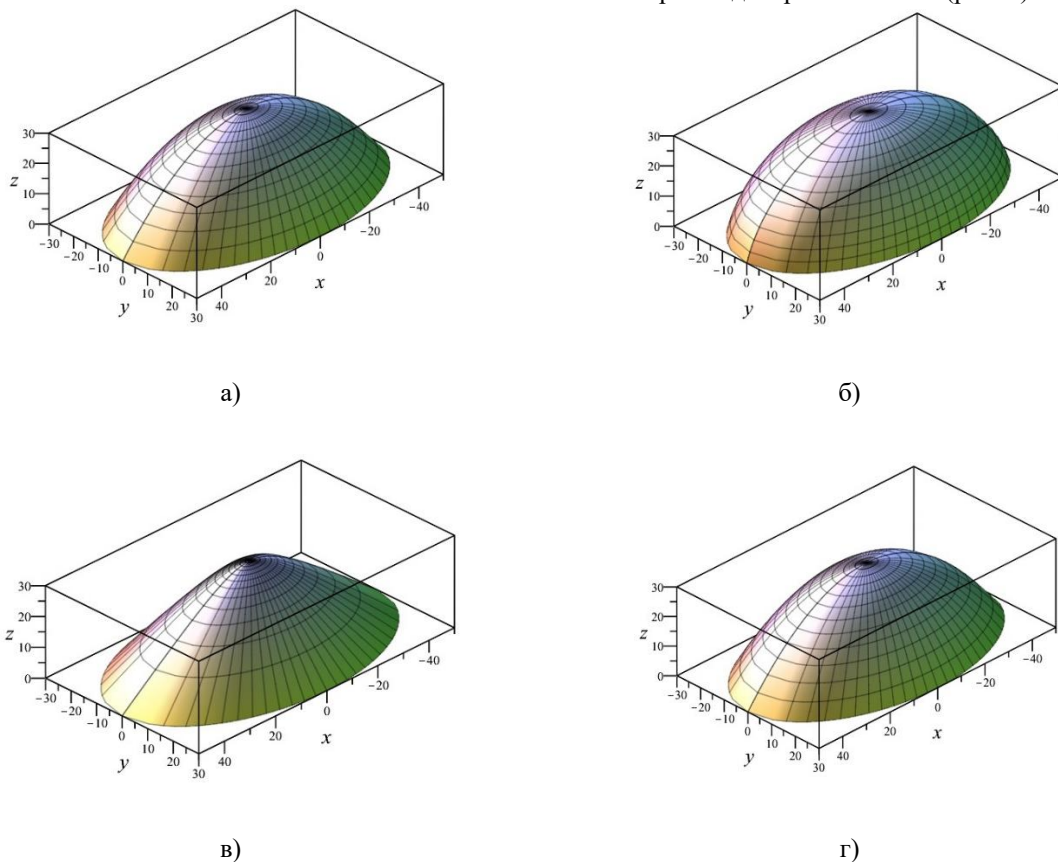


Рис. 4. Визуализация поверхности оболочки на эллиптическом плане: а) с параболической образующей при $k = 0,5$; б) с эллиптической образующей при $k = 0,8$; в) с гиперболической образующей при $k = 0,2$; г) с круговой образующей

Fig. 4. Visualization of the shell surface on an elliptical plan: a) with a parabolic generator at $k = 0,5$; b) with an elliptical generator at $k = 0,8$; c) with a hyperbolic generator at $k = 0,2$; d) with a circular generator

Обратим внимание, что в соответствии геометрической схемой моделирования поверхности оболочки на эллиптическом плане (рис. 3) хорда круговой образующей AB является переменной. При этом для каждого положения текущих точек A и B по формуле (5) вычисляется своё значение инженерного дискриминанта, обеспечивающее круговые сечения поверхности

оболочки во всех положениях секущей плоскости, проходящей через медиану подвижного треугольника ABC (рис. 2).

Чтобы выделить сферическую оболочку из множества возможных вариаций достаточно выбрать координаты исходных точек O , R , S и K таким образом, чтобы $|OR|=|OS|=|OK|=r$ (рис. 5).

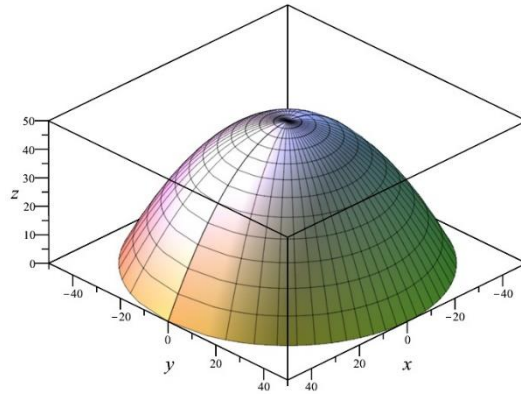


Рис.5. Визуализация поверхности сферической оболочки
Fig. 5. Visualization the surface of a spherical shell

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБОЛОЧЕК НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ ПЛАНЕ

На прямоугольном плане используя точечное уравнение (4) возможно определение цилиндрических поверхностей оболочек и поверхностей оболочек двойкой кривизны. Геометрически наиболее интересными являются оболочки двойкой кривизны, особенность которых

заключается в возможности управления кривизной поверхности оболочки с помощью двух инженерных дискриминантов, один из которых определяет направляющую линию $K_1K_3K_2$, а второй образующую AKB (рис. 6). Причём точки K_1 , K_2 и K_3 с точки зрения моделирования кривой 2-го порядка являются аналогичными точкам A , B и K (рис. 1).

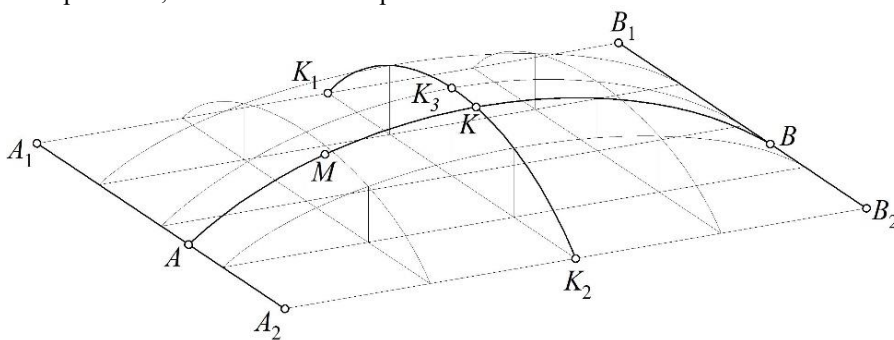


Рис. 6. Геометрическая схема моделирования поверхности оболочки двойкой кривизны
Fig. 6. Geometric scheme for modeling the surface shell of double curvature

Линейные опорные линии определяются движением текущих точек A и B , движение которых согласовано параметром $u \in [0;1]$:

$$A = A_1\bar{u} + A_2u, \quad B = B_1\bar{u} + B_2u,$$

где $\bar{u} = 1 - u$ – дополнение параметра u до 1.

Кривая опорная линия определяется с помощью точечного уравнения аналогичного уравнению (4):

$$K = (K_1 - K_3) \frac{k_1 \bar{u}(1-2u)}{k_1(1-2u)^2 + 2u\bar{u}} + (K_2 - K_3) \frac{k_1 u(2u-1)}{k_1(1-2u)^2 + 2u\bar{u}} + K_3,$$

где k_1 – инженерный дискриминант, определяющий кривизну опорной линии $K_1 K_3 K_2$.

Образующая линия также определяется уравнением аналогичным точечному уравнению (4):

$$M = (A - K) \frac{k_2 \bar{v}(1-2v)}{k_2(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + (B - K) \frac{k_2 v(2v-1)}{k_2(1-2v)^2 + 2v\bar{v}} + K,$$

где k_2 – инженерный дискриминант, определяющий кривизну образующей линии AKB .

Таким образом, формируется вычислительный алгоритм определения поверхности оболочки на прямоугольном плане, который реализует метод подвижного симплекса (в данном случае плоскость AKB). Следует отметить, что полученный на основе точечных уравнений вычислительный алгоритм является полностью универсальным по отношению к исходным данным, которыми выступают координаты точек $A_1, A_2, B_1, B_2, K_1, K_2$ и инженерные дискриминанты k_1 и k_2 . В общем

случае эти точки могут занимать любое положение в 3-мерном пространстве, формируя не только прямоугольный, но и многоугольный план. А вот точка K_3 обязательно должна находиться на медиане, что следует из условий геометрического алгоритма определения дуги кривой 2-го порядка, представленного на рисунке 1. Вычислительный точечный алгоритм останется при этом неизменным.

Проведём ряд вычислительных экспериментов для построения и визуализации результатов моделирования (рис. 7).

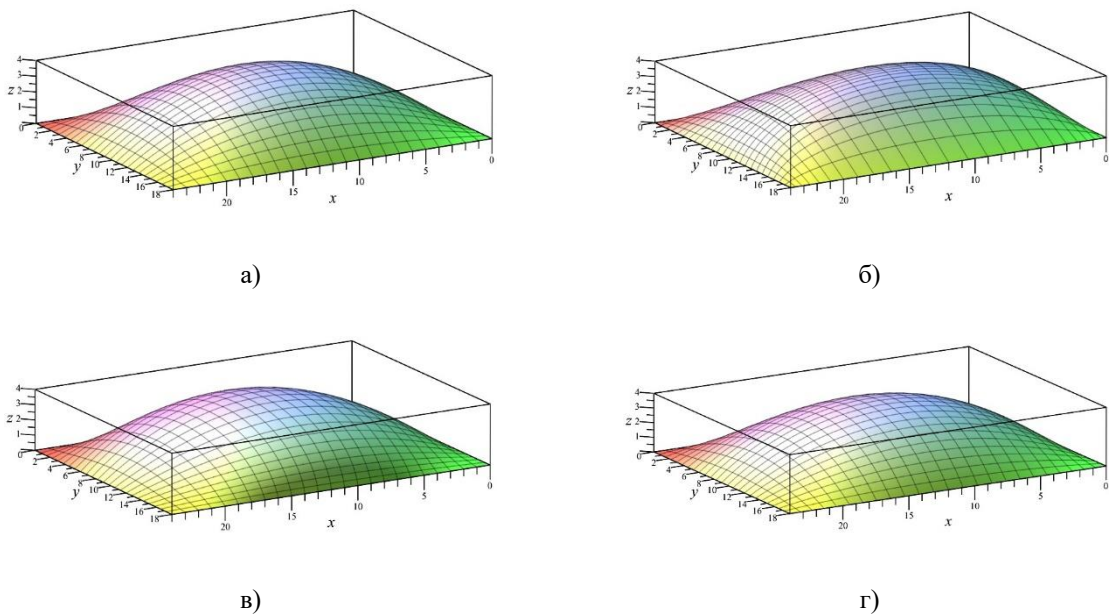


Рис. 7. Визуализация поверхности оболочки на прямоугольном плане: а) с параболическими направляющей и образующей при $k_1 = k_2 = 0,5$; б) с гиперболической направляющей $k_1 = 0,25$ и эллиптической образующей при $k_2 = 0,75$; в) с эллиптической направляющей $k_1 = 0,9$ и параболической образующей при $k_2 = 0,5$; г) с круговыми направляющей и образующей

Fig. 7. Visualization of the shell surface on a rectangular plan: a) with a parabolic guide and a generatrix at $k_1 = k_2 = 0,5$; b) with a hyperbolic guide $k_1 = 0,25$ and an elliptical generator at $k_2 = 0,75$; c) with an elliptical guide $k_1 = 0,9$ and a parabolic generator at $k_2 = 0,5$; d) with a circular guide and generatrix

Конечно, кроме приведенных выше примеров, возможны и другие комбинации различной кривизны образующих и направляющих линий, которые определяются с помощью инженерных дискриминантов k_1 и k_2 .

ВЫВОДЫ

В статье представлен математический аппарат определения кривых 2-го порядка с наперед заданными геометрическими свойствами и поверхностей оболочек инженерных сооружений на их основе. На наш взгляд программная реализация такого математического аппарата позволит расширить возможности трёхмерного моделирования в системах автоматизированного проектирования различного назначения. При этом выбор значений инженерного дискриминанта в указанном диапазоне удобно реализовать в виде числового ползунка, двигая который проектировщик мгновенно будет видеть результат изменений и сможет подобрать наилучшую кривизну поверхности оболочки, которая будет обладать необходимыми прочностными характеристиками, технической эстетичностью и художественной выразительностью. А использование определения геометрических объектов в локальном симплексе позволяет напрямую координировать положение поверхности оболочки в пространстве без необходимости использования матриц переноса и поворота.

Использование точечных уравнений (2) и (4) не исчерпываются приведенными в работе примерами. Существует возможность реализации на их основе и других комбинаций опорных и образующих линий для построения поверхностей оболочек различного технического назначения. Например, точечное уравнение (2), которое описывает дугу обвода с касательными в начальной и конечной точках, может эффективно использоваться для построения поверхностей оболочек, состоящих из нескольких отсеков (патчей), стыкующихся между собой по первому порядку гладкости. А точечное уравнение (4) является одним из эффективных инструментов геометрической теории многомерной интерполяции [13-17], который позволяет за счёт изменений значений инженерного дискриминанта подобрать кривизну геометрических объектов, наилучшим образом описывающую характер протекания исследуемого многофакторного процесса.

Все вычислительные эксперименты и их визуализация выполнены в одной из систем компьютерной алгебры. Преимуществом такого подхода является не только необходимая в инженерных изысканиях параметризация поверхностей оболочек инженерных сооружений, но и возможность разбиения полученной поверхности оболочки на конечные элементы заданного количества для дальнейших расчётов на прочность и устойчивость оболочек в системах конечно-элементного анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вертинская Н.Д. О некоторых особенностях поведения кривых второго порядка на проективной плоскости // Современные наукоемкие технологии, 2014. № 10. С. 124-127.
2. Сальков Н.А. Циклида Дюпена и кривые второго порядка. Часть 1 // Геометрия и графика, 2016. Т. 4. № 2. С. 19-28.
3. Волошинов Д.В. Единый конструктивный алгоритм построения фокусов кривых второго порядка // Геометрия и графика, 2018. Т.6. №2. С. 47-54.
4. Короткий В.А. Компьютерная визуализация кривой второго порядка, проходящей через мнимые точки и касающейся мнимых прямых // Научная визуализация, 2018. Т.10. №1. С. 56-68. DOI 10.26583/sv.10.1.04.
5. Короткий В.А., Усманова Е.А. Применение кривых второго порядка для конструирования гладких каркасно-сетчатых поверхностей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура, 2014. Т.14. №3. С. 45-48.
6. Панчук К.Л. Кривые второго порядка эллиптической плоскости: монография // Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. 92 с.
7. Мясоедова Т.М. Построение обводов второго порядка гладкости из дуг кривых 2-го // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность, 2019. №1. С. 212-215. DOI 10.25206/2310-4597-2019-1-212-215.
8. Абрамов Е.В., Шевцова Т.С. Упрощение общего уравнения кривой второго порядка с помощью квадратичной формы // Вестник ВИЭПП, 2019. № 2. С. 6-10.
9. Деменева Н.В. Аналитическая геометрия. Кривые второго порядка // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова". Пермь: ИПЦ Прокрость, 2019. 310 с. ISBN 9785942794613.
10. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование // М.: ИНФРА-М, 2019. 400 с.
11. Boykov A.A. Development and application of the geometry constructions language to building computer geometric models // IoP conference series: Journal of Physics: Conf. Series 1901 (2021), 012058. DOI:10.1088/1742-6596/1901/1/012058.
12. Балюба И.Г., Конопацкий Е.В., Бумага А.И. Точечное исчисление // Макеевка: ДОННАСА, 2020. 244 с.
13. Конопацкий Е.В. Геометрическая теория многомерной интерполяции // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. Брянск: БГТУ, 2020. №1(07). С. 9-16. DOI: 10.30987/2658-6436-2020-1-9-16.
14. Конопацкий Е.В. Геометрическое моделирование и оптимизация многофакторных процессов методом многомерной интерполяции //

Труды Международной научной конференции по физико-технической информатике СРТ2018 (28-31 мая 2018 г.). Москва-Протвино, 2018. С.299-306.

15. Конопацкий Е.В. Принципы построения компьютерных моделей многофакторных процессов методом многомерной интерполяции // Сборник материалов II Международной научно-практической конференции: «Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2018)» (14-15 ноября 2018 г.). Донецк: ДонНТУ, 2018. С. 277-287.

16. Конопацкий Е.В. Подход к построению геометрических моделей многофакторных процессов многомерной интерполяции // Программная инженерия. М.: 2019. Т.10. № 2. С. 77-86. DOI 10.17587/prin.10.77-86

17. Конопацкий Е.В., Ротков С.И., Крысько А.А. Общий подход к полилинейным интерполяции и аппроксимации на основе линейчатых многообразий // Строительство и техногенная безопасность. Симферополь: КФУ им. В.И. Вернадского, 2019. № 15(67). С.159-168.

REFERENCES

1. Vertinskaya N.D. On some features of the behavior of second-order curves on the projective plane // Modern high-tech technologies, 2014. No. 10. 124-127 pp. (In Russian)

2. Sal'kov N.A. Dupin cyclide and second-order curves. Part 1 // Geometry and graphics, 2016. Vol. 4. No. 2. 19-28 pp. (In Russian)

3. Voloshinov D.V. A unified constructive algorithm for second-order curves' foci creation // Geometry and graphics, 2018. Vol. 6. No. 2. 47-54 pp. (In Russian)

4. Korotkiy V.A. Computer visualization of conic curve passing through the imaginary point and the imaginary concerning direct // Scientific Visualization, 2018. Vol. 10. No. 1. 56-68 pp. DOI 10.26583/sv.10.1.04. (In Russian)

5. Korotky V.A., Usmanova E.A. The use of second-order curves to construct smooth frame-mesh surfaces // Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and Architecture, 2014. Vol. 14. No. 3. 45-48 pp. (In Russian)

6. Panchuk K.L. Second-order curves of an elliptic plane: monograph // Omsk: Publishing house of OmSTU, 2015. 92 p. (In Russian)

7. Myasoedova T.M. Construction of contours of the 2nd order of smoothness from arcs of the 2nd order curves // Young Russia: advanced technologies in

industry, 2019. No. 1. 212-215 pp. DOI 10.25206/2310-4597-2019-1-212-215. (In Russian)

8. Abramov E.V., Shevtsova T.S. Simplifying the general equation of a second-order curve using a quadratic form // Bulletin VIEPL, 2019. No2. 6-10 pp. (In Russian)

9. Demeneva N.V. Analytical geometry. Second-order curves // Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov". Perm: CPI Prokrost, 2019. 310 p. ISBN 9785942794613. (In Russian)

10. Golovanov N.N. Geometric modeling // Moscow: INFRA-M, 2019. 400 p. (In Russian)

11. Boykov A.A. Development and application of the geometry constructions language to building computer geometric models // IoP conference series: Journal of Physics: Conf. Series 1901 (2021), 012058. – DOI:10.1088/1742-6596/1901/1/012058.

12. Balyuba I.G., Konopatskiy E.V., Bumaga A.I. Point calculus // Makeevka: DONNACEA, 2020. 244 p. (In Russian)

13. Konopatskiy E.V. Geometric theory of multidimensional interpolation // Automation and modeling in design and management. Bryansk: BSTU, 2020. No1(07). 9-16 pp. DOI: 10.30987/2658-6436-2020-1-9-16. (In Russian)

14. Konopatskiy E.V. Geometric modeling and optimization of multifactor processes and phenomena by multidimensional interpolation // Proceedings of the International scientific conference on physical and technical Informatics CPT2018 (28-31 may 2018). Moscow-Protvino, 2018. 299-306 pp. (In Russian)

15. Konopatskiy E.V. Principles of construction of computer models of multifactor processes and phenomena by the method of multidimensional interpolation // Proceedings of the II International scientific and practical conference: "Software engineering: methods and technologies of development of information and computing systems (PIIVS-2018)" (14-15 November 2018). Donetsk: DONNTU, 2018. 277-287 pp. (In Russian)

16. Konopatskiy E.V. Approach to the construction of geometric models of multifactor processes and phenomena by the method of multidimensional interpolation // Software Engineering, 2019. Vol.10. No2. 77-86 pp. DOI 10.17587/prin.10.77-86. (In Russian)

17. Konopatskiy E.V., Rotkov S.I., Krysko A.A. A general approach to multilinear interpolation and approximation based on linear manifolds // Construction and technogenic safety. Simferopol: V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 2019. No. 15(67). 159-168 pp. (In Russian)

MODELING OF THE 2ND ORDER CURVES AND SURFACES OF ENGINEERING STRUCTURES SHELLS BASED ON THEIR BASIS

Konopatskiy¹ E.V., Voronova² O.S., Rotkov³ S.I., Lagunova⁴ M.V., Bezditnyi⁵ A.A.

¹ Donbas national Academy of civil engineering and architecture, 286123, Donetsk Peoples Republic, Makeevka, Derzhavina str., 2, e.v.konopatskiy@mail.ru

² Donbas national Academy of civil engineering and architecture, 286123, Donetsk Peoples Republic, Makeevka, Derzhavina str., 2, kornilova.oly@mail.ru

³ Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Ilyinskaya str., 65, rotkov@nngasu.ru

⁴ Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Ilyinskaya str., 65, mvlnn@mail.ru

⁵ Sevastopol branch of «Plekhanov Russian University of Economics», 299053, Russia, Sevastopol, Vakulenchuk str., 29, bezdytniy@gmail.com

Abstract. The paper describes an example of modeling an arc of a 2nd order curve using an engineering discriminant and its analytical description based on a graphical algorithm for constructing a curve in point calculus. Examples of modeling the surfaces of shells of engineering structures on an elliptical and rectangular plan, obtained using elliptical, parabolic, hyperbolic and circular formers, are given. Research methods include geometric algorithms: modeling of 2nd order curves passing through 3 predetermined points in advance and having tangents at the start and end points, and shell surfaces based on them. Analytical definition of curves arcs and sections of surfaces using the mathematical apparatus point calculation in a given parametrization and taking into account all predetermined geometric conditions. This approach can be widely used in the practice of modeling the shells of engineering structures for various technical purposes. It allows the designer to choose the best curvature of the shell surface, which will have the necessary strength characteristics, technical aesthetics and artistic expressiveness. The possibility of dividing the surface of the shell into finite elements of a given amount is also provided for studying the stress-strain state of the shell under the action of various loads in the systems of finite element analysis.

