

# СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Научно-технический журнал по строительству и архитектуре

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

№ 29(81) – 2023

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» (ФГАОУ ВО «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 утверждённый ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание учёных степеней кандидата наук, доктора наук

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:  
**Абдулгасис 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);  
**Гузников 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»;

**Шейна 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

№ 29(81) – 2023  
научно-технический журнал

Печатается по решению научно-технического  
совета ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»  
(протокол № 5 от 23.06.2023)

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

Редакция Института «Академия строительства и  
архитектуры» ФГАОУ ВО «КФУ им.  
В.И. Вернадского»

Адрес редакции: 295006, Республика Крым,  
г. Симферополь, ул. Павленко, д. 3  
e-mail: [rio@napks.ru](mailto:rio@napks.ru)

Подписан в печать 26.06.2023.  
Формат 70×108/16.

Бумага офсетная. Печать трафаретная.  
Гарнитура Times New Roman. Усл.-печ. л. 12,8.  
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](mailto: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.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **Раздел 1. Градостроительство**

<b>Яковенко Н.Е., Привалова Е.Н.</b>	5
ПРИЕМЫ СВЕТОДИЗАЙНА В АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЕ	
<b>Афонина М.И., Скуридин М.Е.</b>	13
О МНОГООБРАЗИИ ФОРТИФИКАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ И СОЗДАНИИ РЕКРЕАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ-АНАЛОГОВ	
<b>Сушко О.А., Живица В.В.</b>	21
АНАЛИЗ БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИХ САНАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ КРЫМА С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ОБЩИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ	

### **Раздел 2. Строительство**

<b>Головченко И.В.</b>	33
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ БАХЧИСАРАЙСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ	
<b>Федосов С.В., Король Е.А., Баканов М.О.</b>	41
СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА	
<b>Цона Н.В., Карпушкин А.С., Карпушкин С.С.</b>	59
АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛА СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЗАКАЗЧИКА И НОРМАТИВА РАСХОДОВ НА ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ	
<b>Перминов Д.А.</b>	71
РАМНЫЕ УЗЛЫ ПОЛИГОНАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ	
<b>Пушкарев Б.А.</b>	81
СПОСОБ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ЦЕМЕНТА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ	

### **Раздел 3. Инженерное обеспечение**

<b>Арифов А. М., Бекиров Э. А.</b>	87
ЗАЩИТА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ	
<b>Колосов М.В., Липовка Ю.Л., Шишкова Е.Е.</b>	97
АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕМ ЗДАНИЙ	
<b>Бут А.Ю.</b>	107
О ВОЗМОЖНОСТИ АППРОКСИМАЦИИ ПРОЕКЦИИ ЛИНИИ ВЗАИМНОГО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ЦИЛИНДРОВ ДУГОЙ ОКРУЖНОСТИ	
<b>Николенко И.В., Сафонов А.Н. Герасимов М.М., Беляк А.А., Свердлов А.А.</b>	115
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ АДАПТИВНЫХ МНОГОПРОЦЕССНЫХ СХЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ	

### **Раздел 4. Экологическая безопасность**

<b>Поплевин А.С., Соловьева Т.В., Азаров В.Н., Шевцов Е.И.</b>	123
НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫЕ СВАЛКИ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ: ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА	
<b>Хмиш Висам Хафед, Синиченко Е.К., Ветрова Н.М.</b>	135
ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОРОТКИХ РЕК ИРАКА	
<b>Список авторов</b>	145
<b>Руководство для авторов</b>	146

## **CONTENT**

### **Section 1. Town planning**

<b><i>Yakovenko N.E., Privalova E.N.</i></b>	5
LIGHT DESIGN TECHNIQUES IN ARCHITECTURAL ENVIRONMENT	
<b><i>Afonina M.I., Skuridin M.E.</i></b>	13
ABOUT THE VARIETY OF FORTIFICATION COMPLEXES AND THE CREATION OF RECREATIONAL FACILITIES - ANALOGUES	
<b><i>Sushko O.A., Zhivitsa V.V.</i></b>	21
ANALYSIS OF BALNEOLOGICAL SANATORIUM COMPLEXES OF CRIMEA IN ORDER TO DEVELOP GENERAL RECOMMENDATIONS FOR RECONSTRUCTION	

### **Section 2. Construction**

<b><i>Golovchenko I.V.</i></b>	33
ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF SOCIO-CULTURAL OBJECTS OF THE BAKHCHISARAY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF CRIMEA	
<b><i>Fedosov S.V., Korol E.A., Bakanov M.O.</i></b>	41
SYSTEMATIZATION OF DIGITAL SOLUTIONS TO SECURE LABOUR SAFETY CONDITIONS BASED ON INFORMATION MODELS OF BUILDING	
<b><i>Tsopa N.V., Karpushkin A.S., Karpushkin S.S.</i></b>	59
ANALYSIS OF THE OWNER'S INSPECTION SERVICES FUNCTIONALITY AND THE STANDARD OF PRICE FOR ITS IMPLEMENTATION	
<b><i>Perminov D.A.</i></b>	71
FRAME KNOTS OF POLYGONAL SECTION	
<b><i>Pushkarev B.A.</i></b>	81
METHOD FOR REDUCING CEMENT CONSUMPTION WHEN MANUFACTURING FLEXIBLE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITHOUT PRE-STRESSING	

### **Section 3. Engineering Support**

<b><i>Arifov A.M., Bekirov E.A.</i></b>	87
PROTECTION OF PHOTOELECTRIC MODULES FROM ATMOSPHERIC PULSE OVERVOLTAGE	
<b><i>Kolosov M.V., Lipovka Y.L., Shishkova E.E.</i></b>	97
ANALYSIS OF BUILDING HEAT MANAGEMENT SYSTEMS	
<b><i>But A.Yu.</i></b>	107
ON THE POSSIBILITY OF APPROXIMATION OF THE CYLINDERS INTERSECTION LINE PROJECTION WITH A CIRCULAR ARC	
<b><i>Nikolenko I.V., Safonov A.N., Gerasimov M.M., Belyak A.A., Sverdlikov A.A.</i></b>	115
ENSURING RELIABLE WATER SUPPLY OF THE REPUBLIC OF CRIMEA THROUGH THE INTRODUCTION OF ADAPTIVE MULTI-PROCESS WATER TREATMENT SCHEMES	

### **Section 4. Environmental safety**

<b><i>Poplevin A.S., Solovieva T.V., Azarov V.N., Shevtsov E.I.</i></b>	123
UNAUTHORIZED LANDFILLS ON THE TERRITORY OF THE VOLGOGRAD REGION: INITIAL DATA TO PREVENT ENVIRONMENTAL DAMAGE	
<b><i>Hmeesh Wisam Hafedh, Sinichenko E.K., Vetrova N.M.</i></b>	135
FEATURES OF ECOLOGICAL PARAMETERS OF SHORT RIVERS OF IRAQ	
<b><i>List of authors</i></b>	145
<b><i>Authors Guide</i></b>	146

## Раздел 1. Градостроительство

УДК 628.974.8

### ПРИЕМЫ СВЕТОДИЗАЙНА В АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЕ

Яковенко Н.Е.<sup>1</sup>, Привалова Е.Н.<sup>2</sup>

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»  
295050, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181,

<sup>1</sup> natiknet2@mail.ru, <sup>2</sup> Ennifer2000@mail.ru

**Аннотация:** В статье анализируются тенденции, основанные на восприятии объемно пространственной среды в темное время суток при искусственном освещении, комплексные подходы и приемы в создании светодизайна ночного города, световая панорама городов, а также принципы формирования световой среды пешеходного каркаса города.

**Предмет исследования:** Светодизайн городов.

**Материалы и методы.** В ходе работы был проведен анализ литературы по теме исследования и выявлены основные принципы и приемы при подборе искусственного освещения зданий и сооружений, применены методы: дедукции, теоретического анализа и синтеза, метод аналогии.

**Результаты.** В ходе исследования рассмотрено значение искусственного освещения и восприятие его человеком. Подчеркнута значимость современных технологий в проектировании. Были выведены принципы при построении светодизайна, проанализированы различные современные методы реализации архитектурной подсветки, выявлены основные точки восприятия световых объектов, а также сформулированы основные критерии освещения фасадов, упитывающиеся при формировании архитектурного облика. Освещение новых или световое преобразование уже существующих зданий и сооружений должно основываться на комплексной оценке влияния на архитектурно-градостроительные и социальные аспекты. Анализ данных свидетельствует о том, что вопрос создания, грамотного архитектурного освещения и светодизайна городов чрезвычайно актуален, и должен более тщательно изучаться специалистами.

**Выводы.** На сегодняшний день существует множество подходов к формированию ночной среды. Задачи, которые можно разделить на два основных направления: функциональное, нацеленное на комфортность, и прежде всего, безопасность и декоративное отвечающее за эмоциональное восприятие человеком окружающего пространства в темное время суток. Развитие городской среды – это целый комплекс разных направлений и программ. Сегодня невозможно представить себе улучшение инфраструктуры города без грамотной организации освещения.

**Ключевые слова:** светодизайн, световая архитектура, визуальное восприятие, искусственное освещение, световая панорама городов.

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из перспективных тенденций в градостроительстве и архитектуре является развитие, основанное на восприятии объемно пространственной среды в ночное время суток при искусственном освещении. Данное направление обуславливается развитием в научно-технической сфере, значительными преобразованиями в структуре общества, изменением общепринятого образа жизни городского населения.

Нормы художественного формообразования, основанные на опыте зрительного восприятия в условиях солнечной световой среды, оказываются недостаточными. Человек в ночное время воспринимает окружение и пространство совсем по-другому, нежели днем.

Освещение архитектурной среды и светодизайн городов, а также развитие сознания и благоустройства городов предоставляют большие возможности для реализации творческого потенциала специалистов. Свет в архитектуре – это творческое мировоззрение, основанное на убеждении, что искусственный и естественный свет это не дополнение к архитектуре, а неотъемлемая ее часть [1].

Комфортность и художественная выразительность городской среды обеспечивается представлением с использованием искусственного освещения и средств современной светотехники основных элементов планировки городской среды, ее архитектурных особенностей. Таким образом архитектурное освещение должно отвечать современным требованиям как: эстетичность, экологичность, экономичность. Основная задача освещения – помочь сформировать правильное восприятие человеком пространства, архитектуры и свойственной ему атмосферы. Цель современной световой архитектуры – создавать правильную атмосферу [2].

Познание окружающей среды людьми происходит в основном при помощи зрения, поэтому важно достигать гармонии и целостности при распределении яркостей в радиусе восприятия человека, чтобы избежать дискомфорта приводящему к «загрязнению» окружающей среды.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

На данный момент светодиодное освещение применяется не только в градостроительстве и архитектуре, но и в различных инсталляциях, визуальных и пластических искусствах, медиафасадах и т.д.

Большой вклад в создание методик по световому выражению конструктивных элементов и созданию тектонического образа объектов архитектуры при искусственном освещении и т.п. внесли профессора Московского архитектурного института: Макаревич В.Г., Щепетков Н.И., Гусев Н.М., Батова А.Г., Червяков М.М., Быстрянцева Н.В., Карпенко В.Е., Матовников Г.С. и др. [5].

Основной принцип их подхода заключался в анализе архитектурных форм днем- при естественном освещении и ночью- при искусственном. Был проведен анализ мировой практики по освещению различных объектов, ансамблей и общественных пространств.

В своей теории Щепетков Н.И световую структуру характеризует как систему, складывающуюся из светопланировочной ткани и светопланировочного каркаса, определяет входящие в нее элементы такие как: световой акцент, световой ансамбль, световая доминанта, разрабатывает «систему параметров структурно-иерархической и масштабной дифференциации городского светопространства».

Последующие методики основываются на концепции Н.И. Щепеткова по проектированию световой городской среды [6].

Комплексный подход в формировании световой среды города был сформулирован Н.В. Быстрянцева. Интегральная модель строится на учете начальных светокомпозиционных средств и элементов, и представляет последовательный алгоритм процессов по формированию световой структуры визуального планирования и пространственного зонирования города. В которой искусственный свет представляет собой независимый элемент.

Итого можно выделить два подхода формирования световой среды/

Первый, где искусственное освещение выступает средством организации пространства, объема и плоскости.

Второй – это формирование крупномасштабных элементов градостроительства, такие как: световые планы городов, световые фасады улиц, светопанорамы [6].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена на основе изучения научной литературы и анализа проектной документации в сфере городского освещения. В исследовании были проанализированы научно-исследовательские материалы по применению искусственного света в урбанистике, разработанные концепции в формировании светопространств урбанизированных комплексов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

### Основные задачи применения освещения урбанизированных комплексов:

1) Создание безопасной городской среды за счет выполнения таких функций как: охранная, опознавательная, ориентирующая. Свет может подчеркнуть определенные элементы фасада или же наоборот оставить в тени.

2) Подчеркнуть функциональное назначение сооружения. Индивидуальная и общественная застройка по-разному подсвечиваются. Также отличается подсветка коммерческих и государственных зданий. Отдельно выделяют освещение архитектурных памятников.

### Создание архитектурного облика

При помощи освещения в формировании архитектурного облика учитываются:

- 1) Значимость объекта в архитектурном ансамбле населенного места;
- 2) Расположение;
- 3) Композиционные составляющие: стилистика, масштаб, функциональное назначение, тектоника, фактура облицовки и вид.
- 4) Видовое раскрытие
- 5) Существующее освещение

Но стоит не забывать, что оформление освещения должно гармонировать с общим стилистическим оформлением самой постройки [4].

### Основные принципы построения

При построении светодизайна того или иного объекта выделяют два совершенно противоположных друг другу способа: первый – образ подобный дневному как начальному, основному, а второй – создание кардинально нового, контробраза характерного для темного времени суток.



**Рис.1** Вечернее освещение: ассоциативное подобие дневному образу как архетипу  
**Fig.1** Evening lighting: associative similarity to the daytime image as an archetype

В первом случае построение традиционное, привычное ориентированное на представление красоты объекта, но не на создание ее вечером. Применяется преимущественно для архитектурных памятников, монументов искусства и т.д. образ которых уже сложился в подсознании общества и нерационально менять его целиком (рис.1).

Второй способ целиком формируется на выразительных возможностях современных средств освещения в условиях ночного города. Используется для пространственных, объемно-пластических форм, ансамблевых композиций (рис.2)

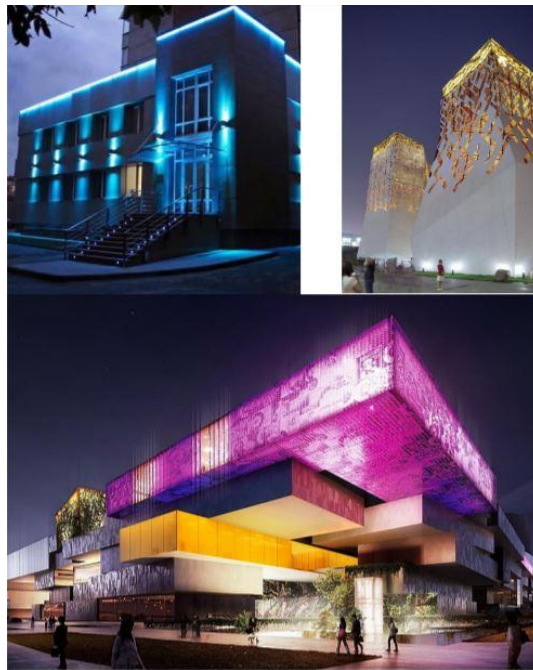
**Приемы архитектурной подсветки**

- 1) Контурное
- 2) Локальное или акцентное
- 3) Общее заливающее освещение

- 4) Фоновое
- 5) Динамическое
- 6) Световое оформление

Контурное освещение - один из креативных видов подсветки сооружений. Освещение подчёркивает только абрис, выделяя светом базовые элементы здания: балконы, окна, линию крыши. Преимущественно использование специалистами светодиодных лент, гирлянд, линеек, LED-трубок. (рис. 3 и 4) [7].

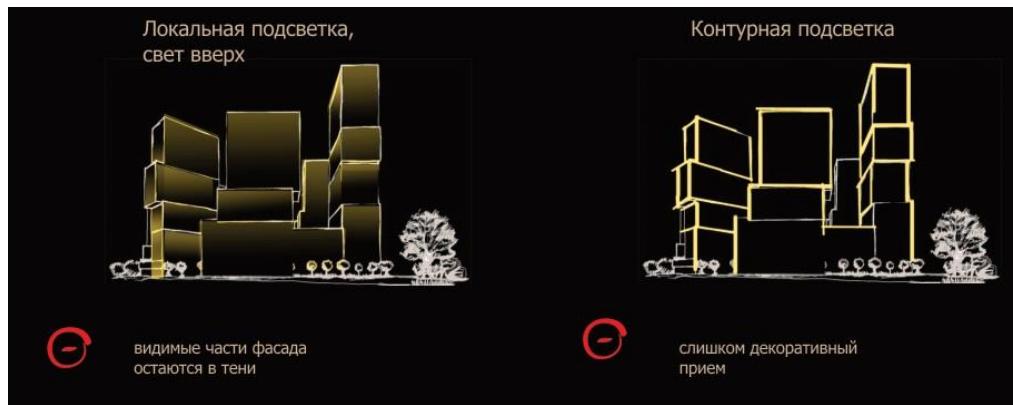
Акцентное, локальное освещение – данный прием обращает внимание на определенные элементы сооружения: фасадный декор, колонны, окна, балконы. При такой подсветке используются прожекторы с узкими светодиодами. Это значительно способствует уменьшению энергозатрат (рис. 4 и 5) [7].



**Рис.2** Альтернативный ночной контробраз  
**Fig.2** Alternative night counter-image



**Рис.3** Контурная подсветка  
**Fig.3** Contour illumination



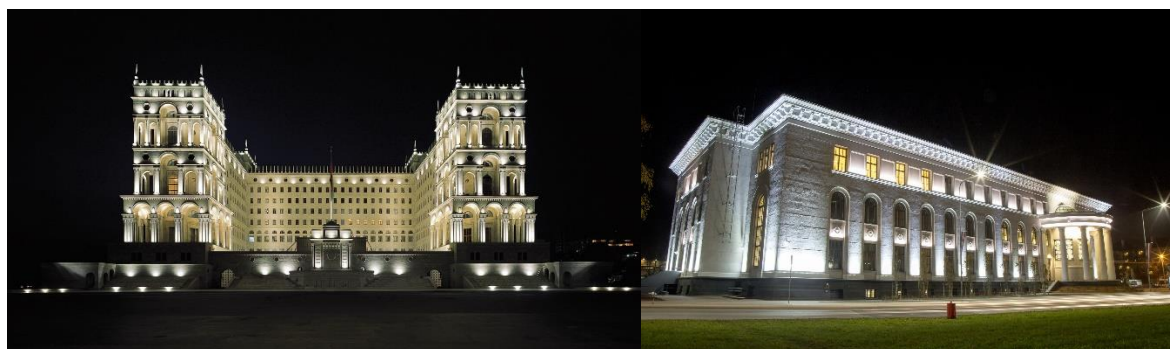
**Рис.4** Локальная и контурная подсветка  
**Fig.4** Local and contour illumination



**Рис.5** Локальная и акцентная подсветка  
**Fig.5** Local and accent lighting

Заливающее освещение – возникает за счет прожекторов, установленных на небольшом расстоянии от объекта. Равномерно заливают освещением фасад исторической застройки,

памятников. Данный тип подсветки не используется для построек, имеющих повреждения. Интенсивный свет только подчеркнет их наличие на фасаде здания (рис.6) [7].



**Рис.6** Заливающая подсветка  
**Fig.6.** Flood lighting

Фоновое освещение – используется для освещения значимых объектов города: храмов, соборов, театров, дворцов. Данный прием очень выгодно акцентирует внимание прохожих выделяя

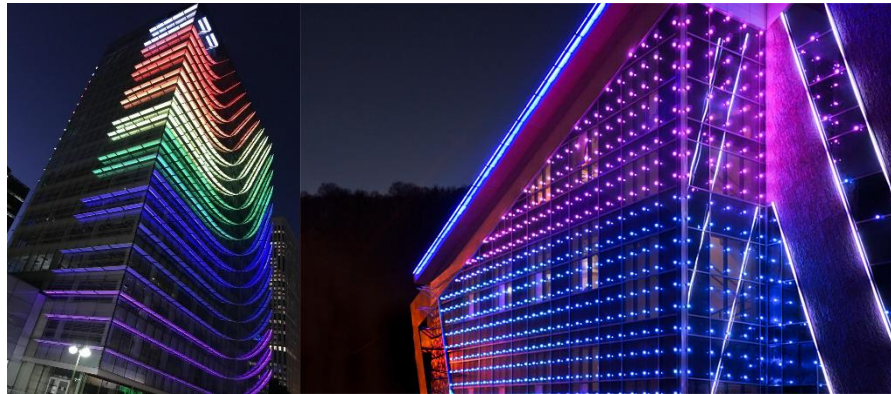
силуэт здания. Чаще всего используется рассеянный свет металлогалогенных светильников с мощностью от 400 Вт (рис.7) [7].



**Рис.7.** Фооновая подсветка  
**Fig. 7.** Background illumination

Динамичное освещение – благодаря новейшим технологиям светотехники возможно дистанционно управлять освещением: его цветовой гаммой, яркостью, даже назначать определенный информационный или рекламный сюжет.

Медиафасады основываются на динамичном освещении. А также за счет динамичной подсветки масштабные и высотные здания, оформленные цветовой музыкой, создают уникальную атмосферу ночного города [7].



**Рис.8.** Динамичная подсветка  
**Fig.8.** Dynamic backlight

Световое оформление – Актуально использование для зданий с стеклянными фасадами. При этом осветительная конструкция расположена

внутри сооружения. При включении появляются оригинальные световые композиции на стекле. (рис.9) [7].



**Рис.9.** Световое оформление  
**Fig.9.** Lighting design

**Точки восприятия подсветки архитектурных объектов**

Можно выделить три точки для наблюдения.

1. Здание расположено на достаточно большом расстоянии от наблюдателя; яркость адаптации

между полной темнотой и яркостью здания не совпадают.

2. Здание воспринимается на значительном расстоянии, и зритель пребывает на площади или улице; степень адаптации обуславливается фоном проектирующегося здания.

3. Объект рассматривается с близкого расстояния; яркость адаптации совпадает с яркостью объекта.

## ВЫВОДЫ

В настоящее время свет стал архитектурным элементом, с помощью которого создаются выразительные архитектурно-светоцветные образы.

В работе установлены основные принципы, которые формируют подходы в моделировании архитектурно-светового пространства. Что дает возможность рассматривать город, как объект светоурабанистического проектирования, создающий уникальный образ. Такое моделирование решает три группы задач: светопланировочные, светопостранственные, образно-художественные.

Это открывает новый подход к ночному образу города и созданию благоприятного светоцветового микроклимата, что делает вечернее и ночное пространство города социально эффективным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев Н. М., Световая архитектура / Н.М. Гусев, В.Г. Макаревич. – М.: Стройиздат, 1973. – 248 с., ил. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tehne.com/library/gusev-n-m-makarevich-v-g-svetovaya-arhitektura-moskva-1973> (дата обращения: 15.01.2023)
2. Архитектура света и светодизайна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://build.rin.ru/cgi-bin/arch/arch\\_elem\\_gal.pl?id=84&id\\_razd=18](https://build.rin.ru/cgi-bin/arch/arch_elem_gal.pl?id=84&id_razd=18) (дата обращения: 15.01.2023)
3. «Архитектура света. Точка зрения на освещение города» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ardexpert.ru/article/15722> (дата обращения: 15.01.2023)
4. Бурова Т.Ю., Архитектурное освещение. Учебно-методическое пособие для студентов направления 07.03.03 «Дизайн архитектурной среды» профиля «Проектирование городской среды» к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Экология среды». / сост.: Т.Ю. Бурова. – Казань: КГАСУ, 2018. – 48 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.kgasu.ru/upload/iblock/2a5/Arkhitekturno-e-osveshchenie.-Uchebno-metodicheskoe-posobie.-sost.-T.YU.Kazan-KGASU\\_-2018.-\\_-48-s.pdf](https://www.kgasu.ru/upload/iblock/2a5/Arkhitekturno-e-osveshchenie.-Uchebno-metodicheskoe-posobie.-sost.-T.YU.Kazan-KGASU_-2018.-_-48-s.pdf) (дата обращения: 16.01.2023)
5. По теме статьи Быстрынцевой Н.В., Лекус Е.Ю., Матвеева Н.В. Школа отечественного светодизайна: стратегии и тактики (Светотехника. 2015. № 4. С. 65–66) [Карпенко В.Е., Лебедкова С.М., Овчаров А.Т., Санжаров В.Б., Силкина М.А., Снетков В.Ю., Хаджин А.Г., Щепетков Н.И.] // Светотехника. 2015. № 5. С. 60–67.

6. Карпенко В.Е. Световое проектирование городской среды / В.Е. Карпенко – ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ ДВФУ. 2016. № 1 (26), С78-91 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/svetovoe-proektirovanie-gorodskoy-sredy/viewer> (дата обращения: 16.01.2023)

7. Архитектурное освещение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lightru.pro/arhitekturnoe-osveshhenie/> (дата обращения: 25.12.2022)

## REFERENCES

1. Gusev N. M., Light architecture / N. M. Gusev, V. G. Makarevich. - Moscow: Stroyizdat, 1973. - 248 p., ill. [Electronic resource]. – Access mode: <http://tehne.com/library/gusev-n-m-makarevich-v-g-svetovaya-arhitektura-moskva-1973> (date of access: 01/15/2023)
2. Architecture of light and lighting design [Electronic resource]. – Access mode: [https://build.rin.ru/cgi-bin/arch/arch\\_elem\\_gal.pl?id=84&id\\_razd=18](https://build.rin.ru/cgi-bin/arch/arch_elem_gal.pl?id=84&id_razd=18) (date of access: 01/15/2023)
3. “Architecture of light. Point of view on the illumination of the city” [Electronic resource]. – Access mode: <https://ardexpert.ru/article/15722> (date of access: 01/15/2023)
4. Burova T.Yu., Architectural lighting. Educational and methodological manual for students of the direction 07.03.03 "Design of the architectural environment" of the profile "Design of the urban environment" for the implementation of settlement and graphic work in the discipline "Environmental Ecology". / comp.: T.Yu. Burova. - Kazan: KGASU, 2018. - 48 p. [Electronic resource]. – Access mode: [https://www.kgasu.ru/upload/iblock/2a5/Arkhitekturno-e-osveshchenie.-Uchebno-metodicheskoe-posobie.-sost.-T.YU.Kazan-KGASU\\_-2018.-\\_-48-s.pdf](https://www.kgasu.ru/upload/iblock/2a5/Arkhitekturno-e-osveshchenie.-Uchebno-metodicheskoe-posobie.-sost.-T.YU.Kazan-KGASU_-2018.-_-48-s.pdf) (date of access: 01/16/2023)
5. On the topic of the article Bystryantseva N.V., Lekus E.Yu., Matveeva N.V. School of domestic lighting design: strategies and tactics (Lighting. 2015. No. 4. P. 65–66) [Karpenko V.E., Lebedkova S.M., Ovcharov A.T., Sanzharov V.B., Silkina M.A., Snetkov V.Yu., Khadzhin A.G., Shchepetkov N.I.] // Light engineering. 2015. No. 5. P. 60–67.
6. Karpenko V.E., Light design of the urban environment / V.E. Karpenko - BULLETIN OF THE FEFU ENGINEERING SCHOOL. 2016. No. 1 (26), С78-91 [Electronic resource]. – Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/svetovoe-proektirovanie-gorodskoy-sredy/viewer> (date of access: 01/16/2023)
7. Architectural lighting [Electronic resource]. – Access mode: <https://lightru.pro/arhitekturnoe-osveshhenie/> (date of access: 12/25/2022)

## LIGHT DESIGN TECHNIQUES IN ARCHITECTURAL ENVIRONMENT

Yakovenko<sup>1</sup> N.E., Privalova<sup>2</sup> E.N.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University,  
Russia, Simferopol, Kievskaya street, 181,

<sup>1</sup> natiknet2@mail.ru, <sup>2</sup> Ennifer2000@mail.ru

**Abstract.** The article analyzes - trends based on the perception of the volumetric environment in the dark under artificial lighting, integrated approaches and techniques in creating the lighting design of a night city, the light panorama of cities, as well as the principles of forming the light environment of the pedestrian frame of the city.