Subject: methods of geometric modeling of 2nd order curves and shell surfaces according to predetermined requirements.

Materials and methods: the research methods include geometric algorithms for modeling 2nd-order curves and shell surfaces, the analytical description of which is performed using the mathematical apparatus "Point Calculus".

Results: a mathematical apparatus for determining the arcs of curves of the 2nd order using an engineering discriminant in point calculus is developed; special cases of modeling arcs of curves of the 2nd order and surfaces of shells of engineering structures based on them are considered.

Conclusions: the proposed approach can be widely used in the practice of modeling shells of engineering structures for various technical purposes. In particular, as one of the effective tools of geometric and computer modeling in computer-aided design systems for various purposes, which allows the designer to choose the best curvature of the shell surface, which has the necessary strength characteristics, technical aesthetics and artistic expressiveness.

Key words: 2nd order curve, geometric modeling, shell surface, engineering discriminant, curve parametrization, surface parametrization, point calculus.

ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОСЛОЙНОЙ СТЕНОВОЙ КОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ КВАДРАТИЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Радаев А.Е., Гамаюнова О.С.

Санкт-петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251 г. Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, 29,
E-mail: ¹ radaev_ae@spbstu.ru; ² gamayunova_os@spbstu.ru

Аннотация. Высокие требования к энергетической эффективности возводимых объектов жилищного строительства, высокий уровень конкуренции строительных организаций, а также широкое разнообразие применяемых материалов и технологий определяют высокую значимость решения задач обоснования характеристик внешних многослойных стеновых конструкций. По результатам анализа соответствующих научных разработок сделан вывод об ограниченности существующих инструментальных средств с точки зрения учета теплотехнических показателей в качестве критериев обоснования оптимальных значений характеристик конструкции в части толщины и теплопроводности составляющих слоев. Обоснована целесообразность проведения исследования, целью которого является разработка инструментального средства для обоснования характеристик многослойной стеновой конструкции на основе квадратичного программирования.

Предмет исследования: технические и стоимостные характеристики многослойной стеновой конструкции в составе объекта жилищного строительства. Краткое указание проблем и недостатков, на решение которых направлено исследование: актуальность исследования обусловлена трудностью обоснования технических характеристик многослойной стеновой конструкции по критерию минимизации средневзвешенной (по толщине слоев) температуры стеновой конструкции ввиду отсутствия возможности эффективной реализации соответствующих математических моделей с помощью методов линейного программирования как наиболее известных и распространенных.

Материалы и методы: разработана оптимизационной модели обоснования характеристик многослойной стеновой конструкции на основе квадратичного программирования, предполагающая вычисление оптимальной толщины слоев конструкции по критерию максимизации средневзвешенной (по толщине слоев) температуры при фиксированных суммарных значениях толщины и термического сопротивления конструкции. Ключевой особенностью модели является возможность представления целевой функции в виде суперпозиции попарных перемножений неизвестных переменных и, как следствие, возможность эффективной реализации модели с использованием метода внутренней точки как одного из наиболее распространенных алгоритмов для решения задач квадратичного программирования.

Результаты: разработанная модель была реализована на практическом примере с использованием программной среды «Microsoft Excel» для задания значений исходных данных и анализа результатов реализации модели, а также программы «Matlab» для реализации модели с использованием метода внутренней точки.

Выводы: на основе результатов, полученных в рамках реализации разработанной модели на практическом примере, сделан вывод о высокой практической значимости разработанного инструментального средства. Выявлен основной недостаток разработанной модели, заключающийся в отсутствии учета критериев экономической целесообразности проектных решений по устройству стеновых конструкций. Для устранения указанного недостатка была запланирована модификация модели на дальнейших этапах исследования.

Ключевые слова: многослойная стеновая конструкция, толщина слоя, термическое сопротивление, оптимизационная модель, квадратичное программирование.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития строительной отрасли, характеризующихся высоким уровнем конкуренции как строительных организаций при возведении энергоэффективных жилых домов, так и поставщиков соответствующих материалов, особую актуальность приобретают вопросы обоснования характеристик многослойных стеновых конструкций, в том числе в части толщины и теплопроводности составляющих слоев. Указанное обстоятельство обусловлено как необходимостью обеспечения требуемых значений показателей эффективности объекта строительства, так и большим разнообразием строительных материалов, используемых при возведении стеновых конструкций, на современном уровне развития производственных технологий. При этом

результаты предварительного анализа литературных источников по соответствующей тематике свидетельствуют об ограниченности инструментальных средств для обоснования характеристик стеновых конструкций, обусловленной специфическими особенностями соответствующих математических моделей. Вышеуказанные особенности определили целесообразность проведения исследования, целью которого является разработка инструментального средства для обоснования характеристик многослойной стеновой конструкции на основе квадратичного программирования. Для достижения указанной цели в рамках исследования были сформулированы следующие задачи:

1. Обзор и сравнительный анализ научных разработок в области обоснования характеристик многослойных стеновых конструкций.

2. Разработка оптимизационной модели обоснования характеристик многослойной стеновой конструкции на основе квадратичного программирования.

3. Реализация разработанной модели на практическом примере.

В качестве объекта исследования рассматривалась ограждающая многослойная стеновая конструкция в составе объекта жилищного строительства. Предметом исследования явились технические и стоимостные характеристики указанной конструкции, в частности, теплопроводность и толщина соответствующих слоев.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

На начальных этапах исследования был произведен обзор и сравнительный анализ научных работ зарубежных и отечественных авторов по тематике исследования. По результатам выполнения указанной процедуры были выделены определенные категории инструментальных средств, а также идентифицированы их основные особенности с точки зрения решения рассматриваемой задачи. К упомянутым категориям инструментальных средств относятся следующие:

- аналитические модели, описывающие взаимосвязь между характеристиками стеновой конструкции и соответствующими показателями влажностного [1-6] или температурного [7-13] режимов, а также стоимостными показателями конструктивных решений [14, 15]; указанные инструментальные средства не могут быть непосредственно использованы для решения задачи обоснования оптимальных значений характеристик стеновых конструкций, поскольку предполагают использование указанных характеристик в качестве исходных данных для выполнения расчетов;

- аналитические методики, основанные на формировании альтернативных вариантов конструктивных решений для стеновой конструкции с известными значениями характеристик, выполнении расчетов показателей эффективности упомянутых вариантов, формулировании практических рекомендаций по применению наиболее предпочтительных вариантов решений по результатам применения метода перебора вариантов [16-1], метода анализа иерархий [19, 20], графо-аналитического метода с использованием концепции кривых безразличия [21]; основным недостатком соответствующих разработок является отсутствие параметрического описания множества альтернативных вариантов конструктивных решений, что, в свою очередь, определяет невозможность объективного учета всех возможных вариантов и, как следствие, обуславливает негативное влияние на адекватность решения задачи обоснования характеристик стеновой конструкции при выборе наиболее предпочтительного варианта;

- инструментальные средства аналитического моделирования, предполагающие обоснование

характеристик стеновой конструкции посредством расчета начальных значений характеристик конструкции с последующим их пересчетом по результатам проверки условий по соответствия расчетных значений теплотехнических показателей соответствующим требуемым значениям [22]; основным недостатком указанного подхода является зависимость конечных значений характеристик стеновой конструкции от последовательности проверяемых условий (невозможность одновременного учета всех ключевых критериев обоснования характеристик конструкции), что неблагоприятным образом сказывается на практической значимости соответствующих прикладных разработок;

- инструментальные средства оптимизационного моделирования, базирующиеся на многокритериальной линейной [23] и нелинейной [24] оптимизации, а также генетических алгоритмах [25]; основными недостатками соответствующих научных разработок являются: отсутствие рекомендаций в части вычислительных алгоритмов, используемых для реализации оптимизационных моделей; зависимость результатов оптимизации от начальных значений неизвестных переменных; отсутствие использования характеристик стеновой конструкции в части неизвестных переменных; линейный характер взаимосвязи между неизвестными переменными и расчетными характеристиками моделей, принимаемый ввиду наличия определенных допущений и потому снижающий практическую значимость соответствующих научных разработок.

На основе результатов обзора и анализа научных разработок в области обоснования характеристик многослойных стеновых конструкций был сделан вывод о том, что существующие инструментальные средства не обеспечивают определение характеристик многослойной стеновой конструкции на основе критерия средневзвешенной (по толщине слоев) температуры конструкции при ограничении по требуемому термическому сопротивлению стеновой конструкции. Данное обстоятельство определило целесообразность разработки оптимизационной модели обоснования характеристик многослойной стеновой конструкции на основе квадратичного программирования. Подробное описание модели представлено в следующем разделе работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработанная на промежуточных этапах исследования оптимизационная модель базируется на следующих основных положениях:

1. Объектом рассмотрения является внешняя (разделяющая внешнюю среду и внутримодовое пространство) стеновая конструкция в составе объекта жилищного строительства, создаваемая посредством сопряжения некоторого количества конструктивных слоев из различных материалов (см. рисунок 1).

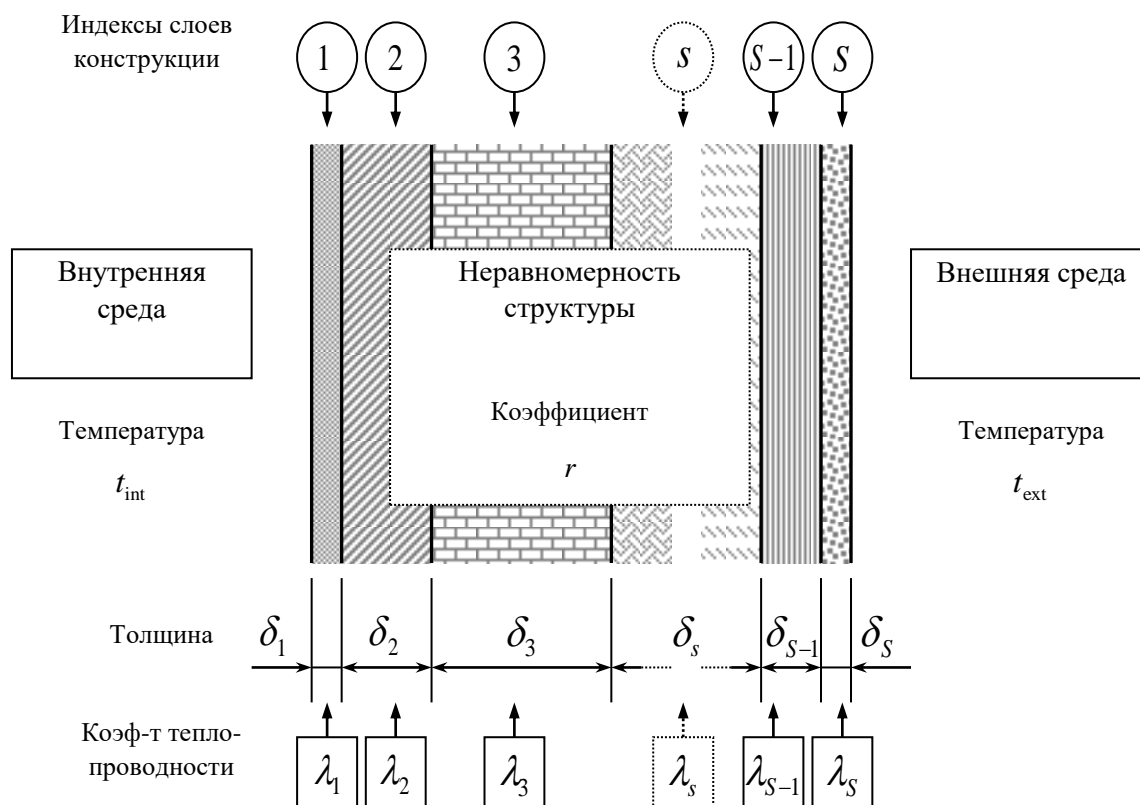


Рис. 1. Схематическое описание рассматриваемой стеновой конструкции
Fig. 1. Schematic description of the considered wall structure

2. Стеновая конструкция предназначена в том числе для обеспечения вкпе с другими структурными элементами проектных значений теплотехнических показателей, поэтому суммарное термическое сопротивление слоев конструкции должно соответствовать некоторому значению, определяемому нормативными требованиями энергетической эффективности к объекту жилищного строительства.

3. Структура стеновой конструкции является инвариантной (постоянной) с точки зрения теплофизических характеристик материалов слоев и последовательности их расположения друг относительно друга.

4. Каждый отдельный слой определяется значением теплопроводности материала, из которого упомянутый слой изготавливается, а также предельно допустимыми значениями толщины, определяемыми как вариативностью строительных

материалов, так и технологией создания внешних многослойных стеновых конструкций в составе объектов жилищного строительства.

5. Необходимо определить оптимальную толщину слоев стеновой конструкции, при которой обеспечивается максимальное значение средневзвешенной (по толщине слоев) температуры стеновой конструкции при условии, что суммарная толщина слоев конструкции будет соответствовать заданному значению, а суммарное термическое сопротивление слоев – значению, определяемому нормативными требованиями в области обеспечения энергоэффективности объектов жилищного строительства.

Исходные данные и неизвестные переменные оптимизационной модели представлены в табл. 1.

Таблица 1. Исходные данные и неизвестные переменные оптимизационной модели
Table 1. Initial data and unknown variables of the optimization model

№ п.п.	Наименование элемента исходных данных	Ед. изм.	Обозначение/выражение
1	Исходные данные		
1.1	Параметры структуры исходных данных		
1.1.1	Общее количество слоев стеновой конструкции	ед.	S
1.2	Индексы		
1.2.1	Индекс слоя стеновой конструкции ⁽¹⁾	-	$s = 1, 2, \dots, S$
1.3	Общие исходные данные		
1.3.1	Термическое сопротивление на внутренней поверхности слоя стеновой конструкции ⁽²⁾	$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	R_{int}
1.3.2	Термическое сопротивление на внешней поверхности слоя стеновой конструкции ⁽³⁾	$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	R_{ext}
1.3.3	Требуемое значение толщины стеновой конструкции	м	δ_{req}
1.3.4	Требуемое значение термического сопротивления стеновой конструкции	$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	R_{req}
1.3.5	Температура внутренней среды	°C	t_{int}
1.3.6	Температура внешней среды	°C	t_{ext}
1.3.7	Коэффициент, учитывающий неравномерность материала стеновой конструкции	-	r
1.4	Исходные данные, задаваемые для каждого отдельного слоя s ($s = 1, 2, \dots, S$) стеновой конструкции		
1.4.1	Наименование материала слоя	-	-
1.4.2	Коэффициент теплопроводности	$\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$	λ_s
1.4.3	Минимальная толщина слоя	м	δ_s^{min}
1.4.4	Максимальная толщина слоя	м	δ_s^{max}
2	Неизвестные переменные, учитываемые для каждого отдельного слоя s ($s = 1, 2, \dots, S$) стеновой конструкции		
2.1	Фактическая толщина слоя	м	δ_s

Примечание:

⁽¹⁾ возрастание значений индекса соответствует направлению устройства слоев от внутренней среды стеновой конструкции к внешней среде;

⁽²⁾ значение элемента исходных данных может быть определено с использованием формулы

$$R_{\text{int}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}},$$

где α_{int} – коэффициент теплопередачи внутренней стеновой конструкции, назначаемый с использованием СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»;

⁽³⁾ значение элемента исходных данных может быть определено с использованием формулы

$$R_{\text{ext}} = \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}},$$

где α_{ext} – коэффициент теплопередачи наружной поверхности стеновой конструкции; назначаемый с учетом рекомендаций пособия Малявиной Е.Г. «Теплопотери здания: справочное пособие».

Расчетные характеристики оптимизационной модели представлены в таблице 2.

Таблица 2. Расчетные характеристики оптимизационной модели
Table 2. Calculated characteristics of the optimization model

№ п.п.	Наименование расчетной характеристики	Ед. изм.	Выражение
1	Расчетные характеристики, вычисляемые для каждого отдельного слоя s ($s = 1, 2, \dots, S$) стеновой конструкции		
1.1	Термическое сопротивление на внутренней поверхности	$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	$R_{\text{int } s} = \begin{cases} R_{\text{int}}, s = 1; \\ R_{\text{int}} + \sum_{s'=1}^{s-1} \frac{\delta_{s'}}{\lambda_{s'}}, \text{ в противном случае} \end{cases}$
1.2	Термическое сопротивление на наружной поверхности	$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	$R_{\text{ext } s} = R_{\text{int } s} + \frac{\delta_s}{\lambda_s} = R_{\text{int}} + \sum_{s'=1}^s \frac{\delta_{s'}}{\lambda_{s'}}$
1.3	Среднее значение термического сопротивления в слое	$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	$R_s = \frac{R_{\text{int } s} + R_{\text{ext } s}}{2} = R_{\text{int}} + \sum_{s'=1}^{s-1} \frac{\delta_{s'}}{\lambda_{s'}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\delta_s}{\lambda_s}$
2	Агрегированные расчетные характеристики		
2.1	Фактическое значение толщины стеновой конструкции	м	$\delta = \sum_{s=1}^S \delta_s$
2.2	Фактическое значение термического сопротивления стеновой конструкции	$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	$R = R_{\text{ext } s=S} + R_{\text{ext}} = R_{\text{int}} + \sum_{s=1}^S \frac{\delta_s}{\lambda_s} + R_{\text{ext}}$
2.3	Интегральный показатель термического сопротивления	$\text{м}^3 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	$\Theta = \sum_{s=1}^S R_s \cdot \delta_s = \sum_{s=1}^S \left(R_{\text{int}} + \sum_{s'=1}^{s-1} \frac{\delta_{s'}}{\lambda_{s'}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\delta_s}{\lambda_s} \right) \cdot \delta_s$
2.3	Средневзвешенное (по толщине слоев) значение температуры стеновой конструкции	°C	$\bar{t} = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R} \cdot r \cdot \frac{\Theta}{\delta} = t_{\text{int}} - \frac{\sum_{s=1}^S \left(R_{\text{int}} + \sum_{s'=1}^{s-1} \frac{\delta_{s'}}{\lambda_{s'}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\delta_s}{\lambda_s} \right) \cdot \delta_s}{R_{\text{int}} + \sum_{s=1}^S \frac{\delta_s}{\lambda_s} + R_{\text{ext}}} \cdot r \cdot \frac{\sum_{s=1}^S \delta_s}{\sum_{s=1}^S \delta_s}$

Структура оптимизационной модели определяется следующими выражениями:

- в обобщенной форме записи:

$$\begin{cases} \bar{t}(\{\delta_s\}) \rightarrow \max; & (1) \\ \delta_s^{\min} \leq \delta_s \leq \delta_s^{\max}, s = 1, 2, \dots, S; & (2) \\ \delta(\{\delta_s\}) = \delta_{\text{req}}; & (3) \\ R(\{\delta_s\}) = R_{\text{req}}; & (4) \end{cases}$$

- в развернутой форме записи

$$t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_{\text{int}} + \sum_{s=1}^S \frac{\delta_s}{\lambda_s} + R_{\text{ext}}} \cdot r \cdot \frac{\sum_{s=1}^S \left(R_{\text{int}} + \sum_{s'=1}^{s-1} \frac{\delta_{s'}}{\lambda_{s'}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\delta_s}{\lambda_s} \right) \cdot \delta_s}{\sum_{s=1}^S \delta_s} \rightarrow \max; \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_s^{\min} \leq \delta_s \leq \delta_s^{\max}, s = 1, 2, \dots, S; \\ \sum_{s=1}^S \delta_s = \delta_{\text{req}}; \\ R_{\text{int}} + \sum_{s=1}^S \frac{\delta_s}{\lambda_s} + R_{\text{ext}} = R_{\text{req}}; \end{array} \right. \quad (6)$$

$$\quad \quad \quad (7)$$

$$\quad \quad \quad (8)$$

Описание структурных элементов модели представлено в таблице 3.

Таблица 3. Описание структурных элементов оптимизационной модели
Table 3. Description of the structural elements of the optimization model

Порядковый номер выражения оптимизационной модели		Описание
в обобщенной форме записи	в развернутой форме записи	
1	5	Целевая функция – средневзвешенное (по толщине слоев) значение температуры стеновой конструкции – максимизируется
2	6	Прямые ограничения, определяющие соответствие значений неизвестных переменных (толщин слоев конструкции) диапазонам допустимых значений
3	7	Непрямое ограничение, определяющее соответствие фактического значения толщины стеновой конструкции заданному значению
4	8	Непрямое ограничение, определяющее соответствие фактического значения термического сопротивления стеновой конструкции заданному значению

Как видно из вышепредставленных выражений, оптимизационная модель является нелинейной относительно неизвестных переменных, что определяет целесообразность применения соответствующих вычислительных алгоритмов, общим недостатком большинства из которых является зависимость результатов реализации модели от начальных значений неизвестных переменных [26]. Тем не менее, представленная выше математическая структура может быть приведена к специфическому виду моделей, процесс реализации которых не имеет вышеупомянутых недостатков.

Поскольку выражение (6) для целевой функции оптимизационной модели представляет собой разность двух элементов, первый из которых – температура внутренней среды t_{int} – не зависит от неизвестных переменных, вышеупомянутое выражение отождествляется с условием минимизации разности между значением температуры внутренней среды и средневзвешенное (по толщине слоев) значение температуры стеновой конструкции:

$$\frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_{\text{int}} + \sum_{s=1}^S \frac{\delta_s}{\lambda_s} + R_{\text{ext}}} \cdot r \cdot \frac{\sum_{s=1}^S \left(R_{\text{int}} + \sum_{s'=1}^{s-1} \frac{\delta_{s'}}{\lambda_{s'}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\delta_s}{\lambda_s} \right) \cdot \delta_s}{\sum_{s=1}^S \delta_s} \rightarrow \min; \quad (9)$$

Ввиду того, что значения знаменателей компонент произведения, указанного в выражении (9), должны соответствовать фиксированным значениям в соответствии с ограничениями модели – выражениями (7) и (8), условие (9) может быть преобразовано в выражение вида

$$\sum_{s=1}^S \left(R_{\text{int}} + \sum_{s'=1}^{s-1} \frac{\delta_{s'}}{\lambda_{s'}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\delta_s}{\lambda_s} \right) \cdot \delta_s = \frac{1}{2} \cdot \sum_{s=1}^S \frac{\delta_s^2}{\lambda_s} + \sum_{s=1}^S \sum_{s'=1}^{s-1} \frac{\delta_s \cdot \delta_{s'}}{\lambda_s} + R_{\text{int}} \cdot \sum_{s=1}^S \delta_s \rightarrow \min; \quad (10)$$

При этом параметрическая форма записи выражения (10) будет иметь вид

$$\eta_{11} \cdot \delta_{s=1}^2 + \eta_{21} \cdot \delta_{s=2} \cdot \delta_{s=1} + \eta_{31} \cdot \delta_{s=3} \cdot \delta_{s=1} + \dots + \eta_{S1} \cdot \delta_{s=S} \cdot \delta_{s=1} + \eta_{22} \cdot \delta_{s=2}^2 + \eta_{32} \cdot \delta_{s=3} \cdot \delta_{s=2} + \dots + \eta_{S2} \cdot \delta_{s=S} \cdot \delta_{s=2} + \dots + \eta_{SS} \cdot \delta_{s=S}^2 + \eta_1 \cdot \delta_{s=1} + \eta_2 \cdot \delta_{s=2} + \dots + \eta_S \cdot \delta_{s=S} \rightarrow \min. \quad (11)$$

Описание компонент выражения (11), а также их взаимосвязей с элементами разработанной оптимизационной модели, указанными в таблицах 1 и 2, представлено в таблице 4.

Важно отметить, что выражение (10) совместно с выражениями (6)–(8) образует модель квадратичного программирования как разновидность моделей нелинейной оптимизации, для реализации которых используются вычислительные алгоритмы, обеспечивающие определение оптимального решения независимо от начальных значений неизвестных переменных,

доступные в современных средах оптимизационного моделирования.

Для реализации модифицированной оптимизационной модели, определяемой выражениями (10), (6)–(8) было предложено использовать метод внутренней точки как наиболее распространенный алгоритм, предназначенный для решения задач квадратичного программирования, доступный в программе «Matlab». Постановка задачи квадратичной оптимизации определяется выражениями вида

$$\begin{cases} \frac{1}{2} \cdot x^T \cdot H \cdot x + f^T \cdot x \rightarrow \min; & (12) \\ A \cdot x \leq b; & (13) \\ A^{\text{eq}} \cdot x \leq b^{\text{eq}}; & (14) \\ lb \leq x \leq ub. & (15) \end{cases}$$

Описание компонент выражений (12)–(15), а также их взаимосвязей с элементами разработанной оптимизационной модели, указанными в таблицах 1 и 2, представлено в таблице 4.

Таблица 4. Компоненты математического описания постановки задачи квадратичного программирования
Table 4. Components of the mathematical description for the quadratic programming problem's statement

№ п.п.	Наименование компонента математического описания	Ед. изм.	Выражение
1	Компоненты параметрической формы записи преобразованного выражения для целевой функции оптимизационной модели (выражение (11))		
1.1	Коэффициент пропорциональности значения интегрального показателя термического сопротивления стеновой конструкции значению произведения толщин слоев s ($s = 1, 2, \dots, S$) и s' ($s' = 1, 2, \dots, s - 1$)	м [°] С/Вт	$\eta_{ss'} = \frac{1}{\lambda_s}$
1.2	Коэффициент пропорциональности значения интегрального показателя термического сопротивления стеновой конструкции значению произведения толщин слоев s ($s = 1, 2, \dots, S$)	м ² ·°С/Вт	$\eta_s = R_{\text{int}}$
2	Компоненты математического описания постановки задачи квадратичного программирования (выражения (12)–(15))		
2.1	Агрегированные компоненты		
2.1.1	Матричный гессиян – квадратная симметричная матрица коэффициентов пропорциональности значения целевой функции значениям попарных произведений неизвестных переменных	-	$H = \{h_{ss'}\}$

№ п.п.	Наименование компонента математического описания	Ед. изм.	Выражение
2.1.2	Вектор коэффициентов пропорциональности значения целевой функции значениям неизвестных переменных	-	$f = \{f_s\}$
2.1.3	Вектор неизвестных переменных	-	$x = \{x_s\}$
2.1.4	Матрица коэффициентов непрямых линейных ограничений типа «меньше или равно»	-	$A = \{A_{is}\}$
2.1.5	Вектор коэффициентов правых частей непрямых линейных ограничений типа «равно»	-	$b = \{b_i\}$
2.1.6	Матрица коэффициентов непрямых линейных ограничений типа «равно»	-	$A^{eq} = \{A_{i's}^{eq}\}$
2.1.7	Вектор коэффициентов правых частей непрямых линейных ограничений типа «меньше или равно»	-	$b^{eq} = \{b_{i'}^{eq}\}$
2.1.8	Вектор нижних границ неизвестных переменных	-	$lb = \{lb_s\}$
2.1.9	Вектор верхних границ неизвестных переменных	-	$ub = \{ub_s\}$
2.2	Элементарные компоненты		
2.2.1	Элемент матричного гессиана, соответствующий строке s ($s = 1, 2, \dots, S$) и столбцу s' ($s' = 1, 2, \dots, S$) ⁽¹⁾	м·°C/Вт	$h_{ss'} = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_s}, & s \leq s' \\ \frac{1}{\lambda_{s'}}, & \text{в противном случае} \end{cases}$
2.2.2	Элемент вектор коэффициентов пропорциональности значения целевой функции значениям неизвестных переменных, соответствующий индексу s ($s = 1, 2, \dots, S$) ⁽²⁾	м ² ·°C/Вт	$h_s = R_{int}$
2.2.3	Элемент вектора неизвестных переменных, соответствующий индексу s ($s = 1, 2, \dots, S$) ⁽³⁾	м	$x_s = \delta_s$
2.2.4	Элемент матрицы коэффициентов непрямых линейных ограничений типа «меньше или равно», соответствующий ограничению с индексом i и переменной с индексом s ($s = 1, 2, \dots, S$) ⁽³⁾	-	$A_{is} = \mathbf{null}$
2.2.5	Элемент вектора коэффициентов правых частей непрямых линейных ограничений типа «меньше или равно», соответствующий ограничению с индексом i	-	$b_i = \mathbf{null}$
2.2.6	Элемент матрицы коэффициентов непрямых линейных ограничений типа «равно», соответствующий ограничению с индексом i' ($i' = 1, 2$) и переменной с индексом s ($s = 1, 2, \dots, S$) ⁽⁴⁾	разн. ⁽⁵⁾	$A_{i's}^{req} = \begin{cases} 1, & i' = 1; \\ \frac{1}{\lambda_s}, & i' = 2 \end{cases}$
2.2.7	Элемент вектора коэффициентов правых частей непрямых линейных ограничений типа «равно», соответствующий ограничению с индексом i' ($i' = 1, 2$) ⁽⁴⁾	разн. ⁽⁵⁾	$b_{i'}^{req} = \begin{cases} \delta_{req}, & i' = 1; \\ R_{req} - R_{int} - R_{ext}, & i' = 2 \end{cases}$
2.2.8	Элемент вектора нижних границ неизвестных переменных, соответствующий индексу s ($s = 1, 2, \dots, S$)	м	$lb_s = \delta_s^{\min}$

№ п.п.	Наименование компонента математического описания	Ед. изм.	Выражение
2.2.9	Элемент вектора верхних границ неизвестных переменных, соответствующий индексу s ($s = 1, 2, \dots, S$)	м	$ub_s = \delta_s^{\max}$

Примечание:

- (1) взаимосвязь значения компонента со значением элемента, указанного в п. 1.1 таблицы, определяется выражением

$$\eta_{ss'} = \begin{cases} \frac{h_{ss'}}{2}, & s = s'; \\ \frac{h_{ss'} + h_{s's}}{2}, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

- (2) взаимосвязь значения компонента со значением элемента, указанного в п. 1.2 таблицы, определяется выражением

$$\eta_{ss'} = h_{ss'};$$

- (3) поскольку не прямые ограничения модифицированной оптимизационной модели (выражения (6)–(8)) представляют собой равенства, элементу не ставится в соответствие какое-либо значение (в выражениях используется обозначение **null**); иными словами, элемент отсутствует;
- (4) выражение для компонента соответствует ситуации, когда выражение (7) оптимизационной модели соответствует непрямому ограничению с индексом $i' = 1$, а выражение (8) – непрямому ограничению с индексом $i' = 2$;
- (5) компонент имеет различные единицы измерения в зависимости от индекса непрямого ограничения: при $i' = 1$ единица измерения – м; при $i' = 2$ единица измерения – $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Таким образом, разработанная оптимизационная модель может быть эффективно реализована с использованием современных вычислительных алгоритмов решения задач квадратичного программирования. Тем не менее, для объективной оценки практической значимости модели в рамках следующего этапа исследования была произведена реализация модели на практическом примере. Более подробная информация представлена в рамках следующего раздела работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

На заключительных этапах исследования для объективной оценки практической значимости разработанной оптимальной модели была произведена ее реализация на практическом примере – для обоснования оптимальных значений толщины слоев (по направлению от внутренней среды здания к внешней: штукатурка; керамический полнотелый кирпич; теплоизоляционный материал; цементно-песчаный раствор; керамическая плитка) в составе внешней стеновой конструкции в рамках объекта жилищного строительства.

Для задания значений исходных данных, вычисления компонент математического описания задачи квадратичной оптимизации, а также фиксации оптимальных значений неизвестных переменных и вычисления на их основе расчетных характеристик использовалась программа «Microsoft Excel». Общий вид рабочего листа

(содержащего в том числе базовые значения исходных данных для решения задачи и результаты реализации оптимизационной модели), а также принципы заполнения соответствующих ячеек представлены соответственно на рисунке 2 и в таблице 5. Для реализации модели с использованием метода внутренней точки использовалась программа «Matlab R2014a». Общий вид алгоритма программы «Matlab R2014a» для импорта/экспорта данных из файла «Microsoft Excel» с последующей реализацией метода внутренней точки для решения задач квадратичного программирования на рисунке 3. Результаты, получаемые на различных итерациях метода и отображаемые в процессе реализации вышеупомянутого алгоритма в программе «Matlab», представлены на рисунке 4.

После успешной реализации оптимизационной модели на основе базовых значений исходных данных был также выполнен анализ чувствительности значений отдельных элементов модели по отношению к значению коэффициента теплопроводности слоя, соответствующего теплоизоляционному материалу. При этом производилось варьирование указанного коэффициента с фиксированным шагом от минимально возможного значения, определяемого существующими экземплярами (вариантами) теплоизоляционного материала, до максимально допустимого значения, определяемого невозможностью нахождения оптимального

решения для более высоких значений коэффициента (при заданных минимально и максимально допустимых толщинах слоев конструкции, а также коэффициентах теплопроводности всех материалов за исключением теплоизоляционного). В качестве анализируемых элементов модели рассматривались следующие:

- значение целевой функции исходной модели – средневзвешенного (по толщине слоев) значения

температуры стеновой конструкции, соответствующее оптимальному решению;

- оптимальные значения толщин первых трех – по направлению от внутренней среды стеновой конструкции к внешней – слоев как наиболее чувствительные к изменениям варьируемого параметра (оптимальные значения остальных слоев стеновой конструкции не претерпевали каких-либо изменений).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Таблица 1. Общие исходные данные														
2	№ п.п.	Наименование параметра							Обозн.	Ед. изм.	Значение				
3	1	Общее количество слоев стеновой конструкции							S	ед.	5				
4	2	Термическое сопротивление на внутренней поверхности слоя стеновой конструкции							R_{int}	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	0,115				
5	3	Термическое сопротивление на внешней поверхности слоя стеновой конструкции							R_{ext}	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	0,043				
6	4	Требуемое значение толщины стеновой конструкции							δ_{req}	м	0,63				
7	5	Требуемое значение термического сопротивления стеновой конструкции							R_{req}	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	3,08				
8	6	Температура внутренней среды							t_{int}	$^\circ C$	20				
9	7	Температура внешней среды							t_{ext}	$^\circ C$	-26				
10	8	Коэффициент, учитывающий неравномерность материала стеновой конструкции							r	-	1				
11															
12	Таблица 2. Исходные данные, неизвестные переменные и расчетные характеристики элементов стеновой конструкции														
13	Порядковый номер слоя	Наименование материала	Коеф-т теплопроводности	Толщина слоя			Термическое сопротивление								
14				мини-мальная	макси-мальная	факти-ческая	на внутр. поверх-ности	наружн. поверх-ности	среднее в слое						
15				δ_{min}	δ_{max}	δ_f	$R_{int,s}$	$R_{ext,s}$	R_s						
16			Вт/(м $^\circ C$)	м	м	м	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$						
17	s	-													
18	-	-													
19	1	Гипсовая штукатурка	0,3	0,001	0,01	0,0010001	0,115	0,118	0,117						
20	2	Керамический полнотельный кирпич	0,72	0,3	0,8	0,5271784	0,118	0,850	0,484						
21	3	Теплоизоляционный материал	0,04	0,01	0,11	0,0868216	0,850	3,021	1,936						
22	4	Цементно-песчаный раствор	0,93	0,01	0,05	0,01	3,021	3,032	3,026						
23	5	Керамическая плитка	1,05	0,005	0,015	0,005	3,032	3,037	3,034						
24															
25	Таблица 3. Агрегированные расчетные характеристики														
26	№ п.п.	Наименование параметра							Обозн.	Ед. изм.	Значение				
27	1	Фактическое значение толщины стеновой конструкции							δ	м	0,63				
28	2	Фактическое значение термического сопротивления стеновой конструкции							R	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	3,08				
29	3	Интегральный показатель термического сопротивления стеновой конструкции							Θ	$м^3 \cdot ^\circ C / Вт$	0,4690				
30	4	Средневзвешенное (по толщине слоев) значение температуры стеновой конструкции							\bar{t}	$^\circ C$	8,8825				
31															
32	Таблица 4. Характеристики целевой функции														
33	Порядковый номер слоя	Кoeffициент пропорциональности интегрального показателя термического сопротивления стеновой конструкции					толщине текущего слоя								
34		произведению толщины текущего слоя и слоя s' (для элементов главной диагонали значение удваивается)													
35		1	2	3	4	5									
36		$H_{ss'=1}$	$H_{ss'=2}$	$H_{ss'=3}$	$H_{ss'=4}$	$H_{ss'=5}$	$f_{T,s}$								
37	s	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$								
38	-														
39	1	3,333	3,333	3,333	3,333	3,333	0,115								
40	2	3,333	1,389	1,389	1,389	1,389	0,115								
41	3	3,333	1,389	25	25	25	0,115								
42	4	3,333	1,389	25	1,075	1,075	0,115								
43	5	3,333	1,389	25	1,075	0,952	0,115								
44															
32	Таблица 5. Характеристики не прямых ограничений-равенств														
33	Порядк. номер ограничения-равенства	Кoeffициент системы матрицы ограничений- равенств, соответствующий неизвестной переменной - толщине слоя s					Правая часть системы ограничений								
34		1	2	3	4	5									
35		$A_{1/s=1}^{eq}$	$A_{1/s=2}^{eq}$	$A_{1/s=3}^{eq}$	$A_{1/s=4}^{eq}$	$A_{1/s=5}^{eq}$	$b^{eq}_{1/}$								
36	-	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$								
37	1	1	1	1	1	1	0,63								
38	2	3,333	1,389	25	1,075	0,952	2,922								

Рис. 2. Общий вид рабочего листа (название «Calc_sheet») книги «Microsoft Excel» (название файла «Excel_file.xlsx»), используемого в процессе реализации модели на практическом примере

Fig. 2. General view of the worksheet (name is "Calc_sheet") book "Microsoft Excel" (file name is "Excel_file.xlsx") used during the process of the model's implementation on a practical example

Таблица 5. Принципы заполнения ячеек рабочего листа книги «Microsoft Excel», используемого в процессе реализации модели на практическом примере

Table 5. Principles of filling out of the cells located in the worksheet of the "Microsoft Excel" workbook which has been used during the process of the model's implementation on a practical example

Адреса ячеек рабочего листа ⁽¹⁾	Содержимое / формула	Структурный элемент математического описания
Таблица 1		
L3	значение элемента исходных данных	таблица 1, п. 1.1.1
L4	значение элемента исходных данных	таблица 1, п. 1.3.1
L5	значение элемента исходных данных	таблица 1, п. 1.3.2
L6	значение элемента исходных данных	таблица 1, п. 1.3.3

Адреса ячеек рабочего листа ⁽¹⁾	Содержимое / формула	Структурный элемент математического описания
L7	значение элемента исходных данных	таблица 1, п. 1.3.4
L8	значение элемента исходных данных	таблица 1, п. 1.3.5
L9	значение элемента исходных данных	таблица 1, п. 1.3.6
L10	значение элемента исходных данных	таблица 1, п. 1.3.7
Таблица 2		
A19:A23	значения элементов исходных данных	таблица 1, п. 1.2.1
B19:F23	значения элементов исходных данных	таблица 1, п. 1.4.1
G19:G23	значения элементов исходных данных	таблица 1, п. 1.4.2
H19:H23	значения элементов исходных данных	таблица 1, п. 1.4.3
I19:I23	значения элементов исходных данных	таблица 1, п. 1.4.4
J19:J23	значения неизвестных переменных	таблица 1, п. 2.1
K19:(K23)	=ЕСЛИ(A19=1;L4;L18)	таблица 2, п. 1.1
L19:(L23)	=K19+J19/G19	таблица 2, п. 1.2
M19:(M23)	=(K19+L19)/2	таблица 2, п. 1.3
Таблица 3		
L27	=СУММ(J19:J23)	таблица 2, п. 2.1
L28	=L4+СУММПРОИЗВ(J19:J23;1/G19:G23)+L5	таблица 2, п. 2.2
L29	=СУММПРОИЗВ(M19:M23;J19:J23)	таблица 2, п. 2.3
L30	=L8-(L8-L9)/L28*L10*L29/L27	таблица 2, п. 2.4
Таблица 4		
A40:(A44)	=A19	-
B40:(F44)	=ЕСЛИ(\$A40<=\$B\$37;1/СМЕЩ(\$G\$18;\$A40;;;); 1/СМЕЩ(\$G\$18;\$B\$37;;;))	таблица 4, п. 2.2.1
G40:(G44)	=\$L\$4	таблица 4, п. 2.2.2
Таблица 5		
J40:(N40)	=1	таблица 4, п. 2.2.6, верхняя строка
O40	=L6	таблица 4, п. 2.2.7, верхняя строка
J41:(N41)	=1/СМЕЩ(\$G\$18;J37;;;)	таблица 4, п. 2.2.6, нижняя строка
O41	=L7-L4-L5	таблица 4, п. 2.2.7, нижняя строка

Примечание:

⁽¹⁾ абстрактное обозначение A1:(B10) означает, что в ячейку A1 необходимо ввести формулу, указанную в соответствующем столбце таблицы, после чего полученный результат «растянуть» (скопировать) до ячейки B10.

```

Instructions.m
1 - H=xlsread('Excel_file.xlsx','Calc_sheet','B40:F44');
2 - f=xlsread('Excel_file.xlsx','Calc_sheet','G40:G44');
3 - Aeq=xlsread('Excel_file.xlsx','Calc_sheet','J40:N41');
4 - beq=xlsread('Excel_file.xlsx','Calc_sheet','O40:O41');
5 - lb=xlsread('Excel_file.xlsx','Calc_sheet','H19:H23');
6 - ub=xlsread('Excel_file.xlsx','Calc_sheet','I19:I23');
7 - options=optimoptions('quadprog','Algorithm','interior-point-convex','Display','iter');
8 - X=quadprog(H,f,[],[],Aeq,beq,lb,ub,[],options);
9 - xlswrite('Excel_file.xlsx',X,'Calc_sheet','J19:J23');
    
```

Рис. 3. Общий вид алгоритма программы «Matlab R2014a» (название файла «Instructions.m»), разработанного в процессе реализации модели на практическом примере

Fig. 3. General view of the algorithm which has been created with application of the program “Matlab R2014a” (file name is “Instructions.m”) during the process of the model’s implementation on a practical example

```

Command Window
>> Instructions

      Iter          f(x)      Feasibility      First-order      Total relative
      Iter          f(x)      Feasibility      optimality       error
      0      5.310182e-01      4.337e-01      1.510e+01      1.728e+01
      1      2.127980e-01      8.203e-02      1.246e+00      1.812e+00
      2      4.454835e-01      1.086e-02      2.029e-01      3.267e-01
      3      4.739884e-01      1.110e-16      3.792e-04      1.706e-02
      4      4.691925e-01      4.441e-16      1.244e-05      4.716e-04
      5      4.689655e-01      1.110e-16      6.223e-09      2.360e-07

Minimum found that satisfies the constraints.

Optimization completed because the objective function is non-decreasing in
feasible directions, to within the default value of the function tolerance,
and constraints are satisfied to within the default value of the constraint tolerance.

<stopping criteria details>

fx >>

```

Рис. 4. Результаты, получаемые на различных итерациях метода внутренней точки и отображаемые в процессе реализации пользовательского алгоритма в программе «Matlab»

Fig. 4. Results obtained at various iterations of the interior point method and displayed during the process of implementation of the custom algorithm in the “Matlab” software

На основе результатов выполнения процедуры анализа чувствительности, приведенных на рисунке 5, были сделаны следующие выводы:

- при увеличении коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала в составе стеновой конструкции изменение оптимальных значений характеристик соответствующего конструктивного решения происходит, как правило, в части параметров толщины двух слоев конструкции (см. рисунок 5,а); в большинстве случаев – слоя керамического полнотелого кирпича (равномерное уменьшение в пределах 4,7% относительно базового – максимального на графике – значения), а также толщины слоя теплоизоляционного материала (равномерное увеличение в пределах 26,7% относительно базового – минимального на графике – значения); важно отметить, что при максимальном значении коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала оптимальное значение его толщины достигает максимально возможного значения, и при этом изменение (в сравнении с результатами остальных экспериментов) претерпевает толщина слоя штукатурки (скачкообразное увеличение составляет 140,5% относительно базового – минимального на графике – значения); тем не менее, абсолютное значение увеличения минимально с учетом назначения слоя конструкции;

- убывающая зависимость средневзвешенного (по толщине слоев) значения температуры стеновой конструкции, соответствующего оптимальному решению, от значения коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала близка к линейной (см. рисунок 5,б); более интенсивное уменьшение наблюдается при максимальном значении коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала,

при котором его оптимальная толщина достигает максимально допустимого значения, и для обеспечения заданного значения термического сопротивления конструкции изменениям подвергается толщина штукатурного слоя; уменьшение средневзвешенного (по толщине слоев) значения температуры стеновой конструкции, соответствующего оптимальному решению, на всем диапазоне увеличения коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала составило 6,8% относительно базового – максимального на графике – значения.