**Subject of study:** City lighting design.

**Materials and Methods:** In the course of the work, an analysis of the literature on the topic of the study was carried out and the basic principles and techniques were identified in the selection of artificial lighting for buildings and structures, methods were applied: deduction, theoretical analysis and synthesis, the analogy method.

**Conclusion:** The study examined the importance of artificial lighting and its perception by a person. The importance of modern technologies in design is emphasized. The principles for the construction of lighting design were derived, various modern methods for implementing architectural lighting were analyzed, the main points of perception of light objects were identified, and the main criteria for facade lighting taken into account when forming the architectural appearance were formulated. Lighting of new or light transformation of existing buildings and structures should be based on a comprehensive assessment of the impact on architectural, urban and social aspects. Analysis of the data indicates that the issue of creating, competent architectural lighting and lighting design of cities is extremely relevant, and should be more carefully studied by specialists.

**Key words:** lighting design, lighting architecture, visual perception, artificial lighting, light panorama of cities.



## О МНОГООБРАЗИИ ФОРТИФИКАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ И СОЗДАНИИ РЕКРЕАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ-АНАЛОГОВ

Афони́на М.И.<sup>1</sup>, Скури́дин М.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, kanz@mgsu.ru

<sup>2</sup> ГБУ «ГлавАПУ», 125047, г. Москва, 1-я Тверская-Ямская улица, 1/3с2, post@glavapu.mos.ru

**Аннотация.** В материале проанализировано актуальное направление - создание рекреационных комплексов в виде объектов-аналогов исторических фортификационных сооружений. В качестве индикаторов перспективных пользователей были выбраны студенты МГСУ, среди которых был проведен опрос. Целью работы было определение заинтересованности молодежи в создании новых тематических объектов-аналогов исторических сооружений в составе существующих рекреационных кластеров. Сформулированы методические основы и функциональная наполненность тематических комплексов. Многообразие архитектурных и планировочных форм и неравномерность размещения исторических военно-тематических объектов и их аналогов на территории нашей страны и повышенный интерес рекреантов позволяет определить создание новых комплексов как перспективное. Сформулированы основные принципы создания и размещения инновационных объектов-аналогов фортификационных комплексов, которые позволяют приступить к рабочему проектированию конкретных объектов.

**Предмет исследования:** Разработка научно-обоснованных принципов создания и размещения объектов-аналогов фортификационных комплексов в составе рекреационных кластеров для всесезонного использования.

**Материалы и методы:** Материалом исследования является совокупность исторических данных и результатов собственных исследований.

**Результаты:** Определена актуальность создания фортификационных объектов-аналогов в составе рекреационных существующих комплексов для их устойчивого функционирования.

**Выводы:** В работе определена перспективность создания новых объектов-аналогов фортификационных сооружений на исторических территориях, существующих и вновь создаваемых рекреационных кластерах. Сформулированы научно-методические подходы к обоснованию размещения объектов и их основные планировочные и функциональные параметры.

**Ключевые слова:** фортификационные сооружения; исторические крепости, рекреационные объекты; объекты-аналоги, туристическо-рекреационная деятельность; социологический опрос.

### ВВЕДЕНИЕ

Строительство защитных фортификационных сооружений имеет давнюю традицию, к ним относятся форты, крепости, бастионы, редуты, укрепленные линии и т.д. Основной их целью является обеспечение безопасности и защиты населения и военных объектов, которые находятся на приграничных и спорных территориях. Таким образом, фортификационные комплексы значительно повышают безопасность и стабильность государства, что в свою очередь способствует его экономическому, социальному и культурному развитию.

В настоящее время многие исторические фортификационные комплексы используются в рекреационных, культурных и туристических целях, что привлекают большое количество посетителей. При этом фортификационная архитектура является важной частью культурного наследия региона и служит сохранением памяти о произошедших здесь военных событиях. Однако, многие исторические объекты утрачены или находятся в заброшенном состоянии, поэтому актуально создание новых объектов в стиле разных эпох. В данной работе рассматривается многообразие и перспективность

создания новых объектов на тему фортификационных комплексов с целью развития туристическо-рекреационной и патриотической деятельности.

**Цель работы:** Определить перспективность создания инновационных фортификационных объектов-аналогов в составе рекреационных комплексов.

**Задачи:** провести анализ использования исторических фортификационных комплексов в рекреационных целях; подтвердить интерес молодежной аудитории к тематическим историческим объектам; обобщить область применения инновационных объектов-аналогов, сформулировать терминологию; определить актуальность создания данных объектов, оптимальные принципы и состав комплексов.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Многие авторы изучают военно-историческое культурное наследие. В классических работах Ф. Ласковского (1858г.), Пузыревского А. К. (1884г.), Раппопорта П. А. (1956-1962гг), Косточкина В.В. (1953-1957гг), Шперк В.Ф. (1940) и многих других ученых рассмотрены вопросы, связанные с

историей строительства фортификационных сооружений. Авторами тщательно проработаны принципы строительства крепостей, включая проектирование, выбор места и материалов, защиту от врагов, организацию водоснабжения и вентиляции, а также внутреннюю организацию и размещение жилых и военных сооружений и др.

В работе Килимника Е.В. и Дмитриевой А.А. «История европейской фортификации» 2016 г. рассматривается развитие европейских фортификационных сооружений, включая период средневековья, эпоху ренессанса и нового времени [1]. В статье Ревзиной Ю.Е. «Новоевропейская фортификация: архитектура, инженерия или военное искусство?» 2016 г. обсуждаются вопросы методологии изучения истории фортификации эпохи Ренессанса и XVII-XVIII вв. в Европе и России. Основным вопросом, который рассматривается, состоит в том, как правильно и точно можно определить историческую роль фортификации и какие науки и дисциплины определяют значение [2].

Забусов А.Н. в работе «Крепость Кронштадт и её значение для Балтийского флота» 2013 г. исследует историю создания и развития Кронштадтской крепости и её важность для обеспечения безопасности Балтийского флота и Российской империи в настоящее время [3]. Носов К.С. «Фортификационная лихорадка в Европе между двумя мировыми войнами» 2017 г. описывает изменения в фортификационной политике в Европе в период между Первой и Второй мировыми войнами, а также рассматривает роль фортификационных сооружений в ходе Второй мировой войны [4].

Следует отметить работу Нельзиной О.Ю., Огорокова А.В. и Полякова Т.П. «Тематические парки как учреждения музейного типа: проблемы и перспективы» 2019 г. Монография посвящена обобщению мирового и отечественного опыта строительства и развития тематических парков как

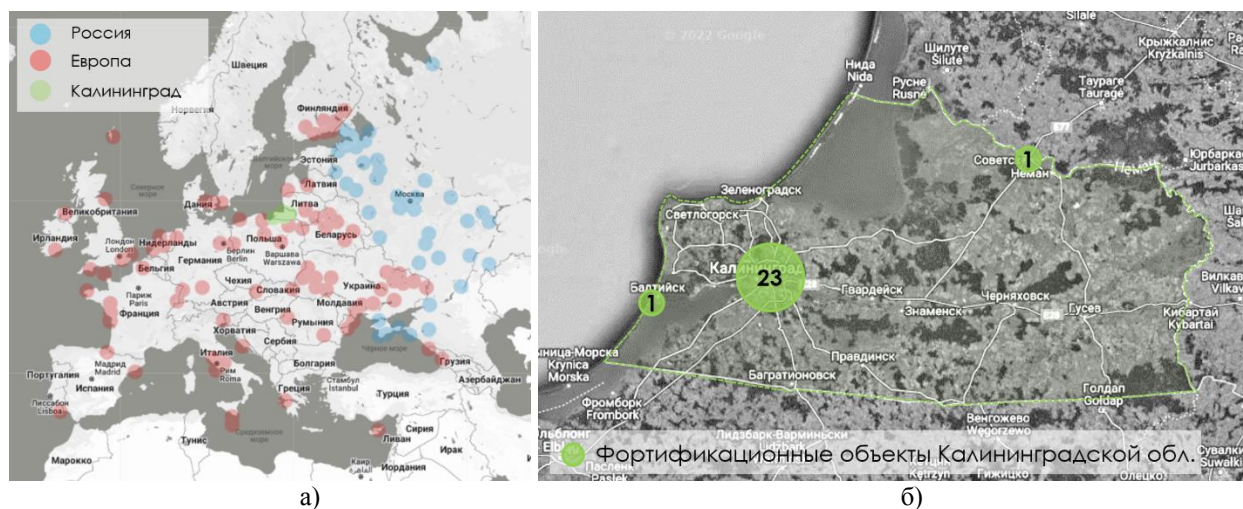
учреждений культурно-исторического типа, которые они выполняют в контексте музейной деятельности. Уделено внимание историко-этнографическим, военно-историческим и другим тематическим паркам [5].

Зарубежные ученые Lukáč M., Hale J., Denman D.S., Hirst P. и др., также работают над данной темой [6-9]. Они считают, что использование потенциала маркетинговых коммуникаций может значительно улучшить развитие замковых музеев и стимулировать туризм в регионе. Однако, при этом необходимо учитывать особенности культурного и исторического наследия, а также сохранять баланс между историческими ценностями и экономическими целями.

Приведенные работы показывают достаточную исследованность темы, однако создание объектов-аналогов фортификационных комплексов исследовано недостаточно. Таким образом, рассматриваемая тема может представлять интерес для исследователей и представителей строительной и архитектурной среды.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Фортификационные исторические объекты помогают сохранить память народа, пропагандировать культурное наследие, способствуя развитию туризма в регионе. В современных условиях существуют разнообразные примеры использования исторических фортификационных сооружений: организация исторических и познавательных экскурсий, проведение фестивалей, концертов, выставок, развлекательных мероприятий и т.д. Материалом работы является совокупность научно-практических работ авторов по рассматриваемой теме, исторических данных и результатов собственных исследований.



**Рис. 1.** Расположение исторических фортификационных комплексов [рисунки авторов]:

- а) Европа и Западная часть России; б) Калининградская обл. Россия  
**Fig. 1.** The location of historical fortification complexes [drawings by the authors]:  
 а) Europe and the Western part of Russia; б) Kaliningrad region. Russia

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Мировой опыт насчитывает огромное число разнообразных действующих, утраченных или находящихся в забвении объектов. На рисунке 1 представлены территории размещения фортификационных комплексов Европы и Западной части России (рис. 1а), а также Калининградская обл. (рис.1б).

Большинство фортификационных комплексов тяготеют к прибрежным территориям и административным границам, что связано с необходимостью защиты границ государств. В некоторых случаях их современное расположение вызывает удивление, это связано с постоянными войнами и борьбой стран за изменение государственных границ. Исторические широко используемые примеры фортификационных комплексов можно найти в Великобритании, Италии, Австрии, Сербии и др. Самые известные из них - Тауэрский мост, Королевский замок Йорк, Дворец Питти, Хофбург, Петроварадинская крепость и многие другие. В настоящее время в бывших объектах фортификации расположены музеи, театры и концертные залы, а также гостиницы для отдыха туристов.

При использовании исторических комплексов в рекреационных целях, главной задачей является сохранение их исторической и культурной ценности. Для их полноценной эксплуатации необходимо компенсировать ущерб и восстановить облик, который был нарушен в результате исторических событий многовекового периода. Необходимо заметить, что данные объекты являются не только артефактами, но и в большинстве случаев источником приложения труда для местных жителей и вносят значительные поступления в бюджет поселений.

Авторы изучают тему рекреационных пространств и фортификационных комплексов несколько лет и эта работа отражена в научных трудах [10-12]. Для подтверждения интереса и востребованности данных объектов был проведен социологический опрос среди студентов МГСУ специальности Градостроительство. В 2021 г. в опросе приняло участие 111 студентов бакалавриата, в 2022 г. – 84 студентов магистратуры. Результаты опросов были проанализированы и сделаны необходимые выводы.

Большинство респондентов интересуются темой фортификационных сооружений, однако студенты

магистратуры менее заинтересованы (61,6%), чем бакалавриата (76,8%). Поддержание идеи восстановления разрушенных и заброшенных исторических объектов выявило интерес у 88% опрошенных. Студентов интересует больше не исторический, а архитектурно-планировочный аспект, так как студенты-градостроители в первую очередь специализируются на данной профессиональной составляющей.

Для современного человека некомфортное расположение и отсутствие развитой инфраструктуры для объектов рекреации становится причиной отказаться от посещения данных мест, что побудило авторов статьи задуматься над вопросом создания аналогов фортификационных сооружений в новой нетрадиционной для данной группы объектов среде. Тем более опыт создания объектов-аналогов в Калининградской обл. уже имеется и широко обсуждается в архитектурной среде, автором такого подхода является известный архитектор Н.Явейн [13].

Результатом работы авторов явилась проработка методических вопросов терминологии. Предлагается формулировка термина **«объект-аналог фортификационного комплекса (сооружения)»** — это инновационная группа объектов, созданная на основе исторических фортификационных сооружений, сочетающая элементы культуры, истории, архитектуры и технологических достижений, размещенная как в исторических местах, так и в границах существующих объектов туристической и рекреационной системы и в новых согласованных градостроительными органами местах. Естественно, каждый проект должен тщательно согласовываться, а место и функциональное использование подбираются в соответствии с концепцией конкретного объекта и архитектурного образа.

На основе проведенного анализа создана трех ступенчатая классификация (рис. 2), которая позволяет формально представить систему фортификационных объектов, используемых в современных условиях. На I уровне предлагается выделить две большие группы: исторические комплексы и объекты-аналоги. II уровень – функциональный, содержит информацию по использованию каждой группы объектов. III уровень содержит «функцию использования».



Рис. 2. Классификация фортификационных объектов [рисунок авторов]  
 Fig. 2. Classification of fortification objects [authors' drawing]

Группа 1.1 «неэксплуатируемые» исторические фортификационные объекты состоят из утраченных или неиспользуемых комплексов. Например, двухэтажный квадратный Дубенский форт-заства, окруженный рвом – пример заброшенного сооружения конца XIX в. Центр комплекса занимает двухэтажная казарма, а подземные казематы могут использоваться для различных назначений. На данный момент не является «активным» используемым сооружением [14].

Группа 1.2 «эксплуатируемые» исторические фортификационные объекты включают существующие и используемые комплексы. Примером является один из двадцати оборонительных фортов г. Кронштадт - "Кроншлот" - является многоугольным трехъярусным сооружением, расположенным на Невской губе Финского залива. На каждой грани второго и третьего этажа находятся по 2 амбразуры, где установлены 49 пушек. Размеры башни составляют  $b = 25$  м,  $h = 37$  м (рис. 3а). На данный момент действующий комплекс, где регулярно проводятся экскурсии [15].

Группа 2.1 «локальные» объекты-аналоги – разработанные на основе исторического опыта объекты, которые включают современные функции. Примером является отель-замок "Нессельбек" Калининградская обл. территория бывшего, но к тому времени утраченного поместья была приобретена под застройку в 2004г. В настоящее время комплекс – точная копия тевтонского замка со

средневековым дизайном внутри и цветными витражами [16]. Сооружение построено в стиле крепостной архитектуры и включает современные функции: ресторан, музей и услуги СПА, место для проведения исторических спектаклей и праздников (рис. 3б).

Группа 2.2 «комплексные» объекты-аналоги являются крупномасштабным проектом и отличаются комплексностью и этапностью ввода в эксплуатацию. Примером является "Рыбная деревня" на берегу р. Преголя в г. Калининград – это квартал в стиле фахверк, который напоминает довоенный Кёнигсберг (начало строительства 2006 г.). Комплекс расположен в центре города, рядом с историческим о. Канта, имеет развитую инфраструктуру и все условия для комфортного пребывания на территории [17]. На этом месте ранее была набережная в стиле советского минимализма (рис. 3в).

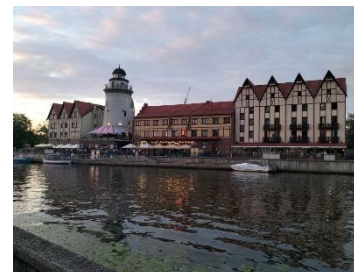
«Функция использования» отражает перечень возможных мероприятий, которые можно проводить, используя эти объекты. Одновременно исторические комплексы и объекты-аналоги обладают следующими функциями: музейная, гостиничная, тихий отдых, активный отдых, телевизионные съемки, жилая и комбинированная. Отличием исторических фортификационных сооружений является наличие *военной функции*, поскольку они были построены с целью защиты территории в разное историческое время и использовались в военных целях.



а)



б)



в)

**Рис 3.** Туристические фортификационные объекты: а) Кроншлот [18]; б) Нессельбек [18]; в) Рыбачья деревня [фото авторов. Лето 2022г.]

**Fig 3.** Tourist fortifications: а) Kronshlot [8]; б) Nesselbek [8]; в) Fishing village [photo by the authors. Summer 2022]

Принятие объектов-аналогов фортификационных комплексов (сооружений) как отдельного вида рекреационного комплекса позволит увеличить инновационный потенциал территорий и может разнообразить туристические маршруты и привлекательные рекреационные предложения, а также снизить негативное воздействие на природную среду путем использования уже существующих обустроенных территорий.

Идея создания новых объектов в современной среде, является отчасти провокационной. Гармоничное размещение «чужеродного объекта», соответствующее законам композиции и естественного восприятия человеком, является основной задачей устойчивого развития территорий. Были выявлены оптимальные параметры территории для размещения нового фортификационного объекта-аналога, которые включают факторы, представленные в таблице 1.

**Таблица 1.** Основные принципы местоположения объекта-аналога  
**Table 1.** Basic parameters for placing a new analog object

№ п/п	Параметры использования	Описание территории
1	Историческая и культурная ценность территории	Размещение нового объекта в существующем историческом пространстве. Наличие сооружений, имеющих архитектурный и исторический интерес. Гармоничное «встраивание» в культурную и историческую среду.
2	Природные условия	Разнообразный рельеф, наличие водных объектов и лесных массивов.
3	Развитая инфраструктура	Удобная транспортная доступность для посетителей. Наличие достаточного количества парковок, ресторанов и магазинов в непосредственной близости от территории
4	Инженерная поддержка	Наличие необходимой инфраструктуры и коммуникаций (электроснабжение, водопровод, канализация, газоснабжение)
5	Безопасность	Стабильность и безопасность для посетителей и специалистов. Отсутствие опасных природных явлений в реальной близости.
6	Наличие трудовых ресурсов	Круглогодичная эксплуатация комплекса позволит обеспечить стабильные рабочие места.

При выборе территории для размещения объекта-аналога фортификационного комплекса необходимо учитывать не только функциональную сторону, но и возможность размещения в составе других, уже существующих объектов рекреации. Только такой подход обеспечит успешную и долгосрочную и стабильную работу объекта.

## ВЫВОДЫ

- Создание новых объектов-аналогов фортификационных сооружений является актуальным вопросом развития рекреационных потоков на исторических и вновь выбранных территориях;

- Сформулировано определение инновационных фортификационных объектов-аналогов, предложены классификация и методические основы, позволяющие выделить направление создания тематических рекреационных кластеров в отдельную группу туристических объектов;

- Определены принципы, основывающиеся на основных функциях и позволяющие создать научно-практическую базу для размещения нового объекта-аналога.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Килимник Е.В, Дмитриева А.А. История европейской фортификации. – Екатеринбург: Частное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт бизнеса и управления», 2016. – 206 с.
2. Ревзина, Ю.Е. Новоевропейская фортификация: архитектура, инженерия или военное искусство? / Ю.Е. Ревзина // Academia. Архитектура и строительство. – 2016. – № 4. – С. 90-94. – EDN UUZZOE.
3. Забусов А.Н. Крепость Кронштадт и её значение для балтийского флота // Актуальные вопросы современной науки. – 2013. – №25. – С. 28-38.
4. Носов К.С. Фортификационная лихорадка в Европе между двумя мировыми войнами // Военно-исторический журнал. – 2017. – №3. – С. 42-50.

5. Нельзина, О. Ю. Тематические парки как учреждения музейного типа: проблемы и перспективы / О. Ю. Нельзина, А. В. Огороков, Т. П. Поляков. – Москва: Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачева, 2019. – 288 с. – ISBN 978-5-86443-285-3. – EDN VNHHLL.

6. Lukáč M., Stachová K., Stacho Z., Bartáková G.P., Gubíniová K. Potential of marketing communication as a sustainability tool in the context of castle museums // Sustainability. – 2021. – №13. – Порядковый номер: 8191.

7. Hale J. Renaissance Fortification. Art or Engineering. – London: Norwich, 1977. – 169 p.

8. Denman D.S. On fortification: Military architecture, geometric power, and defensive design // Security Dialogue. – 2020. – №51 (2-3). – С. 231-247.

9. Hirst P. The Defence of Places: Fortification as Architecture [part 2] // Architectural Association School of Architecture. – 1997. – №34. – С. 6-17.

10. Скуридин, М. Е. Предложение по созданию объектов-аналогов фортификационных сооружений (фортов) / М.Е. Скуридин, М.И. Афонина // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт: Материалы IX-ой Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти академика РААСН Чернышова Е.М., Тамбов, 21–22 сентября 2022 года. – Тамбов: Издательство ИП Чеснокова А.В., 2022. – С. 456-460. – EDN MYIRMW.

11. Афонина, М. И. Военнотематический парк "Патриот" - взаимосвязь архитектурнопланировочной и социальных аспектов / М. И. Афонина, М. Е. Скуридин, П. А. Логучева // Экология урбанизированных территорий. – 2021. – № 3. – С. 83-90. – DOI 10.24412/1816-1863-2021-3-83-90. – EDN DEFNOD.

12. Афонина, М. И. Военно-тематические парки в системе социальных градостроительных объектов / М. И. Афонина, М. Е. Скуридин, Н. М. Ветрова // Экономика строительства и природопользования. – 2021. – № 4(81). – С. 43-52. – DOI 10.37279/2519-4453-2021-4-43-52. – EDN NTMHDD.

13. Явейн, Н. И. Архитектор-реставратор - особенности профессии / Н. И. Явейн // Вестник.

Зодчий. 21 век. – 2018. – № 1(66). – С. 48-53. – EDN XUANXN.

14. Таракановский форт [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://geocaching.su/?pn=101&cid=2999>. Дата обращения: 06.04.2023.

15. "Кроншлот" - первый форт Петербурга и главный защитник [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pantv.livejournal.com/2579206.html>. Дата обращения: 06.04.2023.

16. Степанов И.В. Концептуальные отели: научно-практические основы функционирования // Современные проблемы сервиса и туризма. - 2010. - №2. - С. 37-44.

17. Travel ask [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://travelask.ru/russia/kaliningrad/rybnaya-derevnya>. Дата обращения: 07.04.2023.

18. <https://yandex.ru/> [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://yandex.ru/>. Дата обращения: 07.04.2023.

## REFERENCES

1. Kilimnik E.V. Dmitriyeva A.A. Istoriya evropeyskoy fortifikatsii. – Ekaterinburg: Chastnoye obrazovatelnoye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya «Uralskiy institut biznesa i upravleniya». 2016.- 206 s.

2. Revzina. Yu. E. Novoyevropeyskaya fortifikatsiya: arkhitektura. inzheneriya ili voyennoye iskusstvo? / Yu. E. Revzina // Academia. Arkhitektura i stroitelstvo. – 2016. – № 4. – Pp. 90-94. – EDN UZZOE.

3. Zabusov A.N. Krepost Kronshtadt i eye znachenie dlya baltiyskogo flota // Aktualnyye voprosy sovremennoy nauki. – 2013. – №25. – Pp. 28-38.

4. Nosov K.S. Fortifikatsionnaya likhoradka v Evrope mezhdru dvumya mirovymi voy-nami // Voyenno-istoricheskiy zhurnal. – 2017. – №3. - Pp. 42-50.

5. Nelzina. O. Yu. Tematicheskiye parki kak uchrezhdeniya muzeynogo tipa: problemy i perspektivy / O. Yu. Nelzina. A. V. Okorokov. T. P. Polyakov. – Moskva: Rossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut kulturnogo i prirodnogo naslediya im. D.S. Likhacheva. 2019. – 288 s. – ISBN 978-5-86443-285-3. – EDN VNHLJ.

6. Lukáč M., Stachová K., Stacho Z., Bartáková G.P., Gubniova K. Potential of marketing communication as a sustainability tool in the context of castle museums // Sustainability. – 2021. – №13. – Poryadkovyy nomer: 8191.

7. Hale J. Renaissance Fortification. Art or Engineering. – London: Norwich, 1977. – 169 p.

8. Denman D.S. On fortification: Military architecture, geometric power, and defensive design // Security Dialogue. – 2020. – №51 (2-3). – Pp. 231-247.

9. Hirst P. The Defence of Places: Fortification as Architecture [part 2] // Architectural Association School of Architecture. – 1997. – №34. – Pp. 6-17.5.

10. Skuridin. M. E. Predlozheniye po sozdaniyu obyektov-analogov fortifikatsionnykh sooruzheniy (fortov) / M. E. Skuridin. M. I. Afonina // Ustoychivoye razvitiye regiona: arkhitektura. stroitelstvo i transport: Materialy IX-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. posvyashchennoy pamyati akademika RAASN Chernyshova E.M. – Tambov. 21-22 sentyabrya 2022 goda. – Tambov: Izdatelstvo IP Chesnokova A.V.. – 2022. – Pp. 456-460. – EDN MYIRMW.

11. Afonina. M. I. Voennotematicheskiy park "Patriot" - vzaimosvyaz arkhitekturnoplanirovochnoy i sotsialnykh aspektov / M. I. Afonina. M. E. Skuridin. P. A. Logucheva // Ekologiya urbanizirovannykh territoriy. – 2021. – № 3. – Pp. 83-90. – DOI 10.24412/1816-1863-2021-3-83-90. – EDN DEFNOD.

12. Afonina. M. I. Voenno-tematicheskiye parki v sisteme sotsialnykh gradostroitelnykh obyektov / M. I. Afonina. M. E. Skuridin. N. M. Vetrova // Ekonomika stroitelstva i prirodopolzovaniya. – 2021. – № 4(81). – S. 43-52. – DOI 10.37279/2519-4453-2021-4-43-52. – EDN NTMHDD.

13. Yaveyn. N. I. Arkhitekto-restavratsiya - osobennosti professii / N. I. Yaveyn // Vestnik. Zodchiy. 21 vek. – 2018. – № 1(66). – Pp. 48-53. – EDN XUANXN.

14. Таракановский форт [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://geocaching.su/?pn=101&cid=2999>. Дата обращения: 06.04.2023.

15. "Кроншлот" - первый форт Петербурга и главный защитник [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pantv.livejournal.com/2579206.html>. Дата обращения: 06.04.2023.

16. Степанов И.В. Концептуальные отели: научно-практические основы функционирования // Современные проблемы сервиса и туризма. - 2010. - №2. - С. 37-44.

17. Travel ask [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://travelask.ru/russia/kaliningrad/rybnaya-derevnya>. Дата обращения: 07.04.2023.

18. <https://yandex.ru/> [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://yandex.ru/>. Дата обращения: 07.04.2023.

ABOUT THE VARIETY OF FORTIFICATION COMPLEXES AND THE CREATION OF  
RECREATIONAL FACILITIES – ANALOGUES

Afonina<sup>1</sup> M.I., Skuridin<sup>2</sup> M.E.

<sup>1</sup> National Research University "Moscow State University of Civil Engineering",  
Yaroslavl Highway, 26, Moscow, 129337, kanz@mgsu.ru

<sup>2</sup> GBU "GlavAPU",  
Moscow, 1st Tverskaya-Yamskaya Street, 1/3c2, post@glavapu.mos.ru

**Abstract.** The article analyzes the current direction – the creation of recreational complexes in the form of objects analogous to historical fortifications. MGSU students were selected as indicators of prospective users, among whom a survey was conducted. The aim of the work was to determine the interest of young people in creating new thematic objects-analogues of historical structures as part of existing recreational clusters. The methodological foundations and functional fullness of thematic complexes are formulated. The variety of architectural and planning forms and the uneven placement of historical military-themed objects and their analogues on the territory of our country and the increased interest of recreants allows us to determine the creation of new complexes as promising. The basic principles of the creation and placement of innovative facilities-analogues of fortification complexes, which allow us to begin the working design of specific facilities, are formulated.