ВЫВОДЫ

Таким образом, полученные результаты выполненных оптимизационных экспериментов подтвердили высокую практическую значимость модели; в частности, выполнение серии оптимизационных экспериментов (в том числе в рамках процедуры анализа чувствительности) обеспечат определение характеристик стеновой конструкции в части значений толщин и коэффициентов теплопроводности слоев с учетом их дискретности, обусловленной наличием стандартных экземпляров материала.

Важно отметить, что при разработке оптимизационной модели использовалось допущение о несущественном влиянии характеристик конструктивного решения в области энергетической эффективности внешней многослойной стеновой конструкции в составе объекта жилищного строительства на соответствующие показатели экономической целесообразности и эффективности. Тем не менее, для обеспечения учета экономических характеристик конструктивного решения в структуру предложенной оптимизационной модели

целесообразно включить дополнительное непрямое ограничение вида

$$\sum_{s=1}^S c_s \cdot \delta_s \leq C^{\max}, \quad (16)$$

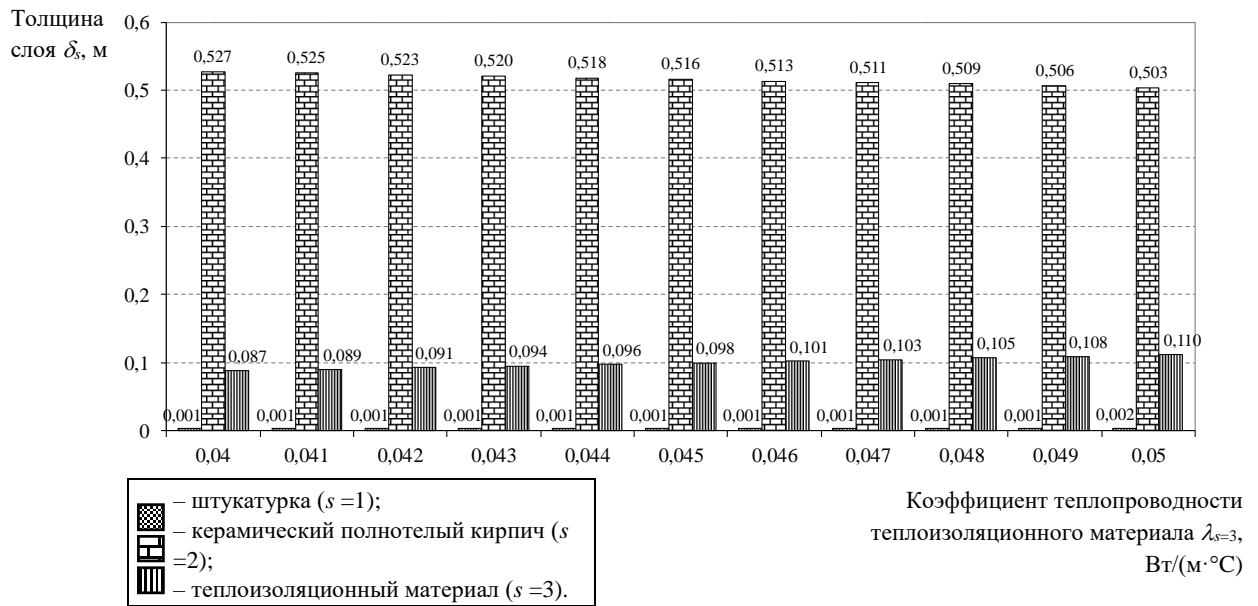
где c_s – удельная стоимость материала и монтажа для устройства слоя s ($s = 1, 2, \dots, S$) стеновой конструкции, руб./м³;

C^{\max} – максимально допустимое значение суммарной стоимости материалов и монтажа для

элементарной площади многослойной стеновой конструкции, руб./м².

Однако, следует подчеркнуть, что учет вышеописанного ограничения является достаточно трудоемким ввиду необходимости обоснования элементов исходных данных в составе выражения (15), имеющих стоимостной характер, на основе коммерческих предложений поставщиков строительных материалов, а также соответствующих нормативных сметных показателей процесса строительства.

а)



б)

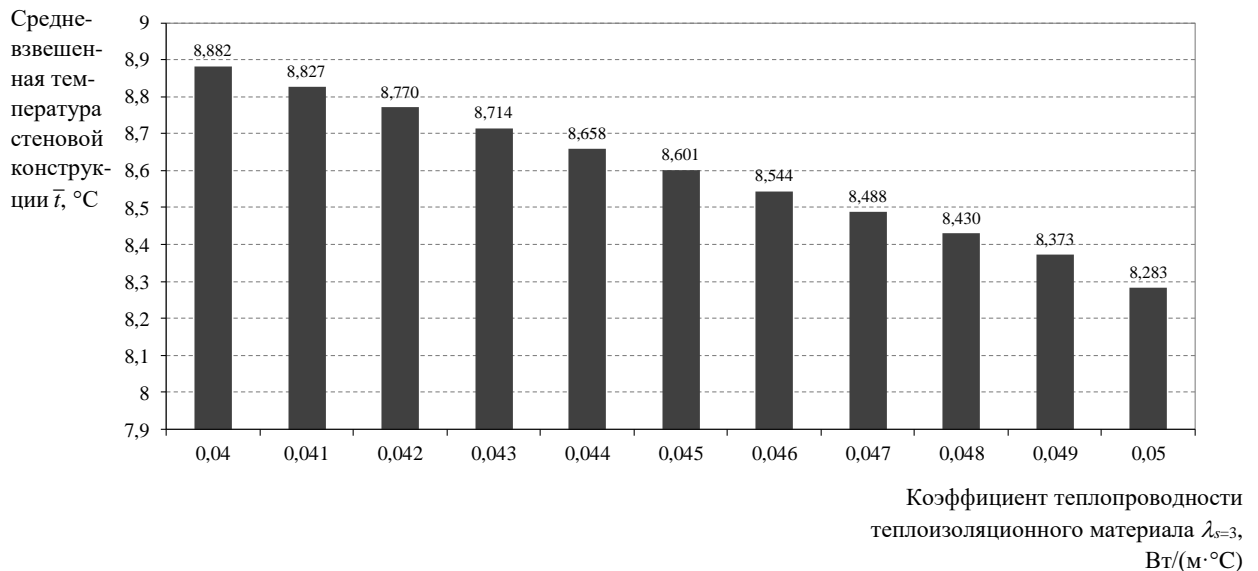


Рис. 5. Результаты анализа чувствительности отдельных элементов модели к значению коэффициента теплопроводности слоя, соответствующего теплоизоляционному материалу

Fig. 5. Results of the analysis of the sensitivity of the model's individual elements to the value of the thermal conductivity coefficient for the layer corresponding to the heat-insulating material

Таким образом, в рамках выполнения основных этапов исследования были получены следующие результаты:

1. Выполнен обзор и сравнительный анализ научных разработок в области обоснования характеристик многослойных стеновых конструкций; по результатам выполнения процедуры сделан вывод об ограниченности существующих инструментальных средств, не обеспечивающих определения характеристик стеновой конструкции на основе критерия средневзвешенной (по толщине слоев) температуры.

2. Разработана оптимизационная модели обоснования характеристик многослойной стеновой конструкции. Исходный вариант модели предполагал сложный характер зависимости значения целевой функции – средневзвешенной (по толщине слоев) температуры стеновой конструкции от значений неизвестных переменных – толщин слоев, что определило целесообразность модификации исходного варианта модели в части целевой функции для возможности реализации метода внутренней точки как наиболее распространенного алгоритма решения задач квадратичного программирования.

3. Разработанная оптимизационная модель была реализована на практическом примере для решения задачи обоснования толщины слоев в структуре внешней стеновой конструкции. На основе результатов выполнения процедуры сделан вывод о высокой практической значимости разработанного инструментального средства.

По результатам исследования были сделаны следующие выводы:

- отдельные категории задач обоснования характеристик внешних многослойных стеновых конструкций в составе объектов жилищного строительства могут быть эффективно решены посредством построения оптимизационных моделей, соответствующих задачам квадратичного программирования, и последующей реализацией моделей с использованием метода внутренней точки;

- оптимизационные модели, реализуемые с использованием метода внутренней точки как наиболее распространенного метода решения задач квадратичного программирования, в общем случае не учитывают дискретный характер отдельных неизвестных переменных – характеристик стеновой конструкции; тем не менее, дискретные значения указанных характеристик могут быть обоснованы по результатам выполнения серии оптимизационных экспериментов при варьировании значений определенных элементов исходных данных в рамках допустимых диапазонов.

На дальнейших этапах исследования предполагается модификация представленной в настоящей работе оптимизационной модели для обеспечения возможности учета критериев экономической целесообразности проектных решений по устройству стеновых конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гагарин В.Г., Зубарев К.П. Математическое моделирование нестационарного влажностного режима ограждений с применением дискретно-континуального подхода // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 2. С. 244-256.

2. Гагарин В.Г., Зубарев К.П. Применение теории потенциала влажности к моделированию нестационарного влажностного режима ограждений // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 4 (127). С. 484-495.

3. Гагарин В.Г., Зубарев К.П., Козлов В.В. Определение зоны наибольшего увлажнения в стенах с фасадными теплоизоляционными композиционными системами с наружными штукатурными слоями // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 1 (54). С. 125-132.

4. Gagarin V., Akhmetov V., Zubarev K. Assessment of enclosing structure moisture regime using moisture potential theory // MATEC Web of Conferences. 2018. No. 03053. DOI: 10.1051/mateconf/201819303053.

5. Gagarin V., Akhmetov V., Zubarev K. Moisture behavior calculation of single-layer enclosing structure by means of discrete-continuous method // MATEC Web of Conferences. 2018. No. 03014. DOI: 10.1051/mateconf/201817003014.

6. Gagarin V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Mathematical model using discrete-continuous approach for moisture transfer in enclosing construction // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. No. 022023. DOI: 10.1088/1757-899X/463/2/022023.

7. Данилов Н.Д., Шадрин В.Ю., Павлов Н.Н. Прогнозирование температурного режима угловых соединений наружных ограждающих конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2010. №4. С. 20–22.

8. Заборова Д.Д., Куколев М.И., Мусорина Т.А., Петриченко М.Р. Математическая модель энергетической эффективности слоистых строительных ограждений // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2016. № 4 (254). С. 28-33. DOI: 10.5862/JEST.254.3

9. Мусорина Т.А., Заборова Д.Д., Гамаюнова О.С., Петриченко М.Р. Термическое сопротивление однородного стенового ограждения // Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках: материалы XXII Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А. И. Леонтьева. 2019. С. 209-211.

10. Панферов В.И., Милов А.Е. Вычисление средней температуры n-слойной стенки // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Т. 15. № 2. С. 59-61.

11. Стахов А.Е., Фролькис В.А., Кадокова С.Ю., Андреев А.А. Экономико-математический анализ тепловой защиты здания // Вестник гражданских

инженеров. 2019. № 4 (75). С. 107-112. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-16-4-107-112.

12. Стаценко Е.А., Островая А.Ф., Мусорина Т.А., Куколев М.И., Петриченко М.Р. Простая модель теплоустойчивой ограждающей конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 8 (68). С. 86-91. DOI: 10.5862/МСЕ.68.9.

13. Gamayunova O., Petrichenko M., Mottaeva A. Thermotechnical calculation of enclosing structures of a standard type residential building // Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies. 2020. No. 012066.

14. Гамаюнова О.С. Обоснование стоимости утеплителей от их теплофизических характеристик // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2019. № 1 (76). С. 19-29.

15. Gamayunova O.S., Radaev A.E., Petrichenko M.R. The procedure for determination of the dependence of the cost of insulation materials on their thermophysical characteristics // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 4th International Conference on Innovative Materials, Structures and Technologies, IMST 2019. 2019. No. 012018.

16. Гамаюнова О.С. Выбор оптимального варианта утепления жилых домов в различных климатических зонах // Строительство и техногенная безопасность. 2019. № 16 (68). С. 89-97.

17. Гамаюнова О.С. Модель и методика принятия рационального решения по обеспечению энергоэффективности домов старого фонда военных городков // Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. 2019. № 669. С. 18-28.

18. Корнилов Т.А., Герасимов Г.Н. Наружные стены малоэтажных домов из легких стальных тонкостенных конструкций для условий Крайнего Севера // Жилищное строительство. 2016. № 7. С. 20-24.

19. Иванова В.Р., Жидко Е.А. Сравнение вариантов утеплителя для реконструкции жилого дома методом анализа иерархий // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2019. № 3-4 (17-18). С. 183-188.

20. Иванова И.Б., Романов М.А. Выбор проектного решения на основе системы показателей с использованием метода парных сравнений // Социально-экономическое управление: теория и практика. 2019. № 1 (36). С. 80-82.

21. Стахов А.Е., Андреев А.А. Экономическая оценка конструктивных решений тепловой защиты зданий // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2018. № 4. С. 42-47.

22. Петров П.В., Резанов Е.М., Ведрученко В.Р., Стариков А.П. Определение оптимальной толщины тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий при капитальном ремонте // Омский научный вестник. 2015. № 3 (143). С. 254-258.

23. Karmellos M., Kiprakis A., Mavrotas G. A multi-objective approach for optimal prioritization of energy efficiency measures in buildings: Model, software and case studies // Applied Energy. 2015. No 139, pp. 131-150.

24. Алексейцев А.В. Поиск рациональных параметров строительных конструкций на основе многокритериальной эволюционной оптимизации // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 7. С. 18-22. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.07.18-22

25. Wei Yu, Baizhan Li, Hongyuan Jia, Ming Zhang, Di Wang Application of multi-objective genetic algorithm to optimize energy efficiency and thermal comfort in building design // Energy and Buildings. 2015. No 88, pp. 135-143.

26. Gluhov V., Leventsov V., Radaev A., Nikolaevskiy N. Analytical modeling of development and implementation of telecommunication technologies // Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. 18th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking (NEW2AN), and 11th Conference on Internet of Things and Smart Spaces (ruSMART). 2018. Pp. 428-440.

REFERENCES

1. Gagarin V.G., Zubarev K.P. Matematicheskoye modelirovaniye nestatsionarnogo vlazhnostnogo rezhima ograzhdeniy s primeniyem diskretno-kontinual'nogo podkhoda [Mathematical modeling of non-stationary moisture regime of fences using a discrete-continuous approach] // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. 2020. Vol. 15. No. 2. Pp. 244-256. (in Russian)

2. Gagarin V.G., Zubarev K.P. Primeneniye teorii potentsiala vlazhnosti k modelirovaniyu nestatsionarnogo vlazhnostnogo rezhima ograzhdeniy [Application of the theory of moisture potential to modeling the non-stationary moisture regime of enclosures] // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. 2019, Vol. 14, No. 4 (127), Pp. 484-495. (in Russian)

3. Gagarin V.G., Zubarev K.P., Kozlov V.V. Opredeleniye zony naibol'shego uvlazhneniya v stenakh s fasadnymi teploizolyatsionnymi kompozitsionnymi sistemami s naruzhnymi shtukaturnymi sloyami [Determination of the zone of the highest moisture content in walls with facade heat-insulating composite systems with external plaster layers] // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering]. 2016, No. 1 (54), Pp. 125-132. (in Russian)

4. Gagarin V., Akhmetov V., Zubarev K. Assessment of enclosing structure moisture regime using moisture potential theory // MATEC Web of Conferences. 2018, No. 03053. DOI: 10.1051/mateconf/201819303053.

5. Gagarin V., Akhmetov V., Zubarev K. Moisture behavior calculation of single-layer enclosing structure by means of discrete-continuous method // MATEC

Web of Conferences. 2018, No. 03014. DOI: 10.1051/mateconf/201817003014.

6. Gagarin V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Mathematical model using discrete-continuous approach for moisture transfer in enclosing construction // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018, No. 022023. DOI: 10.1088/1757-899X/463/2/022023.

7. Danilov N.D., Shadrin V.Yu., Pavlov N.N. Prognozirovaniye temperaturnogo rezhima uglovykh soyedineniy naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruksiy [Prediction of the temperature regime of corner joints of external enclosing structures]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]. 2010, No. 4, Pp. 20–22. (in Russian)

8. Zaborova D.D., Kukolev M.I., Musorina T.A., Petrichenko M.R. Matematicheskaya model' energeticheskoy effektivnosti sloistyykh stroitel'nykh ograzhdeniy [Mathematical model of the energy efficiency of layered building fences] // Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta [St. Petersburg State Polytechnic University Journal]. 2016, No. 4 (254), Pp. 28-33. DOI: 10.5862 / JEST.254.3. (in Russian)

9. Musorina T.A., Zaborova D.D., Gamayunova O.S., Petrichenko M.R. Termicheskoye soprotivleniye odnorodnogo stenovogo ograzhdeniya [Thermal resistance of a homogeneous wall enclosure] // Problemy gazodinamiki i teplomassoobmena v energeticheskikh ustanovkakh [Problems of gas dynamics and heat and mass transfer in power plants]: materials of the XXII School-seminar for young scientists and specialists under the leadership of Academician of the Russian Academy of Sciences A. I. Leontiev. 2019, Pp. 209–211. (in Russian)

10. Panferov V.I., Milov A.E. Vychisleniye sredney temperatury n-sloynoy stenki [Calculation of the average temperature of the n-layer wall] // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura [Bulletin of the South Ural State University. Series: Building and architecture]. 2015, Vol. 15, No. 2, Pp. 59–61. (in Russian)

11. Stakhov A.E., Frolkis V.A., Kadokova S.Yu., Andrenko A.A. Ekonomiko-matematicheskyy analiz teplovoy zashchity zdaniya [Economic and mathematical analysis of thermal protection of a building] // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of civil engineers]. 2019, No. 4 (75), Pp. 107–112. DOI: 10.23968 / 1999-5571-2018-16-4-107-112. (in Russian)

12. Statsenko E.A., Ostrovaya A.F., Musorina T.A., Kukolev M.I., Petrichenko M.R. Prostaya model' teploustoychivoy ograzhdayushchey konstruksii [A simple model of a heat-resistant enclosing structure]. Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal [Magazine of Civil Engineering]. 2016, No. 8 (68), Pp. 86–91. DOI: 10.5862 / MCE.68.9.

13. Gamayunova O., Petrichenko M., Mottaeva A. Thermotechnical calculation of enclosing structures of a standard type residential building // Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies. 2020, No. 012066.

14. Gamayunova O.S. Obosnovaniye stoimosti utepliteley ot ikh teplofizicheskikh kharakteristik [Justification of the cost of heaters from their thermophysical characteristics] // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy [Construction of unique buildings and structures]. 2019, No. 1 (76), Pp. 19–29. (in Russian)

15. Gamayunova O.S., Radaev A.E., Petrichenko M.R. The procedure for determination of the dependence of the cost of insulation materials on their thermophysical characteristics // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 4th International Conference on Innovative Materials, Structures and Technologies, IMST 2019. 2019, No. 012018.

16. Gamayunova O.S. Vychor optimal'nogo varianta utepleniya zhilykh domov v razlichnykh klimaticheskikh zonakh [The selection of the optimal option for the insulation of residential buildings in different climatic zones] // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost' [Construction and technogenic safety]. 2019, No. 16 (68), Pp. 89–97. (in Russian)

17. Gamayunova O.S. Model' i metodika prinyatiya ratsional'nogo resheniya po obespecheniyu energoeffektivnosti domov starogo fonda voyennykh gorodkov [Model and methodology for making a rational decision to ensure the energy efficiency of houses of the old stock of military camps] // Trudy Voenno-kosmicheskoy akademii imeni A.F.Mozhayskogo [Proceedings of the Military Space Academy named after A.F. Mozhaysky]. 2019, No. 669, Pp. 18–28. (in Russian)

18. Kornilov T.A., Gerasimov G.N. Naruzhnyye steny maloetazhnykh domov iz legkikh stal'nykh tonkostennykh konstruksiy dlya usloviy Kraynego Severa [Outer walls of low-rise buildings made of light steel thin-walled structures for the conditions of the Far North] // Zhilishchnoe stroitel'stvo [Residential construction]. 2016, No. 7, Pp. 20–24. (in Russian)

19. Ivanova V.R., Zhidko E.A. Svravneniye variantov utepliteleya dlya rekonstruksii zhilogo doma metodom analiza iyerarkhiy [Comparison of insulation options for the reconstruction of a residential building by the method of hierarchy analysis] // Informatсионnye tekhnologii v stroitel'nykh, sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh [Information technologies in construction, social and economic systems]. 2019, No. 3-4 (17-18), Pp. 183–188. (in Russian)

20. Ivanova I.B., Romanov M.A. Vychor proyektного resheniya na osnove sistemy pokazateley s ispol'zovaniyem metoda parnykh svravneniy [The selection of a design solution based on a system of indicators using the method of paired comparisons] // Sotsial'no-ekonomicheskoye upravleniye: teoriya i praktika [Socio-economic management: theory and practice]. 2019, No. 1 (36), Pp. 80–82. (in Russian)

21. Stakhov A.E., Andrenko A.A. Ekonomicheskaya otsenka konstruktivnykh resheniy teplovoy zashchity zdaniy [Economic assessment of

constructive solutions for thermal protection of buildings] // AVOK: Ventilyatsiya, otopleniye, konditsionirovaniye vozdukh, teplosnabzheniye i stroitel'naya teplofizika [AVOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and construction thermal physics]. 2018, No. 4, Pp. 42–47. (in Russian)

22. Petrov P.V., Rezanov E.M., Vedruchenko V.R., Starikov A.P. Opredeleniye optimal'noy tolshchiny teplovoy izolyatsii ograždayushchikh konstruksiy zdaniy pri kapital'nom remonte [Determination of the optimal thickness of thermal insulation of the enclosing structures of buildings during overhaul] // Omskiy nauchnyy vestnik [Omsk Scientific Bulletin]. 2015, No. 3 (143), Pp. 254–258. (in Russian)

23. Karmellos M., Kiprakis A., Mavrotas G. A multi-objective approach for optimal prioritization of energy efficiency measures in buildings: Model, software and case studies // Applied Energy. 2015, No. 139, pp. 131–150.

24. Alekseytsev A.V. Poisk ratsional'nykh parametrov stroitel'nykh konstruksiy na osnove

mnogokriterial'noy evolyutsionnoy optimizatsii [Search for rational parameters of building structures on the basis of multicriteria evolutionary optimization] // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]. 2019, No. 7, Pp. 18–22. DOI: 10.33622 / 0869-7019.2019.07.18-22. (in Russian)

25. Wei Yu, Baizhan Li, Hongyuan Jia, Ming Zhang, Di Wang Application of multi-objective genetic algorithm to optimize energy efficiency and thermal comfort in building design // Energy and Buildings. 2015, No. 88, pp. 135–143.

26. Gluhov V., Leventsov V., Radaev A., Nikolaevskiy N. Analytical modeling of development and implementation of telecommunication technologies // Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. 18th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking (NEW2AN), and 11th Conference on Internet of Things and Smart Spaces (ruSMART). 2018, Pp. 428–440.

DETERMINATION OF THE CHARACTERISTICS FOR A MULTILAYER WALL'S STRUCTURE WITH APPLICATION OF QUADRATIC PROGRAMMING TOOLS

Radaev¹ A.E., Gamayunova² O.S.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 195251 St. Petersburg, Politekhnikeskaya str., 29,
E-mail: ¹ radaev_ae@spbstu.ru; ² gamayunova_os@spbstu.ru

Abstract. High requirements for the energy efficiency of residential construction projects being built, a high level of competition between building organizations, as well as a wide variety of applied materials and technologies determine the high importance for solving of the problems connected to determination of the characteristics of external multilayer wall structures. On the basis of the results received during the analysis of the relevant scientific developments, it has been concluded that the existing tools are limited in terms of taking into account thermal performance indicators as criteria for determination of the optimal values for the characteristics of the structure – particularly, the thickness and thermal conductivity of the structural layers. The expediency of conducting of the research aimed to the development of a tool for the determination of the characteristics for a multilayer wall structure on the basis of quadratic programming has been substantiated.

Subject: Technical and cost characteristics of a multilayer wall structure as part of a residential building object. A brief indication of the problems and shortcomings to be addressed by the study: the relevance of the study is due to the difficulty of substantiating the technical characteristics of a multilayer wall structure by the criterion of minimizing the weighted average (over the thickness of the layers) temperature of the wall structure due to the lack of the possibility of effective implementation of the corresponding mathematical models using linear programming methods as the most well-known and widespread.

Materials and methods: The optimization model for determination of the characteristics for a multilayer wall structure on the basis of quadratic programming has been developed. The model assumes the calculation of the optimal thickness of the structure's layers in accordance with the criterion connected to the maximization of the weighted average (over the thickness of the layers) temperature in conditions of the fixed total values of the thickness and thermal resistance of the structure. A key feature of the model is the ability for representation of the objective function as a superposition of pairwise multiplications of unknown variables and, as a consequence, the possibility for effective implementation of the model with the use of interior point method as one of the most common algorithms for solving of quadratic programming problems.

Results: The developed model has been implemented on a practical example with application of “Microsoft Excel” software environment for setting of the values of the initial data and analysis of the model implementation's results, as well as “Matlab” software for implementation of the model with the use of the interior point method.

Conclusions: Based on the results obtained during the implementation of the developed model on a practical example, the conclusion has been made about the high practical significance of the developed tool. The main disadvantage of the developed model – the impossibility for the consideration of the criteria connected to the economic feasibility of design solutions for the construction of wall structures – has been revealed. To eliminate mentioned disadvantage, modification of the model at further stages of the research has been planned.

Key words: construction, multilayer wall structure, layer thickness, thermal resistance, optimization model, objective function, quadratic programming.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ПОТОКА НА КОЭФФИЦИЕНТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Дихтярь Т.В., Зайцев О.Н., Дихтярь К.С., Ангелюк И.П.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
г. Симферополь, ул. Киевская, 181.
E-mail: ta_titova@mail.ru

Аннотация: Во время движения по замкнутому контуру рабочему потоку приходится преодолевать определённое гидравлическое сопротивление. Любая трубопроводная коммуникация имеет не только прямолинейные участки, но и повороты, ответвления, для создания которых используются различные фитинги. А для регулирования потока рабочей среды устанавливается запорная арматура. Всё это создаёт сопротивление, поэтому очень важно перед тем, как приступать к монтажу трубопровода, выполнить ряд расчётов, в том числе определить гидравлическое сопротивление. Это позволит в будущем сократить теплотери и, соответственно, избежать лишних энергозатрат.

Предмет исследования: разработка методологии уточненного определения коэффициентов гидравлического сопротивления для различных режимов движения газожидкостной смеси с дифференциацией по технологическим устройствам.

Материалы и методы. Методом исследований является анализ литературных данных, проведение необходимых расчётов с последующим математическим способом получения зависимостей для коэффициента гидравлического сопротивления. Результаты. Показано, что для расслоенной структуры течения смеси с гладкой поверхностью раздела коэффициенты гидравлического сопротивления обеих фаз могут быть представлены в функции числа Рейнольдса, выраженного через гидравлический диаметр соответствующей фазы и относительной шероховатости.

Выводы. Разработана методология уточненного определения коэффициентов гидравлического сопротивления для различных режимов движения газожидкостной смеси с дифференциацией по технологическим устройствам.

Ключевые слова: Структура течения, коэффициент гидравлического сопротивления, кинематическая вязкость, коэффициент шероховатости, критерий Рейнольдса, потери напора, коэффициент сопротивления.

ВВЕДЕНИЕ

Со сменой форм течения (переход пробковой в расслоенную) резко меняются закономерности изменения истинного газосодержания, амплитуды пульсаций давления, градиента давления и другие характеристики потока[1].

Связь перечисленных характеристик потока со структурой течения, естественно, должна оказывать влияние и на общий вид зависимости $\lambda_{см} = \lambda(\beta)$, которая также будет меняться со сменой структуры потока[1].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Коэффициент гидравлического сопротивления при течении однородной жидкости определяется по формуле[2]:

$$\lambda_0 = 0,067 \left(\frac{158}{Re_{см}} + \frac{2k_э}{d} \right)^{0,2}, \quad (1)$$

где $k_э$ – эквивалентная шероховатость трубы;

d - внутренний диаметр трубы, м.

$$Re_{см} = \frac{w_{см}d}{\nu_{см}}, \quad (2)$$

где $\nu_{см}$ – кинематическая вязкость газожидкостной смеси, м²/с;

$w_{см}$ – скорость потока газожидкостной смеси в расчетном сечении, м/с.

Для кольцевого режима вязкость смеси принимается равной вязкости жидкости $\nu_{см} = \nu_ж$.

Для пробкового режима[2]:

$$\nu_{см} = \frac{1}{\frac{\beta_ж}{\nu_ж} + \frac{\beta_г}{\nu_г}}, \quad (3)$$

где $\nu_ж$ и $\nu_г$ – соответственно кинематические вязкости жидкости и газа, м²/с;

$\beta_ж$ – расходная объемная доля жидкости в смеси;

$\beta_г$ – объемное расходное газосодержание.

Выразим $\beta_ж$ через $\beta_г$.

Объемное расходное газосодержание определяется по формуле [3]:

$$\beta_г = \frac{Q_г}{Q_{см}}, \quad (4)$$

где $Q_г$ – объемный расход газа, м³/с;

$Q_{см}$ – объемный расход смеси, м³/с,

тогда расходная объемная доля жидкости в смеси

$$\beta_ж = \frac{Q_ж}{Q_{см}}, \quad (5)$$

где $Q_ж$ – объемный расход жидкости, м³/с.

Отношение объемных расходов равно[3]:

$$\frac{Q_г}{Q_ж} = \frac{\beta_г}{1-\beta_г}, \quad (6)$$

отсюда

$$\beta_ж = \frac{Q_г(1-\beta_г)}{Q_{см}\beta_г}. \quad (7)$$

Подставляя формулу (4) в формулу (7), получим[4]

$$\beta_ж = 1 - \beta_г. \quad (8)$$

С учетом формулы (8) получим

$$\nu_{см} = \frac{1}{\frac{1-\beta_г}{\nu_ж} + \frac{\beta_г}{\nu_г}}. \quad (9)$$

Таким образом, выражение для определения критерия Рейнольдса для газожидкостной смеси имеет вид

$$Re_{см} = \frac{Q_{см}v}{86400 \cdot 0,785d \frac{1}{\frac{1-\beta_{\Gamma}}{v_{ж}} + \frac{\beta_{\Gamma}}{v_{\Gamma}}}}$$

Окончательно получим

$$Re_{см} = \frac{Q_{см}v[(1-\beta_{\Gamma})v_{\Gamma} + \beta_{\Gamma}v_{ж}]}{86400 \cdot 0,785d v_{ж} v_{\Gamma}} \quad (10)$$

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью статьи является разработка методологии уточненного определения коэффициентов гидравлического сопротивления для различных режимов движения газожидкостной смеси с дифференциацией по технологическим устройствам.

Методом исследований является анализ литературных данных с последующим математическим способом получения зависимости для коэффициента часового максимума при числе жителей, менее тысячи человек.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ

Методом исследований является анализ литературных данных, проведение необходимых расчётов с последующим математическим способом получения зависимостей для коэффициента гидравлического сопротивления.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Диффузор

При течении в диффузоре скорость уменьшается, давление вниз по потоку соответственно увеличивается, происходит преобразование кинетической энергии в энергию давления. Частицы двигающейся жидкости преодолевают нарастающее давление за счет кинетической энергии. Кинетическая энергия убывает вдоль оси диффузора и, что важно, от оси к стенкам. Слои жидкости вдоль стенки обладают такой малой кинетической энергией, что порой не в состоянии преодолеть встречное повышенное давление – они останавливаются или даже начинают двигаться обратно. Это вызывает противоток, вихреобразование и даже отрыв потока. Интенсивность этих процессов возрастает с увеличением угла расширения диффузора (угла α), следовательно. При увеличении угла расширения диффузора растут потери на вихреобразование[5].

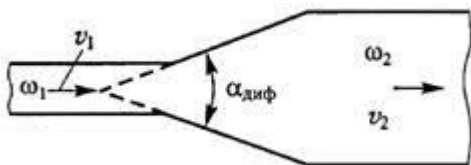


Рис. 3.2. Постепенное расширение трубопровода [5].

Кроме того, в диффузоре имеются обычные потери на трение, подобные тем, что возникают в трубах постоянного сечения[5].

Поэтому полная потеря напора в диффузоре определяется по формуле, м [5]

$$h_{ном} = h_{тр} + h_{расш} = \xi_{диф} \frac{v_1^2}{2g},$$

где $h_{тр}$ - потеря напора на трение, м;

$h_{расш}$ - потери напора на расширение в диффузоре, м;

$\xi_{диф}$ - коэффициент сопротивления диффузора;

v_1 - скорость в начале диффузора, м/с.

Потеря напора на трение[5]

$$h_{тр} = \frac{\lambda}{8 \sin(\alpha/2)} \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \frac{v_1^2}{2g}, \quad (11)$$

отсюда

$$\lambda = \frac{8 \sin(\alpha/2) h_{тр}}{\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \frac{v_1^2}{2g}}, \quad (12)$$

где $n = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$ - степень расширения диффузора (r_1 и r_2 - соответственно, радиус трубы в начале и в конце диффузора).

Потери напора на расширение (вихреобразование) имеют в диффузоре ту же природу, что и в трубопроводе с внезапным расширением сечения, но по сравнению с внезапным расширением они меньше. Обычно вводят поправочный коэффициент смягчения, так как в диффузоре по сравнению с внезапным расширением торможение как бы смягченное[5].

$$h_{расш} = k \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \frac{v_1^2}{2g}, \quad (13)$$

где k - коэффициент смягчения: для углов конусности диффузора $\alpha=5-20^\circ$ значение k принимают приблизительно $k = \sin \alpha$.

Таким образом, окончательно получим

$$\lambda = \frac{8 \sin(\alpha/2) \left[\xi_{диф} - \sin \alpha \left(1 - \frac{r_1^4}{r_2^4}\right) \right]}{1 - \frac{r_1^4}{r_2^4}} \quad (14)$$

Внезапное расширение

При внезапном расширении трубопровода поток срывается с угла и расширяется не внезапно, как сама труба, а постепенно. Причем в кольцевом пространстве между потоком и стенкой образуются вихри[5]. Которые и являются причиной потерь энергии, т.е. возникновение сопротивления[5]. (рис. 3.3).

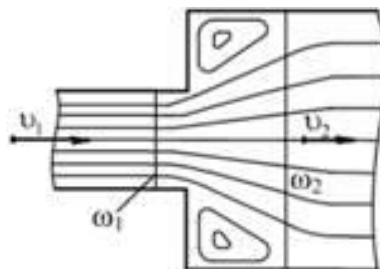


Рис. 3.3. Внезапное расширение трубопровода[5].

Потери напора на расширение [5]

$$h_{расш} = \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \frac{v_1^2}{2g} \quad (15)$$

Тогда

$$\lambda = \frac{8 \sin(\alpha/2) \left[\xi_{расш} - \left(1 - \frac{r_1^4}{r_2^4}\right) \right]}{1 - \frac{r_1^4}{r_2^4}} \quad (16)$$

где $\xi_{расш}$ – коэффициент сопротивления при внезапном расширении.

Конфузор

В конфузоре течение жидкости происходит при увеличении скорости и падения давления вниз по потоку. Поэтому причин для вихреобразования и срыва потока (как в диффузоре) нет. В конфузоре есть лишь потери на трение, следовательно, сопротивление его всегда меньше, чем у диффузора[6].

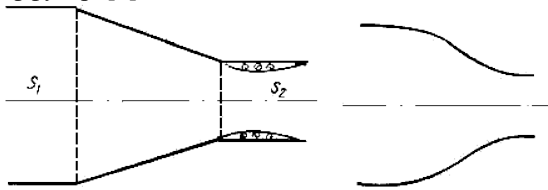


Рис. 3.4. Постепенное сужение трубопровода[6].

Коэффициент потерь напора в конфузоре определяется по формуле [6]:

$$\xi_{конф} = \frac{\lambda}{8 \sin \alpha} \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1}\right), \quad (17)$$

где ω_1 и ω_2 – площадь живого сечения соответственно на входе и на выходе из конфузора.

Тогда

$$\lambda = \frac{\xi_{конф} \cdot 8 \sin \alpha}{1 - \frac{r_2^2}{r_1^2}} \quad (18)$$

Небольшие вихреобразования и отрыв потока от стенки с одновременным сжатием потока могут возникнуть лишь на выходе из конфузора в месте соединения конической части с цилиндрической.

Внезапное сужение

Внезапное сужение вызывает меньшую потерю энергии, чем внезапное расширение с таким же соотношением площадей. Потери при этом обусловлены трением потока при входе в более узкую трубу и потерями на вихреобразование[5].

Вихри образуются потому, что поток не обтекает входной угол, а срывается с него и сужается. Кольцевое пространство вокруг суженной части заполняется завихренной жидкостью[5].

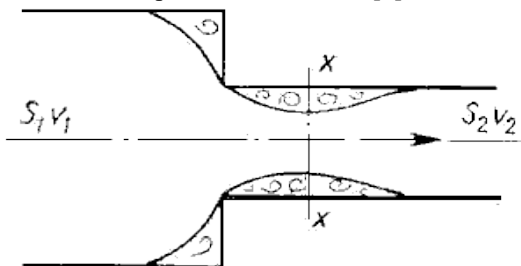


Рис. 3.5. Внезапное сужение трубопровода

Полная потеря напора при внезапном сужении, м [5]

$$h_{ном} = h_{мп} + h_{суж} = \xi_{суж} \frac{v_2^2}{2g},$$

где $\xi_{суж}$ – коэффициент сопротивления при внезапном сужении трубопровода.

Потери напора при внезапном сужении определяются по формуле [5]:

$$h_{суж} = \frac{1 - \frac{1}{n}}{2} \cdot \frac{v_2^2}{2g}, \quad (19)$$

где $n = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$ – коэффициент сжатия струи [7].

Потеря напора на трение[7].

$$h_{мп} = \frac{\lambda}{8 \sin(\alpha/2)} \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \frac{v_2^2}{2g}, \quad (20)$$

отсюда

$$\lambda = \frac{8 \sin(\alpha/2) h_{мп}}{\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \frac{v_2^2}{2g}} \quad (21)$$

Таким образом, окончательно получим

$$\lambda = \frac{8 \sin(\alpha/2) \left(\xi_{суж} - \frac{1}{2} + \frac{r_1^2}{2r_2^2} \right)}{1 - \frac{r_1^4}{r_2^4}} \quad (22)$$

Плавный поворот трубы (отвод)

Ориентация трубопровода в пространстве оказывает весьма существенное влияние на закономерности изменения истинного газосодержания из-за влияния угла наклона трубы на структуру течения смеси. Со сменой структур течения смеси меняются закономерности изменения истинного газосодержания, что в свою очередь может повлиять на коэффициент гидравлического сопротивления[1]. В пределах существования пробковой структуры течения смеси ориентация трубопровода в пространстве не оказывает заметного влияния на коэффициент гидравлического сопротивления. Однако область применимости закономерностей изменения коэффициента гидравлического сопротивления, установленная для пробковой структуры течения смеси в горизонтальном трубопроводе, существенно зависит от угла наклона[1].

Плавность поворота значительно уменьшает интенсивность вихреобразования, а следовательно, и сопротивление отвода по сравнению с коленом. Это уменьшение тем больше, чем относительный радиус кривизны отвода R/d, и при достаточно большом его значении срыв потока и связанное с ним вихреобразование устраняется полностью[1].

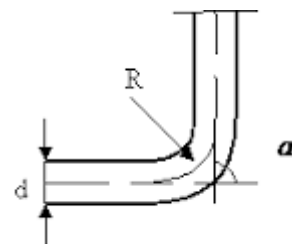


Рис. 3.6. Плавный поворот трубы[7]

Коэффициент сопротивления определяется по формуле[7]:

$$\xi_{\alpha} = \xi_{90^{\circ}} \cdot a, \quad (23)$$

где a – параметр, зависящий от центрального угла поворота трубы (табл. 1).

Таблица 1. Значение a в зависимости от центрального угла поворота трубы α [7]

α , град	20	30	40	50	60	70
	0,4	0,55	0,65	0,75	0,83	0,88

Коэффициент $\xi_{90^{\circ}}$ определяется по формуле А.Д. Альтшуля [8]:

$$\xi_{90^{\circ}} = [0,2 + 0,001(100\lambda)^8] \sqrt{d/R}. \quad (24)$$

Отсюда

$$\lambda = \sqrt[8]{\frac{\xi_{90^{\circ}}}{10^{13} \sqrt{d/R}} - 2 \cdot 10^{-14}}. \quad (25)$$

С учетом формулы (18) окончательно получим

$$\lambda = \frac{1}{100} \cdot \sqrt[8]{\frac{\xi_{\alpha} \cdot 10^3}{\alpha \sqrt{d/R}} - 200}. \quad (26)$$

Резкий поворот трубы (колена)

Колено вызывает значительные потери энергии, так как происходят отрывы потока и вихреобразование, причем эти потери тем больше, чем больше угол поворота колена δ [7].

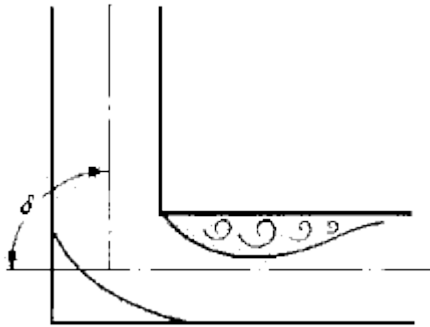


Рис. 3.7. Резкий поворот трубопровода[7]

Коэффициент сопротивления можно найти по формуле[7]:

$$\xi_{\alpha} = \xi_{90^{\circ}} (1 - \cos\delta). \quad (27)$$

Тогда, с учетом формулы (20), получим

$$\lambda = \frac{1}{100} \cdot \sqrt[8]{\frac{\xi_{\alpha} \cdot 10^3}{(1 - \cos\delta) \sqrt{d/R}} - 200}. \quad (28)$$

Запорные устройства

Причиной возникновения потерь напора в местных сопротивлениях являются деформации потока и вихреобразование. Запорные устройства служат для полного перекрытия трубопроводов, а в некоторых случаях и для регулирования расхода протекающей жидкости[9].

Полная потеря напора, m [5]

$$h_{пот} = h_{мп} + h_{зан} = \xi_{зан} \frac{v^2}{2g},$$

где $\xi_{зан}$ - коэффициент сопротивления для запорного устройства.

Потери напора для запорного устройства определяются по формуле [7]:

$$h_{зан} = \left(\frac{\omega}{\omega_o \varepsilon} - 1 \right)^2 \frac{v^2}{2g}, \quad (29)$$

где ω_o – площадь сечения, не стесненная запорным приспособлением;

ω – площадь сечения трубы;

$\varepsilon = \frac{\omega_o}{\omega}$ – коэффициент сжатия струи [7].

Потеря напора на трение[7]

$$h_{мп} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (30)$$

отсюда

$$\lambda = \frac{h_{мп}}{\frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}}. \quad (31)$$

Таким образом, окончательно получим

$$\lambda = \frac{\xi_{зан} - \left(\frac{\omega^2}{\omega_o^2} - 1 \right)^2}{l/d}. \quad (32)$$

Смена структур течения смеси при прочих равных условиях приводит к изменению функциональной связи между коэффициентом сопротивления и определяющими критериями[1]. С гидравлической точки зрения движение жидкостной фазы смеси при расслоенной структуре течения можно рассматривать как некоторый аналог безнапорного режима течения жидкости в наклонной трубе. Следовательно, исследование закономерностей изменения коэффициента гидравлического сопротивления можно свести к установлению зависимости[1]:

$$\lambda_{см} = f(Re, \varepsilon),$$

где ε – относительная шероховатость трубы.