**Subject of study:** Development of scientifically-based principles for the creation and placement of objects-analogues of fortification complexes as part of recreational clusters for all-season use.

**Materials and methods:** The research material is a set of historical data and the results of their own research.

**Results:** The relevance of the creation of fortification facilities-analogues as part of existing recreational complexes for their sustainable functioning is determined.

**Conclusions:** The paper defines the prospects of creating new facilities-analogues of fortifications in historical territories, existing and newly created recreational clusters. Scientific and methodological approaches to substantiating the placement of objects and their basic planning and functional parameters are formulated.

**Key words:** fortifications; historical fortresses, recreational facilities; analogous objects, tourist and recreational activities; sociological survey.



УДК 711.168

АНАЛИЗ БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИХ САНАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ КРЫМА С ЦЕЛЬЮ  
РАЗРАБОТКИ ОБЩИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИСушко О.А.<sup>1</sup>, Живица В.В.<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»  
295050, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181,  
<sup>1</sup> olgga345@mail.ru, <sup>2</sup> vzhivisa@mail.ru

**Аннотация.** В статье обоснована актуальность развития курортной сферы на территории Крымского полуострова, рассмотрены материалы документов стратегического планирования, определены места расположения бальнеологических и грязелечебных ресурсов в Крыму, подробно изучена тема становления грязелечебного курорта Саки, выявлены особенности существующих бальнеологических санаторных комплексов и даны рекомендации по их усовершенствованию. Основное внимание уделено всестороннему анализу информации о санаторных комплексах города Саки, включающей: исторические сведения о строительстве и реконструкции санаторно-курортных объектов в Крыму, объемно-планировочные особенности, пространственную организацию, месторасположение в структуре населенного пункта, уровень номерного фонда и количественные данные учреждений. В историческом контексте выделено три хронологических периода развития лечебных комплексов на берегу Сакского озера. Первая половина XX века характеризуется единичным строительством лечебных корпусов. Детальный анализ позволил определить преимущества и недостатки санаторных комплексов, с архитектурной точки зрения, сформировать общий подход к реконструкции территории, зданий и номеров.

**Предмет исследования:** бальнеологические санаторные комплексы Крыма.

**Материалы и методы:** при подборе и анализе литературных и научных источников по теме исследования осуществлялась работа с Интернет-ресурсами, включая туристические и санаторные сайты, карты и спутниковые материалы. В работе применены теоретические методы, такие как анализ, синтез, постановка проблем, систематизация, обобщение, абстрагирование, дедукция, сравнение, и графические методы визуализации анализируемых данных. Также применялись метод натурных исследований и фотофиксация.

**Результаты:** сформированы рекомендации по модернизации существующих бальнеологических комплексов, включающие перечень возможных мероприятий для парковой территории, номерного фонда и отделки корпусов. Общей рекомендацией является выбор основного стилистического направления, архитектурных деталей и цветовой гаммы, которые могут присутствовать как в оформлении интерьера, так и в архитектурно-художественных и композиционных решениях фасадов.

**Выводы:** бальнеологические санаторные комплексы являются уникальными лечебными учреждениями и рассчитаны на круглогодичное функционирование. Важно создавать интересные и уютные номера, функциональную среду и эстетичный вид зданий и сооружений. Рекомендации по улучшению современного состояния санаториев для каждого комплекса индивидуальны и зависят от множества факторов, основными из которых являются: площадь территории; период создания и реконструкции объекта; состояние благоустройства, номеров и внешнего вида застройки. Многие санатории имеют современное благоустройство, номерной фонд и разнообразное функциональное зонирование участка. При этом абсолютно все обладают выгодным местоположением вдоль Черного моря или вблизи Сакского озера. Среди основных минусов, встречающихся в санаторных учреждениях, выделены следующие: скудное наполнение детской площадки; монофункциональная территория; отсутствие современного благоустройства; недостаточное количество площади земельного участка и, как следствие, зеленых насаждений; устаревший номерной фонд; отсутствие единого стилистового решения и неудовлетворительное состояние фасадов.

**Ключевые слова:** бальнеологические санаторные комплексы Крыма, город Саки, реконструкция, благоустройство, круглогодичный курорт.

## ВВЕДЕНИЕ

Крым обладает ценными природными, климатическими, бальнеологическими и грязелечебными ресурсами. С давних времен жители полуострова использовали природные богатства с целью излечения от различных недугов, когда народные методы оказывались бессильны. Развитие бальнеогрязевого курорта в Крыму началось с Западного побережья, с таких городов как Евпатория, Саки, где расположены уникальные соленые озера.

В настоящее время к основной проблеме курортной сферы полуострова можно отнести моральное устаревание санаторных комплексов. Его причинами, в большинстве случаев, являются неудовлетворительное состояние корпусов,

примитивное наполнение парковой территории объектами благоустройства (МАФы, покрытие, освещение), их отсутствие или неисправное состояние. Большая часть санаториев в Крыму была построена в период XX века. С тех пор изменились принципы благоустройства общественных пространств и стилистические тенденции.

Развитие рекреационной сферы на полуострове отражено в стратегических документах долгосрочного планирования. Так, в соответствии с Федеральной целевой программой «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2030 года» [4], на территории Крыма с 2014 года создаются туристско-рекреационные кластеры, такие как «Детский отдых и оздоровление» в городе Евпатория [32], «Лечебно-оздоровительный отдых» в городе Саки,

«Черноморский», «Коктебель», а также вблизи озера Чокракское, на Керченском полуострове [33]. Реконструкция санаторных комплексов является неотъемлемой частью кластерного подхода, интегрирующего различные составляющие туристской инфраструктуры [3].

Таким образом, ввиду наличия хорошего климата, разнообразных ресурсов, развитой лечебной базы, достопримечательностей и выгодного местоположения, на полуострове будет развиваться рекреационное направление, а популярность среди туристов – увеличиваться. Важно приспособить рекреационные комплексы к круглогодичному функционированию, повысить уровень услуг и модернизировать облик застройки. Это позволит сформировать положительный имидж Крымского курорта и привлечь большее число отдыхающих.

Цель исследования: разработать рекомендации по реконструкции крымских бальнеологических санаторных комплексов, на примере г. Саки.

Задачи исследования:

1. Провести анализ теоретических трудов по теме исследования.
2. Определить местоположение бальнеологических санаториев на территории Крымского полуострова.
3. Изучить историю развития бальнеологического лечения г. Саки.
4. Проанализировать существующие бальнеологические комплексы на предмет благоустройства территории и архитектурного облика зданий.
5. Сформулировать рекомендации по реконструкции территории и корпусов существующих санаториев.

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

При подготовке материала статьи были проанализированы литературные источники, связанные с развитием туристического потенциала Крыма, а именно: архитектурными особенностями санаторных комплексов, бальнеологическими и грязелечебными ресурсами полуострова, градостроительными проблемами.

Этапы развития санаторно-курортной сферы в историческом контексте рассматривали Афанасьев О.Е. [6], Антонюк М.В., Гвозденко Т.А. [8], Маркина К.Г., Моргун Н.А. [9], каждый из которых использовал индивидуальный подход к освещению хронологии.

В исследовании Афанасьева О.Е. [6] систематизирована периодизация развития туризма на крымском полуострове. В работе выделено семь периодов, каждый из которых имеет четкие временные рамки, особенности и исторические личности. Статья позволяет обзорно составить представление об основных событиях, повлиявших на становление курортной деятельности.

В работе Антонюк М.В., Гвозденко Т.А. [8] описана история становления курорта в России,

обозначены проблемы развития санаторного лечения и даны рекомендации по улучшению работы сферы, путем сочетания лечебных ресурсов и современных технологий.

Маркина К.Г., Моргун Н.А. [9, 10] проводили анализ эволюции архитектуры санаториев в России, особенностей функционального зонирования их территории. Авторы выделили шесть этапов, для каждого из которых отметили принципиальные архитектурные, планировочные или типологические характеристики. Также выявили общие критерии строительства санаторных комплексов в России и за рубежом, основными из которых являются наличие лечебного источника или водных акватории, специализация курорта и наличие курортных городов.

Вопрос необходимости реконструкции и преодоления существующих проблем санаторного комплекса Крымского полуострова поднимали в научных статьях авторы Матушевская Е. А., Поддубная Е. С. [11], Балакина А.Е., Самылова И.С. [12] и многие другие.

Перспективное развитие Западного Крыма предложили в научной статье [13] авторы Тарасенко В.С., Бережная И.В., Ена Ал.В., Ена Ан.В., Паштецкий В.С., Радченко Л.А., Попова А.А., Олиферов А.Н., Юдин В.В., Юровский Ю.Г. Авторы сделали вывод о том, что природно-климатические условия Западной части полуострова являются благоприятными для реабилитации, отдыха и лечения. Санаторно-курортное лечение в городах Саки и Евпатория имеет потенциал развития, может стать приоритетным направлением развития экономики. В городе Саки возможно усовершенствование здравниц до международного уровня, а в Евпатории перспективно развитие детского курорта.

Проблему неравномерного развития туристических центров Крымского полуострова рассматривали Кукушина А.В., Гусева С.Е. [7]. Авторы проанализировали Крым с градостроительной точки зрения, выявили недостатки и сформировали следующие предложения: по созданию санаторно-курортного комплекса в городе Саки, для улучшения экономической составляющей и круглогодичного функционирования сферы туристических услуг; по модернизации автомобильного и железнодорожного транспорта, с целью улучшения связности территории и сокращения временных затрат на передвижение; по развитию северного района Крыма, путем размещения объектов туристической инфраструктуры в городе Джанкой. В целом, полуостров рассмотрен как перспективный туристический регион, обладающий потенциалом для развития, инвестиционной привлекательностью и огромными природными ресурсами.

Таким образом, на основе анализа научных литературных источников, можно сделать вывод о том, что реконструкция и создание новых санаторных комплексов в Крыму является актуальной темой. Многие авторы изучают

исторические предпосылки зарождения курортной отрасли на полуострове, констатируют проблемные вопросы и предлагают пути их решения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При подборе и анализе литературных и научных источников по теме исследования осуществлялась работа с Интернет-ресурсами, включая туристические и санаторные сайты, карты и спутниковые материалы. В работе применены теоретические методы, такие как анализ, синтез, постановка проблем, систематизация, обобщение, абстрагирование, дедукция, сравнение, и графические методы визуализации анализируемых данных. Также применялись метод натуральных исследований и фотофиксация.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Географическое положение и геологические особенности Крымского полуострова обусловили возникновение уникальных гидроминеральных природных ресурсов в прибрежно-морских озерах и проявлениях грязевого вулканизма. Такие месторождения территориально сосредоточены в следующих районах Крыма: Перекоп, Тарханкут, Евпатория, Саки, Керченский полуостров [1].

В настоящее время единственным разрабатываемым источником лечебных грязей в Крыму является Сакское озеро (г. Саки), ресурсы которого исследованы и продолжают использоваться на базе медицинских учреждений полуострова [29].

Лечебные грязи Мойнакского озера, расположенного в городе Евпатории, использовались на базе грязелечебницы, действовавшей с 1886 по 1996 гг. Позже, в 2011 году ее закрыли. В настоящее время запасы лечебной грязи Мойнакского озера практически исчерпаны. Северная часть водоема отделена дамбой и перемычками, с целью регенерации рапы и хранения привозной лечебной грязи с Сакского озера [30].

Озеро Чокрак и Булганакское сопочное поле, расположенные в восточной части Крыма на Керченском полуострове, можно считать перспективными источниками бальнеологических и грязелечебных ресурсов, но с середины прошлого века и до настоящего времени их использование было приостановлено [1].

С античных времен люди использовали ресурсы озер в качестве источника пищевой соли и лечебной грязи, способствующей выздоровлению людей и животных [1]. Известно упоминание Геродота, относящиеся к V веку до н.э., о «египетском» методе лечения грязью в районе современного города Саки [2]. Археологическая экспедиция под руководством С.Б.Ланцова обнаружила античное святилище на территории Сакской пересыпи, существовавшее с конца II в. до н.э. до середины III в. н.э.

Предположительно, в более позднее время, в IX-X вв., здесь располагался небольшой рыбацкий поселок [31].

Зарождение первого современного курорта в России происходит в Саках в 1880 году, когда, благодаря инициативной работе Таврического губернского земства, велись поиски лечебных источников и строительные работы по созданию курортных зданий, водо- и грязелечебниц, парка. В период создания курорта учитывались потребности и материальное состояние пациентов, например, существовали недорогие спальные корпуса с палатами большой вместимости, а в парке предусматривали наличие теннисных кортов, зоны для игры в гольф и детские площадки. Для организации досуга постояльцев устраивали экскурсии, музыкальные концерты и литературные встречи. Огромный вклад в становление курорта внесли ведущие врачи, такие как Н.А. Оже, С.С. Налбандов, Н.Н.Бурденко, И.П. Алексинский, К.Д. Есибов и многие другие. Они занимались научными исследованиями лечения сакскими грязями, проводили медицинские конференции, публиковали результаты своих исследований в научных изданиях.

В годы Первой мировой войны курорт был перепрофилирован в госпиталь для раненых.

Сакский курорт возобновил деятельность для рабочих летом в 1921 году, в соответствии с Декретом «Об использовании Крыма для лечения трудящихся», подписанным 21 декабря 1920 года. Восстановлению курорта и продолжению научных исследований в области бальнеологии способствовали профессор и академики медицины, такие как Н.С. Бокариус, Б. А. Петров, М.Н. Шевандин, С.С. Налбандов, Н.Н. Бурденко, Г.А. Рейберг и др.

В 1938 году курорт Саки получил статус Всесоюзной здравницы. В связи с этим событием, в течении года часть санаториев перешли на круглогодичную работу.

Во время Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. в поселке Саки было размещено одиннадцать госпиталей, часть которых находилось в зданиях санаториев. Впервые был открыт грязелечебный корпус для военнослужащих женщин. Сакские грязи активно применялись в лечении и реабилитации раненых. Ценные рукописи врачей, научные труды и другое имущество курорта было увезено в Кисловодск на хранение. Освобождение поселка состоялось 13 апреля 1944 года.

За годы войны курорт-Саки был сильно разрушен. Восстанавливать поселок из руин приехали люди со всей страны. В силу обстоятельств времени, женщинам и мужчинам пришлось осваивать новые навыки строительного профиля. Открытие послевоенного курорта Саки произошло 15 сентября 1945 года. Госпитали были расформированы. Многие военные врачи продолжили работать в поселке, но уже в курортных учреждениях. Благодаря профессионализму и

трудолюбию медицинских работников, удалось возобновить курортную функцию населенного пункта. Только в начале 1950 года пос. Саки приобрел первоначальный вид бальнеогрязевого курорта.

Поселок развивался, население увеличивалось. В 1952 году Саки получил статус города. В 1958 году был открыт новый санаторий им. В.И. Ленина, сформированный на базе существующих лечебных корпусов. Еще одним учреждением в городе был военный санаторий. В 1974 году начал работу специализированный спинальный санаторный комплекс имени Н.Н. Бурденко [14].

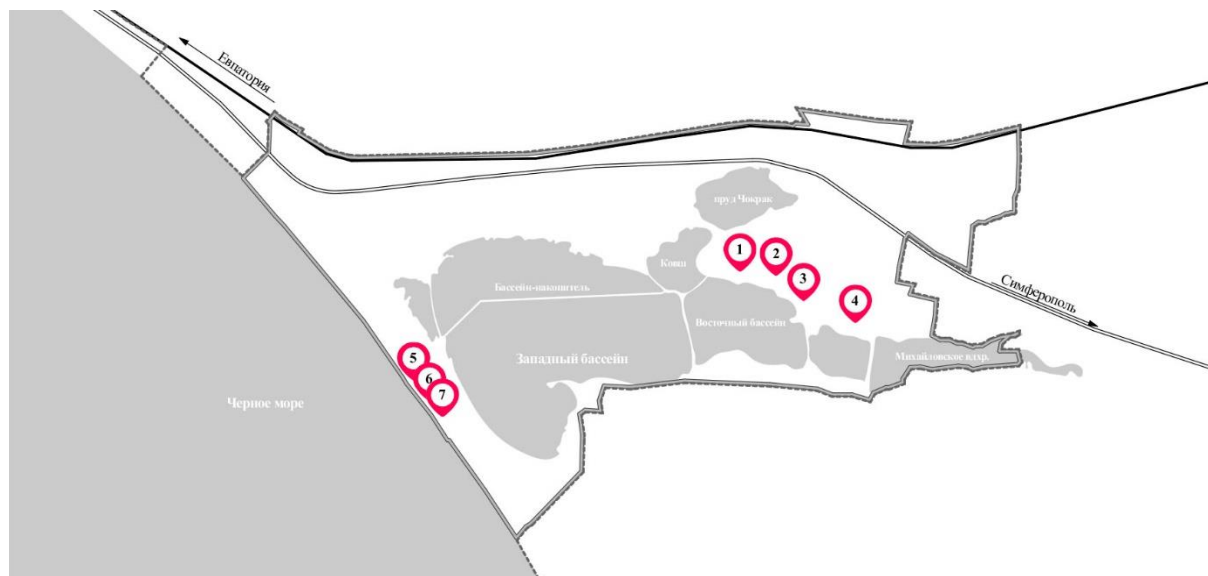
В настоящее время город-курорт Саки по-прежнему является известным оздоровительным центром Крымского полуострова и имеет потенциал для развития курортной сферы. Здесь продолжают работу шестнадцать крупных объектов размещения и лечения, среди которых санаторные учреждения, пансионаты, дома отдыха и детский лагерь [15].

Согласно материалам «Стратегии социально-экономического развития муниципального образования городской округ Саки Республики Крым до 2030 года», утвержденной решением очередной 30 сессии второго созыва от 26 февраля 2021 года №2-30/2, санаторно-курортный комплекс является основополагающим звеном экономики городского округа. Заданный вектор развития

предполагает освоение новых территорий для создания объектов рекреационного назначения круглогодичного использования с необходимой обслуживающей инфраструктурой. Поэтапное создание уникального бальнеогрязевого курорта отражено в материалах туристско-рекреационного кластера «Лечебно-оздоровительный отдых», городской округ Саки, Республика Крым», который включен в состав Федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополь до 2030 года» [4].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что все бальнеологические санаторные комплексы Крыма расположены на Западном побережье, возле лечебных минеральных и грязевых источников. Основная деятельность учреждений связана с лечением и профилактикой различного спектра заболеваний методами бальнеотерапии и грязелечения. Для анализа и формирования последующих рекомендаций, предлагается рассмотреть санатории, расположенные в городе Саки, для многих из которых вопрос реконструкции является чрезвычайно актуальным. Согласно открытым данным Министерства Республики Крым, на территории города расположено семь санаторных комплексов [5].

Местоположение объектов, в границах города Саки, изображено на рисунке 1.



**Рис. 1.** Ситуационная схема расположения выбранных санаторных комплексов в границах города Саки  
**Fig. 1.** Situational layout of the selected sanatorium complexes within the boundaries of the city of Saki

1. АО «Санаторий «Сакрополь» (далее – санаторий «Сакрополь»);
2. ООО «Санаторий «Саки» (далее – санаторий «Саки»);
3. ГАУ Республики Крым «Специализированный спинальный санаторий имени академика Н.Н.Бурденко» (далее – «Санаторий им. Н.Н.Бурденко»);
4. ФГБУ «Сакский военный клинический санаторий им. Н.И. Пирогова» Министерства обороны Российской Федерации (далее – «Санаторий им. Н.И. Пирогова»);

5. АО «Клинический санаторий «Полтава» (далее – санаторий «Полтава»);
6. ООО Санаторий «Северное сияние» (далее – санаторий «Северное сияние»);
7. ООО «Лечебно-диагностический центр «Юрмино» (далее – санаторий «Юрмино»).

В настоящее время лучшим санаторным комплексом города Саки является четырехзвездочный санаторий «Сакрополь» (рис. 1). В 1984 году было построено семиэтажное здание гостиницы. Монументальная архитектура нового объекта напоминала корабль: белоснежная

отделка, ступенчатые террасы, переменная этажность, активно выраженная горизонтальными выносами балконов и парапетов. В декабре 1984 года, здание было перепрофилировано в санаторий им. Ленина на 500 мест. Открытие санатория состоялось 1985 года. В период с 2008 до 2013 гг. были проведены большие работы: благоустройство территории; реконструкция и ремонт здания; строительство дополнительных объектов инфраструктуры, таких как водолечебница на 1 500 мест, бювет, фонтан, центр лечения нарушений

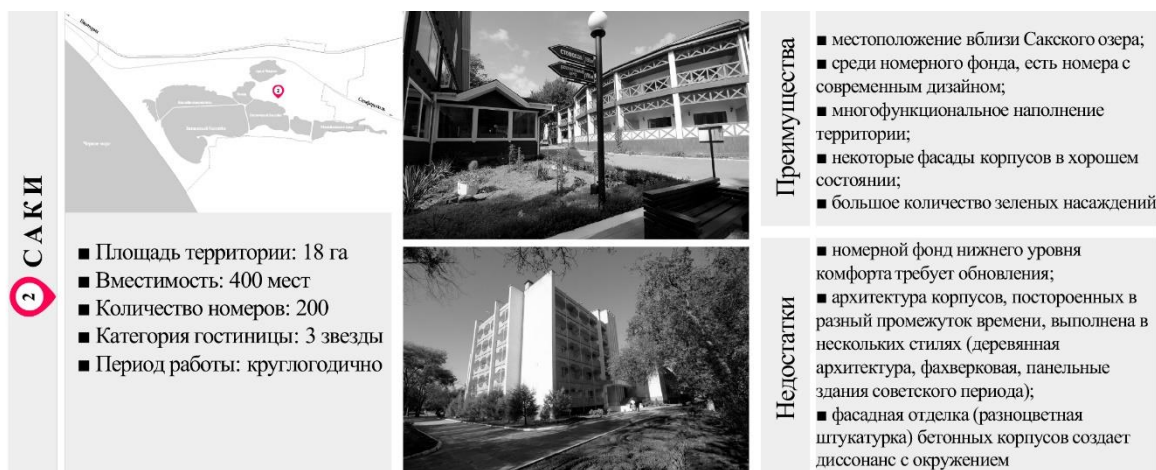
обмена веществ. 30 апреля 2013 года состоялось открытие санатория в новом виде и с новым именем «Сакрополь» [16]. Основные преимущества и недостатки рассматриваемого объекта, с архитектурной точки зрения, приведены на рисунке 2 [17, 20, 25, 19]. Основной особенностью санатория «Сакрополь», отличающей его от других объектов в городе, является архитектурно-художественное оформление в греческом стиле, мотивы которого прослеживаются в образе новых построек, благоустройстве, интерьерах.



**Рис. 2.** Анализ санатория «Сакрополь»  
**Fig. 2.** Analysis of the sanatorium "Sakropol"

Санаторий «Саки» был основан на месте первой грязелечебницы (1880 год) на берегу Сакского озера [16]. На территории санатория есть постройки, датированные 1928 г. (корпус 1), 1977 г. (столовая «Юбилейная» и склад), 1980 г. (гараж-склад),

1987 г. (корпус 9), 2001 г. (спальный комплекс) и 2011 г. (спальный комплекс) [17]. Анализ плюсов и минусов санаторного комплекса «Саки», с архитектурной точки зрения, показан на рис. 3 [20, 21, 25].



**Рис.3.** Анализ санатория «Саки»  
**Fig.3.** Analysis of the sanatorium "Saki"

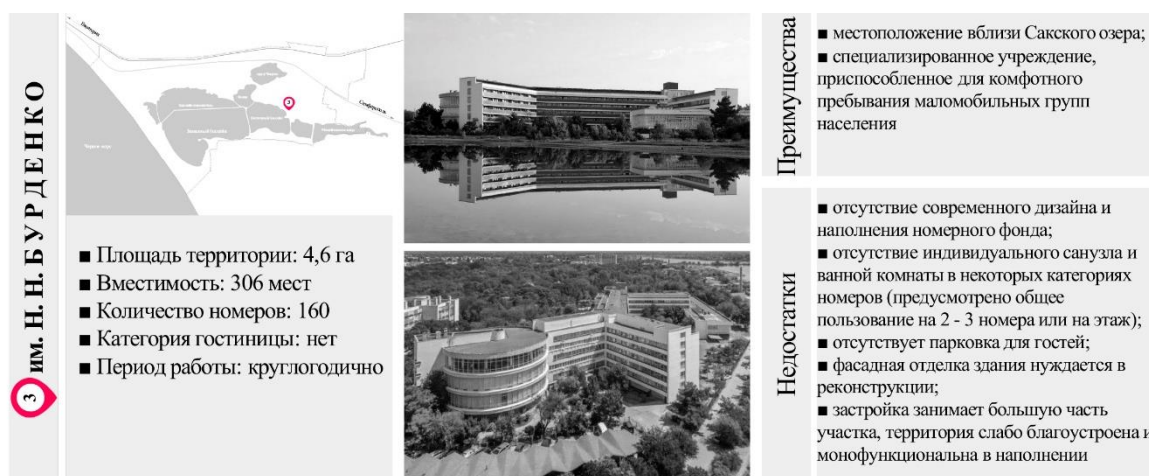
Уникальным учреждением считается «Санаторий им. Н.Н. Бурденко» для лечения спинальных больных, учитывающий потребности маломобильных групп населения. В 1914 году открывается специализированная лечебница для тяжелых хирургических больных, которая позже становится спинальным отделением санатория

им. В.И. Ленина (1956 г.). Однако, мест для желающих было недостаточно [16].

30 декабря 1973 года состоялась долгожданная сдача в эксплуатацию строительного объекта санаторного комплекса для спинальных больных на 368 мест. Его вместимость была увеличена до 371 места. 25 апреля 1974 года комплекс получил

название «Сакский специализированный спинальный санаторий им. академика Н.Н. Бурденко», а 27 апреля состоялось торжественное открытие [16]. После этого события ранее работающее спинальное отделение было

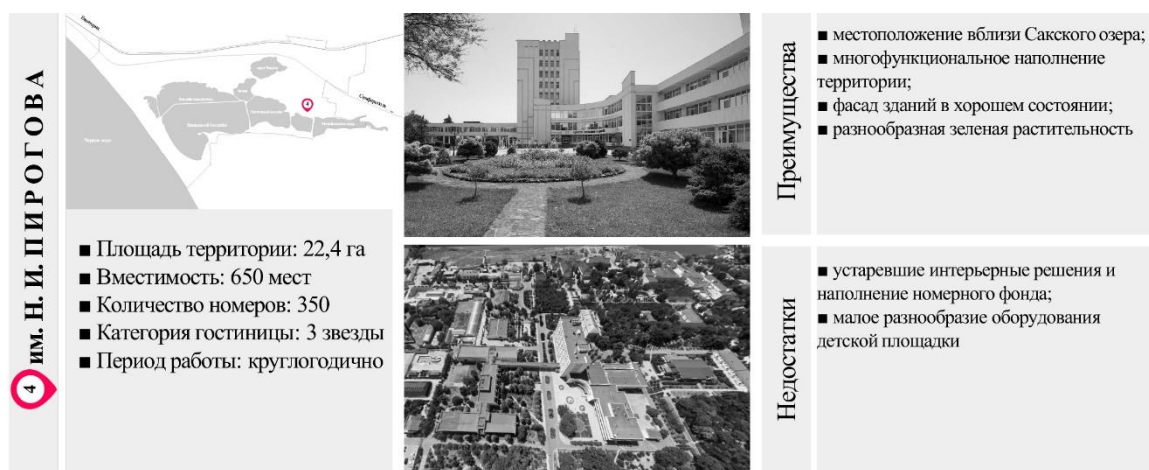
упразднено, а больные переведены в новый санаторий [18]. Анализ современного состояния санаторного комплекса показан на рисунке 4 [17, 18, 26, 27].



**Рис. 4.** Анализ «Санатория им. Н.Н. Бурденко»  
**Fig. 4.** Analysis of the "N.N. Burdenko Sanatorium"

История развития «Санатория им. Н.И. Пирогова» берет начало в 1837 году, когда от Симферопольского военного госпиталя была сформирована первая военная грязелечебница в Саках. В 1922 году учреждение получило статус санатория рабоче-крестьянской красной армии. В 1939 году был построен первый санаторный корпус. В 1944 году здесь размещался эвакуогоспиталь

(госпиталь, обеспечивающий лечение эвакуированных людей с войны, стихийного бедствия и т.п.). В 1970-е гг. началось строительство водолечебницы, лечебного (1977 г.) и спальных корпусов (1983 г.) [16]. Современное состояние санаторного комплекса, его положительные и отрицательные аспекты, рассмотрены на рис. 5 [17, 22, 25, 27].



**Рис.5.** «Санатория им. Н.И. Пирогова»  
**Fig.5.** "Sanatorium named after N.I. Pirogov"

Санаторий «Полтава» был открыт 17 декабря 1974 года. В период с 2002 по 2004 гг. проводились мероприятия по реконструкции номерного фонда основного санаторного корпуса и летнего коттеджа, расположенного на территории. Многие номера оборудованы по категориям «люкс» и «полулюкс».

Реконструкция корпусов, водолечебницы, парковой территории и бурение скважины питьевой воды происходило с 2010 по 2015 гг. [16]. Основные сведения санаторного комплекса приведены на рис. 6 [17, 23, 25].



**Рис.6.** Анализ санатория «Полтава»  
**Fig.6.** Analysis of the sanatorium "Poltava"

В современное время открылись санаторные комплексы «Северное сияние» (с 2006 г.) и «Юрмино» (с 2002 г.), информация о которых

приведена на рисунках 7 [17, 24, 25] и 8 [17, 25, 28], соответственно.



**Рис.7.** Анализ санатория «Северное сияние»  
**Fig.7.** Analysis of the sanatorium "Northern Lights"



**Рис.8.** Анализ санатория «Юрмино»  
**Fig.8.** Analysis of the sanatorium "Yurmino"

Таким образом, все недостатки санаторных комплексов возможно разделить на три категории: функциональное зонирование и благоустройство территории; состояние номерного фонда; архитектура зданий.

Можно выделить следующие минусы в функциональном зонировании и благоустройстве парковой территории:

- монофункциональное наполнение территории;

- застройка зданиями занимает большую часть территории комплекса;
- отсутствие современного благоустройства (покрытий, уличного освещения, скамеек, урн, навесов и т.д.);
- отсутствие парковочных мест для гостей;
- малое разнообразие оборудования детской площадки;
- недостаточное количество озеленения.

В номерном фонде выявлены следующие недостатки:

- моральное и физическое устаревание;
- наполнение номеров не соответствует современному художественно-эстетическому уровню;
- отсутствие удобств в номере.

В архитектуре зданий комплекса выявлены следующие минусы:

- отсутствие единого архитектурного стиля санаторных корпусов;
- отсутствие единого композиционного решения территории;
- диссонирующая фасадная отделка зданий;
- заброшенное состояние фасада.

На основании проведенного анализа, для улучшения состояния парковой территории санаторных комплексов рекомендуется:

- выделить несколько тематических игровых зон для детей разного возраста; использовать натуральные и безопасные материалы в оборудовании и покрытии на детской площадке; расширить набор оборудования на детской площадке, при этом использовать гармоничную цветовую гамму, близкую к естественным оттенкам;
- предусмотреть создание достаточного количества затененных пространств на площадках различного функционального назначения, используя зеленые насаждения и перголы;
- использовать единый стиль в подборе предметов благоустройства;
- создать зоны тихого отдыха, различные по виду деятельности и наполнению;
- предусмотреть современную навигационную систему по территории, путем размещения табличек, указателей с инфографикой;
- при отсутствии достаточной площади территории, необходимо грамотно размещать дорожки и площадки для сокращения площади твердых покрытий в пользу зеленых насаждений, создавать рокарии, альпийские горки.

В отношении модернизации номерного фонда, рекомендуется в первую очередь руководствоваться эргономикой, функциональностью и эстетикой в оформлении интерьера. Это позволит избавиться от устаревших предметов мебели и декора, создать чистый и просторный номер без загромождения лишними деталями.

Многие санаторные корпуса, построенные в конце прошлого века, выглядят монументально,

обладают выразительным архитектурным образом и имеют большую площадь застройки. Фасады зданий необходимо поддерживать и проводить ремонтные работы для того, чтобы они выглядели презентабельно, соответствуя современным требованиям и нормам, а также ожиданиям посетителей. В цветовом оформлении фасадной отделки рекомендуется отдавать предпочтение белым или светлыми оттенками, ввиду климатических особенностей местности и также с учётом сформировавшихся региональных архитектурных традиций. В качестве дополнительных фасадных элементов рекомендуется использовать различные навесы, террасы, веранды, перголы, создающие рассеянную тень в жаркие летние дни.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, на основании проведенного анализа семи бальнеологических санаторных комплексов, расположенных в городе Саки, можно сформировать следующие выводы:

- на выбор месторасположения бальнеологических и грязелечебных учреждений, наравне с наличием природных залежей лечебных грязей и водных источников, значительное влияние оказывает наличие в пешеходной доступности моря или озера;
- первая половина XX века – период единичного строительства лечебных корпусов;
- 1970-1985 гг. – период основного строительства санаторных комплексов, включающих спальные и лечебные корпуса, а также объектов вспомогательной инфраструктуры;
- 2000-е гг. – период проведения работ по реконструкции и ремонту санаторных корпусов, номерного фонда, парковой территории;
- площадь территории одного санаторного комплекса варьируется от 1 до 22 га, средняя – 9 га;
- вместимость санаторно-курортных комплексов рассчитана в пределах от 220 до 800 мест, средняя – 428 мест;
- количество номерного фонда одного санаторного комплекса: от 113 до 450 номеров; среднее значение – 227 номеров;
- в настоящее время пяти санаторным комплексам присвоена категория 3-х звездной гостиницы, одному – 4 звезды;
- все санатории функционируют круглогодично;
- для модернизации санаторных комплексов и увеличения уровня комфорта, в большинстве случаев, необходимо обновить оснащение и интерьеры номеров, повысить уровень благоустройства прилегающей территории и отремонтировать фасады корпусов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современное состояние и перспективы бальнеологического применения Крымских месторождений лечебных грязей и рапы / А.С. Ивашенко, В.И. Мизин, В.В. Ежов, Васенко В.И., Чабан В.В., Станкевич Д.А. // Медицина Кыргызстана. – 2017. – № 4. – С. 46-54. – EDN XQFXNR.
2. История города Саки. – Текст: электронный // saki-gorsoviet.ru: [сайт]. – URL: <https://saki-gorsoviet.ru/istorija-goroda-saki> (дата обращения: 18.02.2023).
3. Стратегия социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года. – Текст: электронный// Правительство Республики Крым: официальный сайт. – URL: [https://rk.gov.ru/file/strategiya\\_sotsialjno\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya\\_respubliki\\_krim\\_do\\_2030.pdf](https://rk.gov.ru/file/strategiya_sotsialjno_ekonomicheskogo_razvitiya_respubliki_krim_do_2030.pdf) (дата обращения: 18.02.2023).
4. Стратегия социально-экономического развития муниципального образования городской округ Саки Республики Крым до 2030 года. – Текст: электронный// Правительство Республики Крым: официальный сайт. – URL: <https://saki.rk.gov.ru/document/show/3781> (дата обращения: 18.02.2023).
5. Перечень санаторно-курортных и гостиничных учреждений Республики Крым. – Текст: электронный// Министерство курортов и туризма Республики Крым: официальный сайт. – URL: <https://mtur.rk.gov.ru/ru/structure/561> (дата обращения: 04.02.2023).
6. Афанасьев, О.Е. Этапы развития сферы туристских услуг в Крыму / О.Е. Афанасьев // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2015. – Т. 9, № 1. – С. 5-13. – DOI 10.12737/7901. – EDN TKUNAH.
7. Кукушкина, А.В. Градостроительные аспекты преобразования туристской инфраструктуры Крымского полуострова / А.В. Кукушкина, С.Е. Гусева // . – 2021. – Т. 2. – С. 195-201. – EDN ХНВJАН.
8. Антонюк М.В., Гвозденко Т.А. Исторические аспекты развития санаторно-курортного лечения в России // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2018; 2(74): 4–10. DOI: 10.5281/zenodo.1296764.
9. Маркина, К.Г. Закономерности формирования приморских санаторно-курортных учреждений в историческом контексте / К.Г. Маркина, Н.А. Моргун // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 2-1(104). – С. 80-88. – DOI 10.23670/IRJ.2021.103.2.014. – EDN YCWYVW.
10. Маркина, К.Г. Особенности территориально-функционального формирования приморских санаторно-курортных учреждений Юга России / К.Г. Маркина, Н.А. Моргун // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 8-1(110). – С. 109-117. – DOI 10.23670/IRJ.2021.110.8.016. – EDN VDZKIB.
11. Матушевская, Е.А. Социально-экономическое развитие санаторно-курортного комплекса на Крымском полуострове: проблемы и перспективы / Е. А. Матушевская, Е. С. Поддубная // 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. 179-182. – EDN ZSOFEX.
12. Балакина А.Е., Самылова И.С. Реконструкция санаторного фонда Республики Крым с учетом оценки инвестиционной привлекательности // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 10. С. 1353–1362. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.10.1353-1362.
13. Крымские золотые пески. Обоснование приоритетов экономического развития Западного Крыма / В.С. Тарасенко, И.В. Бережная, А.В. Ена [и др.] // Труды Крымской Академии наук. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2017. – С. 5-23. – EDN YSJQUA.
14. Задорожная М.В. Наследник славного имени // Саки - старейший курорт России. – Текст: электронный. – Саки, 2017. – С.320 – ISBN 978-5-9909620-9-5. – URL: <https://www.saki.ru/about/books/saki-kurort/#sansaki> (дата обращения: 04.02.2023).
15. Рейтинг санаториев и крупнейших пансионатов Саки. – Текст: электронный// saki.ru: [сайт]. – URL: <https://www.saki.ru/about/san/rating.php> (дата обращения: 04.02.2023).
16. Задорожная М.В. Наследник славного имени // Саки - старейший курорт России. – Текст: электронный. – Саки, 2017. – С.320 – ISBN 978-5-9909620-9-5. – URL: <https://www.saki.ru/about/books/saki-kurort/pirogova-1.php> (дата обращения: 04.02.2023).
17. Публичная кадастровая карта: сайт. – URL: <https://pkk.rosreestr.ru/> (дата обращения: 11.02.2023).
18. Специализированный спинальный санаторий имени академика Н.Н. Бурденко: официальный сайт. – URL: <https://www.saki-burdenko.ru/> (дата обращения: 11.02.2023).
19. Санаторий Сакрополь: официальный сайт. – URL: <https://www.sakropol.center/> (дата обращения: 11.02.2023).
20. Санатории и пансионаты Крыма: официальный сайт. – URL: <http://krimsan.ru/saki/sakropol> (дата обращения: 11.02.2023).
21. Санаторий Саки в Крыму: официальный сайт. – URL: <https://sanatory-saki.ru/> (дата обращения: 12.02.2023).
22. Санаторий имени Н.И. Пирогова: официальный сайт. – URL: <https://saki-pirogova.ru/> (дата обращения: 12.02.2023).
23. Отдых в Крыму, Саки. Санаторий Полтава Крым: официальный сайт. – URL: <https://poltava-crimea.ru/> (дата обращения: 12.02.2023).

24. Санаторий «Северное Сияние»: официальный сайт. – URL: <https://severnoe-siyanie.ru/#> (дата обращения: 12.02.2023).

25. Санатории Крыма: официальный сайт. – URL: [https://sanatoriivkrimu.ru/rejting\\_sanatoriev/saki/](https://sanatoriivkrimu.ru/rejting_sanatoriev/saki/) (дата обращения: 12.02.2023).

26. Санаторий «Спинальный имени Бурденко»: официальный сайт. – URL: <https://sanatorsk.ru/sanatorium/russia/saki/spinalnyi-imeni-burdenko> (дата обращения: 12.02.2023).

27. Система бронирования Путевка: официальный сайт. – URL: <https://www.putevka.com/krym/saky> (дата обращения: 12.02.2023).

28. Санаторий Юрмино: официальный сайт. – URL: <https://yurmino.ru/> (дата обращения: 12.02.2023).

29. Государственная программа развития курортов и туризма в Республике Крым: утверждена Постановлением Совета министров Республики Крым от 29 декабря 2018 г. N 695: введена в действие 01.01.2019. – Текст: электронный // [internet.garant.ru](http://internet.garant.ru): [сайт] – URL: <https://internet.garant.ru/#/document/49005790/paragraph/1/doclist/281/3/0/0/Постановление%20Совета%20министров%20Республики%20Крым%20N%20695>:5. (дата обращения: 11.03.2023).

30. Генеральный план муниципального образования городской округ Евпатория: утвержден впервые решением Евпаторийского городского совета от 02.11.2018 № 1-81/1: утвержден с изменениями решением Евпаторийского городского совета от 25.09.2020 №2-21/5. – Текст: электронный // Официальный сайт города Евпатория. – URL: <https://my-evp.ru/o-evpatorii/arkhitektura-i-gradostroitelstvo/> (дата обращения: 11.03.2023).

31. Археологический памятник Сакская пересыпь. – Текст: электронный // [evpatori.ru](http://evpatori.ru): [сайт]. – URL: <http://www.evpatori.ru/arxeologicheskij-pamyatnik-sakskaya-peresyp.html> (дата обращения: 04.03.2023).

32. Реализация ФЦП: туристско-рекреационный кластер «Детский отдых и оздоровление» в г. Евпатория ищет инвесторов. – Текст: электронный // [mtur.rk.gov.ru](http://mtur.rk.gov.ru) [сайт]. – URL: <https://mtur.rk.gov.ru/ru/article/show/1623> (дата обращения: 04.03.2023).

33. Решение «О Концепции разработки Стратегии социально-экономического развития муниципального образования городской округ Саки Республики Крым на долгосрочный период (промежуточный итог работы по подготовке проекта Стратегии) от «27» ноября 2015г. № 1-38/17. Текст: электронный // [saki.rk.gov.ru](http://saki.rk.gov.ru) [сайт]. – URL: [https://saki.rk.gov.ru/file/pub/pub\\_306072.pdf](https://saki.rk.gov.ru/file/pub/pub_306072.pdf) (дата обращения: 04.03.2023).

## REFERENCES

1. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy bal'neologicheskogo primeneniya Krymskih mestorozhdenij lechebnyh gryazey i rapy / A.S. Ivashchenko, V.I. Mizin, V.V. Ezhov, Vasenko V.I., CHaban V.V., Stankevich D.A. // *Medicina Kyrgyzstana*. – 2017. – № 4. – Pp. 46-54. – EDN XQFXNR.

2. Istoriya goroda Saki. – Текст: электронный // [saki-gorsoviet.ru](http://saki-gorsoviet.ru): [сайт]. – URL: <https://saki-gorsoviet.ru/istoriya-goroda-saki> (дата обращения: 18.02.2023).

3. Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Krym do 2030 goda. – Текст: электронный // *Pravitel'stvo Respubliki Krym: oficial'nyj sajt*. – URL: [https://rk.gov.ru/file/strategiya\\_sotsialjno\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya\\_respubliki\\_krim\\_do\\_2030.pdf](https://rk.gov.ru/file/strategiya_sotsialjno_ekonomicheskogo_razvitiya_respubliki_krim_do_2030.pdf) (дата обращения: 18.02.2023).

4. Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya municipal'nogo obrazovaniya gorodskoj okrug Saki Respubliki Krym do 2030 goda. – Текст: электронный // *Pravitel'stvo Respubliki Krym: oficial'nyj sajt*. – URL: <https://saki.rk.gov.ru/ru/document/show/3781> (дата обращения: 18.02.2023).

5. Perechen' sanatorno-kurortnyh i gostinichnyh uchrezhdenij Respubliki Krym. – Текст: электронный // *Ministerstvo kurortov i turizma Respubliki Krym: oficial'nyj sajt*. – URL: <https://mtur.rk.gov.ru/ru/structure/561> (дата обращения: 04.02.2023).

6. Afanas'ev, O.E. Etapy razvitiya sfery turistskih uslug v Krymu / O.E. Afanas'ev // *Sovremennye problemy servisa i turizma*. – 2015. – Т. 9, № 1. – S. 5-13. – DOI 10.12737/7901. – EDN TKUHAX.

7. Kukushkina, A.V. Gradostroitel'nye aspekty preobrazovaniya turistskoj infrastruktury Krymskogo poluostrova / A.V. Kukushkina, S.E. Guseva // . – 2021. – Т. 2. – Pp. 195-201. – EDN XHBJAH.

8. Antonyuk M.V., Gvozdenko T.A. Istoricheskie aspekty razvitiya sanatorno-kurortnogo lecheniya v Rossii // *Zdorov'e. Medicinskaya ekologiya*. *Nauka*. 2018; 2(74): 4–10. DOI: 10.5281/zenodo.1296764.

9. Markina, K.G. Zakonomernosti formirovaniya primorskih sanatorno-kurortnyh uchrezhdenij v istoricheskom kontekste / K.G. Markina, N.A. Morgun // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. – 2021. – № 2-1(104). – Pp. 80-88. – DOI 10.23670/IRJ.2021.103.2.014. – EDN YCWYVW.

10. Markina, K.G. Osobennosti territorial'no-funkcional'nogo formirovaniya primorskih sanatorno-kurortnyh uchrezhdenij YUga Rossii / K.G. Markina, N. A. Morgun // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. – 2021. – № 8-1(110). – Pp. 109-117. – DOI 10.23670/IRJ.2021.110.8.016. – EDN VDZKIB.

11. Matushevskaya, E. A. Social'no-ekonomicheskoe razvitie sanatorno-kurortnogo kompleksa na Krymskom poluostrove: problemy i perspektivy / E. A. Matushevskaya, E. S. Poddubnaya // *Problemy i perspektivy razvitiya turizma v YUzhnom federal'nom okruge: Sbornik nauchnyh trudov*,

Sevastopol', 11–14 oktyabrya 2017 goda. – Sevastopol': Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Izdatel'stvo Tipografiya «Arial», 2017. – Pp. 179-182. – EDN ZSOFEF.

12. Balakina A.E., Samylova I.S. Rekonstrukciya sanatornogo fonda Respubliki Krym s uchetom ocenki investicionnoj privilekatel'nosti // Vestnik MGSU. 2020. T. 15. Vyp. 10. S. 1353–1362. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.10.1353-1362.

13. Krymskie zolotye peski. Obosnovanie prioritetov ekonomicheskogo razvitiya Zapadnogo Kryma / V.S. Tarasenko, I.V. Berezhnaya, A.V. Ena [i dr.] // Trudy Krymskoj Akademii nauk. – Simferopol': Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Izdatel'stvo Tipografiya «Arial», 2017. – Pp. 5-23. – EDN YSJQUA.

14. Zadorozhnaya M.V. Naslednik slavnogo imeni // Saki - starejsij kurort Rossii. – Tekst: elektronnyj. – Saki, 2017. – S.320 – ISBN 978-5-9909620-9-5. – URL: <https://www.saki.ru/about/books/saki-kurort/#sansaki> (data obrashcheniya: 04.02.2023).

15. Rejting sanatoriev i krupnejshih pansionatov Saki. – Tekst: elektronnyj// saki.ru: [sajt]. – URL: <https://www.saki.ru/about/san/rating.php> (data obrashcheniya: 04.02.2023).

16. Zadorozhnaya M.V. Naslednik slavnogo imeni // Saki - starejsij kurort Rossii. – Tekst: elektronnyj. – Saki, 2017. – S.320 – ISBN 978-5-9909620-9-5. – URL: <https://www.saki.ru/about/books/saki-kurort/pirogova-1.php> (data obrashcheniya: 04.02.2023).

17. Publichnaya kadastrovaya karta: sayt. – URL: <https://pkk.rosreestr.ru/> (data obrashcheniya: 11.02.2023).

18. Specializirovannyj spinal'nyj sanatorij imeni akademika N. N. Burdenko: oficial'nyj sayt. – URL: <https://www.saki-burdenko.ru/> (data obrashcheniya: 11.02.2023).

19. Sanatorij Sakropol': oficial'nyj sayt. – URL: <https://www.sakropol.center/> (data obrashcheniya: 11.02.2023).

20. Sanatorii i pansionaty Kryma: oficial'nyj sayt. – URL: <http://krimsan.ru/saki/sakropol> (data obrashcheniya: 11.02.2023).

21. Sanatorij Saki v Krymu: oficial'nyj sayt. – URL: <https://sanatory-saki.ru/> (data obrashcheniya: 12.02.2023).

22. Sanatorij imeni N.I. Pirogova: oficial'nyj sayt. – URL: <https://saki-pirogova.ru/> (data obrashcheniya: 12.02.2023).

23. Otdyh v Krymu, Saki. Sanatorij Poltava Krym: oficial'nyj sayt. – URL: <https://poltava-crimea.ru/> (data obrashcheniya: 12.02.2023).

24. Sanatorij «Severnoe Siyanie»: oficial'nyj sayt. – URL: <https://severnoe-siyanie.ru/#> (data obrashcheniya: 12.02.2023).

25. Sanatorii Kryma: oficial'nyj sayt. – URL: [https://sanatoriiukrimu.ru/rejting\\_sanatoriev/saki/](https://sanatoriiukrimu.ru/rejting_sanatoriev/saki/) (data obrashcheniya: 12.02.2023).

26. Sanatorij «Spinal'nyj imeni Burdenko»: oficial'nyj sayt. – URL: <https://sanatorsk.ru/sanatorium/russia/saki/spinalnyim-imeni-burdenko> (data obrashcheniya: 12.02.2023).

27. Sistema bronirovaniya Putevka: oficial'nyj sayt. – URL: <https://www.putevka.com/krym/saky> (data obrashcheniya: 12.02.2023).

28. Sanatorij YUrmino: oficial'nyj sayt. – URL: <https://yurmino.ru/> (data obrashcheniya: 12.02.2023).

29. Gosudarstvennaya programma razvitiya kurortov i turizma v Respublike Krym: utverzhdena Postanovleniem Soveta ministrov Respubliki Krym ot 29 dekabrya 2018 g. N 695: vvedena v dejstvie 01.01.2019. – Tekst: elektronnyj // internet.garant.ru: [sajt] – URL: <https://internet.garant.ru/#/document/49005790/paragraph/1/doclist/281/3/0/0/Postanovlenie%20Soveta%20ministrov%20Respubliki%20Krym%20N%20695:5>. (data obrashcheniya: 11.03.2023).

30. General'nyj plan municipal'nogo obrazovaniya gorodskoj okrug Evpatoriya: utverzhden v pervye resheniem Evpatorijskogo gorodskogo soveta ot 02.11.2018 № 1-81/1: utverzhden s izmeneniyami resheniem Evpatorijskogo gorodskogo soveta ot 25.09.2020 №2-21/5. – Tekst: elektronnyj // Oficial'nyj sayt goroda Evpatoriya. – URL: <https://my-evp.ru/oevpatorii/arkhitektura-i-gradostroitelstvo/> (data obrashcheniya: 11.03.2023).

31. Arheologicheskij pamyatnik Saksкая peresyp'. – Tekst: elektronnyj // evpatori.ru: [sajt]. – URL: <http://www.evpatori.ru/arxeologicheskij-pamyatnik-saksкая-peresyp.html> (data obrashcheniya: 04.03.2023).

32. Realizaciya FCP: turistsko-rekreacionnyj klaster «Detskij otdyh i ozdorovlenie» v g. Evpatoriya ishchet investorov. – Tekst: elektronnyj // mtur.rk.gov.ru [sajt]. – URL: <https://mtur.rk.gov.ru/article/show/1623> (data obrashcheniya: 04.03.2023).

33. Reshenie «O Konceptii razrabotki Strategii social'no-ekonomicheskogo razvitiya municipal'nogo obrazovaniya gorodskoj okrug Saki Respubliki Krym na dolgosrochnyj period (promezhutochnyj itog raboty po podgotovke proekta Strategii) ot «27» noyabrya 2015g. № 1-38/17. Tekst: elektronnyj // saki.rk.gov.ru [sajt]. – URL: [https://saki.rk.gov.ru/file/pub/pub\\_306072.pdf](https://saki.rk.gov.ru/file/pub/pub_306072.pdf) (data obrashcheniya: 04.03.2023).

## ANALYSIS OF BALNEOLOGICAL SANATORIUM COMPLEXES OF CRIMEA IN ORDER TO DEVELOP GENERAL RECOMMENDATIONS FOR RECONSTRUCTION

Sushko O.A.<sup>1</sup>, Zhivitsa V.V.<sup>2</sup>

V.I. Vernadsky Crimean Federal University,  
Russia, Simferopol, Kievskaya street, 181,  
<sup>1</sup> olgga345@mail.ru, <sup>2</sup> vzhivisa@mail.ru

**Abstract.** The article substantiates the relevance of the development of the resort sector on the territory of the Crimean peninsula, considers the materials of strategic planning documents, determines the location of balneological and mud therapy resources in Crimea, studies in detail the topic of the formation of the Saki mud resort, identifies the features of existing balneological sanatorium complexes and gives recommendations for their improvement. The main attention is paid to a comprehensive analysis of information about the sanatorium complexes of the city of Saki, including: historical information about the construction and reconstruction of sanatorium facilities in the Crimea, space-planning features, spatial organization, location in the structure of the settlement, the level of the number of rooms and quantitative data of institutions. In the historical context, three chronological periods of development of medical complexes on the shores of Lake Saki are singled out. The first half of the 20th century is characterized by a single construction of medical buildings. A detailed analysis made it possible to determine the advantages and disadvantages of sanatorium complexes, from an architectural point of view, to form a general approach to the reconstruction of the territory, buildings and rooms.

**Subject of study:** balneological sanatorium complexes of the Crimea.

**Materials and methods:** in the selection and analysis of literary and scientific sources on the research topic, work was carried out with Internet resources, including tourist and sanatorium sites, maps and satellite materials. Theoretical methods, such as analysis, synthesis, problem setting, systematization, generalization, abstraction, deduction, comparison, and graphical methods for visualizing the analyzed data are used in the work. The method of natural research and photofixation were also used.

**Results:** recommendations have been formed for the modernization of existing balneological complexes, including a list of possible measures for the park area, the number of rooms and the decoration of buildings. The general recommendation is to choose the main stylistic direction, architectural details and colors that can be present both in the interior design and in the architectural, artistic and compositional solutions of the facades.

**Conclusions:** balneological sanatorium complexes are unique medical institutions and are designed for year-round operation. It is important to create interesting and cozy rooms, a functional environment and an aesthetic appearance of buildings and structures. Recommendations for improving the current state of health resorts for each complex are individual and depend on many factors, the main of which are: area of the territory; the period of creation and reconstruction of the object; state of amenities, rooms and appearance of the building. Many sanatoriums have modern amenities, rooms and a variety of functional zoning of the site. At the same time, absolutely all of them have an advantageous location along the Black Sea or near Lake Saki. Among the main disadvantages found in sanatoriums, the following are highlighted: the poor content of the playground; monofunctional territory; lack of modern amenities; insufficient amount of land area and, as a result, green spaces; outdated number of rooms; the lack of a unified style solution and the unsatisfactory condition of the facades.

**Key words:** balneological sanatorium complexes of the Crimea, the city of Saki, reconstruction, improvement, year-round resort.

## Раздел 2. Строительство

УДК 693.56

### ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ БАХЧИСАРАЙСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Головченко И.В.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»  
295050, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181,  
golovchenko.igor.v@gmail.com

**Аннотация.** В статье приведена характеристика объектов дошкольного образования Бахчисарайского района Республики Крым, определен их физический износ и категория технического состояния. На основании физического износа и категории технического состояния даны рекомендации по продлению жизненного цикла объектов дошкольного образования.