Для безнапорного течения жидкости с поверхностью раздела в гладких трубах коэффициент гидравлического сопротивления является функцией числа Re , в котором в качестве линейного размера используется гидравлический диаметр (отношение площади сечения к смоченному жидкостью периметру трубы), т.е.[1]

$$Re = \frac{\pi w \varphi}{v \theta},$$

где φ – истинное объемное газосодержание;

θ – смоченный периметр.

При аналогичном течении жидкости в шероховатых трубах коэффициент гидравлического сопротивления определяется не только значением числа Рейнольдса, но и относительной шероховатостью труб [1]

$$\varepsilon = \frac{k_2}{d}.$$

Относительная шероховатость меняется в очень широких пределах даже для одного и того же трубопровода в результате изменения гидравлического диаметра. Поэтому влияние его на коэффициент сопротивления при определенных условиях становится весьма существенным[1].

Для расслоенной структуры течения смеси с гладкой поверхностью раздела коэффициенты гидравлического сопротивления обеих фаз могут быть представлены в функции числа Рейнольдса, выраженного через гидравлический диаметр соответствующей фазы и относительной шероховатости.

ВЫВОДЫ

Разработана методология уточненного определения коэффициентов гидравлического сопротивления для различных режимов движения газожидкостной смеси с дифференциацией по технологическим устройствам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чирков Ю.Г. Любимое дитя электрохимии / Чирков Ю.Г. – М.: Знание, 1985 – 176с.
2. Арманд А.А. Исследование механизма движения двухфазной смеси. Сб. "Гидродинамика и теплообмен при кипении в котлах высокого давления". Изд. АН СССР, 1955 - 256с.

3. Мамаев В.А. Гидродинамика газожидкостных смесей в трубах / В.А. Мамаев, Г.Э. Одишария, Н.И. Семенов, А.А. Точигин. М.: Недра, 1968. – 208с.

4. Б.Т. Муллаев Проектирование и оптимизация технологических процессов в добыче нефти. Том 1. – Издательский союз Андронум, 2016. – 534с.

5. Калашников О.В. Расчетные и действительные перепады давления при двухфазном транспорте нефти и газа // Институт газа НАН Украины, Киев Экотехнологии и ресурсосбережение, 2001, №1, С. 9-13

6. Моргунов К.П. Гидравлика: Учебник. – СПб.: Лань, 2014. – 288 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература)

7. Потери напора на местных гидравлических сопротивлениях. Электронный ресурс <http://firing-hydra.ru/index.php?request=full&id=98>

8. Брюханов О.Н., Коробко В.И., Мелик-Аракелян А.Т. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 254 с. – (Среднее профессиональное образование)

9. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика: Учебн. пос. для вузов. – М.: Стройиздат, 1975. – 323 с.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE FLOW STRUCTURE ON THE COEFFICIENT OF HYDRAULIC RESISTANCE

Dikhtyar T.V., Zaitsev O.N., Dikhtyar K.S., Ангелюк I.P.

Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, 295007, Simferopol, Prospect Academic Vernadsky 4, Russia

Annotation. During the movement along a closed circuit, the working flow has to overcome a certain hydraulic resistance. Any pipeline communication has not only straight sections, but also turns, branches, for the creation of which various fittings are used. And shut-off valves are installed to regulate the flow of the working medium. All this creates resistance, so it is very important to perform a number of calculations before starting the installation of the pipeline, including determining the hydraulic resistance. This will allow to reduce heat loss in the future and, accordingly, avoid unnecessary energy consumption.

Subject of research: development of a methodology for the improved determination of hydraulic resistance coefficients for various modes of movement of a gas-liquid mixture with differentiation by technological devices.

Materials and methods. The research method is the analysis of literature data, carrying out the necessary calculations, followed by a mathematical method for obtaining dependencies for the coefficient of hydraulic resistance.

Results. It is shown that for a layered structure of a mixture flow with a smooth interface, the hydraulic resistance coefficients of both phases can be represented as a function of the Reynolds number, expressed in terms of the hydraulic diameter of the corresponding phase and relative roughness.

Conclusions. A methodology has been developed for the improved determination of hydraulic resistance coefficients for various modes of movement of a gas-liquid mixture with differentiation by technological devices.

Key words. Flow structure, hydraulic resistance coefficient, kinematic viscosity, roughness coefficient, Reynolds criterion, pressure loss, resistance coefficient.

РАЗДЕЛ 4. Экологическая безопасность

УДК 911.52 (477.75) DOI: 10.37279/2413-1873-2021-22-135-145

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАКЛОНА ПОВЕРХНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ ЛАНДШАФТОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Табунщик В.А.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», 299011, проспект Нахимова 2, Севастополь, Российская Федерация, e-mail: tabunshchik@ya.ru

Аннотация. В работе представлены новые данные о наклоне поверхности территории Крымского полуострова в разрезе ландшафтных таксономических единиц по ландшафтно-типологической карте Крымского полуострова Г.Е. Гришанкова. Впервые для Крымского полуострова в целом и ландшафтных таксономических единиц – ландшафтных уровней, ландшафтных зон, ландшафтных поясов и ярусов, а также групп местностей (окоемов) количественно посчитаны элементы описательной статистики (минимальное значение, максимальное значение, среднее значение, медиана значений, а также значение амплитуды значений (факторной амплитуды)), которые характеризуют наклон поверхности в пределах указанных территорий.

Предмет исследования: геоморфологические особенности наклона поверхности в пределах территории Крымского полуострова, в частности ландшафтов на различных таксономических уровнях в связи со слабой проработанностью этого вопроса.

Материалы и методы. В работе использована цифровая модель рельефа SRTM на основании которой построены карты наклона поверхности для территории Крымского полуострова и ландшафтов Крымского полуострова. Обработка произведена в программном комплексе ArcGIS. В работе использованы геопространственные модели (геопривязанные растровые и векторные слои), позволяющие выполнять SQL-запросы и анализировать пространственное положение объектов исследования. Методами исследования выступают – литературно-аналитический, исторический, сравнительно-географический, геоинформационный, статистический, а также метод моделирования.

Результаты: впервые получены новые данные о значениях наклона поверхности в пределах различных иерархических уровней ландшафтной структуры Крымского полуострова.

Выводы: наклон поверхности в пределах ландшафтных контуров для территории Крымского полуострова характеризуется значительной пространственной неоднородностью – увеличивается с севера на юг и достигает максимальных значений в пределах среднегорного и низкогорного ландшафтных уровней, а минимальных – в пределах гидроморфного ландшафтного уровня.

Ключевые слова: рельеф, наклон поверхности, Крым, Крымский полуостров, ландшафт.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение рельефа территории является одной из важнейших задач при исследовании той или иной территории. Ведь именно рельеф и его характеристики (абсолютная высота, наклон поверхности, глубина расчленения рельефа, густота расчленения рельефа и пр.) оказывают воздействие как на развитие природных, так и социально-экономических процессов. Наклон поверхности (крутизна склонов, уклон поверхности) – это экологический фактор, который играет важную роль в распределении энергии и вещества в пределах ландшафта – интенсивность эрозионных процессов, изменение микроклиматических характеристик воздушных масс и почвы, а также при хозяйственном освоении территории. В последние годы при планировании использования территории активно применяется ландшафтный подход [1, 2], суть которого сводится к комплексному пониманию процессов и явлений природы протекающих в пределах ландшафтов [3, 4]. Именно понимание организации ландшафтов и ландшафтной сферы позволяет свести к минимуму неблагоприятные процессы, которые могут возникать при хозяйственном освоении той или иной территории.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Изучению рельефа Крымского полуострова посвящено большое количество работ. Среди наиболее значимых стоит отметить работы А.А. Ключкина [5], П.Д. Подгородецкого [6], Б.А. Вахрушева [7], В.А. Михайлова с соавторами [8, 9], Ф.Н. Лисецкого с соавторами [10], Е.А. Позаченюк с соавторами [11], а также серии карт изданные в атласах [12, 13, 14]. Однако именно изучению рельефа в пределах различных таксономических единиц ландшафтной структуры Крымского полуострова научных работ посвящено крайне мало и, в большинстве своем, они ограничиваются лишь качественными характеристиками рельефа в пределах ландшафтов.

В тоже время сейчас наиболее целесообразно использовать дистанционные методы исследования для анализа рельефа территории. В работах многих авторов указывается, что связка и использование цифровой модели рельефа (Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), ASTER Global Digital Elevation Map и др.) в комплексе с географическими информационными системами (ArcGIS, QGIS, SAGA GIS и др.) дают прекрасный результат для анализа рельефа и его характеристик – наклона, экспозиции, расчленения и пр. Например, в работе

[15] с использованием ГИС и цифровых моделей рельефа исследуются отдельные бассейны рек в южной Индии; в работе [16] – в Китае; в работе [17] исследуется рельеф северной части Чили; в [18] – юга Европейской части России; в работе [19] – анализируется рельеф северо-восточного склона Большого Кавказа в пределах Азербайджана для целей развития туризма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ наклона поверхности проводится для операционно-территориальных единиц, представленных на ландшафтно-типологической карте Крымского полуострова Г.Е. Гришанкова [20] в разрезе таксономических единиц – ландшафтный уровень (далее – ЛУ), ландшафтная зона (далее – ЛЗ), ландшафтный пояс / ландшафтный ярус (далее – ЛП/ЛЯ), группа местностей (далее – ГМ).

Построение карты наклона поверхности или крутизны склонов производилось согласно методике, описанной в работах [21, 22] с использованием географических информационных систем – QGIS и ARCGIS. Для расчета показателя наклона поверхности в пределах Крымского полуострова были использованы открытые данные Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). В результате, для территории Крымского полуострова построена карта наклона поверхности, которая в дальнейшем анализировалась с использованием алгоритмов пространственного пересечения, в результате чего для каждого ландшафтного контура и таксономической единицы получены значения описательной статистики, отражающие

минимальное, максимальное, среднее значение наклона поверхности, а также медиану и амплитуду значений. Дополнительно рассчитывался показатель относительной ширины факторной амплитуды, физический смысл которого описан в работе [23].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

На территории Крымского полуострова (далее – КП) наклон поверхности изменяется от 0 до 66,1 градуса и распределен крайне неравномерно. Наибольшие значения характерны южной части КП, где в пределах Крымских гор наблюдается значительное расчленение рельефа и большие амплитуды высот, а наименьшие характерны для Присивашской низменности на севере КП. В таблице 1 представлено распределение фактора «Наклон поверхности, градусы» по ЛУ КП.

Согласно рисунку 1, можно наблюдать, что в пределах ГЛУ наибольшее количество значений рассматриваемого показателя приходится на диапазон значений от 0 до 0,5 градуса, ПЛУ – от 0,5 до 1 градуса, НЛУ – от 0 до 2 градусов и СЛУ – от 5 до 10 градусов. Таким образом, среди ЛУ по показателю «Наклон поверхности, градусы» наиболее четко обособливается СЛУ, в то время как остальные ЛУ – имеют незначительное разграничение по рассматриваемому фактору.

В таблице 2 и на рисунке 2 представлены характеристики ЛЗ КП в пространстве фактора «Наклон поверхности, градусы». Как можно видеть, наибольшая пространственная дифференциация характерна для ЛЗ СЛУ и НЛУ.

Таблица 1. Положение ландшафтных уровней Крымского полуострова в пространстве фактора «Наклон поверхности, градусы»

Table 1. The position of the landscape levels of the Crimean Peninsula in the factor space «Slope, degrees»

Фактор	Ландшафтный уровень	Значение фактора					Относительная ширина амплитуды
		Минимум	Максимум	Амплитуда	Среднее значение	Медиана	
Наклон поверхности, градусы	Гидроморфный (ГЛУ)	0	21,7	21,7	0,7	0,5	0,33
	Плакорный (ПЛУ)	0	17,5	17,5	1,0	0,7	0,27
	Низкогорный (НЛУ)	0	66,1	66,1	4,0	2,0	1,00
	Среднегорный (СЛУ)	0	62,0	62,0	10,9	9,9	0,94

Более наглядно показано фактора «Наклон поверхности, градусы» в пределах ЛУ КП представлено на рисунке 1, где представлены гистограммы распределения.

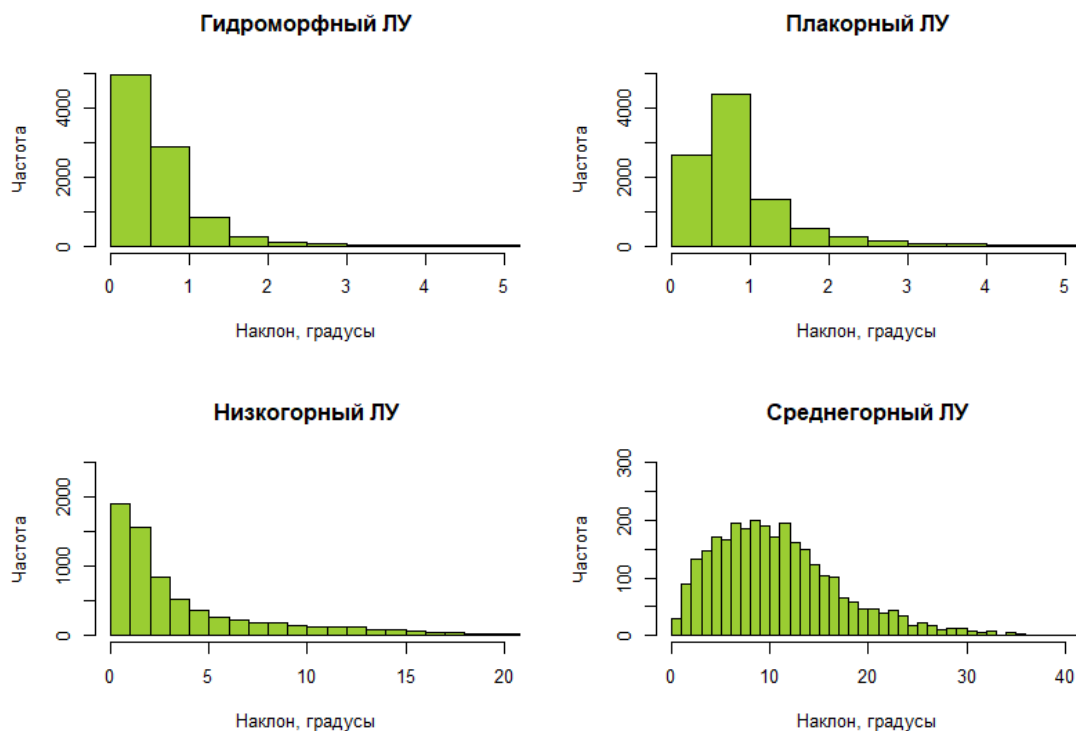


Рис. 1. Гистограммы распределения значений фактора «Наклон поверхности, градусы» в пределах ландшафтных уровней Крымского полуострова
Fig. 1. Histograms of the distribution of the values of the factor «Slope, degrees» within the landscape levels of the Crimean Peninsula

Таблица 2. Положение ландшафтных зон в пространстве фактора «Наклон поверхности, градусы»
Table 2. The position of the landscape zones of the Crimean Peninsula in the factor space «Slope, degrees»

Ландшафтная зона	Значение фактора					Относительная ширина амплитуды
	Минимум	Максимум	Амплитуда	Среднее значение	Медиана	
Гидроморфный ландшафтный уровень						
Зона низменных недrenированных и слабодrenированных аккумулятивных и денудационных равнин с типчакowo-кoвьлькoвыми, полыннo-типчакoвыми, полыннo-житнякoвыми степями в комплексе с галофитными лугами и степями	0	21,7	21,7	0,7	0,5	0,33
Плакорный ландшафтный уровень						
Зона типичных ковьльнo-типчакoвых и беднo-разнотравнo-ковьльнo-типчакoвых степей в комплексе с петрофитными и кустарникoвыми степями	0	17,5	17,5	1,0	0,7	0,27
Низкогорный ландшафтный уровень						
Зона предгорных аккумулятивных, останцoвo-денудационных и структурных денудационных равнин и куэстoвых возвышенностей с разнотравными степями, кустарникoвыми зарослями, лесостепью и низкорослыми дубoвыми лесами	0	45,1	45,1	3,0	1,7	0,68
Зона южного макросклона гор, полусубтропических дубoвых, фисташкoвo-дубoвых, можжевелоvо-соснoвых лесов и шиблякoвых зарослей	0	66,1	66,1	10,8	10,5	1,00
Среднегорный ландшафтный уровень						
Зона северного макросклона гор, буковх, дубoвых и смешанных широколиственных лесов	0	55,8	55,8	10,1	9,4	0,84
Зона яйлинских платo, горных лугов и горной лесостепи	0	56,0	56,0	8,6	6,1	0,85
Зона южного макросклона гор, дубoвых, соснoвых и смешанных широколиственных лесов	0,1	62,0	61,9	15,2	14,1	0,94

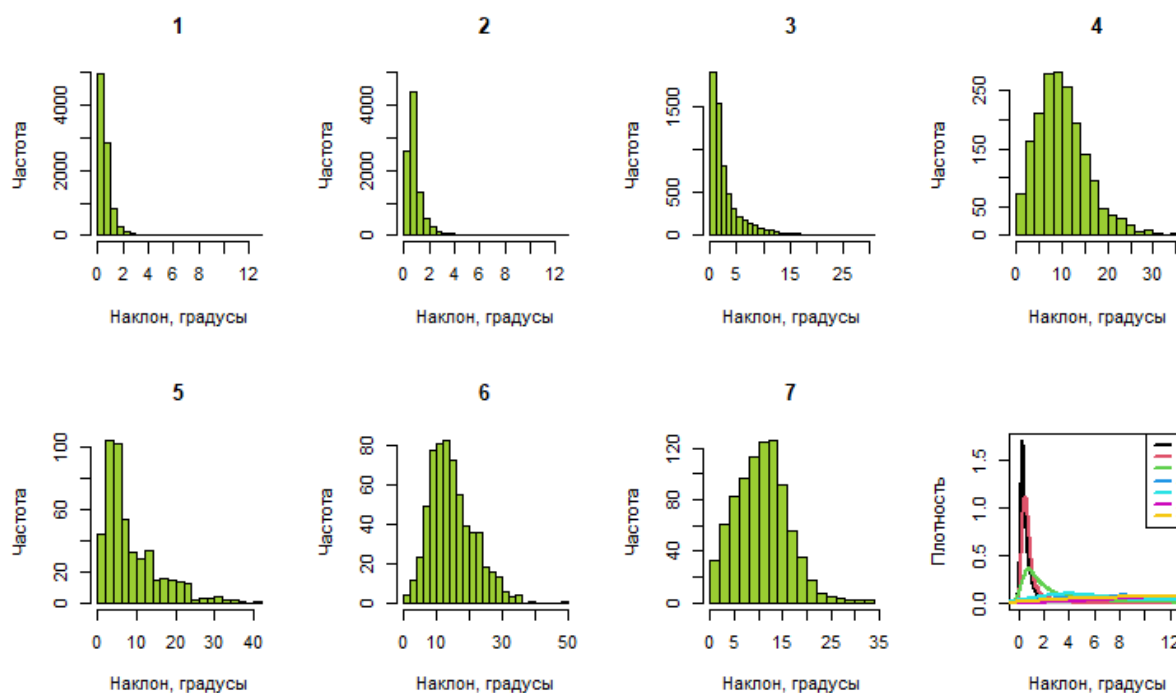


Рис. 2. Гистограммы распределения фактора «Наклон поверхности, градусы» для ландшафтных зон Крымского полуострова (цифрами обозначены ЛЗ. ГЛУ: 1 – Зона низменных недrenированных и слабодrenированных аккумулятивных и денудационных равнин с типчакowo-кoвылькoвыми, полыннo-типчакoвыми, полыннo-житнякoвыми степями в комплексе с галофитными лугами и степями; ПЛУ: 2 – Зона типичных ковыльнo-типчакoвых и беднo-разнотравнo-кoвыльнo-типчакoвых степей в комплексе с петрофитными и кустарникoвыми степями; НЛУ: 3 – Зона предгорных аккумулятивных, останцoво-денудационных и структурных денудационных равнин и куэстовых возвышенностей с разнотравными степями, кустарникoвыми зарослями, лесостепью и низкорослыми дубoвыми лесами; СЛУ: 4 – Зона северного макросклона гор, бoковых, дубoвых и смешанных широколиственных лесов; 5 – Зона яйлинских платo, горных лугов и горной лесостепи; 6 – Зона южного макросклона гор, дубoвых, соснoвых и смешанных широколиственных лесов. 7 – Зона южного макросклона гор, полусубтropicеских дубoвых, фисташкoво-дубoвых, можжевельнo-соснoвых лесов и шиблякoвых зарослей;)

Fig. 2. Histograms of the distribution of the values of the factor «Slope, degrees» within the landscape zones of the Crimean Peninsula (numbers indicate LZ. GLU: 1 - Zone of low-lying undrained and weakly drained accumulative and denudation plains with fescue-feather grass, wormwood-fescue, wormwood-cereal steppes in a complex with halophytic meadows and steppes; and shrub steppes; NLU: 3 - Zone of foothill accumulative, remnant-denudation and structural denudation plains and cuesta uplands with forb steppes, shrub uplands with forb steppes; Zone of the northern macroslope of mountains, beech, oak and mixed broad-leaved forests of the southern macro-slope; 5 - Zone mountains, oak, pine and mixed deciduous forests. 7 - Zone of the southern macroslope of mountains, semi-subtropical oak, pistachio-oak, juniper-pine forests and shibliak thickets;)

В табл. 3 представлена описательная статистика, характеризующая положение ландшафтных поясов и ландшафтных ярусов КП в пространстве фактора «Наклон поверхности, градусы». В пределах ЛП/ЛЯ ГЛУ и ПЛУ наблюдается очень слабая дифференциация, в то время как в пределах СЛУ и в меньшей степени НЛУ дифференциация ЛП проявляется отчетливо.

Учитывая тот факт, что при укрупнении уровней таксономической организации ландшафтной сферы в пределах КП, происходит увеличение объема данных описательной статистики, то для групп местностей КП результаты описательной статистики представлены в виде картографических материалов (рис. 3).