**Предмет исследования:** техническое состояние объектов социально-культурного назначения Бахчисарайского района Республики Крым.

**Материалы и методы:** проанализированы литературные источники и принята методика оценки технического состояния объектов дошкольного образования по степени их физического износа.

**Результаты:** исходя из результатов проведенных исследований установлено, что 50% зданий имеют удовлетворительное техническое состояние, а 50% зданий имеют неудовлетворительное техническое состояние.

**Выводы:** для продления жизненного цикла объектов дошкольного образования, имеющих удовлетворительное техническое состояние целесообразно проведение капитального ремонта. Для объектов, имеющих неудовлетворительное техническое состояние целесообразно проведение реконструкции.

**Ключевые слова:** физический износ, категория технического состояния, реконструкция, капитальный ремонт, жизненный цикл.

#### ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных направлений государственной политики является повышение качества жизни граждан. Важнейшим фактором в данном направлении является строительство объектов социального назначения, позволяющих решить поставленные задачи. На сегодняшний день объекты социального назначения формируют представления и мировоззрение основной группы населения, являются центрами применения трудовых и творческих способностей. Однако, по данным статистики, около 60% объектов социального назначения были введены в эксплуатацию еще во времена СССР, т.е. сорок-пятьдесят лет назад. Большинство этих объектов уже не отвечают требованиям современных градостроительных норм и современному уровню жизни населения, требуют реконструкции или капитального ремонта. Поэтому оценка технического состояния объектов социального назначения является очень актуальной задачей в современных условиях.

#### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследованиями по продлению жизненного цикла объектов капитального строительства и реконструкции существующих объектов социального назначения занимались Н.Н. Ексарева, Е.В. Михайловский, С.И. Абрамова, А.И. Асаул, П.Г. Грабовый, Л.С. Васильева, А.Г. Грязнова, В.А.

Горемыкин, С.И. Максимова, И.И. Мазур, И.Г. Лукманова, В.Д. Шапиро и др.

Жизненный цикл объектов капитального строительства – совокупность во времени последовательных процессов и стадий его существования, начиная от проектирования и заканчивая его ликвидацией.

Анализ международной практики оценки объектов недвижимости, в том числе, объектов капитального строительства социального назначения показывает, что если в большинстве стран есть различия в понимании концепций стоимости, то, как правило, имеют место отличия в наборах допущений для одноименных видов стоимостей, а также, в процессе математического моделирования при реализации оценки. Таким образом, в современных условиях в странах с рыночной экономикой существует проблема сопоставимости и адекватности оценок объектов капитального строительства [1]. Формирование рынка недвижимости в Российской Федерации происходит в условиях практического отсутствия единой и адаптированной к Российским условиям целостной системы методических подходов к оценке объектов капитального строительства, а эффективное использование и продление жизненного цикла объектов капитального строительства социального назначения может быть реализовано только на базе качественного информационного обеспечения всех профессиональных участников рынка недвижимости [2, 6].

**ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ  
ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Цель исследования:** разработка теоретических и методических положений, практических рекомендаций по обоснованию целесообразности проведения работ по продлению жизненного цикла объектов капитального строительства социального назначения.

**Задача исследования:** оценка технического состояния объектов социально-культурного назначения Бахчисарайского района Республики

Крым с целью оценки перспектив их дальнейшего использования.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Объект исследования** – учреждения дошкольного образования Бахчисарайского района Республики Крым.

Перечень учреждений дошкольного образования приведен в таблице 1.

**Таблица 1. Учреждения дошкольного образования Бахчисарайского района Республики Крым  
Table 1. Institutions of preschool education in the Bakhchisaray district of the Republic of Crimea**

Наименование критерия	Значение критерия
<b>Объект №1</b> МБДОУ "Детский сад №12 "Березка" города Бахчисарай РК	
Площадь м <sup>2</sup>	1 610,3
Балансовая стоимость, руб.	146034,00
Остаточная стоимость, руб.	146 030,0
Год ввода в эксплуатацию	1976
Этажность надземная	2
Фундаменты	ФБС
Стены	Известковые блоки 0,50 оштукатурено
Перекрытия	ж/б плиты
Крыша	шифер
Полы	линолеум по бетону в с.ч плитка
Лестница	ж/б марш
Строительный объем, м <sup>3</sup>	4 088,0
<b>Объект №2</b> МБДОУ "Детский сад №11 "Буратино" города Бахчисарай РК	
Площадь м <sup>2</sup>	1 603,5
Балансовая стоимость, руб.	2449754,00
Остаточная стоимость, руб.	579 080,0
Год ввода в эксплуатацию	1977
Этажность надземная	2
Фундаменты	известковые блоки
Стены	известковые блоки 0,40
Перекрытия	ж/б плиты
Крыша	шифер
Полы	бетон, линолеум
Лестница	ж/б марш
Строительный объем, м <sup>3</sup>	4 067,0
<b>Объект №3</b> МБДОУ "Детский сад комбинированного вида №9 "Ивушка" города Бахчисарай РК	
Площадь м <sup>2</sup>	1 614,5
Балансовая стоимость, руб.	1865823,00
Остаточная стоимость, руб.	342 400,0
Год ввода в эксплуатацию	1976
Этажность надземная	2
Фундаменты	известковые блоки
Стены	известковые блоки 0,40, оштукатурено
Перекрытия	ж/б плиты
Крыша	шифер
Полы	линолеум по бетону
Лестница	ж/б марш
Строительный объем, м <sup>3</sup>	5 400,0
<b>Объект №4</b> МБДОУ "Детский сад "Солнышко" с.Ароматное Бахчисарайского района РК	
Площадь м <sup>2</sup>	1 603,9
Балансовая стоимость, руб.	623451,00
Остаточная стоимость, руб.	304 910,0
Год ввода в эксплуатацию	1974
Этажность надземная	2
Фундаменты	ж/б монолит 0,45

Стены	известковые блоки 0,58
Перекрытия	ж/б плиты
Крыша	шифер
Полы	деревянные
Лестница	ж/б марш
Строительный объем, м <sup>3</sup>	4 325,0
<b>Объект №5 МБДОУ "Детский сад "Солнышко" с.Голубинка Бахчисарайского района РК</b>	
Площадь м <sup>2</sup>	1 556,1
Балансовая стоимость, руб.	1523800,00
Остаточная стоимость, руб.	827 340,0
Год ввода в эксплуатацию	1979
Этажность надземная	3
Фундаменты	известковые блоки 0,45
Стены	известковые блоки 0,47
Перекрытия	бетонные плиты
Крыша	рулонные кровельные материалы ленточный на битумной мастике
Полы	линолеум по бетону
Лестница	ж/б марш
Строительный объем, м <sup>3</sup>	5 699,0
<b>Объект №6 МБДОУ "Детский сад "Вишенка" пгт Почтовое Бахчисарайского района РК</b>	
Площадь м <sup>2</sup>	825,1
Балансовая стоимость, руб.	838763,00
Остаточная стоимость, руб.	
Год ввода в эксплуатацию	1962
Этажность надземная	3
Фундаменты	бутобетон 0,30
Стены	ракушечник 0,30 цем изв раствор с побелкой
Перекрытия	по деревянным балкам из брусев густой подшив
Крыша	шиферная односкатная
Полы	бетонные
Лестница	ж/б марш
Строительный объем, м <sup>3</sup>	4 205,0
<b>Объект №7 МБДОУ "Детский сад №8 "Гнездышко" города Бахчисарай РК</b>	
Площадь м <sup>2</sup>	2 837,0
Балансовая стоимость, руб.	1648360,00
Остаточная стоимость, руб.	
Год ввода в эксплуатацию	1969
Этажность надземная	3
Фундаменты	фундаментные блоки
Стены	известковые блоки штукатурка
Перекрытия	ж/б панели
Крыша	шифер
Полы	бетон линолеум в с/ч плитка
Лестница	ж/б марш
Строительный объем, м <sup>3</sup>	9 091,0
<b>Объект №8 МБДОУ "Детский сад "Радуга" с.Тургеневка Бахчисарайского района РК</b>	
Площадь м <sup>2</sup>	617,0
Балансовая стоимость, руб.	303267,00
Остаточная стоимость, руб.	9 570,0
Год ввода в эксплуатацию	1967
Этажность надземная	2
Фундаменты	бутовый на глине Т 0,6
Стены	альминские блоки т-0,52 оштукатур известковым раствором побел оштукатур сложным расствором
Перекрытия	ж/б плиты
Крыша	из бруса монтерей
Полы	деревянные окрашенные
Лестница	ж/б марш
Строительный объем, м <sup>3</sup>	2 906,0
<b>Объект №9 МБДОУ "Детский сад "Березка" с.Вилино Бахчисарайского района РК</b>	
Площадь м <sup>2</sup>	1 069,8
Балансовая стоимость, руб.	1720705,00
Остаточная стоимость, руб.	480 820,0
Год ввода в эксплуатацию	1973
Этажность надземная	3
Фундаменты	Фундаментные блоки

Стены	известковые блоки в 0,5 штукатур цементным раствором известковой побелкой
Перекрытия	ж/б плиты
Крыша	2-х скатная деревянные стропила из бруса
Полы	деревянные окрашенные
Лестница	ж/б марш
Строительный объем, м <sup>3</sup>	3 915,0
<b>Объект №10 МБДОУ "Детский сад №5 "Красная шапочка" г.Бахчисарай РК</b>	
Площадь м <sup>2</sup>	1 482,6
Балансовая стоимость, руб.	42938873,24
Остаточная стоимость, руб.	39 250 430,0
Год ввода в эксплуатацию	1963
Этажность надземная	2
Фундаменты	бутобетон
Стены	известняк 0,56
Перекрытия	подшив под штукатурку
Крыша	шифер
Полы	деревянные, бетон
Лестница	ж/б марш
Строительный объем, м <sup>3</sup>	6 546,0
<b>Объект №11 МБДОУ "Детский сад "Родничок" с.Верхоречье Бахчисарайского района РК</b>	
Площадь м <sup>2</sup>	1 206,3
Балансовая стоимость, руб.	1707682,00
Остаточная стоимость, руб.	0
Год ввода в эксплуатацию	1976
Этажность надземная	2
Фундаменты	фундаментные блоки b-0,50
Стены	блоки с известняка 0,55
Перекрытия	ж/б плиты
Крыша	шиферная
Полы	деревянные, окрашенные, двп, бетон
Лестница	филенчатые, окрашенные
Строительный объем, м <sup>3</sup>	5 382,0
<b>Объект №12 МБДОУ "Детский сад "Жемчужина" с.Долинное Бахчисарайского района РК</b>	
Площадь м <sup>2</sup>	1 401,9
Балансовая стоимость, руб.	2044041,00
Остаточная стоимость, руб.	304 810,0
Год ввода в эксплуатацию	1970
Этажность надземная	2
Фундаменты	фундаментные блоки
Стены	известковые блоки b-0,5 октукатуренные цементным раствором
Перекрытия	ж/б плиты
Крыша	2-х скатная деревянные стропила из бруса
Полы	деревянные, окрашенные
Лестница	ж/б марш
Строительный объем, м <sup>3</sup>	5300,0

Оценка технического состояния объектов дошкольного образования производится по степени их физического износа [8, 10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для определения физического износа здания необходимо определить сумму начисленной

амортизации, группу капитальности, возраст объекта и класс его конструктивной схемы.

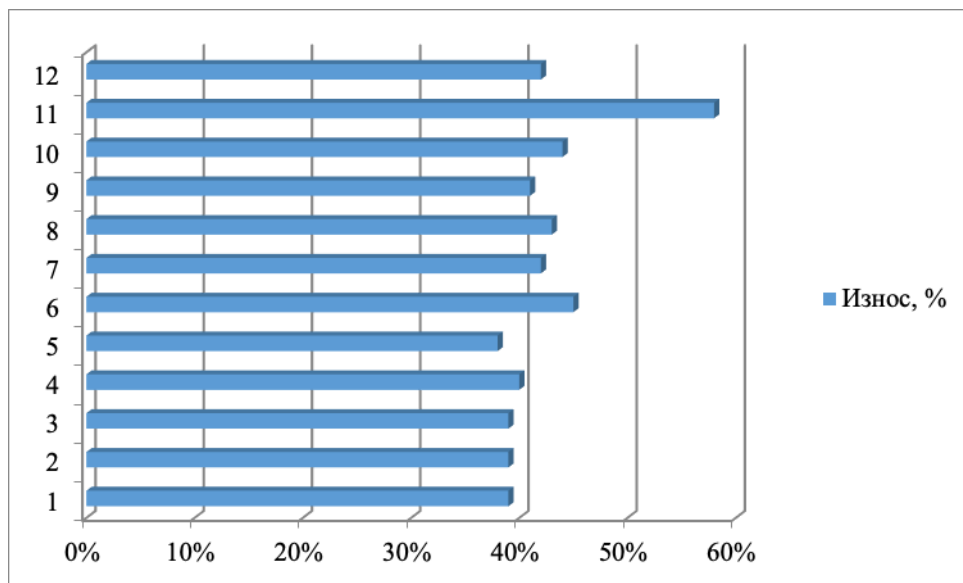
Результат оценки амортизации объектов дошкольного образования и группы капитальности приведены в таблице 2.

**Таблица 2.** Результат оценки амортизации объектов дошкольного образования и их группы капитальности  
**Table 2.** The result of assessing the depreciation of objects of preschool education and their capital group

№№ Объектов	Площадь, м <sup>2</sup>	Балансовая стоимость, руб	Остаточная стоимость, руб	Год ввода в эксплуатацию	Группа капитальности	Возраст, лет	Сумма начисленной амортизации, руб	% начисленной амортизации
№1	1 610.3	146 034.00	146 030.00	1976	1	45	4.00	0.002
№2	1 603.5	2 449 754.00	579 080.00	1977	1	44	1 870 674.00	76.3
№3	1 614.5	1 865 823.00	342 400.00	1976	1	45	1 523 423.00	81.6
№4	1 603.9	623 451.00	304 910.00	1974	1	47	318 541.00	51.1
№5	1 556.1	1 523 800.00	827 340.00	1979	1	42	696 460.00	45.7
№6	825.1	838 763.00	0.00	1962	2	59	838 763.00	100
№7	2 837.0	1 648 360.00	0.00	1969	1	52	1 648 360.00	100
№8	617.0	303 267.00	9 570.00	1967	1	54	293 697.00	96.8
№9	1 069.8	1 720 705.00	480 820.00	1973	1	48	1 239 885.00	72.1
№10	1 482.6	42 938 873.24	39 250 430.0	1963	2	58	3 688 443.24	8.6
№11	1 206.3	1 707 682.00	0.00	1976	1	45	1 707 682.00	100
№12	1 401.9	2 044 041.00	304 810.00	1970	1	51	1 739 231.00	85.1

Используя он-лайн калькулятор физического износа зданий различных классов конструктивной системы определяем степень физического износа исследуемых объектов.

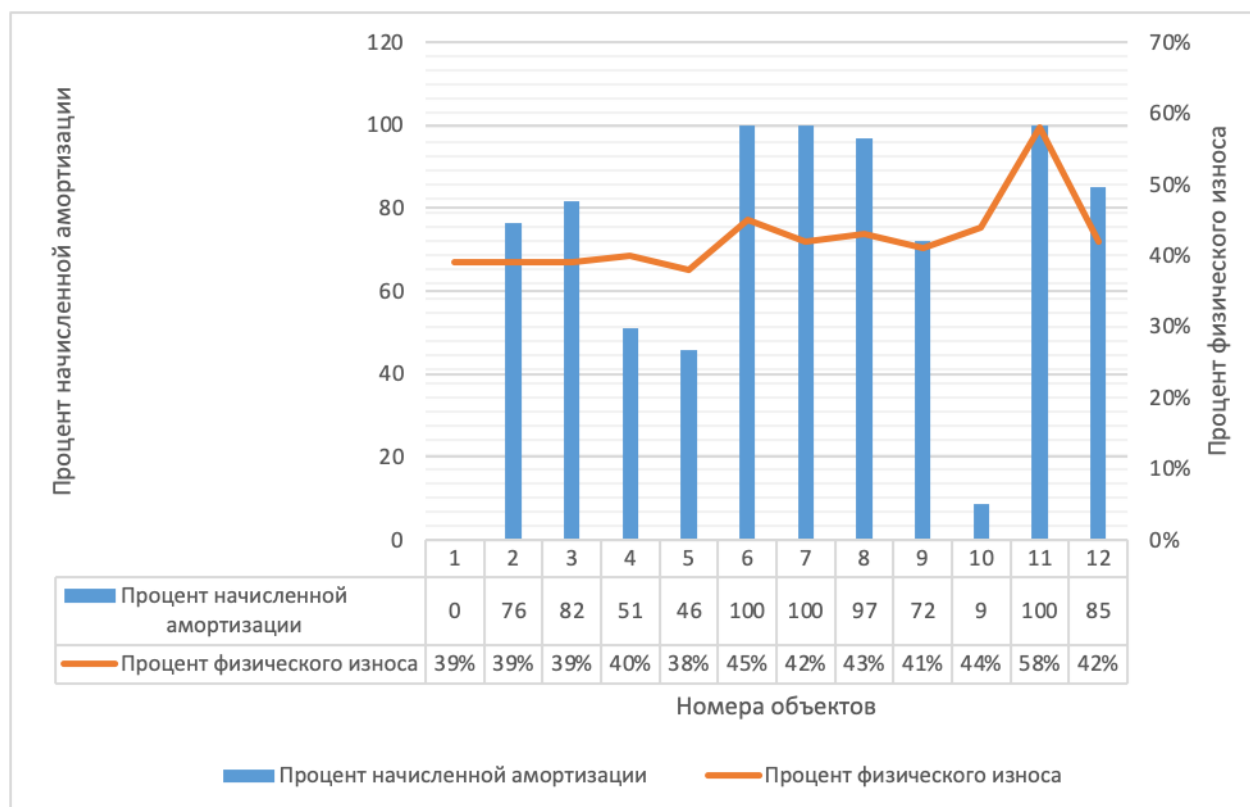
Физический износ объектов дошкольного образования приведен на рисунке 1.



**Рис.1.** Физический износ конструктивных элементов объектов дошкольного образования  
**Fig.1.** Physical wear of structural elements of preschool education facilities

С учетом установленного физического износа определяем категории технического состояния зданий, используя данные, приведенные в [10].

Проценты физического износа и начисленной амортизации по каждому объекту детского дошкольного образования приведены на рисунке 2.



**Рис.2.** Проценты физического износа и начисленной амортизации объектов детского дошкольного образования.  
**Fig.2.** Percentage of physical depreciation and accrued depreciation of objects of preschool education.

## ВЫВОДЫ

При проведении оценки технического состояния объектов дошкольного образования Бахчисарайского района Республики Крым было установлено, что семь объектов имеют неудовлетворительное техническое состояние (физический износ 41-58%), а пять объектов имеют удовлетворительное техническое состояние (физический износ 37-40%). Для продления жизненного цикла объектов детского дошкольного образования, имеющих удовлетворительное техническое состояние, необходимо проведение текущего ремонта.

Для объектов №№6, 7, 8, 11, имеющих неудовлетворительное техническое состояние и процент амортизационных отчислений близкий к 100% целесообразно проведение детального инструментального технического обследования для принятия решения о реконструкции или ликвидации.

Для объектов №№9, 10, 12, имеющих неудовлетворительное техническое состояние, и меньший процесс амортизационных отчислений, необходимо проведение детального инструментального технического обследования для принятия решения о проведении капитального ремонта или реконструкции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заренков В.А., Панибратов А.Ю. Современные конструктивные решения, технологии и методы управления в строительстве (отечественный и зарубежный опыт) СПб.: Стройиздат, 2006. – 234 с
2. Тарасевич Е.И. Оценка недвижимости. – СПб.: СПбГТУ, 2007. – 422 с.
3. Вольфсон В.Л. Реконструкция и капитальный ремонт жилых и общественных зданий: Справочник производителя работ / В.Л. Вольфсон, В.А. Ильяшенко, Р.Г. Комисарчик. – 2-е изд., репринтное. – М.: Стройиздат, 2003. – 252 с.
4. Федоров В.В. Реконструкция и реставрация зданий: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 208 с.
5. Девятаева Г.В. Технология реконструкции и модернизации зданий: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 250 с.
6. Травин В.И. Капитальный ремонт и реконструкция жилых и общественных зданий: Учебное пособие для архитектурных и строительных спец. вузов – Ростов-на-Дону: Феникс, 2004 – 256 с.
7. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Москва. Стандартинформ, 2014 г.
8. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий. Государственный комитет по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР (Госгражданстрой). М. 1985 г.
9. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и

сооружений. Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России), Москва, 2004 г.

10. Методика определения физического износа гражданский зданий. Утверждена приказом по Министерству коммунального хозяйства РСФСР от 27 октября 1970 г. № 404.

## REFERENCES

1. Zarenkov V.A., Panibratov A.Yu. Modern design solutions, technologies and management methods in construction (domestic and foreign experience) St. Petersburg: Stroyizdat, 2006. – 234 p.

2. Tarasevich E.I. Property valuation. - St. Petersburg: SPbGTU, 2007. – 422 p.

3. Wolfson V.L. Reconstruction and overhaul of residential and public buildings: Handbook of the manufacturer of works / V.L. Wolfson, V.A. Pyashenko, R.G. Commissioner. – 2nd ed., reprint. – M.: Stroyizdat, 2003. – 252 p.

4. Fedorov V.V. Reconstruction and restoration of buildings: Textbook. - M.: INFRA-M, 2003. – 208 p.

5. Devyataeva G.V. Technology of reconstruction and modernization of buildings: Proc. allowance. – M.: INFRA-M, 2003. – 250 p.

6. Travin V.I. Overhaul and reconstruction of residential and public buildings: A textbook for architectural and construction specialists. universities - Rostov-on-Don: Phoenix, 2004 – 256 p.

7. GOST 31937-2011 Buildings and structures. Rules for inspection and monitoring of technical condition. Moscow. Standartinform, 2014.

8. VSN 53-86 (r) Rules for assessing the physical deterioration of residential buildings. State Committee for Civil Engineering and Architecture under the Gosstroy of the USSR (Gosgrazhdanstroy). M. 1985.

9. SP 13-102-2003 Rules for the inspection of load-bearing building structures of buildings and structures. State Committee of the Russian Federation for Construction and Housing and Communal Services (Gosstroy of Russia), Moscow, 2004.

10. Methodology for determining the physical deterioration of civil buildings. Approved by order of the Ministry of Public Utilities of the RSFSR of October 27, 1970. No. 404.

## ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF SOCIO-CULTURAL OBJECTS OF THE BAKHCHISARAY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

Golovchenko I.V.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University,  
Russia, Simferopol, Kievskaya street, 181,  
e-mail: golovchenko.igor.v@gmail.com

**Abstract.** The article provides a description of the objects of preschool education in the Bakhchisaray district of the Republic of Crimea, their physical deterioration and the category of technical condition are determined. On the basis of physical deterioration and the category of technical condition, recommendations are given for extending the life cycle of preschool education facilities.

**Subject of study:** technical condition of social and cultural facilities of the Bakhchisaray district of the Republic of Crimea.

**Materials and methods:** literary sources were analyzed and a methodology was adopted for assessing the technical condition of preschool education facilities according to the degree of their physical deterioration.

**Results:** based on the results of the studies, it was found that 50% of the buildings have a satisfactory technical condition, and 50% of the buildings have an unsatisfactory technical condition.

**Conclusions:** in order to extend the life cycle of preschool education facilities that have a satisfactory technical condition, it is advisable to carry out a major overhaul. For objects that have an unsatisfactory technical condition, it is advisable to carry out reconstruction.

**Key words:** physical wear, category of technical condition, reconstruction, overhaul, life cycle.



УДК 331.45

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Федосов<sup>1</sup> С.В., Король<sup>1</sup> Е.А., Баканов<sup>2</sup> М.О.

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Национальный исследовательский «Московский государственный строительный университет», fedosovsv@mgsu.ru, KorolEA@mgsu.ru

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия» ГПС МЧС России, mask-13@mail.ru

**Аннотация.** Ключевым вопросом в современном строительстве является обеспечение безопасных условий труда для работников на стройплощадках. Направления совершенствования строительной отрасли способствует расширению научных и прикладных исследований в области обеспечения безопасных условий труда для работников и внедрению новых форм и методов с целью всестороннего охвата инструментов, способствующих применению различных цифровых технологий в области охраны труда в строительстве. Активный переход отрасли промышленного и гражданского строительства на более высокий уровень конкурентоспособности во многих странах мира связан с созданием информационных моделей объектов строительства (ИМ/ВИМ). В работе был проведен анализ путем сравнения внедрения различных цифровых инструментов в ИМ, которые направлены на обеспечение безопасных условий труда в строительстве. Совокупность направлений исследований типологизирована по следующим направлениям, которые конкретизируют специфику областей применения технологий и методов организации охраны труда в строительстве: управление профессиональными рисками; оценка условий труда; визуализация производственных операций и методов; моделирование производственных площадок; профилактика производственного травматизма; обучение правилам охраны труда. По полученным результатам были определены преимущества и недостатки цифровых инструментов, используемых для обеспечения безопасных условий труда на основе ИМ. Исследованы показатели производственного травматизма и несчастных случаев и их причины. Приведенная аналитика свидетельствует о том, что строительная отрасль по количеству погибших на производстве имеет высокие показатели наравне с обрабатывающей промышленностью, что демонстрирует необходимость поиска современных методов организации и контроля условий техники безопасности и охраны труда в строительстве. Показано, что нормативная правовая и нормативно-техническая база для внедрения технологий информационного моделирования активно развивается, что создает основу для реализации практических задач проектирования и эксплуатации зданий на всех этапах жизненного цикла объекта. Определены целевые направленности способов в границах обозначенных направлений исследований по внедрению цифровых инструментов в ИМ, обозначены основные технологии и методы реализации, предложенных инструментов.

**Предмет исследования:** цифровые инструменты, используемые для ИМ как совокупность технологий, обеспечивающих организацию, анализ и оценку безопасных условий труда в строительстве.

**Материалы и методы:** При определении тенденций развития ВИМ – технологий в контексте обеспечения безопасных условий труда в строительстве нами был произведен анализ применения данных технологий в следующих концептуальных направлениях: управление строительным производством и охраной труда; 4-D планирование работ и расписаний производственных задач; визуализация и/или имитационное моделирование; взаимодействие и коммуникации; определение вредных факторов производства. В ходе анализа были определены преимущества и недостатки использования информационного моделирования в контексте совершенствования организации охраны труда в строительстве по каждому из концептуальных направлений развития ВИМ – технологий. На основе анализа нормативных правовых актов и нормативно-технической документации определена совокупность источников, показывающая динамику развития и внедрения информационного моделирования объектов капитального строительства в России.

**Результаты:** Следует отметить тот факт, что использование ИМ повышает результативность применения на их основе различных баз данных и динамических библиотек, которые помогают идентифицировать различные профессиональные риски и вырабатывать комплекс проектных решений для обеспечения безопасных условий работы при строительстве объектов. В том числе способствует более прозрачному обмену информацией между программными средствами, разработанными для расчетов параметров безопасности и цифровыми решениями по алгоритмам оценки условий труда. Перечисленные преимущества технологий, основанных на базах данных, значительно облегчат коммуникацию между специалистами по охране труда и будут способствовать большей детализации и корреляции профессиональных рисков с конкретными проектными решениями. Интеграция баз данных аварийных ситуаций на строительных площадках в ИМ может значительно снизить количество прецедентов и травматизма за счет проведения превентивных мероприятий по устранению потенциально опасных источников получения травм для работников на строительных площадках. Вместе с тем возможность визуализации различных вариантов защитных (сигнальных) ограждений и знаков безопасности на строительных площадках при информировании работников о зонах, в которых могут воздействовать потенциально опасные производственные факторы, способствует их эффективному обучению и минимизации рисков получения травм и несчастных случаев. Однако, ряд специалистов по охране труда считают, что применение ИМ для обеспечения безопасных условий труда для работников строительной отрасли осложняется постоянным изменением и совершенствованием (обновлением) программных продуктов, что в значительной степени экономически не эффективно по сравнению с классическими методами организации охраны труда на строительных площадках. При этом, обучение специалистов по охране труда, архитекторов и проектировщиков с особенностями работы с ИМ и интегрированными программными продуктами по обеспечению безопасных условий труда в строительстве, безусловно, является целесообразным.

**Выводы:** Авторами, была предпринята попытка типологизировать актуальные исследования в области интеграции цифровых и аппаратно-программных решений в ИМ по вопросам охраны труда в строительстве. Цифровые технологии

активно развиваются, программные комплексы для автоматизированного проектирования объектов строительства дополняются и функционально совершенствуются, поэтому результаты исследования являются отправной точкой при разработке направлений исследований в данной области. Результаты исследований дополняют и обобщают многочисленные исследования и разработки в области применения ИМ в области охраны труда в строительстве. Прикладная ценность исследования заключается в возможности непосредственного применения полученных результатов и выводов для работников, которые непосредственно заняты в сфере разработки и проектирования ИМ, а также для исследователей в области охраны труда в строительстве.

**Ключевые слова:** информационная модель объекта строительства, цифровое решение, охрана труда в строительстве, безопасные условия труда, травматизм, несчастный случай.

## ВВЕДЕНИЕ

Охрана труда представляет собой комплекс мероприятий, которые являются составной частью системы сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности [1].

В области строительства высок риск получения производственных травм, которые могут вести к летальным исходам. Данный факт определяется наличием большого количества операций, выполняемых работниками вручную с применением механизированного инструмента на строительной площадке, а также на высоте, где существует риск несчастного случая. Следует также учитывать влияние на работников внешних факторов окружающей природной среды (дождь, снег, высокая или отрицательная температура воздуха и др.), высокий уровень шума и многое другое.

Генрих Г.У. [2], который является основоположником системы предотвращения несчастных случаев на производстве, проанализировав статистический материал по количеству и характеру получаемых травм работниками на производстве, разработал пирамиду производственного травматизма, которая получила название Закон Генриха (рис. 1). Разработанная им пирамида (пирамида Генриха), является одним из основных принципов в системе управления охраной труда на производстве.



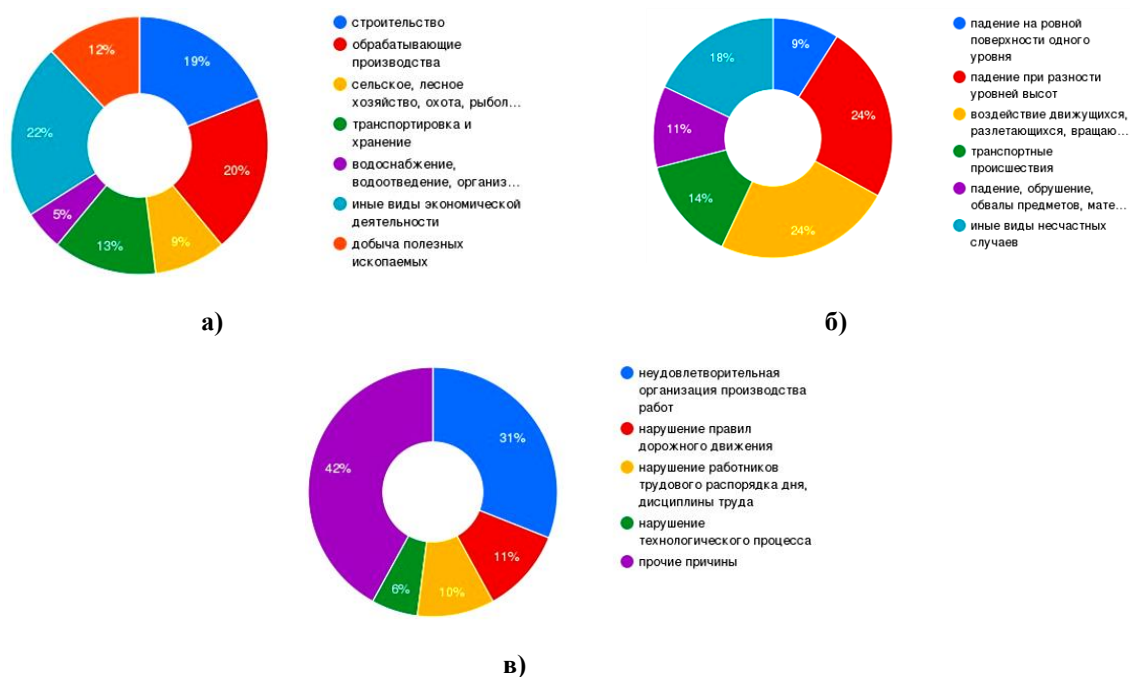
**Рис. 1.** Пирамида промышленной безопасности Генриха  
**Fig. 1.** Heinrich's Industrial Safety Pyramid

Исходя из данных, представленных на рис. 1, необходимо учитывать, что на единицу летального исхода на производстве приходится до 30 несчастных случаев с тяжелыми последствиями для здоровья (инвалидность), 300 случаев получения легких травм, при которых работники смогли сами оказать себе помощь, 3 000 микротравм и более 30 000 реализованных опасных действий и/или нарушений условий труда, которые потенциально могли привести к травматизму или летальному исходу.

Технологии строительного производства стремительно развиваются, растут масштабы городской застройки, проектируются и разрабатываются сложные строительные конструкции и сооружения, что определяет необходимость внедрения актуальных решений для систематизации строительных операций и уменьшения сроков сдачи объектов строительства в эксплуатацию. Вместе с тем появляется необходимость совершенствования системы охраны труда в строительстве, внедрения современных технологий и способов, которые позволяют рационально контролировать выполнение требований по охране труда работниками.

Количество погибших на производстве в 2021 году составляет 1 338 человек [3], что по оперативным данным на 208 человек или на 18,4% выше, чем в 2020 году (1 130 человек) (рис. 2). По видам экономической деятельности наибольшее количество несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями приходится на следующие отрасли экономики [3]:

- обрабатывающие производства (25% от общего количества);
- строительство (15,7%);
- транспортировка и хранение (12,5%);
- сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство (8,5%);
- добыча полезных ископаемых (7,7%).



**Рис. 2.** Структура распределения количества погибших на производстве, видов несчастных случаев и их причины: а) количество погибших на производстве в разрезе видов экономической деятельности; б) виды (типы) несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями; в) причины несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями

**Fig. 2.** Distribution structure of the number of deaths at work, types of accidents and their causes: а) the number of deaths at work by type of economic activity; б) types (types) of industrial accidents with severe consequences; в) the causes of accidents at work with serious consequences

Анализ состояния производственного травматизма с тяжелыми последствиями в разрезе основных видов экономической деятельности показал, что в число видов экономической деятельности с наибольшим количеством несчастных случаев за 2021 год вошли такие виды экономической деятельности, как обрабатывающие производства, строительство, транспортировка и хранение, сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство (рис. 2а) [3].

Анализ типологии видов несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями, происшедших в 2021 году в Российской Федерации, свидетельствует о том, что наибольшее количество несчастных случаев происходит в результате следующих видов происшествий (рис. 2б):

- падение при разности уровней высот – 24 %;
- воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей, машин и т.д. – 24 %;
- транспортные происшествия – 14 %;
- падение, обрушение, обвалы предметов, материалов, земли и пр. – 11 %;
- падение на ровной поверхности одного уровня – 9 %.

В общей структуре причин несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями за 2021 год наибольшую долю занимают следующие причины (рис. 2в):

- неудовлетворительная организация производства работ – 31 %;
- нарушение правил дорожного движения – 11 %;
- нарушение работником трудового распорядка и дисциплины труда – 10 %;
- нарушение технологического процесса – 6 %.

Приведенная аналитика свидетельствует о том, что строительная отрасль по количеству погибших на производстве имеет высокие показатели наравне с обрабатывающей промышленностью, что определяет необходимость поиска современных методов организации и контроля условий техники безопасности и охраны труда в строительстве.

На сегодняшний день одной из самых перспективных технологий в области охраны труда в строительстве можно выделить BIM/ТИМ (*Building information modeling / Технологии информационного моделирования*) – информационную модель зданий и сооружений (ИМ), созданную коллективным способом посредством использования проекта (модели) будущего сооружения. Представленная технология является универсальным инструментом, который позволяет внедрять различные программные модули в 3-D модель здания на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. В целом, ТИМ можно рассматривать как объектно-ориентированный подход [4], который

позволяет управлять сложной системой информации, включая трехмерные визуальные средства [5-7]. Особенности ТИМ позволяют оценивать проектную деятельность организации и управлять всеми операциями в пределах спроектированной среды с возможностью запроса из базы данных, которая содержит как геометрические, так и нормативно-технические данные об объекте [8-9].

Целью работы является выявление характерных преимуществ и недостатков ТИМ технологий в области охраны труда в строительстве, определение перспектив и направлений развития технологии.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить тенденции развития ТИМ в области охраны труда в строительстве;
2. Выявить характерные преимущества ТИМ и их недостатки;
3. Рассмотреть конкретные примеры применения ТИМ в области охраны труда в строительной отрасли;
4. Определить пути развития ТИМ в контексте обеспечения безопасных условий работы на производственных строительных площадках;
5. Ознакомить отечественных специалистов в области строительства с ТИМ в части обеспечения охраны труда;
6. Проследить процесс развития и применения ТИМ в строительстве.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Стремительное развитие информационных технологий последовательно меняет все сферы науки, знаний и производства, предоставляя в распоряжение пользователей современные инструменты, позволяющие более эффективно решать поставленные перед ними задачи.

Тенденция, при которой наблюдается внедрение информационных технологий в различные сферы жизни человека и общества, называется «*Industry 4.0*» («*Индустрия 4.0*»). Она опирается на совместную интеграцию таких информационно-телекоммуникационных направлений, как оцифровка данных, облачные вычисления, искусственный интеллект, роботизация производства и технологических задач и интернет вещей [10-13].

Строительство тоже в значительной степени подвержено влиянию новых цифровых инструментов, поэтому некоторые авторы определяют этот процесс термином «*Construction 4.0*» («*Строительство 4.0*») [14]. Среди цифровых технологий, которые трансформируют строительство, процесс ТИМ [15] играет ключевую роль благодаря своему широкому и междисциплинарному применению в области архитектуры, проектирования, строительства и эксплуатации (*architecture, engineering, construction, and operations – AECO*) зданий [8].

В России впервые на уровне Правительства вопрос развития и разработки информационных технологий был рассмотрен на заседании в 2013 году, по результатам которого по вопросу «О проекте «дорожной карты» по развитию информационных технологий» определена важность этой отрасли для экономики страны. Минстроем РФ был подготовлен Приказ от 29 декабря 2014 года № 926/пр «Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» [16, 17]. Подробная динамика и структура развития законодательной и нормативно-технической базы в области информационного моделирования в строительстве в России показана на рис. 3.

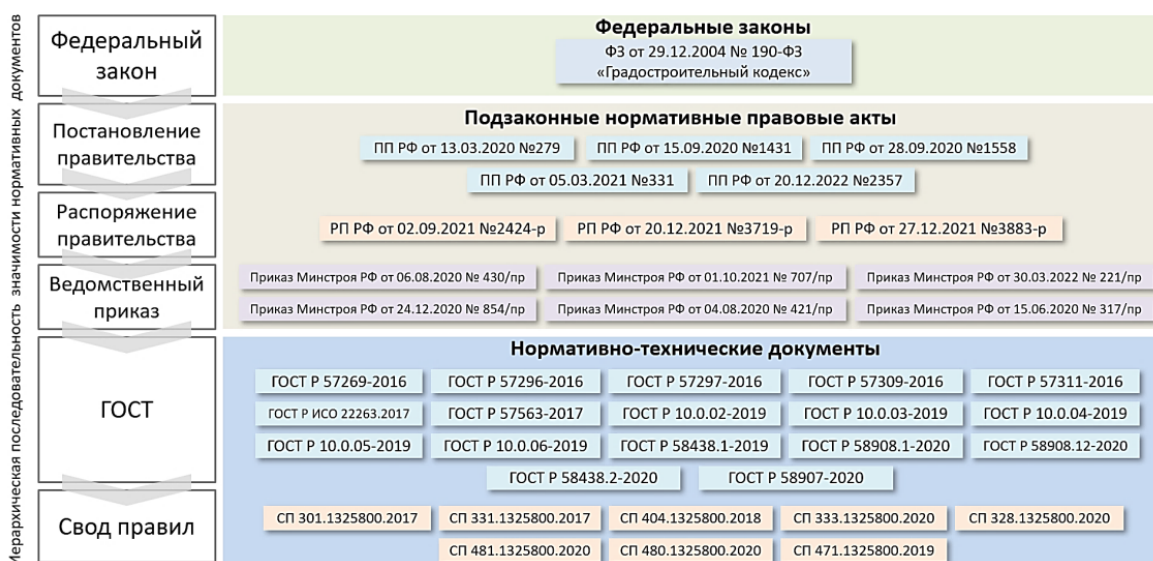


Рис. 3. Нормативная документация для информационного моделирования в строительстве  
 Fig. 3. Normative documentation for information modeling in construction

Как показано на рис. 3, период с 2016 года характеризуется активным развитием нормативной правовой и нормативно-технической базы для внедрения технологий информационного моделирования, которая создает основу для реализации практических задач проектирования и эксплуатации зданий на всех этапах жизненного цикла объекта. В настоящее время наблюдается наполнение баз данных не только показателями стоимости, но и техническими характеристиками.

Основными направлениями исследований в области интеграции цифровых инструментов в ИМ в контексте охраны труда являются следующие тематики (табл. 1): управление профессиональными рисками; оценка условий труда; визуализация производственных операций и методов; моделирование производственных площадок; профилактика производственного травматизма; обучение правилам охраны труда.

**Таблица 1.** Направления исследований в области интеграции цифровых инструментов в ИМ в контексте охраны труда

**Table 1.** Research directions in the field of integration of digital tools into BIM in the context of labor protection

№ п/п	Область исследований	Описание
1	Управление профессиональными рисками	Интегрированные в ИМ базы данных о потенциальных профессиональных рисках, связанных с различными опасностями, которые позволяют принимать соответствующие решения в части компенсирующих мероприятий в рамках процедуры управления профессиональными рисками системы управления охраной труда на стадиях проектирования и строительства объектов.
2	Оценка условий труда	Цифровые данные, позволяющие на стадии проектирования прогнозировать и оценивать форму, размеры и площадь строительных площадок, а также потенциальных производственных процессов и операций.
3	Визуализация производственных операций и методов	Цифровые данные, позволяющие использовать в ИМ динамическую визуализацию мероприятий по обеспечению безопасных условий труда на строительной площадке.
4	Моделирование производственных площадок	ИМ могут позволить проектировщикам рассчитывать и идентифицировать места на строительных площадках, на которых может появиться потенциальная опасность работникам.
5	Профилактика производственного травматизма	Сочетание ИМ с профилактическими технологиями может обеспечить постоянный контроль и мониторинг материалов, перемещения работников и оборудования по строительной площадке.
6	Обучение правилам охраны труда	Цифровые решения, направленные на обучение работников и обучающихся правилам охраны труда посредством интегрированных информационных средств в ИМ

#### Управление профессиональными рисками

Исследования, относящиеся к этому направлению, основаны на разработке системы управления охраной труда на основе баз данных, интегрированных в ИМ. В базы данных заносятся проанализированные нормативно-технические документы в контексте тех производственных задач, которые относятся к конкретным объектам капитального строительства, также появляется возможность размещать инструкции по охране труда при работе с различным строительным инструментом и с учетом специфики производственных задач и процессов [18]. Таким образом, большинство исследований опираются на подход «*Prevention through Design (PtD)*», который направлен на обеспечение безопасности работников на протяжении всего жизненного цикла объекта капитального строительства на этапе разработки проекта. На основе алгоритма извлечения и оценки атрибутивной информации в *Revit* был разработан автоматизированный модуль проверки на основе программной аналитики данных, объединяющий ИМ и базу знаний *PtD*. Так, авторы [19] предлагают методологию, которая состоит из четырех этапов, включая количественную оценку профессионального риска на уровне выбора элементов строительных конструкций, интеграцию

4-D модели со значениями показателей профессионального риска, оценку профессионального риска, выбор альтернативного варианта строительных конструкций. В работе [20] авторы интегрировали в ИМ базу данных потенциальных профессиональных рисков, которая на основании атрибутивных данных позволяет создавать карты потенциальных профессиональных рисков.

Авторами [21] предложена библиотека «*Design for Safety (Dfs)*», которая интегрирована в ИМ, позволяющая производить анализ потенциальных профессиональных рисков и требований охраны труда. В работе [22] рассмотрены варианты применения ИМ для оценки и минимизации рисков на этапах проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Представлена концептуальная модель, показывающая взаимосвязь пирамиды несчастных случаев с моделью приемлемого риска. Рассмотрено применение методики оценки риска по травмоопасности на основе ИМ на конкретном объекте, в результате чего получен средний индекс безопасности.

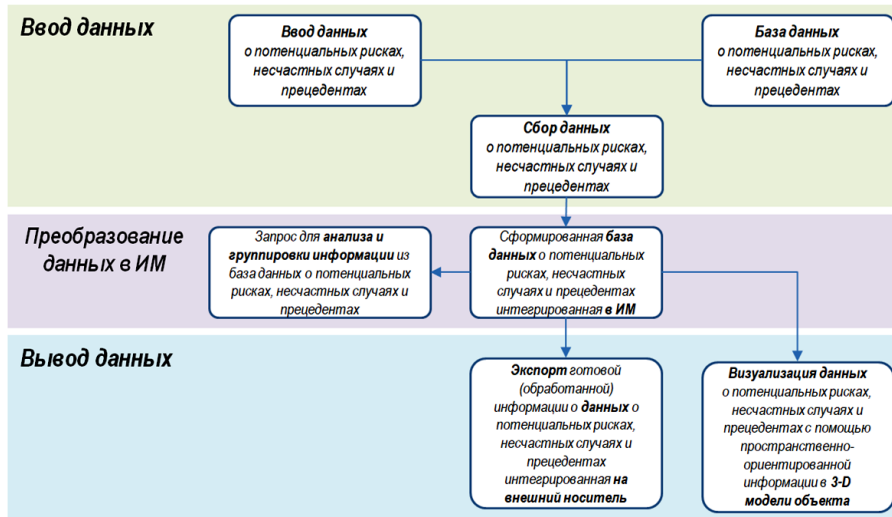
Появляются исследования, которые затрагивают конкретные объекты капитального строительства на основе анализа потенциальных профессиональных рисков. Так, например, авторы [23] предлагается

специальная структура группировки и анализа профессиональных рисков «*Risk Breakdown Structure (RBS)*» и последовательная интеграция модуля в ИМ для проектирования и строительства мостов. Авторы [24] разработали экспертную систему идентификации потенциальных профессиональных рисков на основе ИМ для строительства туннелей.

Также проводятся исследования, в которых предлагаются базы данных, интегрированные в ИМ,

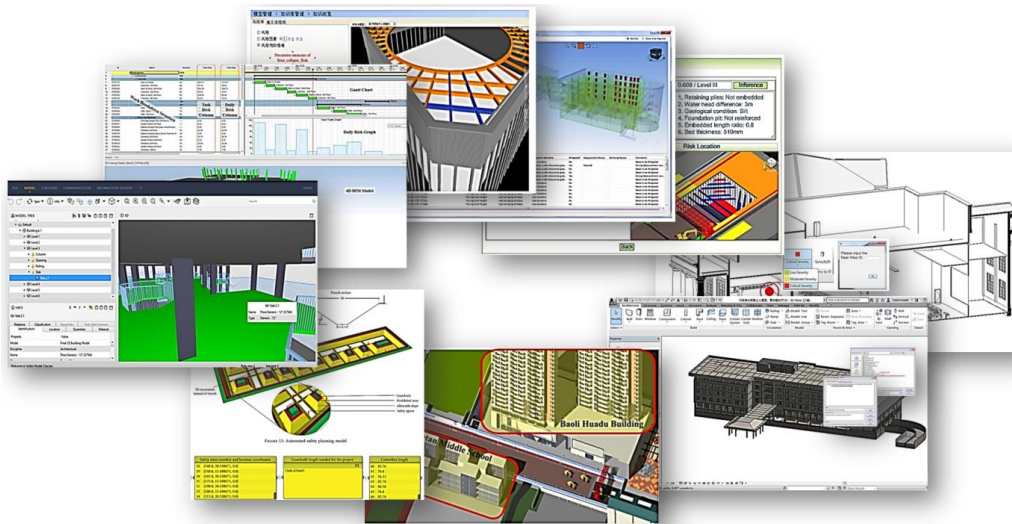
на основе анализа несчастных случаях на строительных площадках и потенциально опасных производственных зонах [25, 26].

Концептуально цифровые системы, интегрированные в ИМ модели по анализу потенциальных профессиональных рисков, несчастных случаев и прецедентов по нарушению правил охраны труда, иерархически можно представить функциональной схемой, приведенной на рис. 4.



**Рис. 4.** Функциональная схема цифровых систем, интегрированных в ИМ, на основе анализа профессиональных рисков  
**Fig. 4.** Functional diagram of digital systems integrated in BIM based on occupational risk analysis

Принципиально цифровые системы строятся по принципу: ввод данных – преобразование данных – вывод данных. На каждом этапе происходит сбор данных, интеграция их в ИМ (преобразование в метаданные), после чего они экспортируются на внешний носитель или отображаются на 3-D модели объекта (рис. 5).



**Рис. 5.** Иллюстрация вариаций визуализации метаданных цифровых систем, интегрированных в ИМ  
**Fig. 5.** Illustration of variations in the visualization of metadata of digital systems integrated in BIM

#### Оценка условий труда

Тенденции в области разработки цифровых решений для контроля соблюдения правил по охране труда на строительных площадках, которые интегрированы в ИМ объектов капитального строительства, характеризуются появлением

актуальных научных исследований, в которых рассмотрены принципы идентификации, предотвращения и контроля за опасными производственными факторами на строительных площадках и предложены инструменты по оценке уровня защиты от них.

Авторы [27,28] предлагают внедрение «*Intelligent Productivity and Safety System (IPASS)*», которая основана на механизме индикации зон, в которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы, связанные или не связанные с характером выполняемых работ, на этапе проектирования объекта капитального строительства в различных автоматизированных программных комплексах, реализующих принцип ТИМ. Также в ряде работ [29-31] предложены интегрированные варианты цифровых инструментов, которые позволяют проектировать и отображать варианты защитных (сигнальных) ограждений и знаков безопасности на строительных площадках для целей информирования работников о зонах, в которых могут воздействовать потенциально опасные производственные факторы. Авторы [32] предлагают проектировать мероприятия по обеспечению безопасных условий охраны труда на основе разработанных баз данных, в которых собирается проанализированная информация по зонам потенциально опасных и постоянно действующих производственных факторов на строительных площадках в соответствии с характером выполняемых работ, состояния строительных машин, инструмента, технологической оснастки и средств коллективной защиты. Аналогичные разработки продемонстрированы в работе [33], с указанием на трехмерном объекте капитального строительства метаданных, полученных на основе анализа аварийных ситуаций на строительных площадках, интегрированных в ИМ из баз данных.

Похожие разработки предлагают авторы [34-36]. Отличием данных цифровых решений является конкретизация объектов капитального строительства, например, выполнение строительных работ под землей и строительство фундаментов глубокого заложения, с учетом специфики методов выполнения работ, используемых материалов, конструкций, машин, инструмента, инвентаря, технологической оснастки, оборудования и транспортных средств.

Встречаются разработки с применением технологии *PtD* [37]. Цифровое решение, предлагаемое авторами, заключается в разработке независимо компилируемого программного модуля, который динамически подключается в автоматизированный программный комплекс, реализующий принцип ТИМ, позволяющий производить сопоставление конкретных проектных решений по безопасности труда, направленных на обеспечение выполнения нормативных требований безопасности труда с разработанной организационно-технологической документацией. Такое решение позволяет разрабатывать альтернативные проектные решения по безопасности труда на основе анализа практики проектирования характерных объектов капитального строительства.

Особое внимание исследователей направлено на одну из самых частых причин летальных исходов на

строительной площадке – падение с высоты. Так, в работе [38] рассмотрены цифровые решения на основе модели проектирования «*Industry Foundation Class (IFC)*», позволяющие определить зоны постоянно действующих и потенциально опасных производственных факторов, а также границы зон, на которых должны быть установлены защитные (сигнальные) ограждения и знаки безопасности, чтобы минимизировать риск падения с высоты работников строительной площадки. Аналогично, авторы [39] разработали алгоритм, основанный на анализе обязательных требований по обеспечению безопасных условий труда для характерных объектов, и на основе полученных данных разрабатывают графики выполнения совмещенных работ, обеспечивающих безопасные условия труда.

Отдельная группа работ посвящена автоматизации анализа разработанной организационно-технологической документацией и проектных решений по безопасности труда в контексте эксплуатации строительных машин, грузоподъемных кранов и строительных лесов [40-43].

#### **Визуализация производственных операций и методов**

*4D*-модели встречаются значительно реже по сравнению с уже хорошо известными и применяемыми *3D*-моделями. *4D* моделирование – это добавление в классическое *3D*-представление еще одного измерения – времени. Получается наглядная демонстрация строительства объекта с помощью пространственно-временной модели. В *4D*-моделях появляется возможность интеграции цифровых решений, которые позволяют прогнозировать основные маршруты перемещения для работников, учитывая возможные маршруты движения транспортных средств, работающих строительных машин и оборудования, разбивая строительную площадку на зоны постоянно действующих и потенциально опасных производственных факторов [44-46].

В работах [47-48] изложены основные результаты по разработке цифрового решения для ИМ, позволяющие планировать маршруты перемещения работников в соответствии с графиком выполнения совмещенных работ, обеспечивающих безопасные условия труда при строительстве железных дорог и мостов. Авторы [49] предлагают использовать технологии виртуальной реальности для информирования и обучения работников безопасным маршрутам перемещения по строительным площадкам с учетом зон постоянно действующих и потенциально опасных производственных факторов.

#### **Моделирование производственных площадок**

Исследования в данной области направлены на идентификацию и анализ проектных решений по безопасности труда в контексте размещения на строительных площадках материалов, конструкций, машин и оборудования, в соответствии с основными

маршрутами перемещения работников. Основная цель – минимизация перегруженности рабочей зоны потенциально опасными факторами для случаев, когда возможно пересечение маршрутов движения работников и траекторий движения оборудования, машин и их частей на строительной площадке. Цифровые решения в виде пространственно-временной модели интегрируются в ИМ для целей информирования и анализа рабочих зон на строительных площадках с наложением различных средств визуализации траекторий движения машин, оборудования или их частей и рабочих органов. На основе анализа проектного решения предлагаются компенсирующие мероприятия или конкретные предложения по сокращению количества материалов, конструкций, машин, оборудования или их частей, рабочих органов, инструмента, инвентаря, технологической оснастки, оборудования и транспортных средств в целях обеспечения безопасных условий труда для работников.

Так, в работе [50] разработано цифровое решение, в основе которого заложен анализ полученных травм в соответствии с конкретной обстановкой в рабочей зоне на строительных площадках. Программный модуль генерирует минимально допустимые требования к размещению оборудования, маршрутам перемещения работников и траекторий движения строительных машин, их частей и рабочих органов. Авторы [51,52] предлагают 4-D модель в ИМ для моделирования рабочей зоны с учетом потенциально возможных пересечений маршрутов перемещения работников и строительных машин. Работа [53] посвящена анализу траекторий перемещения работников по строительной площадке, которую возможно корректировать в зависимости от особенностей функционирования различного оборудования и строительных машин. На основе системы внутреннего позиционирования (*IPS*) и с помощью *bluetooth*-маяков происходит отслеживание маршрутов движения работников по строительной площадке и наложение их на ИМ. В работе [54] была предложена аналогичная технология, с применением *GPS* – трекеров, которые были смонтированы на строительных касках строителей, что позволяло в режиме реального времени производить мониторинг маршрутов перемещения работников и производить их корректировку с учетом движения строительной техники с последующим наложением в ИМ.