Как видно из рисунка 3 по рассматриваемому фактору внутри групп местностей в пределах ЛП и ЛЯ и более высоких уровней таксономической

организации ландшафтной сферы наблюдается незначительные различия рассматриваемого показателя, которое увеличивается при сравнении групп местностей, относящихся к более высоким уровням таксономической организации.

Учитывая тот факт, что во многих работах, о которых пойдет речь в дальнейшем, термины «наклон», «крутизна» или «крутизна склонов» и «уклон» не отличаются и результаты измерений приводятся в градусах, здесь мы будем использовать их как синонимы, что, однако, не совсем верно. Такая путаница возникает, особенно среди специалистов, использующих ГИС при выполнении исследований, так как инструмент для расчета в программе ArcGIS русифицирован именно как «Уклон», а в QGIS – как «Крутизна».

Таблица 3. Положение ландшафтных поясов и ландшафтных ярусов Крымского полуострова в пространстве фактора «Наклон поверхности, градусы»
Table 3. The position of the landscape layers of the Crimean Peninsula in the factor space «Slope, degrees»

Ландшафтный пояс / ярус	Значение фактора					Относительная ширина амплитуды
	Минимум	Максимум	Амплитуда	Среднее значение	Медиана	
Гидроморфный ландшафтный уровень						
Пояс прибрежных недренированных низменностей, пляжей и кос с галофитными лугами, солончаками и сообществами псаммофитов	0	55,8	55,8	10,1	9,4	0,84
Пояс аккумулятивных и денудационных недренированных и слабодренированных низменностей с полынно-типчаковыми, полынно-житняковыми и ковыльно-типчаковыми степями	0	56,0	56,0	8,6	6,1	0,85
Пояс аккумулятивных и денудационных слабодренированных равнин с ковыльно-типчаковыми и полынно-типчаковыми степями	0,1	62,0	61,9	15,2	14,1	0,94
Пояс аккумулятивных дренированных и слабодренированных низменностей с ковыльно-типчаковыми степями в комплексе с ковыльно-разнотравными степями	0	55,8	55,8	10,1	9,4	0,84
Плакорный ландшафтный уровень						
Верхний денудационный ярус ковыльно-типчаковых, петрофитных и кустарниковых степей	0	17,5	17,5	1,1	0,7	0,27
Нижний денудационно-аккумулятивный ярус с ковыльно-типчаковыми, кустарниково-разнотравными и петрофитными степями	0	15,5	15,5	0,9	0,7	0,23
Низкогорный ландшафтный уровень						
Зона предгорных аккумулятивных, останцово-денудационных и структурных денудационных равнин и куэстовых возвышенностей с разнотравными степями, кустарниковыми зарослями, лесостепью и низкорослыми дубовыми лесами						
Пояс бородачево-разнотравных и асфоделиново-разнотравных степей на аккумулятивных и денудационных равнинах	0	14,6	14,6	1,3	0,9	0,22
Пояс лесостепи на останцово-денудационных, структурных денудационных и аккумулятивных равнинах, куэстовых возвышенностях	0	45,1	45,1	3,9	2,9	0,68
Пояс дубовых лесов и кустарниковых зарослей на останцово-денудационных и наклонных структурных денудационных равнинах и куэстовых возвышенностях	0	44,4	44,4	9,1	7,9	0,67
Среднегорный ландшафтный уровень						
Зона северного макросклона гор, буковых, дубовых и смешанных широколиственных лесов						
Пояс котловин и эрозионного низкогорья, дубовых, смешанных широколиственных и сосновых лесов	0	44,8	44,8	8,5	8,1	0,68
Пояс среднегорно-склоновый, дубовых, можжевельново-дубовых и смешанных широколиственных лесов	0	44,4	44,4	10,8	10,2	0,67
Пояс среднегорно-склоновый, буковых, буково-грабовых, смешанных широколиственных лесов	0	55,8	55,8	14,4	13,7	0,84
Зона яйлинских плато, горных лугов и горной лесостепи						
Пояс лесных и лугово-лесостепных плато	0	56,0	56,0	7,2	5,0	0,85
Пояс луговых и лугово-лесных плато	0,13	49,3	49,2	12,2	10,2	0,74
Зона южного макросклона гор, дубовых, сосновых и смешанных широколиственных лесов						
Пояс низкогорно-склоновый дубовых и смешанных широколиственных лесов	0,13	37,5	37,4	12,9	12,8	0,57
Пояс среднегорно-склоновый, дубовых, сосновых и смешанных широколиственных лесов	0,18	57,5	57,3	16,7	14,9	0,87
Среднегорный пояс буковых и смешанных широколиственных лесов	0,13	62,0	61,9	18,8	17,7	0,94
Низкогорный ландшафтный уровень						
Зона южного макросклона гор, полусубтропических дубовых, фисташково-дубовых, можжевельново-сосновых лесов и шибляковых зарослей						
Низкогорный пояс дубово-фисташковых, можжевельново-сосновых лесов и шибляковых зарослей	0	66,1	66,1	10,7	10,2	1,00
Низкогорный пояс сосновых, дубовых и смешанных широколиственных лесов и шибляковых зарослей	0	53,5	53,5	11,1	10,9	0,81

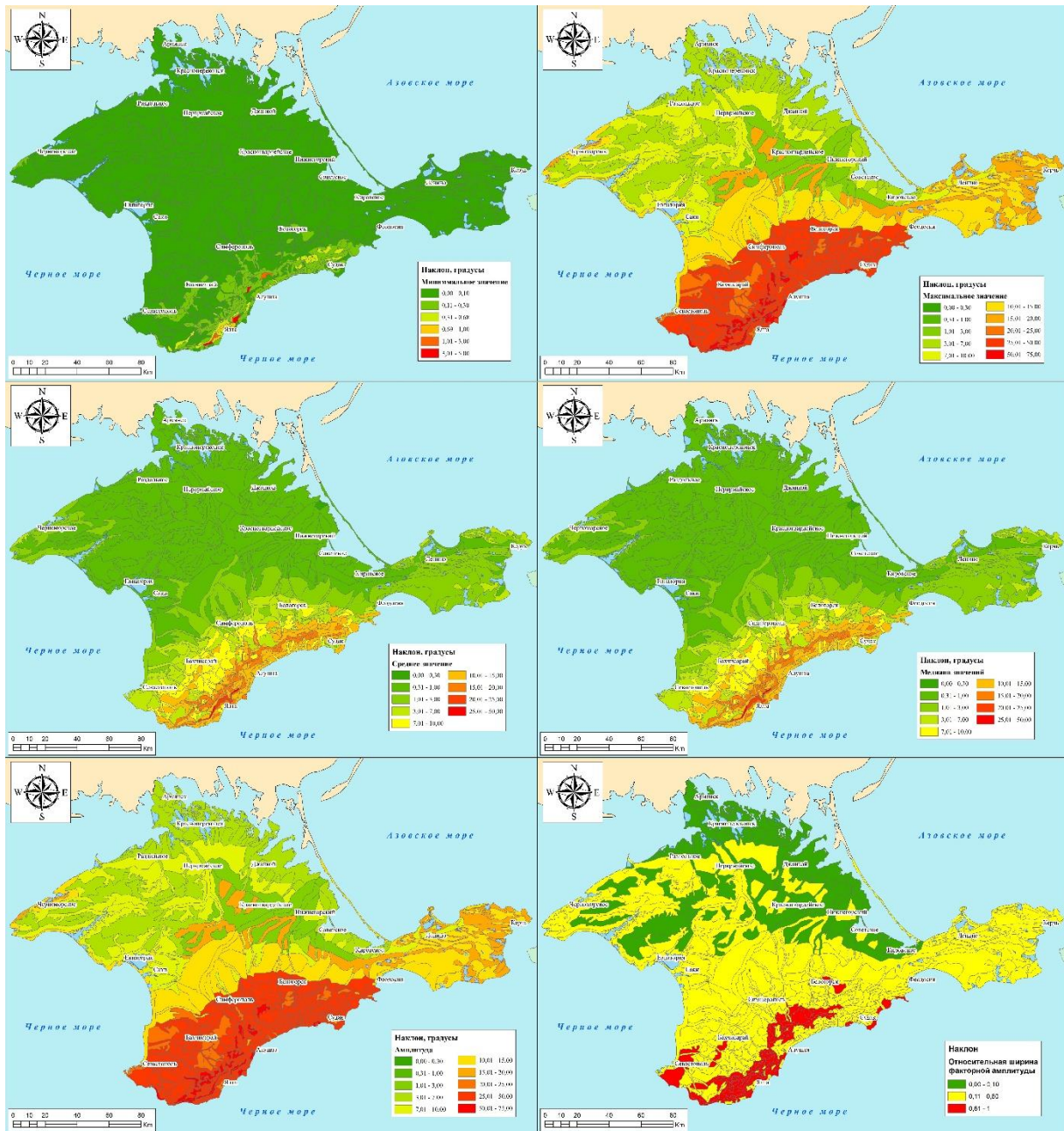


Рис. 3. Положение групп местностей в пространстве фактора «Наклон поверхности, градусы».

Fig. 3. The position of groups of localities in the factor space «Slope, degrees».

Разрозненные сведения о наклоне поверхности для территории КП и в большей степени его отдельных частей приводятся в работах [24, 25]. Стоит с акцентировать внимание на том факте, что изучению именно крутизны склонов или наклона поверхности в пределах ландшафтов Крымского полуострова практически не уделяется внимание, поэтому возникают большие сложности с сравнением полученных результатов.

Ф.Н. Лисецкий с соавторами в работе [10, С. 39-40] приводит значение наклона поверхности для территории Тарханкутского полуострова и указывают, что для Южнотарханкутского увала характерны значения наклона поверхности от 1,5 до 3 градусов, для северной части полуострова в районе урочищ Джангуль, Большой Кафель, Малый

Кафель, а также отдельных участков вдоль побережья – характерны максимальные значения более 3 градусов. Стоит отметить, что на карте в [10, С. 40] не приводятся максимальные значения наклона поверхности (крутизны склонов) для территории Тарханкутского полуострова, а ограничиваются только формулировкой более 3-х градусов. Если сравнивать с нашими данными, то в пределах Южнотарханкутского увала располагаются ландшафтные контура входящие в группу местностей «наклонные овражно-балочные равнины с ковыльно-типчачковыми, петрофитными и кустарниковыми степями» то здесь максимальный наклон поверхности составляет 7,7 градуса, а среднее значение – 1,7 градуса. В пределах северно-западной части Тарханкутского полуострова

располагается группа местностей, представленная одним ландшафтным контуром – «овражно-балочный оползневой ковыльно-типчачковых и кустарниково-разнотравных степей», для которого характерны максимальное значение составляет 15,5 градуса, а среднее – 3,3 градуса. Таким образом данные представленные в [10] косвенно подтверждают полученные нами результаты.

В работе [26] Д.О. Кривогуз с соавторами приводятся карту уклонов КП, на которой градация этого фактора изменяется от 0 до 90 градусов. По нашим данным значения наклона поверхности для КП изменяются от 0 до 66,1 градуса. Эти данные также подтверждаются в работах [2, 3]. В виду того, что в работе [26, С. 8] карта уклонов имеет очень мелкий масштаб и к тому же легенда к этой карте представлена в виде растяжки, а не картограммы, то невозможно провести сравнение с результатами, полученными в этой работе.

В работе [27] указывается, что на территории Керченского полуострова максимальные значения наклона составляют более 40 градусов и на этот диапазон действия фактора приходится 107,7 кв. км территории Керченского полуострова, что составляет около 4 % от его площади. Эти данные значительно противоречат нашим расчетным данным о наклоне поверхности на территории Керченского полуострова. Так по нашим расчетам максимальный наклон поверхности среди групп местностей Керченского полуострова составляет примерно 15-17 градусов и характерен для таких групп местностей: абразионно-денудационные останцовые равнины с кустарниковыми разнотравными степями; абразионно-денудационные останцовые равнины с ковыльно-типчачковыми и петрофитными степями; пологонаклонные аккумулятивно-денудационные лессовидные равнины с ковыльно-типчачковыми и ковыльно-разнотравными степями; денудационно-останцовые равнины с типчачково-ковыльными

степями. К тому же, данные полученные в [27] являются завышенными. Это различие может быть объяснено различными исходными данными, которые использовались. Так в нашей работе были использованы цифровые модели рельефа SRTM, а в работе [27] – ASTER GDEM.

В работе [28, С. 206] указывается, что в Горном Крыму крутизна склонов составляет 5-10 градусов, что является значительно заниженным значением, ведь Горный Крым – характеризуется максимальными значениями крутизны склонов и по нашим расчетам, если принимать за Горный Крым территории НЛУ и СЛУ крутизна склонов здесь составляет более 60 градусов. В тоже время указанные в работе [28, С. 206] значения похожи на средние значения по НЛУ и СЛУ (4,0 и 10,9 градуса) рассчитанные нами. Так как в [28] не указывается методика исследования и неясно откуда получены данные, то вероятнее всего можно принять их за средние данные по Горному Крыму.

В работе [29] И.В. Калинин и Е.А. Позаченюк произвели расчеты средних значений крутизны склонов в пределах ландшафтных выделов Раздольненского района Республики Крым. Сравнение наших данных и данных, представленных в работе [29], указывает на их сопоставимость. Например, среднее значение наклона поверхности в пределах группы местностей № 1 – аккумулятивные недренированные низменности с солончаками и галофитными лугами – согласно [29] составляет 0,31-0,51 градуса, в виду того, что в работе [29] анализируется каждый контур, слагающий группу местностей; а по нашим расчетам – среднее значение в пределах группы местностей – 0,71 градуса, а в пределах двух ландшафтных контуров слагающих группу местностей в Раздольненском районе Республики Крым – 0,28 и 0,40 градуса. Более развернутое сравнение полученных нами данных с работой [29] представлено в таблице 4.

Таблица 4. Наклон поверхности некоторых ландшафтных контуров групп местностей Крымского полуострова в пределах Раздольненского района Республики Крым

Table 4. The slope of the surface of some landscape contours of groups of localities of the Crimean Peninsula within the Razdolnensky district of the Republic of Crimea

Ландшафтный контур / Группа местностей	Наклон поверхности, градусы	
	Среднее значение	Среднее значение, по [29]
Пересыпи и косы с галофитными лугами в комплексе с сообществами псаммофитов	0,34	0,38
Аккумулятивные плоские слабодренированные равнины с полынно-житняковыми и ковылково-типчачковыми степями	0,32	0,48
Долинно-лощинно-балочный, лугов и луговых степей	0,74	0,82
Структурные пологонаклонные денудационно-аккумулятивные равнины с ковыльно-типчачковыми степями	0,72	0,78

Таким образом, можно говорить о том, что полученные данные о наклоне поверхности в пределах групп местностей для КП частично подтверждается работами [29, 30].

В целом, можно утверждать, что полученные данные репрезентативны, частично подтверждаются независимыми работами

исследователей и на данный момент дает полную характеристику положения таксономических единиц ландшафтной сферы для КП.

ВЫВОДЫ

В работе впервые для ландшафтных единиц организации территории Крымского полуострова (ландшафтные уровни, ландшафтные зоны, ландшафтные пояса и ярусы, а также группы местностей) рассчитаны и получены репрезентативные данные о минимальных, максимальных, средних значениях, амплитуде значений и медиане значений наклона поверхности в пределах таксономических единиц ландшафтной организации. Установлено, что максимальные значения наклона поверхности характерны для низкогорного и среднегорного ландшафтных уровней Крымского полуострова, а минимальные – для гидроморфного ландшафтного уровня.

Исследование выполнено в рамках темы НИР «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Регистрационный номер: 121040100327-3».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Позаченюк Е.А., Панкеева Т.В. Геоэкологическая экспертиза административных территорий. Большой Севастополь. Симферополь: Бизнес-Информ, 2008. 296 с.
2. Пурдик Л.Н. Ландшафтный подход в территориальном планировании (на примере Беловского района Кемеровской области). Барнаул : Пять плюс, 2012. 191 с.
3. Позаченюк Е.А., Табунщик В.А. Ландшафтное планирование территории Джанкойского района Республики Крым // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2014. №2. С. 139-162.
4. Позаченюк Е.А., Петлюкова Е.А., Табунщик В.А. Понятие «современный ландшафт» и организация природопользования (на примере водоохранных зон) // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. 2013. Т.26(65). №3. С. 299-309.
5. Клюкин А.А. Экзогеодинамика Крыма. Симферополь: Таврия, 2007. 320 с.
6. Подгородецкий П.Д. Крым: природа. Симферополь: Таврия, 1988. 192 с.
7. Вахрушев Б. А., Ковальчук И. П., Комлев А. А. и др. Рельеф Украины / Под ред. В. В. Стецюка. Киев: Слово, 2010. 688 с.
8. Бондаренко М.А., Михайлов В.А. Геоморфологические факторы формирования высотной поясности растительного покрова юго-восточного склона Бабуган-яйлы (Крымский полуостров) // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 7 (63). С. 295-301.
9. Михайлов В.А. Комплексный морфометрический анализ Тарханкутского полуострова с помощью ГИС // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 2-4 (46). С. 5–13.
10. Лисецкий Ф.Н., Маринина О. А., Буряк Ж.А. Геоархеологические исследования исторических ландшафтов Крыма. Воронеж : ВГУ, 2017. 431 с.
11. Позаченюк Е.А., Петлюкова Е.А. ГИС-анализ морфометрических показателей рельефа Центрального Предгорья Главной гряды Крымских гор для целей ландшафтного планирования // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2016. Т. 2 (68). № 2. С. 96–113.
12. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР / АН УССР. Москва : Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1978. 183 с.
13. Национальный атлас Украины / голов. ред. Л. Г. Руденко; голова ред. кол. Б.С. Патон. Київ: Картографія, 2007. 435 с.
14. Автономна Республіка Крим: атлас / ТНУ ім. В.І. Вернадського, Крим. наук.центр НАН України і М-ва освіти і науки України, Ін-т географії НАН України, Ін-т перед. технологій ; ред. М.В. Багров [та ін.]. К. ; Симферополь: ТНУ, 2003. 76 с.
15. Sreedevi P. D. et al. Morphometric analysis of a watershed of South India using SRTM data and GIS //Journal of the geological society of india. 2009. Vol. 73. №. 4. pp. 543-552. DOI 10.1007/s12594-009-0038-4.
16. Yang G., Chen Z., Jiang J. Drainage morphometry of the Lishui catchment in the middle Yangtze basin, China: morphologic and tectonic implications //Arabian Journal of Geosciences. 2020. Vol. 13. №. 13. pp. 1-14. DOI10.1007/s12517-020-05481-w
17. Kramm T., Hoffmeister D. A relief dependent evaluation of digital elevation models on different scales for northern Chile //ISPRS International Journal of Geo-Information. 2019. Vol. 8. №. 10. pp. 430. DOI 10.3390/ijgi8100430
18. Ashatkin I.A. et al. Analysis of Relief Morphometry by Global DEM in the Southern Part of the European Territory of Russia // Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki. 2020. Vol. 162. № 4. pp. 612-628. DOI 10.26907/2542-064X.2020.4.612-628
19. Tarikhazer S. A. Morphometric Analysis of the Relief of the North-Eastern Slope of the Great Caucasus for the Purpose of Tourism Potential (using GIS technologies) // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. 2020. №. 2. pp. 170-177. DOI 10.32014/2020.2518-170X.45
20. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / Е.А. Позаченюк, В.М. Шумский, А.М. Лесов [и др.]; Республиканский комитет Автономной республики Крым по охране окружающей природной среды Таврический национальный университет имени В.И.

Вернадского. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. 672 с.

21. Табунщик, В.А. Крутизна склонов в пределах ландшафтных уровней Крымского полуострова / В.А. Табунщик // Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам : Научное электронное издание, Владивосток, 16-30 апреля 2018 года. Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2018. С. 62-64.

22. Табунщик, В.А. Построение карты крутизны склонов Крымского полуострова с использованием программных комплексов ArcGIS и Quantum GIS (QGIS) / В.А. Табунщик // Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского: Сборник тезисов участников IV научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых, Симферополь, 12–17 октября 2018 года. Симферополь: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, 2018. С. 1219-1220.

23. Гродзинський М.Д., Свідзінська Д.В. Ніші ландшафтів України у просторі кліматичних факторів. Київ: Обрії, 2008. 259 с.

24. Иванченко, В. И. Влияние крутизны склона на агробиологические показатели виноградного сорта Мускат белый в условиях Южного берега Крыма / В. И. Иванченко, О. Г. Замета, В. А. Мельников // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2015. № 2. С. 19-21.

25. Иванченко, В.И. Характеристика пространственного распределения агроэкологических ресурсов филиала "Таврида" ФГУП "ПАО "Массандра" // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2016. № 5(168). С. 31-40.

26. Кривогуз, Д.О. Применение ГИС для определения оползневой устойчивости Крымского полуострова / Д.О. Кривогуз, С.В. Малько, А.Ю. Семенова // Геоинформатика. 2016. № 3. С. 3-11.

27. Krivoguz, D. Landslide susceptibility analysis for the Kerch Peninsula using weights of evidence approach and GIS / D. Krivoguz, L. Bepalova // Russian Journal of Earth Sciences. 2020. Vol. 20. № 1. P. 1003. DOI 10.2205/2020ES000682.

28. Пахомова, О.М. Оценка ландшафтно-геоморфологических условий горного Крыма для целей рекреации и туризма // Проблемы и перспективы развития туризма в Южном федеральном округе: Сборник научных трудов, Севастополь, 11–14 октября 2017 года. Севастополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2017. С. 205-207.

29. Калинчук И.В. Оценка степени коадаптации агроландшафтов Раздольненского района Республики Крым // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2016. Т. 2 (12). № 4. С. 13-30.

30. Калинчук И.В. Оценка степени коадаптации агроландшафтов Раздольненского района Республики Крым // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И.

Вернадского. География. Геология. 2017. Т. 3 (69). № 2. С. 84-101.

REFERENCES

1. Pozachenyuk E.A., Pankeeva T.V. Geoecological examination of administrative territories. Bolshoy Sevastopol. Simferopol: Business-Inform, 2008. 296 p.

2. Purdik, L.N. Landscape approach in territorial planning (on the example of the Belovsky district of the Kemerovo region). Barnaul : Piat Plus, 2012. 191 p.