Особую роль в рассматриваемых направлениях исследований играют технологии моделирования потенциальных угроз столкновения строительных кранов или их рабочих органов. Так, в работе [55] предлагается цифровое решение, направленное на прогнозирование и 4-D моделирование рабочих операций башенными кранами в рабочих зонах с учетом работы другой строительной техники и маршрутов перемещения работников на строительной площадке и дальнейшей интеграцией в ИМ. Аналогичные исследования представили

авторы [56], разработав технологию навигации строительного крана, с учетом условий работы в слепых зонах.

Профилактика производственного травматизма

Вопросы разработки и выполнения профилактических мероприятий по предупреждению производственного травматизма при строительстве представляют значительный интерес для разработчиков и исследователей. Возможность использования метаданных и различных аналитических систем контроля, которые могут быть интегрированы в ИМ, позволяет качественно пересмотреть методы организации и предоставления информации о зонах возможного воздействия на работника опасных и вредных производственных факторов.

Появляются исследования, которые направлены на разработку приборов контроля с последующей интеграцией данных в ИМ. Авторы [57] предложили аппаратно-программный комплекс мониторинга предельно допустимых значений вредных производственных факторов в закрытых пространствах (*«Confined Spaces Monitoring System» – CoSMoS*). В качестве примера разработчики распределили на строительной площадке приборы контроля показаний кислорода и температуры воздуха с отображением точек их монтажа на трехмерной ИМ. Показания после анализа передавались на сервер, далее посредством *Wi-Fi* отображались на портативных устройствах ответственных лиц по вопросам охраны труда и техники безопасности. В работе [58] произведено усовершенствование системы *CoSMoS* в части добавления метаданных в 4-D модель объекта строительства визуальными средствами и аналитическими данными, а также средствами оповещения работников на строительной площадке.

Интересные результаты представлены в работе [59]. Разработчики предлагают независимо компилируемый программный модуль, позволяющий в режиме реального времени представлять информацию о температурно-влажностном режиме на строительной площадке, получаемую с приборов контроля. Технология реализована с использованием *RFID*-меток (*«Radio frequency identification»*) и беспроводных сенсорных сетей. Технологии применения *RFID*-меток могут использоваться также для отслеживания маршрутов перемещения работников по строительной площадке в режиме реального времени с отображением метаданных в ИМ [60].

Авторы [61] рассмотрели применение алгоритмов обработки маршрутов перемещения работников по строительной площадке (*«Worker trajectory analysis system» – WoTAS*), которые позволяют визуализировать и прогнозировать маршруты с целью определения наиболее вероятных мест их пересечения, с зонами постоянно действующих опасных производственных факторов и отображением метаданных в ИМ. Также при отслеживании маршрутов движения работников по строительной площадке появляется возможность

идентифицировать потенциальные профессиональные риски для работников и отображать визуальную информацию в ИМ в целях предупреждения несчастных случаев [62, 63]. Широкий спектр технологий, который можно применять для определения местонахождения работников на строительной площадке, позволяет применять такие решения, как «Bluetooth low energy – BLE» [64] и GPS [65].

#### **Обучение правилам охраны труда**

ИМ могут быть использованы в качестве интерактивного инструмента для специального обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда. Технологии виртуальной и дополненной реальности могут выступать в качестве инструмента визуализации прецедентов несчастных случаев на строительных площадках, а также для проведения обучения работников мероприятиям по безопасности производства работ.

В работе [66] предложена технология управления и визуализации безопасности, которая позволяет в ИМ посредством технологии дополненной реальности демонстрировать оптимальные места расположения сигнальных ограждений и знаков безопасности, а также безопасные места для эвакуации работников для случаев возникновения угрозы безопасности и их здоровью.

Авторы [67] продемонстрировали возможность применения технологии виртуальной реальности, интегрированной в ИМ, для обучения работников мероприятиям по безопасности производства работ.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

При определении тенденций развития ТИМ в контексте обеспечения безопасных условий труда в строительстве нами был произведен анализ применения данных технологий в следующих концептуальных направлениях: управление строительным производством и охраной труда; 4-D планирование работ и расписаний производственных задач; визуализация и/или имитационное моделирование; взаимодействие и коммуникации; определение вредных факторов производства. В ходе анализа были определены преимущества и недостатки использования информационного моделирования в контексте совершенствования организации охраны труда в строительстве по каждому из концептуальных направлений развития ТИМ. На основе анализа нормативных правовых актов и нормативно-технической документации определена совокупность источников, показывающая динамику развития и внедрения информационного моделирования объектов капитального строительства в России.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

Обобщение результатов исследований в области применения различных цифровых технологий для ИМ в контексте мероприятий и решений по определению технических средств и методов работ для конкретных видов выполняемых процессов и операций, обеспечивающих выполнение требований по охране труда, позволяет выделить основные направления развития исследований в данной области, а именно: управление профессиональными рисками; оценка условий труда; визуализация производственных операций; моделирование строительных площадок; профилактика травматизма; обучение правилам охраны труда.

*Способы*, отнесенные к первому направлению, имеют следующие *целевые направленности*:

а) на интеграцию в ИМ баз данных профессиональных рисков, связанных с различными опасностями;

б) на разработку баз данных прецедентов несчастных случаев и категорирование травматизма на строительных площадках на основе их анализа;

с) на разработку и последующую интеграцию алгоритмов расчета показателей профессиональных рисков в ИМ;

д) на разработку компенсирующих мероприятий в рамках процедуры управления профессиональными рисками системы управления охраной труда на стадиях проектирования и строительства объектов.

Используемые для реализации указанных способов *инструменты* являются:

1. технология организации безопасных условий труда на стадии проектирования объекта строительства в соответствии с нормативно-технической документацией по охране труда;

2. динамические библиотеки профессиональных рисков, интегрированные в ИМ;

3. независимо компилируемые программные модули, динамически подключаемые к программным комплексам для автоматизированного проектирования объектов строительства по оценке вероятности профессионального риска и последствий прецедентов несчастных случаев и травматизма на строительных площадках.

*Второе* направление исследований, отражает способы, к которым можно отнести следующие *целевые направленности*:

а) на разработку метаданных, характеризующих опасные производственные факторы на строительных площадках, интегрированные в ИМ;

б) на отображение различных вариантов защитных (сигнальных) ограждений и знаков безопасности на строительных площадках для целей информирования работников;

с) на разработку баз данных зон потенциально опасных и постоянно действующих производственных факторов на строительных

площадках в соответствии с характером выполняемых работ;

д) на визуализацию зон, в которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы, связанные или не связанные с характером выполняемых работ.

К *инструментам*, используемым для реализации представленных способов можно отнести:

1. динамические библиотеки зон, в которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы, связанные или не связанные с характером выполняемых работ, интегрированные в ИМ;

2. независимо компилируемые программные модули, динамически подключаемые к программным комплексам для автоматизированного проектирования объектов строительства по визуализации зон, в которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы, связанные или не связанные с характером выполняемых работ;

3. динамические библиотеки метаданных, характеризующих опасные производственные факторы на строительных площадках, интегрированные в ИМ.

Анализируя результаты исследований, приведенных по *третьему* направлению, можно выделить характерные для данной области способы со следующими *целевыми направленностями*:

а) на отображение различных вариантов маршрутов перемещения для работников, учитывая возможные маршруты движения транспортных средств, работающих строительных машин и оборудования;

б) на использование технологии виртуальной реальности для информирования и обучения работников безопасным маршрутам перемещения по строительным площадкам с учетом зон постоянно действующих и потенциально опасных производственных факторов;

с) на разработку метаданных, характеризующих зоны постоянно действующих и потенциально опасных производственных факторов на работников в границах строительной площадки.

Следует обратить внимание на следующие *инструменты*, используемые для реализации представленных способов:

1. динамические библиотеки различных вариантов маршрутов перемещения для работников в границах строительной площадки, интегрированные в 4-D модель объекта строительства;

2. динамические библиотеки метаданных, характеризующие зоны постоянно действующих и потенциально опасных производственных факторов на работников в границах строительной площадки, интегрированные в 4-D модель объекта строительства.

Учитывая специфику исследований по *четвертой* группе, необходимо отметить следующие способы с *целевыми направленностями*,

которые наиболее конкретно отражают области применения результатов:

а) на идентификацию и анализ проектных решений по безопасности труда в части размещения на строительных площадках различных материалов, оборудования и транспортных средств при корректировке маршрутов перемещения работников по строительной площадке;

б) на интеграцию в ИМ средств визуализации траекторий движения машин, оборудования или их частей;

с) на интеграцию в ИМ баз данных полученных травм в соответствии с конкретной обстановкой в рабочей зоне на строительных площадках;

д) на интеграцию в ИМ программных модулей для генерации минимально допустимых требований к размещению оборудования на строительных площадках;

е) на отображении в ИМ пространственного положения работников посредством передачи информации с аппаратных передатчиков.

Следует обратить внимание на следующие *инструменты*, используемые для реализации представленных способов:

а) независимо компилируемые программные модули, динамически подключаемые к программным комплексам для автоматизированного проектирования объектов строительства для визуализации положения работников посредством обработки информации с аппаратных передатчиков;

б) динамические библиотеки полученных травм в соответствии с конкретной обстановкой в рабочей зоне на строительных площадках, интегрированные в ИМ;

с) программный модуль средств визуализации траекторий движения машин, оборудования или их частей и рабочих органов, интегрированный в ИМ.

К способам по *пятому* направлению исследований, характеризующихся следующими *целевыми направленностями*, можно отнести:

а) на отображение в ИМ точек размещения на строительных площадках приборов контроля предельно допустимых значений вредных производственных факторов;

б) на отслеживание маршрутов перемещения работников по строительной площадке в режиме реального времени с отображением метаданных в ИМ;

с) на визуализацию и прогнозирование маршрутов перемещения работников по строительной площадке с целью определения наиболее вероятных мест их пересечения, с зонами постоянно действующих опасных производственных факторов и отображением метаданных в ИМ.

Перечислим основные *инструменты*, используемые для реализации представленных способов:

1. динамические библиотеки метаданных точек размещения на строительных площадках

приборов контроля предельно допустимых значений вредных производственных факторов;

2. независимо компилируемые программные модули, динамически подключаемые к программным комплексам для автоматизированного проектирования объектов строительства по визуализации маршрутов перемещения работников по строительной площадке в режиме реального времени.

*Способы*, отнесенные к *шестому* направлению, имеют следующие *целевые направленности*:

а) на использование технологий дополненной реальности при демонстрации оптимальных мест расположения сигнальных ограждений и знаков безопасности, а также безопасных мест для эвакуации работников для случаев возникновения угрозы безопасности и их здоровью, отображающихся в ИМ;

б) на использование технологий виртуальной реальности, интегрированных в ИМ для обучения работников мероприятиям по безопасности производства работ.

Следует отметить тот факт, что использование ИМ повышает результативность применения на их базе различных баз данных и динамических библиотек, которые помогают идентифицировать различные профессиональные риски и выработать комплекс проектных решений для обеспечения безопасных условий работы при строительстве объектов. В том числе способствует более прозрачному обмену информацией между программными средствами, разработанными для расчетов параметров безопасности и цифровыми решениями по алгоритмам оценки условий труда. Перечисленные преимущества технологий, основанных на базах данных, значительно облегчат коммуникацию между специалистами по охране труда и будут способствовать большей детализации и корреляции профессиональных рисков с конкретными проектными решениями.

Интеграция баз данных аварийных ситуаций на строительных площадках в ИМ может значительно снизить количество прецедентов и травматизма за счет проведения превентивных мероприятий по устранению потенциально опасных источников получения травм для работников на строительных площадках. Вместе с тем возможность визуализации различных вариантов защитных (сигнальных) ограждений и знаков безопасности на строительных площадках при информировании работников о зонах, в которых могут воздействовать потенциально опасные производственные факторы, способствует их эффективному обучению и минимизации рисков получения травм и несчастных случаев.

Однако, ряд специалистов по охране труда считают, что применение ИМ для обеспечения безопасных условий труда для работников строительной отрасли осложняется постоянным изменением и совершенствованием (обновлением) программных продуктов, что в значительной степени экономически не эффективно по сравнению

с классическими методами организации охраны труда на строительных площадках [68]. При этом, обучение специалистов по охране труда, архитекторов и проектировщиков с особенностями работы с ИМ и интегрированными программными продуктами по обеспечению безопасных условий труда в строительстве, безусловно, является целесообразным.

## ВЫВОДЫ

В настоящее время применение ИМ в целях интеграции различных цифровых решений в области охраны труда в строительстве является активно развивающимся направлением. Представленные исследования демонстрируют всесторонний охват проблематики в области охраны труда в строительстве и разнообразный перечень программно-аппаратных комплексов, интегрированных на базе ИМ. В качестве основных выводов, необходимо отметить следующие позиции:

1) применение ИМ для анализа и проектирования различных решений по обеспечению безопасности условий труда работников на строительных площадках позволяют отслеживать и производить их оценку на всех этапах жизненного цикла объекта строительства;

2) вопросы по обучению работников правилам охраны труда представлены применением технологий дополненной и виртуальной реальности, что способствует более наглядному представлению информации по основным опасным производственным факторам. Вместе с тем, такие направления как проверка знаний требований охраны труда, инструктажи по охране труда развиты не в полной степени и является перспективным направлением исследования;

3) анализ профессиональных рисков представлен различными базами данных и динамическими библиотеками, интегрированными в ИМ, однако оптимальных алгоритмов расчета количественных показателей профессиональных рисков для различных объектов строительства представлено недостаточно, что делает данное направление исследований актуальным для дальнейших исследований;

4) разработка независимо компилируемых программных модулей, динамически подключаемых к ИМ, способствует качественному мониторингу предельно допустимых значений вредных производственных факторов в режиме реального времени с использованием 4-D моделей. Одновременно с этим, появляется необходимость в разработке методов расчета и количественного обоснования мест расположения приборов контроля для реализации мониторинга на объектах строительства и последующим отображением метаданных в ИМ.

5) применение в ИМ элементов визуализации различных динамических траекторий и зон с применением разнообразных аппаратных средств

пространственной идентификации объектов (*GPS*, *RFID*-метки, *BLE*, *IPS*), открывает широкие возможности для исследований в области интеграции технологий ИМ в концепцию **«Industry 4.0»**;

Авторами, была предпринята попытка типологизировать актуальные исследования в области интеграции цифровых и аппаратно-программных решений в ИМ по вопросам охраны труда в строительстве. Цифровые технологии активно развиваются, программные комплексы для автоматизированного проектирования объектов строительства дополняются и функционально совершенствуются, поэтому результаты исследования являются отправной точкой при разработке направлений исследований в данной области. Результаты исследований дополняют и обобщают многочисленные исследования и разработки в области применения ИМ в области охраны труда в строительстве. Прикладная ценность исследования заключается в возможности непосредственного применения полученных результатов и выводов для работников, которые непосредственно заняты в сфере разработки и проектирования ИМ, а также для исследователей в области охраны труда в строительстве.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022)
2. Heinrich H. W. et al. Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach. Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach, 1941, Second Edition.
3. Отчет о деятельности Федеральной службы по труду и занятости и ее территориальных органов в 2021 году
4. Marmo R. et. al. A methodology for a performance information model to support facility management. *Sustainability*, 2019, vol. 11, issue 24, Pp. 7007.
5. Verghote A. et. al. The effects of information format and spatial cognition on individual wayfinding performance. *Buildings*, 2019, vol. 9, issue 2, p. 29.
6. Dasović B., Galić M., Klanšek U. Active BIM approach to optimize work facilities and tower crane locations on construction sites with repetitive operations. *Buildings*, 2019, vol. 9, issue 1, Pp. 21.
7. Fagnoli M. et al. A BIM-based PSS approach for the management of maintenance operations of building equipment. *Buildings*, 2019, vol. 9, issue 6, p. 139.
8. Zhang S. et. al. Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules. *Automation in construction*, 2013, issue 29, Pp. 183-195.
9. Fagnoli M., Lombardi M. Building information modelling (BIM) to enhance occupational safety in construction activities: Research trends emerging from one decade of studies. *Buildings*, 2020, vol. 10, issue 6, Pp. 98.
10. Lasi H. et. al. Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, 2014, issue 6, Pp. 239-242.
11. Badri A., Boudreau-Trudel B., Souissi A.S. Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern? *Safety science*, 2018, issue 109, Pp. 403-411.
12. Madsen D.Ø. The emergence and rise of Industry 4.0 viewed through the lens of management fashion theory. *Administrative Sciences*, 2019, vol. 9, issue 3, p. 71.
13. Ingemarsdotter, E.; Jamsin, E.; Kortuem, G.; Balkenende, R. Circular strategies enabled by the internet of things – a framework and analysis of current practice. *Sustainability* 2019, 11, 5689.
14. Maskuriy R. et.al. Industry 4.0 for the construction industry – how ready is the industry? *Applied Sciences*, 2019, vol. 9, issue 14, p. 2819.; Sawhney A. et al. *Construction 4.0* //Sawhney, A., Riley, M., Irizarry, J., Eds. – 2020.
15. Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, 2nd ed.; John Wiley and Sons: Hoboken, NJ, USA, 2011
16. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 926/пр от 29.12.2014 г. «Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» / Электронный фонд «Техэксперт» – <http://docs.cntd.ru/document/420245345> (дата обращения 27.03.2020 г.)
17. Указ Президента РФ от 9.05.2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» / Информационно-правовой портал «Гарант» – <http://docs.cntd.ru/document/420245345> (дата обращения 27.03.2020 г.)
18. Yuan J. et. al. Accident prevention through design (PtD): Integration of building information modeling and PtD knowledge base //Automation in construction. – 2019. – issue 102. – С. 86-104.
19. Jin Z. et al. Using 4D BIM to assess construction risks during the design phase //Engineering, Construction and Architectural Management. – 2019.
20. Ding L. Y. et al. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. *Safety science*, 2016, issue 87, pp. 202-213.
21. Hossain M. A. et al. Design-for-safety knowledge library for BIM-integrated safety risk reviews. *Automation in Construction*, 2018, issue 94, pp. 290-302.
22. Шарманов В.В., Симанкина Т.Л., Мамаев А.Е., Контроль рисков строительства на основе BIM технологий, *Строительство уникальных зданий и сооружений*, 2017, №12(63). С.113-124.
23. Zou Y. et. al. Risk information management for bridges by integrating risk breakdown structure into 3D/4D BIM //KSCE journal of civil engineering. – 2019. – Т. 23. – Pp. 467-480.

24. Zhang L. et al. Bim-based risk identification system in tunnel construction. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2016, vol. 22, issue 4, Pp. 529-539.
25. Jeong G. et al. Analysis of safety risk factors of modular construction to identify accident trends // *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. – 2022. – Т. 21. – №. 3. – С. 1040-1052.
26. Shen X., Marks E. Near-miss information visualization tool in BIM for construction safety. *Journal of construction engineering and management*, 2016, vol. 142, issue 4, p. 04015100.
27. Teo A. L. E. et al. Design for safety: theoretical framework of the safety aspect of BIM system to determine the safety index. *Construction Economics and Building*, 2016, vol. 16, issue 4, Pp. 1-18.
28. Lin E T.A. An intelligent system for determining productivity and safety index using building information modeling: a case study of IPASS in Singapore. *Research Companion to Building Information Modeling*. Edward Elgar Publishing, 2022, pp. 415-435.
29. Park, S.; Kim, I. Bim-based quality control for safety issues in the design and construction phases. *Archnet-Ijar* 2015, 9, 111–129.
30. Hossain, M.M.; Ahmed, S. Developing an automated safety checking system using BIM: A case study in the Bangladeshi construction industry. *Int. J. Constr. Manag.* 2019, 1-19.
31. Schwabe, K.; Teizer, J.; König, M. Applying rule – Based Model – checking to construction site layout planning tasks. *Autom. Constr.* 2019, 97, 205-219.
32. Zhang, S.; Boukamp, F.; Teizer, J. Ontology-based semantic modeling of construction safety knowledge: Towards automated safety planning for job hazard analysis (JHA). *Autom. Constr.* 2015, 52, 29-41.
33. Malekitabar, H.; Ardeshir, A.; Sebt, M.H.; Stouffs, R. Construction safety risk drivers: A BIM approach. *Saf. Sci.* 2016, 82, 445-455
34. Li, M.; Yu, H.; Liu, P. An automated safety risk recognition mechanism for underground construction at the pre-construction stage based on BIM. *Autom. Constr.* 2018, 91, 284–292
35. Luo, H.; Gong, P. A BIM-based code compliance checking process of deep foundation construction plans. *J. Intell. Robot. Syst.* 2015, 79, 549–576
36. Khan, N.; Ali, A.K.; Skibniewski, M.J.; Lee, D.J.; Park, C. Excavation safety modeling approach using BIM and VPL. *Adv. Civ. Eng.* 2019, 15, 1515808.
37. Qi, J.; Issa, R.; Olbina, S.; Hinze, J. Use of building information modeling in design to prevent construction worker falls. *J. Comput. Civ. Eng.* 2014, 28, A4014008.
38. Melzner, J.; Zhang, S.; Teizer, J.; Bargstädt, H. A case study on automated safety compliance checking to assist fall protection design and planning in building information models. *Constr. Manag. Econ.* 2013, 31, 661-674.
39. Zhang, S.; Teizer, J.; Lee, J.; Eastman, C.M.; Venugopal, M. Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules. *Autom. Constr.* 2013, 29, 183-195.
40. Ji, Y.; Leite, F. Automated tower crane planning: Leveraging 4-dimensional BIM and rule-based checking. *Autom. Constr.* 2018, 93, 78-90.
41. Hara, T.; Shimomura, K.; Hamano, K.; Miyake, S. Automatic design, planning and drawing of scaffolding system for constructions. *Adv. Comput. Des.* 2019, 4, 179-196.
42. Kim, K.; Teizer, J. Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling. *Adv. Eng. Inf.* 2014, 28, 66–80.
43. Kim, J.; Fischer, M.; Kunz, J.; Levitt, R. Semiautomated scaffolding planning: Development of the feature lexicon for computer application. *J. Comput. Civ. Eng.* 2015, 29, 04014079.
44. Kim, K.; Cho, Y.K.; Zhang, S. Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: Automated scaffolding-related safety hazard identification and prevention in BIM. *Autom. Constr.* 2016, 70, 128-142.
45. Kim, K.; Cho, Y.K.; Kim, K. BIM-Based Decision-Making Framework for Scaffolding Planning. *J. Manag. Eng.* 2018, 34, 4018046.
46. Kim, K.; Cho, Y.; Kim, K. BIM-Driven Automated Decision Support System for Safety Planning of Temporary Structures. *J. Constr. Eng. Manag.* 2018, 144, 4018072.
47. Moon, H.; Kim, H.; Kim, C.; Kang, L. Development of a schedule-workspace interference management system simultaneously considering the overlap level of parallel schedules and workspaces. *Autom. Constr.* 2014, 39, 93-105.
48. Moon, H.; Dawood, N.; Kang, L. Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule. *Adv. Eng. Inf.* 2014, 28, 50-65.
49. Xie H., Shi W., Issa R. R. A. Using RFID and real-time virtual reality simulation for optimization in steel construction. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 2011, vol. 16, issue 19, pp. 291-308.
50. Tixier, A.J.-P.; Hallowell, M.R.; Rajagopalan, B.; Bowman, D. Construction safety clash detection: Identifying safety incompatibilities among fundamental attributes using data mining. *Autom. Constr.* 2017, 74, 39-54.
51. Zhang, J.; Hu, Z. BIM-and 4d-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 1. Principles and methodologies. *Autom. Constr.* 2011, 20, 155-166.
52. Hu, Z.; Zhang, J. BIM-and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 2. Development and site trials. *Autom. Construct.* 2011, 20, 167-180
53. Arslan, M.; Cruz, C.; Ginhac, D. Semantic enrichment of spatio-temporal trajectories for worker safety on construction sites. *Pers. Ubiquitous Comput.* 2019, 23, 749–764.

## REFERENCES

54. Zhang, S.; Teizer, J.; Pradhananga, N.; Eastman, C.M. Workforce location tracking to model, visualize and analyze workspace requirements in building information models for construction safety planning. *Autom. Constr.* 2015, 60, 74-86.
55. Yi, S.L.; Zhang, X.; Calvo, M.H. Construction safety management of building project based on BIM. *J. Mech. Eng. Res. Dev.* 2015, 38, 97-104.
56. Lee, G.; Cho, J.; Ham, S.; Lee, T.; Lee, G.; Yun, S.H.; Yang, H.J. A BIM-and sensor-based tower crane navigation system for blind lifts. *Autom. Constr.* 2012, 26, 1-10.
57. Riaz, Z.; Arslan, M.; Kiani, A.K.; Azhar, S. CoSMoS: A BIM and wireless sensor based integrated solution for worker safety in confined spaces. *Autom. Constr.* 2014, 45, 96-106.
58. Riaz, Z.; Edwards, D.J.; Parn, E.A.; Shen, C.; Pena-Mora, F. BIM and sensor-based data management system for construction safety monitoring. *J. Eng. Des. Technol.* 2017, 15, 738-753.
59. Arslan, M.; Riaz, Z.; Kiani, A.K. Real-time environmental monitoring, visualization and notification system for construction H&S management. *Electron. J. Inf. Tech. Constr.* 2014, 19, 72-91.
60. Costin, A.; Teizer, J.; Schoner, B. RFID and BIM-Enabled worker location tracking to support real-time Building protocol control and data visualization on a large hospital project. *J. Inf. Technol. Constr. (ITcon.)* 2015, 40, 495-517.
61. Arslan, M.; Cruz, C.; Gin hac, D. Semantic trajectory insights for worker safety in dynamic environments. *Autom. Constr.* 2019, 106, 102854.
62. Tagliabue, L.C.; Ciribini, A.L.C. A BIM Based IoT Approach to the Construction Site Management. *In\_bo* 2018, 9, 136-145.
63. Li, M.; Yu, H.; Jin, H.; Liu, P. Methodologies of safety risk control for China's metro construction based on BIM. *Saf. Sci.* 2018, 110, 418-426.
64. Park, J.; Kim, K.; Cho, Y. Framework of Automated Construction-Safety Monitoring Using Cloud-Enabled BIM and BLE Mobile Tracking Sensors. *J. Constr. Eng. Manag.* 2017, 143, 05016019.
65. Golovina, O.; Teizer, J.; Pradhananga, N. Heat map generation for predictive safety planning: Preventing struck-by and near miss interactions between workers-on-foot and construction equipment. *Autom. Constr.* 2016, 71, 99-115.
66. Park, C.-S.; Kim, H.-J. A framework for construction safety management and visualization system. *Autom. Constr.* 2013, 33, 95-103.
67. Getuli, V.; Giusti, T.; Capone, P.; Sorbi, T.; Bruttini, A. A Project Framework to Introduce Virtual Reality in Construction Health and Safety. *In\_bo* 2018, 9, 166-175.
68. Alomari, K.; Gambatese, J.; Anderson, J. Opportunities for using Building Information Modeling to improve worker safety performance. *Safety* 2017, 3, 7.
1. «Labor Code of the Russian Federation» dated December 30, 2001 N 197-FZ (as amended on December 19, 2022). (In Russian)
2. Heinrich H. W. et. al. *Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach. Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach, 1941, Second Edition.*
3. Report on the activities of the Federal Service for Labor and Employment and its territorial bodies in 2021. (In Russian)
4. Marmo R. et. al. A methodology for a performance information model to support facility management. *Sustainability*, 2019, vol. 11, issue 24, Pp. 7007.
5. Verghote A. et. al. The effects of information format and spatial cognition on individual wayfinding performance. *Buildings*, 2019, vol. 9, issue 2, Pp. 29.
6. Dasović B., Galić M., Klanšek U. Active BIM approach to optimize work facilities and tower crane locations on construction sites with repetitive operations. *Buildings*, 2019, vol. 9, issue 1, Pp. 21.
7. Fargnoli M. et al. A BIM-based PSS approach for the management of maintenance operations of building equipment. *Buildings*, 2019, vol. 9, issue 6, Pp. 139.
8. Zhang S. et. al. Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules. *Automation in construction*, 2013, issue 29, pp. 183-195.
9. Fargnoli M., Lombardi M. Building information modelling (BIM) to enhance occupational safety in construction activities: Research trends emerging from one decade of studies. *Buildings*, 2020, vol. 10, issue 6, Pp. 98.
10. Lasi H. et. al. *Industry 4.0. Business & information systems engineering*, 2014, issue 6, Pp. 239-242.
11. Badri A., Boudreau-Trudel B., Souissi A. S. Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern? *Safety science*, 2018, issue 109, Pp. 403-411.
12. Madsen D. Ø. The emergence and rise of Industry 4.0 viewed through the lens of management fashion theory. *Administrative Sciences*, 2019, vol. 9, issue 3, p. 71.
13. Ingemarsdotter, E.; Jamsin, E.; Kortuem, G.; Balkenende, R. Circular strategies enabled by the internet of things – A framework and analysis of current practice. *Sustainability* 2019, 11, 5689.
14. Maskuriy R. et al. Industry 4.0 for the construction industry – how ready is the industry? *Applied Sciences*, 2019, vol. 9, issue 14, p. 2819.; Sawhney A. et al. *Construction 4.0 // Sawhney, A., Riley, M., Irizarry, J., Eds. – 2020.*
15. Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, 2nd ed.; John Wiley and Sons: Hoboken, NJ, USA, 2011
16. Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation No. 926/pr dated December 29, 2014 “On