3. Pozachenyuk E.A., Tabunshchik V.A. Landscape Planning Area of Dzhankoysky Region of Republic of Crimea // Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Geography. Geology. 2014. No. 2. pp. 139-162. (In Russian)

4. Pozachenyuk E.A., Petlyukova E.A., Tabunshchik V. A. The concept of "modern landscape" and the organization of nature management (on the example of water protection zones) // Scientific notes of the Tauride National University named after V.I. Vernadsky. Series: Geography. 2013. Vol.26(65). No3. pp. 299-309. (In Russian)

5. Klyukin A. A. Exogeodynamics of the Crimea. Simferopol: Tavria, 2007. 320 p.

6. Podgorodetsky P. D. Crimea: nature. Simferopol: Tavria, 1988. 192 p.

7. Vakhrushev B.A., Kovalchuk I.P., Komlev A.A., etc. Relief of Ukraine / Edited by V.V. Stetsyuk. Kiev: Slovo, 2010. 688 p.

8. Bondarenko M.A., Mikhailov V.A. Geomorphological factors of the formation of the high-altitude zone of the vegetation cover of the south-eastern slope of Babugan-yayly (Crimean Peninsula) // Modern scientific research and innovations. 2016. No. 7 (63). pp. 295-301. (In Russian)

9. Mikhailov V.A. Complex morphometric analysis of the Tarkhankut peninsula using GIS // Modern scientific research and innovations. 2015. No. 2-4 (46). pp. 5-13. (In Russian)

10. Lisetsky F.N., Marinina O.A., Buryak Zh. A.A. geoarcheological survey of the historical landscapes of Crimea. Voronezh : VSU, 2017. 431 p.

11. Pozachenyuk E.A., Petlyukova E.A. GIS-analysis of morphometric indicators of the relief of the Central Foothills of the Main ridge of the Crimean Mountains for the purposes of landscape planning // Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology. 2016. Vol. 2(68). No2. pp. 96-113. (In Russian)

12. Atlas of natural conditions and natural resources of the Ukrainian SSR / AS of the Ukrainian SSR. Moscow: Main Directorate of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR, 1978. 183 p.

13. National Atlas of Ukraine / head. ed. L.G. Rudenko; head. ed. Col. B.E. Paton. Kiev: Kartografiya, 2007. 435 p.

14. Autonomous Republic of Krim: atlas / TNU im. V.I. Vernadsky, Krim. nauk.Center of the National Academy of Sciences of Ukraine i M-va osviti i sciences of Ukraine, In-t geography of the National Academy of

Sciences of Ukraine, In-t before. technologi; ed. M. V. Bagrov [ta in.]. K.; Simferopol: TNU, 2003. 76 p.

15. Sreedevi P.D. et al. Morphometric analysis of a watershed of South India using SRTM data and GIS // *Journal of the geological society of india*. 2009. Vol. 73. №. 4. pp. 543-552. DOI 10.1007/s12594-009-0038-4

16. Yang G., Chen Z., Jiang J. Drainage morphometry of the Lishui catchment in the middle Yangtze basin, China: morphologic and tectonic implications // *Arabian Journal of Geosciences*. 2020. Vol.13. №13. pp. 1-14. DOI10.1007/s12517-020-05481-w

17. Kramm T., Hoffmeister D. A relief dependent evaluation of digital elevation models on different scales for northern Chile // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2019. Vol.8. №10. pp. 430. DOI 10.3390/ijgi8100430

18. Ashatkin I.A. et al. Analysis of Relief Morphometry by Global DEM in the Southern Part of the European Territory of Russia // *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*. 2020. Vol. 162. No. 4. pp. 612-628. DOI 10.26907/2542-064X. 2020.4.612-628

19. Tarikhazer S.A. Morphometric Analysis of the Relief of the North-Eastern Slope of the Great Caucasus for the Purpose of Tourism Potential (using GIS technologies) // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. 2020. №. 2. pp. 170-177. DOI 10.32014/2020.2518-170X.45

20. Modern landscapes of the Crimea and adjacent water areas / E.A. Pozachenyuk, V.M. Shumsky, A.M. Lesov [et al.]; Republican Committee of the Autonomous Republic of Crimea for Environmental Protection of the Tauride National University named after V.I. Vernadsky. Simferopol: Business-Inform, 2009. 672 p.

21. Tabunshchik, V.A. The steepness of slopes within the landscape levels of the Crimean Peninsula / V.A. Tabunshchik // *Materials of the regional scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists in natural sciences: Scientific electronic edition, Vladivostok, April 16-30, 2018. Vladivostok: Far Eastern Federal University, 2018. pp. 62-64. (In Russian)*

22. Tabunshchik, V.A. Constructing a map of the steepness of the slopes of the Crimean peninsula using the software complexes ArcGIS and Quantum GIS (QGIS) // *Days of Science of the V. I. Vernadsky KFU:*

A collection of abstracts of participants of the IV scientific and practical conference of the teaching staff, graduate students, students and young scientists, Simferopol, October 12-17, 2018. Simferopol: V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 2018. pp. 1219-1220. (In Russian)

23. Grodzinsky M.D., Svidzinka D.V. Nishi landscape of Ukraine at the spacious climatic factors. Kiev: Obri, 2008. 259 p.

24. Ivanchenko, V.I. The influence of slope steepness on agrobiological indicators of the white Muscat grape variety in the conditions of the Southern coast of the Crimea / V.I. Ivanchenko, O.G. Zameta, V.A. Melnikov // *Magarach. Viticulture and winemaking*. 2015. No. 2. pp. 19-21. (In Russian)

25. Ivanchenko, V.I. Characteristics of the spatial distribution of agroecological resources of the branch "Tavrida" of FSUE "PAO "Massandra" // *Izvestiya agraricheskoi nauki Tavrida*. 2016. No. 5(168). pp. 31-40.

26. Krivoguz, D.O. Application of GIS for determining the landslide stability of the Crimean peninsula / D.O. Krivoguz, S.V. Malko, A.Yu. Semenova // *Geoinformatics*. 2016. No. 3. pp. 3-11. (In Russian)

27. Krivoguz, D. Landslide susceptibility analysis for the Kerch Peninsula using weights of evidence approach and GIS / D. Krivoguz, L. Bepalova // *Russian Journal of Earth Sciences*. 2020. Vol. 20. № 1. P. 1003. DOI 10.2205/2020ES000682. (In Russian)

28. Pakhomova, O.M. Assessment of landscape-geomorphological conditions of the mountainous Crimea for the purposes of recreation and tourism // *Problems and prospects of tourism development in the Southern Federal District: Collection of scientific papers, Sevastopol, October 11-14, 2017. Sevastopol: Limited Liability Company " Publishing House Printing House "Arial", 2017. pp. 205-207. (In Russian)*

29. Kalinchuk I.V. Assessment of the degree of coadaptation of agricultural landscapes of the Razdolnensky district of the Republic of Crimea // *Geopolitics and ecogeodynamics of regions*. 2016. Vol.2(12). No4. pp. 13-30. (In Russian)

30. Kalinchuk I.V. Assessment of the degree of coadaptation of agricultural landscapes of the Razdolnensky district of the Republic of Crimea // *Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*. 2017. Vol.3(69). No2. pp. 84-101. (In Russian)

SPATIAL DISTRIBUTION OF THE SURFACE SLOPE WITHIN THE LANDSCAPES OF THE CRIMEAN PENINSULA

Tabunshchik V.A.

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (IBSS), 299011, 2 Nakhimov Avenue, Sevastopol, Russia

Abstract. The paper presents new data on the slope of the surface of the territory of the Crimean Peninsula in the context of landscape taxonomic units according to the landscape-typological map of the Crimean polostrov by G. E. Grishankov. For the first time, for the Crimean Peninsula as a whole and landscape taxonomic units – landscape levels, landscape zones, landscape belts and tiers, as well as groups of localities (okoems), elements of descriptive statistics (minimum value, maximum value, average value, median value, as well as the value of the amplitude of values (factor amplitude)) that characterize the slope of the surface within the specified territories are quantitatively calculated.

Subject: geomorphological features of the slope of the surface within the territory of the Crimean Peninsula, in particular, landscapes at various taxonomic levels due to the weak elaboration of this issue.

Materials and methods: The paper uses a digital terrain model SRTM on the basis of which maps of the slope of the surface for the territory of the Crimean Peninsula and the landscapes of the Crimean Peninsula are constructed. The processing was performed in the ArcGIS software package. Geospatial models (geo-linked raster and vector layers) are used in the work, which allow performing SQL queries and analyzing the spatial position of research objects. The research methods are literary-analytical, historical, comparative-geographical, geoinformation, statistical, as well as the modeling method.

Results: for the first time, new data on the values of the surface slope within various hierarchical levels of the landscape structure of the Crimean Peninsula were obtained.

Conclusions: the slope of the surface within the landscape contours for the territory of the Crimean Peninsula is characterized by significant spatial heterogeneity-it increases from north to south and reaches maximum values within the mid-mountain and low-mountain landscape levels, and minimum values-within the hydromorphic landscape level.

Key words: relief, surface slope, Crimea, Crimean Peninsula, landscape.

СПИСОК АВТОРОВ

Абдали Л. М.	Севастопольский государственный университет
Ангелюк И.П.	старший преподаватель, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Бахтин А.С.	к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Бахтина Т.А.	к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Бездитный А.А.	Севастопольский филиал ФГБОУВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»,
Бекиров Э.А.	д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Бологов И.С.	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Будчаний А.О.	ООО «Н ₂ О-Крым»
Воронова О.С.	к.т.н., доцент, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
Гавриш В.М.	к.т.н., Севастопольский государственный университет
Гамаюнова О.С.	к.т.н, Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого
Данченко Н.В.	магистрант, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Дихтярь К.С.	студент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Дихтярь Т.В.	к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Живица В.В.	старший преподаватель Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского
Журавлев П.А.	к.т.н., доцент, Московский государственный строительный университет
Зайцев О.Н.	д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Клюев В.Д.	д.э.н., профессор, действительный член Академии военных наук, ГБНУ Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы
Конопацкий Е.В.	д.т.н., доцент, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
Коровкин Н. В.	д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Котовская Е.Е.	старший преподаватель, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Кувшинов В.В.	к.т.н., доцент, Севастопольский государственный университет
Лагунова М.В.	Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
Любомирский Н.В.	д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Марукян А.М.	к.т.н., доцент, Московский государственный строительный университет.
Митрофанов С.В.	к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Мосякин Д.С.	ассистент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Мусорина Т.А.	к.т.н, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Николаенко В.В.	старший преподаватель, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Николенко И.В.	д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Петриченко М.Р.	д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Радаев А.Е.	Санкт-петербургский политехнический университет Петра Великого
Ротков С.И.	Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
Сборщиков С.Б.	к.э.н., доцент, Московский государственный строительный университет
Сидорова В.В.	кандидат архитектуры, доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Синцов А.В.	к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет имени Вернадского
Синцов В.П.	к.т.н., доцент, член - корр. академии строительства Украины, Крымский федеральный университет имени Вернадского
Суворов А.И.	старший преподаватель, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Табунщик В.А.	м.н.с., Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН
Эрайзер А. А.	студент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского

ПАМЯТКА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Прием статей в редакцию и состав сопроводительных документов

Прием статей для публикации в журнале осуществляется в постоянном режиме. Процесс рассмотрения статьи, рецензирования и редакционно-издательской обработки занимает достаточно длительное время, в связи с чем поступившая и допущенная редколлегией к публикации статья будет, как правило, опубликована не ранее, чем через 4 месяца со дня ее поступления. Датой поступления статьи будет считаться дата ее получения от автора в окончательном варианте после всех доработок и исправлений по замечаниям рецензентов и редактора.

Просим авторов тщательно готовить свои материалы с целью сокращения сроков их рассмотрения и обработки.

Неправильно оформленные материалы не рассматриваются, не рецензируются и не возвращаются! Также не возвращаются авторам рукописи статей и электронные копии на локальных носителях. При этом редакция по собственной инициативе в переговоры с авторами не вступает.

1.1. Прием статей на рассмотрение и рецензирование осуществляется через онлайн систему приема статей.

Прием статей на рассмотрение и рецензирование через онлайн систему приема статей производится на сайте журнала по адресу: <https://stroyjournal-asa.ru>. Инструкция по использованию системы доступна на сайте. Автор имеет возможность следить за продвижением статьи в редакции в личном кабинете и получает соответствующие уведомления по электронной почте.

Все поступившие в редакцию статьи проходят обязательное двойное слепое рецензирование. По результатам рецензирования автору сообщается решение о публикации, замечания рецензента и редактора или решение об отклонении статьи.

1.2. Прием к публикации окончательного варианта статьи. Окончательный (после внесения правки по замечаниям рецензентов и редактора) вариант статьи автор также загружает через систему или направляет на электронный адрес ger_bilenko@cfuv.ru для ее редактирования, корректуры, верстки и публикации в журнале.

1.3. Прием пакета сопроводительных документов осуществляется через онлайн систему приема статей и по электронному адресу ger_bilenko@cfuv.ru.

Автор, пройдя регистрацию в системе, загружает статью в формате .doc или .docx, форматированную по шаблону (см. п. 2), вместе с файлами отсканированных документов: экспертного заключения о возможности опубликования в открытой печати (далее – экспертного заключения) и информации об авторах статьи.

Экспертное заключение оформляется по требованиям, установленным в организации – работодателе автора. Редакция исходит из того, что авторы добровольно предоставляют сведения о себе в анкете автора в требуемом объеме и составе (в соответствии с правилами для публикаций научных статей в журналах, включенных в Перечень ВАК) для их открытого опубликования. Также к загружаемой статье может быть приложен файл отсканированной внешней (т.е. из сторонней организации) рецензии (1 экз.), оформленной и заверенной в организации по месту работы рецензента. Оригинал рецензии присылать в редакцию по почте не требуется.

Сопроводительные документы можно направить по электронной почте по адресу ger_bilenko@cfuv.ru. Все вопросы и пожелания относительно пакета документов необходимо отправлять на этот адрес электронной почты редакции.

Пакет оригиналов сопроводительных документов, включающий информационную карту статьи на публикацию сведений об авторе и экспертное заключение, должен поступить в редакцию по почте не позднее 3 недель со дня уведомления автора (письмом на адрес электронной почты) о положительном решении по поводу публикации статьи.

Бланки сопроводительных документов и требования:

Информация об авторах статьи. Информация об авторах статьи загружается в систему OJS или отправляется на адрес электронной почты ger_bilenko@cfuv.ru в электронном виде в виде файла с расширением .doc или .docx;

Бланк экспертного заключения и авторской справки (только для авторов – работников КФУ им. В.И. Вернадского (распечатывается и заполняется вручную))

Бланк экспертного заключения и Внешняя рецензия – загружается в систему OJS или отправляется на адрес электронной почты ger_bilenko@cfuv.ru в сканированном виде (файл PDF).

2. Требования к оформлению статей

Статья будет рассмотрена редколлегией и рецензентами только при условии полного соответствия ее оформления изложенным ниже требованиям, предъявляемым к публикациям в научных журналах, индексируемых международными базами научного цитирования.

Все статьи, поступившие в редакцию журнала, получившие положительную оценку рецензентов и рекомендованные к публикации, проходят обязательную редакционную обработку (редактирование, корректуру, техническое редактирование). Внесение правки по замечаниям редактора согласовывается с автором.

Датой поступления статьи в редакцию считается дата поступления и регистрации в редакции окончательного авторского оригинала с учетом всех внесенных изменений по замечаниям рецензентов и редактора.

Общие требования для подготовки статей

Объем статьи, включая таблицы, рисунки и фотографии должен быть не менее 6 страниц и не превышать 10 страниц.

Шрифт. Нормальный Times New Roman (TNR), размер шрифта – 10 пт, одинарный интервал; интервал шрифта – обычный (без растяжения или уплотнения). Варианты шрифта в тексте статьи: типа курсива или жирного шрифта допускаются, подчеркивание слов и предложений не допускаются.

Параметры страницы: верхнее поле – 2,5 см, нижнее – 2,5 см, левое – 2,5 см, правое – 2,5 см.

Таблицы. Таблица озаглавляется словом Таблица 1 (шрифт – обычный TNR 10 пт, по центру) со следующим за ним номером с точкой. Далее помещается название таблицы с прописной буквы (не более 3-х строк), без заключительной точки. Ниже приводится название таблицы на английском языке. Размер таблиц и рисунков не должен превышать размер B5 (12,5 × 19,5 см). Шрифт заголовков столбцов и строк, содержания таблицы – обычный TNR 9 пунктов. Таблицы нумеруются арабскими цифрами.

Рисунки и графики. Рисунки и графики озаглавляются словом Рис.1 (шрифт – обычный TNR 9 пунктов) со следующим за ним номером с точкой. Рисунки выполняются в графических редакторах, совместимых с Word и размещаются по тексту. Под рисунком помещается подпись на русском и английском языках. Короткая подпись центрируется, а если длинная – форматируется с абзацем первой строки. Качество рисунков и графиков должно обеспечивать прочтение и тиражирование. Рисунки и графики нумеруются арабскими цифрами.

Формулы. Формулы набираются в редакторе формул Equation или Math Type. Использовать для набора формул графические объекты, кадры и таблицы запрещается. Формула располагается по центру строки, номер формулы (в круглых скобках, TNR 10 пт) – по правому краю страницы, от окружающего текста отделяется пустыми строками. Формульное окно принудительно растягивать или сжимать нельзя. Применение единиц измерений в международной системе СИ – обязательно.

Обязательный порядок статьи.

- **УДК** в левом верхнем углу страницы, шрифт TNR 12 пт, прописными буквами
- **Название статьи шрифт** TNR 12 пт все прописными.
- **Имя и фамилия** автора(ов), шрифт обычный TNR 12 пт.
- **Место работы** авторов, шрифт обычный TNR 9 пт., адрес места работы, e-mail
- **Аннотация статьи (Abstract)** 200 – 250 слов, шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Предмет исследования (Subject)**: шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Материалы и методы (Materials and methods)**: шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Результаты (Results)**: шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Выводы (Conclusions)**: шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Ключевые слова (Key words)** до 6 слов и словосочетаний, необходимых для поиска или классификатора, шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Текстовая часть**. Статья должна содержать следующие разделы:
 - ВВЕДЕНИЕ;
 - АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ;
 - МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ;
 - РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ;
 - ВЫВОДЫ;
 - СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

Заголовки разделов набираются строчными буквами, шрифт TNR 11 пунктов и центрируются.

В конце статьи размещается **Название статьи, Имя и фамилия автора(ов), Место работы авторов, Аннотация статьи, Предмет исследований, Материалы и методы, Результаты, Выводы, Ключевые слова** на английском языке с сохранением редакторских требований, указанных выше к каждому структурному элементу статьи.

Рекомендации по подготовке аннотации статьи

Аннотация выполняет следующие основные функции:

- дает возможность читателю быстро оценить основное содержание статьи с тем, чтобы решить, следует ли ему обращаться к ее полному тексту;
- предоставляет читателю самую общую информацию о статье, устраняя необходимость чтения ее полного текста в случае, если статья представляет для читателя второстепенный интерес;
- используется в научных, библиотечных и поисковых информационных системах.

Аннотация к статье должна быть:

- информативной (не содержать общих слов);
- содержательной (отражать основное содержание статьи);
- структурированной (следовать логике изложения материала в статье);

Аннотация должна включать в себя:

- предмет и цель работы (если они не следуют из названия статьи);
- используемый метод или методы исследования;
- основные результаты исследования;
- отличия данной публикации от других, схожих по теме;
- область применения результатов;
- выводы, рекомендации, перспективы развития работы.

В аннотации следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...», «автор полагает...» и т.д.), а также сложных грамматических конструкций. Аннотацию следует писать как можно более лаконичным, точным и простым языком. Должна быть понятна широкому кругу читателей, поэтому не должна изобиловать научными терминами. Следует избегать общеизвестных сведений и штампов. Аннотация не должна включать в себя цитаты из текста статьи. В аннотации обычно используются конструкции констатирующего характера (автор анализирует, доказывает, излагает, обосновывает и т. д.), а также оценочные стандартные словосочетания (уделяет основное внимание, важный актуальный вопрос, проблема, детально анализирует, убедительно доказывает).

Список литературы оформляется на русском и английском языках.

Библиографическое описание выполняется по:

- ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание;
- ГОСТ 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления;
- ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов;
- Регламент включения научных журналов в Российский индекс научного цитирования. – М., 2008.

Не менее 12 источников, с ссылками на статьи в предыдущих выпусках сборника «Строительство и техногенная безопасность», в которых не участвовали авторы представленной статьи.

Рекомендации по подготовке списка литературы

- Цитирование двух или более источников под одним номером, одного и того же источника под разными номерами не допускается.
- Во всех источниках необходимо указывать фамилии и инициалы всех авторов.
- Ссылки на книги, переведенные на русский язык, должны сопровождаться ссылками на оригинальные издания с указанием выходных данных оригинального издания.
- Ссылки на книги должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название книги, город, год, количество страниц.

- Ссылки на статьи в журналах должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год, том (если указан), номер, страницы (первая и последняя, разделенные тире).
- Ссылки на сборники (конференции, симпозиумы) должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название сборника (конференции, симпозиума), город (место проведения), год, том (если указан), номер (если указан), количество страниц.
- Ссылки на статьи в сборниках (материалах конференций, симпозиумов) должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название статьи, название сборника (конференции, симпозиума), город (место проведения), год, том (если указан), номер (если указан), страницы (первая и последняя, разделенные тире).
- Ссылки на электронные ресурсы удаленного доступа должны содержать следующую обязательную информацию: название ресурса, режим доступа, дата обращения.
- В инициалах авторов между именем и отчеством пробел не ставится.
- В заголовке описания запятая после фамилии автора перед его инициалами может быть опущена.
- Если в документе один, два или три автора, то в сведениях об ответственности (т.е. за косой чертой после названия документа) они могут не повторяться.
- При наличии **четырех и более** авторов в сведениях об ответственности (т.е. за косой чертой после названия документа) приводят фамилии **всех** авторов.
- Допускается предписанный знак точку и тире, разделяющий области библиографического описания, заменять точкой.
- Допускается не использовать квадратные скобки для сведений, заимствованные не из предписанного источника информации.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать в список литературы ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях или расчетах или аргументации лучше делать непосредственно по тексту статьи.
2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.
3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.
4. Самоцитирование, т.е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных показателей автора.