- approval of the Plan for the phased introduction of information modeling technologies in the field of industrial and civil construction” / *Techexpert Electronic Fund* – <http://docs.cntd.ru/document/420245345> (accessed 03.27.2020). (In Russian)
17. Decree of the President of the Russian Federation of May 9, 2017 No. 203 “On the Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017–2030” / *Information and legal portal “Garant”* – <http://docs.cntd.ru/document/420245345> (date appeals 27.03.2020). (In Russian)
18. Yuan J. et al. Accident prevention through design (PtD): Integration of building information modeling and PtD knowledge base // *Automation in construction*. – 2019. – issue 102. – C. 86-104.
19. Jin Z. et al. Using 4D BIM to assess construction risks during the design phase // *Engineering, Construction and Architectural Management*. – 2019.
20. Ding L. Y. et al. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. *Safety science*, 2016, issue 87, Pp. 202-213.
21. Hossain M. A. et al. Design-for-safety knowledge library for BIM-integrated safety risk reviews. *Automation in Construction*, 2018, issue 94, Pp. 290-302.
22. Sharmanov V.V., Simankina T.L., Mamaev A.E., Control of construction risks based on BIM technologies, *Construction of unique buildings and structures*, 2017, No. 12(63). Pp.113-124. (In Russian)
23. Zou Y. et. al. Risk information management for bridges by integrating risk breakdown structure into 3D/4D BIM // *KSCCE journal of civil engineering*. – 2019. – T. 23. – Pp. 467-480.
24. Zhang L. et al. Bim-based risk identification system in tunnel construction. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2016, vol. 22, issue 4, Pp. 529-539.
25. Jeong G. et. al. Analysis of safety risk factors of modular construction to identify accident trends // *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. – 2022. – T. 21. – №. 3. – Pp. 1040-1052.
26. Shen X., Marks E. Near-miss information visualization tool in BIM for construction safety. *Journal of construction engineering and management*, 2016, vol. 142, issue 4, p. 04015100.
27. Teo A. L. E. et al. Design for safety: theoretical framework of the safety aspect of BIM system to determine the safety index. *Construction Economics and Building*, 2016, vol. 16, issue 4, pp. 1-18.
28. Lin E.T.A. An intelligent system for determining productivity and safety index using building information modeling: a case study of IPASS in Singapore. *Research Companion to Building Information Modeling*. Edward Elgar Publishing, 2022, Pp. 415-435.
29. Park, S.; Kim, I. Bim-based quality control for safety issues in the design and construction phases. *Archnet-Ijar* 2015, 9, 111-129.
30. Hossain, M.M.; Ahmed, S. Developing an automated safety checking system using BIM: A case study in the Bangladeshi construction industry. *Int. J. Constr. Manag.* 2019, 1-19.
31. Schwabe, K.; Teizer, J.; König, M. Applying rule – Based Model – checking to construction site layout planning tasks. *Autom. Constr.* 2019, 97, 205-219.
32. Zhang, S.; Boukamp, F.; Teizer, J. Ontology-based semantic modeling of construction safety knowledge: Towards automated safety planning for job hazard analysis (JHA). *Autom. Constr.* 2015, 52, 29-41.
33. Malekitabar, H.; Ardeshir, A.; Sebt, M.H.; Stouffs, R. Construction safety risk drivers: A BIM approach. *Saf. Sci.* 2016, 82, 445-455
34. Li, M.; Yu, H.; Liu, P. An automated safety risk recognition mechanism for underground construction at the pre-construction stage based on BIM. *Autom. Constr.* 2018, 91, 284-292
35. Luo, H.; Gong, P. A BIM-based code compliance checking process of deep foundation construction plans. *J. Intell. Robot. Syst.* 2015, 79, 549-576
36. Khan, N.; Ali, A.K.; Skibniewski, M.J.; Lee, D.J.; Park, C. Excavation safety modeling approach using BIM and VPL. *Adv. Civ. Eng.* 2019, 15, 1515808.
37. Qi, J.; Issa, R.; Olbina, S.; Hinze, J. Use of building information modeling in design to prevent construction worker falls. *J. Comput. Civ. Eng.* 2014, 28, A4014008.
38. Melzner, J.; Zhang, S.; Teizer, J.; Bargstädt, H. A case study on automated safety compliance checking to assist fall protection design and planning in building information models. *Constr. Manag. Econ.* 2013, 31, 661-674.
39. Zhang, S.; Teizer, J.; Lee, J.; Eastman, C.M.; Venugopal, M. Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules. *Autom. Constr.* 2013, 29, 183-195.
40. Ji, Y.; Leite, F. Automated tower crane planning: Leveraging 4-dimensional BIM and rule-based checking. *Autom. Constr.* 2018, 93, 78-90.
41. Hara, T.; Shimomura, K.; Hamano, K.; Miyake, S. Automatic design, planning and drawing of scaffolding system for constructions. *Adv. Comput. Des.* 2019, 4, 179-196.
42. Kim, K.; Teizer, J. Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling. *Adv. Eng. Inf.* 2014, 28, 66-80.
43. Kim, J.; Fischer, M.; Kunz, J.; Levitt, R. Semiautomated scaffolding planning: Development of the feature lexicon for computer application. *J. Comput. Civ. Eng.* 2015, 29, 04014079.
44. Kim, K.; Cho, Y.K.; Zhang, S. Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: Automated scaffolding-related safety hazard identification and prevention in BIM. *Autom. Constr.* 2016, 70, 128-142.
45. Kim, K.; Cho, Y.K.; Kim, K. BIM-Based Decision-Making Framework for Scaffolding Planning. *J. Manag. Eng.* 2018, 34, 4018046.
46. Kim, K.; Cho, Y.; Kim, K. BIM-Driven Automated Decision Support System for Safety

Planning of Temporary Structures. *J. Constr. Eng. Manag.* 2018, 144, 4018072.

47. Moon, H.; Kim, H.; Kim, C.; Kang, L. Development of a schedule-workspace interference management system simultaneously considering the overlap level of parallel schedules and workspaces. *Autom. Constr.* 2014, 39, 93-105.

48. Moon, H.; Dawood, N.; Kang, L. Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule. *Adv. Eng. Inf.* 2014, 28, 50-65.

49. Xie H., Shi W., Issa R. R. A. Using RFID and real-time virtual reality simulation for optimization in steel construction. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 2011, vol. 16, issue 19, Pp. 291-308.

50. Tixier, A.J.-P.; Hallowell, M.R.; Rajagopalan, B.; Bowman, D. Construction safety clash detection: Identifying safety incompatibilities among fundamental attributes using data mining. *Autom. Constr.* 2017, 74, 39-54.

51. Zhang, J.; Hu, Z. BIM-and 4d-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 1. Principles and methodologies. *Autom. Constr.* 2011, 20, 155-166.

52. Hu, Z.; Zhang, J. BIM-and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 2. Development and site trials. *Autom. Construct.* 2011, 20, 167-180

53. Arslan, M.; Cruz, C.; Ginhac, D. Semantic enrichment of spatio-temporal trajectories for worker safety on construction sites. *Pers. Ubiquitous Comput.* 2019, 23, 749-764.

54. Zhang, S.; Teizer, J.; Pradhananga, N.; Eastman, C.M. Workforce location tracking to model, visualize and analyze workspace requirements in building information models for construction safety planning. *Autom. Constr.* 2015, 60, 74-86.

55. Yi, S.L.; Zhang, X.; Calvo, M.H. Construction safety management of building project based on BIM. *J. Mech. Eng. Res. Dev.* 2015, 38, 97-104.

56. Lee, G.; Cho, J.; Ham, S.; Lee, T.; Lee, G.; Yun, S.H.; Yang, H.J. A BIM-and sensor-based tower crane navigation system for blind lifts. *Autom. Constr.* 2012, 26, 1-10.

57. Riaz, Z.; Arslan, M.; Kiani, A.K.; Azhar, S. CoSMoS: A BIM and wireless sensor based integrated solution for worker safety in confined spaces. *Autom. Constr.* 2014, 45, 96-106.

58. Riaz, Z.; Edwards, D.J.; Parn, E.A.; Shen, C.; Pena-Mora, F. BIM and sensor-based data management system for construction safety monitoring. *J. Eng. Des. Technol.* 2017, 15, 738-753.

59. Arslan, M.; Riaz, Z.; Kiani, A.K. Real-time environmental monitoring, visualization and notification system for construction H&S management. *Electron. J. Inf. Tech. Constr.* 2014, 19, 72-91.

60. Costin, A.; Teizer, J.; Schoner, B. RFID and BIM-Enabled worker location tracking to support real-time Building protocol control and data visualization on a large hospital project. *J. Inf. Technol. Constr. (ITcon.)* 2015, 40, 495-517.

61. Arslan, M.; Cruz, C.; Ginhac, D. Semantic trajectory insights for worker safety in dynamic environments. *Autom. Constr.* 2019, 106, 102854.

62. Tagliabue, L.C.; Ciribini, A.L.C. A BIM Based IoT Approach to the Construction Site Management. *In\_bo* 2018, 9, 136-145.

63. Li, M.; Yu, H.; Jin, H.; Liu, P. Methodologies of safety risk control for China's metro construction based on BIM. *Saf. Sci.* 2018, 110, 418-426.

64. Park, J.; Kim, K.; Cho, Y. Framework of Automated Construction-Safety Monitoring Using Cloud-Enabled BIM and BLE Mobile Tracking Sensors. *J. Constr. Eng. Manag.* 2017, 143, 05016019.

65. Golovina, O.; Teizer, J.; Pradhananga, N. Heat map generation for predictive safety planning: Preventing struck-by and near miss interactions between workers-on-foot and construction equipment. *Autom. Constr.* 2016, 71, 99-115.

66. Park, C.-S.; Kim, H.-J. A framework for construction safety management and visualization system. *Autom. Constr.* 2013, 33, 95-103.

67. Getuli, V.; Giusti, T.; Capone, P.; Sorbi, T.; Bruttini, A. A Project Framework to Introduce Virtual Reality in Construction Health and Safety. *In\_bo* 2018, 9, 166-175.

68. Alomari, K.; Gambatese, J.; Anderson, J. Opportunities for using Building Information Modeling to improve worker safety performance. *Safety* 2017, 3, 7.

SYSTEMATIZATION OF DIGITAL SOLUTIONS TO SECURE LABOUR SAFETY CONDITIONS  
BASED ON INFORMATION MODELS OF BUILDINGFedosov<sup>1</sup> S.V., Korol<sup>1</sup> E.A., Bakanov<sup>2</sup> M.O.<sup>1</sup> Moscow State University of Civil Engineering, fedosovsv@mgsu.ru, KorolEA@mgsu.ru<sup>2</sup> Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, mask-13@mail.ru

**Abstract.** A key issue in modern construction is to ensure safe working conditions for workers on construction sites. Directions for improving the construction industry contribute to the expansion of scientific and applied research in the field of ensuring safe working conditions for workers and the introduction of new forms and methods in order to comprehensively cover tools that promote the use of various digital technologies in the field of labor protection in construction. The active transition of the industrial and civil construction industry to a higher level of competitiveness in many countries of the world is associated with the creation of building information models (BIM). The work carried out an analysis by comparing the implementation of various digital tools in BIM, which are aimed at ensuring safe working conditions in construction. The totality of research areas is typified in the following areas, which specify the specifics of the areas of application of technologies and methods of organizing labor protection in construction: occupational risk management; assessment of working conditions; visualization of production operations and methods; modeling of production sites; prevention of industrial injuries; training in labor protection rules. Based on the results obtained, the advantages and disadvantages of digital tools used to ensure safe working conditions based on BIM were identified. The indicators of industrial injuries and accidents and their causes have been studied. The above analytics indicates that the construction industry, in terms of the number of deaths at work, has high rates on a par with the manufacturing industry, which demonstrates the need to search for modern methods of organizing and monitoring safety and labor protection conditions in construction. It is shown that the regulatory legal and regulatory framework for the introduction of information modeling technologies is actively developing, which creates the basis for the implementation of practical tasks in the design and operation of buildings at all stages of the life cycle of an object. The target directions of the methods within the boundaries of the designated areas of research on the introduction of digital tools in BIM are determined, the main technologies and methods for implementing the proposed tools are indicated.

**Subject of study:** digital tools used for BIM as a set of technologies that provide organization, analysis and assessment of safe working conditions in construction.

**Materials and methods:** When determining the development trends of BIM-technologies in the context of ensuring safe working conditions in construction, we analyzed the use of these technologies in the following conceptual areas: management of construction production and labor protection; 4-D planning of work and schedules of production tasks; visualization and/or simulation; interaction and communications; determination of harmful factors of production. The analysis identified the advantages and disadvantages of using information modeling in the context of improving the organization of labor protection in construction for each of the conceptual directions for the development of BIM technologies. Based on the analysis of normative legal acts and normative and technical documentation, a set of sources is determined, showing the dynamics of development and implementation of information modeling of capital construction projects in Russia.

**Results:** It should be noted that the use of BIM increases the effectiveness of using various databases and dynamic libraries based on them, which help to identify various occupational risks and develop a set of design solutions to ensure safe working conditions during the construction of facilities. Among other things, it contributes to a more transparent exchange of information between software tools developed for calculating safety parameters and digital solutions for algorithms for assessing working conditions. The listed advantages of database-based technologies will greatly facilitate communication between occupational safety specialists and will contribute to greater detail and correlation of occupational risks with specific design solutions. Integrating construction site accident databases into BIM can significantly reduce the number of incidents and injuries by taking preventive measures to eliminate potentially dangerous sources of injury for workers on construction sites. At the same time, the possibility of visualizing various options for protective (signal) fencing and safety signs at construction sites, while informing workers about areas where potentially hazardous production factors can affect, contributes to their effective training and minimization of the risks of injury and accidents. However, a number of labor protection specialists believe that the use of BIM to ensure safe working conditions for workers in the construction industry is complicated by the constant change and improvement (updating) of software products, which is largely not cost-effective compared to classical methods of organizing labor protection at construction sites. . At the same time, the training of labor protection specialists, architects and designers with the peculiarities of working with BIM and integrated software products to ensure safe working conditions in construction is certainly appropriate.

**Conclusions:** The authors made an attempt to typify current research in the field of integration of digital and hardware-software solutions into BIM on issues of labor protection in construction. Digital technologies are actively developing, software systems for computer-aided design of construction objects are being supplemented and functionally improved, so the results of the study are the starting point for developing research directions in this area. The results of the research complement and summarize numerous studies and developments in the field of BIM application in the field of labor protection in construction. The applied value of the study lies in the possibility of direct application of the obtained results and conclusions for workers who are directly involved in the development and design of BIM, as well as for researchers in the field of labor protection in construction.

**Key words:** information model of a construction site, digital solution, labor protection in construction, safe working conditions, injuries, accident.



УДК 69.05

## АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛА СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЗАКАЗЧИКА И НОРМАТИВА РАСХОДОВ НА ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ

Цопа Н.В.<sup>1</sup>, Карпушкина А.С.<sup>2</sup>, Карпушкин С.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,  
295050, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, natasha-ts@yandex.ru

<sup>2</sup> Крымский филиал ФАУ «РосКапСтрой»,  
295034, г. Симферополь, ул. Московская, д.12/ул. Репина, д.101, e-mail karpooshkin@yandex.ru

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,  
295050, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, karpushkinss@mail.ru

**Аннотация.** В результате анализа данных учреждений, предоставляющих услуги по строительному контролю заказчика на государственном заказе, а также опроса экспертов было выявлено, что за одним специалистом часто закреплено от 5 до 15 площадных объектов. При такой нагрузке специалист просто физически не имеет возможности посещать каждый объект чаще 1-2 раз в неделю, чего явно недостаточно как для освидетельствования работ, так и верификации входного и операционного контроля. Данный факт обусловил выбор темы данного исследования, в котором авторы попытались поставить вопрос о корректности принятых норм расходов на содержание строительного контроля заказчика и наметить дальнейшие пути их оптимизации.

**Предмет исследования:** Функционал строительного контроля заказчика и норматив расходов на его осуществление.

**Материалы и методы:** Методом сравнения произведен анализ отечественных и зарубежных подходов.

**Результаты:** В результате проведенного анализа было выявлено, что в целом функционал строительного контроля заказчика соответствует зарубежным подходам, однако последние закладывают в несколько раз больше средств в относительном выражении на его осуществление.

**Выводы:** Полученные результаты дают основания полагать, что существующие нормативы могут быть занижены и не отражают реальную потребность. Предложен более точный метод расчета норматива расходов, основанный на расчете трудоемкости.

**Ключевые слова:** расходы, затраты, строительный контроль заказчика, технический надзор, инженер-резидент

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в ценообразовании вышло множество изменений, среди которых можно отметить Методику определения затрат на осуществление функций технического заказчика (приказ Минстроя России от 02.06.2020 №297/пр), разработка которого стала немаловажным шагом в определении и включении соответствующих затрат в сводный сметный расчет.

Не менее важным нормативным правовым актом является Постановление Правительства Российской Федерации от 21.06.2010 №468 (далее – Порядок). Постановление регламентирует порядок строительного контроля, а также устанавливает нормы расходов на содержание строительного контроля заказчика. Однако документ за более чем 10 лет морально устарел и давно нуждался в актуализации, как в части применения технологий информационного моделирования (ТИМ), так и пересмотра норм расходов [1].

И вот, согласно плану мероприятий «Совершенствование правового регулирования в сфере строительства и практики применения внесенных изменений в нормативные правовые акты», утвержденному Правительством Российской Федерации от 28.01.2022 № 812п-П49, Минтрансом и его подведомственными организациями, был разработан проект правил [2] (далее – Правил) взамен Порядка, который на данный момент

находится на публичном обсуждении. Проект Правил, кроме всего прочего, предполагает дифференциацию норматива расходов заказчика на осуществление строительного контроля в % от сметной стоимости строительства в текущих ценах отдельно для линейных и площадных объектов. При этом так же, как и в действующем Порядке, в проекте Правил отсутствует информация касательно принятых методов расчета норм расходов.

Целью данного исследования является оптимизация системы строительного контроля заказчика, а также уточнение норм расходов на его осуществление. Для решения данной цели поставлены следующие задачи:

- изучение законодательства и стандартов в части строительного контроля заказчика;
- изучение практики проведения строительного контроля заказчика;
- изучение услуг и размера средств на аналогичный функционал строительного контроля заказчика за рубежом;
- анализ методов расчета норматива расходов;
- выводы и рекомендации по совершенствованию методики определения расходов на услуги строительного контроля заказчика.

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросы функционала и планирования расходов на строительный контроль заказчика, в том числе за рубежом рассматривались в работах Н.А. Алексеевой [3], Д.В. Топчего [4], Т.К. Кузьминой [5, 6], Н.Д. Чередниченко [7], а также Н.П. Четверика [8, 9]. Авторами достаточно подробно изучены и систематизированы функционал, структура строительного контроля заказчика, а также порядок расчета расходов на его услуги. Однако необходимо подчеркнуть, что научным сообществом не уделено достаточно внимания методам расчета самих нормативов расходов, что не позволяет оценить их корректность. А с учетом наличия серьезных проблем с качеством выполняемых работ, а также сложностью и актуальностью данного исследования для всей строительной отрасли предлагается для начала рассмотреть данный вопрос через призму существующего мирового опыта.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

**Функционал строительного контроля заказчика.** Согласно ч.8 статьи 53 Градостроительного кодекса Российской Федерации Порядок проведения строительного контроля устанавливается Правительством Российской Федерации.

Согласно п.6 Порядка, строительный контроль, осуществляемый заказчиком, включает проведение следующих контрольных мероприятий:

«а) проверка полноты и соблюдения установленных сроков выполнения подрядчиком входного контроля и достоверности документирования его результатов;

б) проверка выполнения подрядчиком контрольных мероприятий по соблюдению правил складирования и хранения применяемой продукции и достоверности документирования его результатов;

в) проверка полноты и соблюдения установленных сроков выполнения подрядчиком контроля последовательности и состава технологических операций по осуществлению строительства объектов капитального строительства и достоверности документирования его результатов;

г) совместно с подрядчиком освидетельствование скрытых работ и промежуточная приемка возведенных строительных конструкций, влияющих на безопасность объекта капитального строительства, участков сетей инженерно-технического обеспечения;

д) проверка совместно с подрядчиком соответствия законченного строительством объекта требованиям проектной и подготовленной на ее основе рабочей документации, результатам инженерных изысканий, требованиям градостроительного плана земельного участка, требованиям технических регламентов;

е) иные мероприятия в целях осуществления строительного контроля, предусмотренные законодательством Российской Федерации и (или) заключенным договором».

При этом в «иные мероприятия» обычно включают множество функционала, прямо не относящегося к строительному контролю, но перекладываемого заказчиком на представителя строительного контроля в связи с тем, что данный функционал возможно осуществить только на площадке. Среди такого функционала в иные мероприятия по договору также могут включать:

- подписание актов приемки выполненных работ (форма КС-2);
- контроль графика выполнения работ;
- выборочный геодезический и лабораторный контроль собственными силами;
- входной контроль рабочей документации;
- рассмотрение документации на изменения в проекте и сметах.

С одной стороны, это говорит о спросе на такой расширенный функционал, а с другой – о слабой проработке вопроса об основных и дополнительных обязанностях и их справедливом вознаграждении в нормах законодательства и стандартов.

В проект Правил, кроме всего прочего, включили также контроль испытаний, проводимых подрядчиком, а также проведение лабораторного контроля в объеме, предусмотренном проектной документацией.

Теперь рассмотрим функционал на примере аналогичной службы контроля качества США. Структуру взаимоотношений и функционал по контролю качества в США нельзя прямо соотнести с отечественным. Для этого обратимся к типовым контрактам Американского института инженеров (American Institute of Architects – AIA), Комитета по совместной контрактной документации инженеров (Engineers Joint Contract Documents Committee – EJCDC), а также к другим источникам, которые могут отражать требования законодательства США для строительства федеральных и муниципальных объектов.

В первую очередь необходимо понимать, что в США привычный функционал технического заказчика часто объединен с функционалом проектировщика под одним договором, а лицо, осуществляющее данный функционал, имеет название Architect/Engineer - A/E, в котором одна часть – Architect – касается проектирования, а другая – Engineer – остального функционала (инженерного, прим. технического заказчика), который может выполняться по отдельным договорам. Но в обоих случаях могут привлекаться организации или физические лица, так называемые инженер-консультанты (Engineer-consultants), выполняющие отдельные функции технического заказчика (A/E), включая проектирование. Также над классической структурой договорных взаимоотношений может быть надстройка в виде проект-менеджмента (Project Manager – PM) или риск-менеджмента (Risk Manager).

В функционал услуг (Services) A/E согласно типовому контракту AIA B101-2017, а также типовому контракту EJCD E-500 с собственником (Owner) кроме свойственных услуг по проектированию, также входит администрирование строительства (Construction Administration – CA), или администрирование строительного контракта (Construction Contract Administration – CCA) на стадии строительства [10]. В него обычно включены:

- консультации владельца;
- интерпретация контрактных документов;
- наблюдение за работой;
- проверка и подтверждение /рекомендации платежей подрядчика;
- рассмотрение и утверждение представленных материалов;
- подготовка изменений;
- подготовка обновления и доработки к первоначальному перечню работ подрядчика и проверка исполнения;
- проверка для определения даты существенного завершения и окончательного завершения работ.

Таким образом функционал A/E являет собой несколько урезанный функционал аналога отечественного технического заказчика.

Сумма средств на администрирование контракта из общей суммы на A/E обычно закладывается от 20 до 30%.

Представитель A/E имеет право давать замечания по качеству, но это не является его прямой обязанностью по договору. Однако необходимо уточнить, что согласно Международному строительному кодексу (International Building Code – IBC) государственным надзором (Building official), осуществляемым представителями муниципалитета (Government) проводится полный объем инспекций, сравнимый с отечественным освидетельствованием скрытых и других работ, влияющих на безопасность, за исключением специальных инспекций (Special inspection) в виде лабораторных испытаний и пр. Перечень точек уведомлений (Notification points), на которые приглашается представитель государственного надзора (Inspector of buildings, Building commissioner) выдается подрядчику в специальных разрешениях (Permit), которые затем же «закрываются» с подписью инспектора [11]. Финальное разрешение, по сути, аналог заключения о соответствии выдает та же организация, которая производила освидетельствование всех работ на площадке. Также необходимо подчеркнуть, что перечень точек уведомлений, а также специальных инспекций дает та же организация, которая их проверяет.

Таким образом технический заказчик, или подрядчик в США предъявляет свои работы в первую очередь государственному инспектору, контроль которого жестче, чем может производить непрофессиональный собственник, или проектировщик. А в связи с тем, что данная услуга

является платной, тратить еще больше средств на дополнительный контроль со своей стороны (собственнику) на не сложных объектах часто не имеет смысла.

Вместе с тем, собственник (Owner) может привлечь за отдельные средства постоянного представителя проекта (Resident Project Representative – RPR) для более интенсивного контроля на площадке (More Extensive Site Representation). Собственник может заключить договор на RPR с A/E, но чаще всего данный функционал передается в пользу специализированных организаций по контролю качества. Стандартная форма типового контракта AIA B207-2017 On-Site Project Representation подразумевает:

- наблюдение за ходом работ и их качеством;
- контроль графика хода строительства;
- рассмотрение контрактной документации с руководителем подрядчика;
- рассмотрение запроса подрядчика на информацию и изменения;
- участие в совещаниях по проекту;
- наблюдение за испытаниями;
- ведение записей (документов);
- ведение дневника о ходе строительства;
- помощь в рассмотрении рабочей документации;
- рассмотрение заявок на оплату;
- просмотр перечня недоделок;
- помощь в окончательной проверке;
- контроль документов на сдачу.
- контроль свидетельства на заселения с целью минимизации претензий о возмещении ущерба.

Подрядчик передает отчет (Daily report) о ходе строительства (Progress report) представителю A/E, а при наличии RPR делает это уже через него [12].

Вместе с тем, представитель проекта имеет следующие ограничения и не должен:

- разрешать любые отклонения от контрактных документов или замену материалов, или оборудования;
- превышать ограничения полномочий инженера;
- выполнять любые обязанности подрядчика;
- контролировать, направлять или консультировать по строительным средствам, методам, техникам или последовательностям;
- контролировать, направлять или консультировать по охране труда владельца или подрядчика.
- лично проводить испытания;
- принимать заявки от кого бы то ни было, кроме подрядчика;
- разрешать владельцу использовать объект.

Также следует отметить значительную разницу в подходах ведения исполнительной документации, что имеет одно из решающих влияний на эффективность строительного контроля [13].

С целью сравнительного анализа рассмотрим также ГОСТ Р 58442-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению

строительного контроля заказчика и подрядчика». Данным стандартом функционал строительного контроля заказчика, осуществляемый специализированными организациями разработан более детально и часто выходит за рамки функционала, указанного в Порядке. Из такого функционала стоит выделить входной контроль рабочей документации, ведение дневника, выборочный лабораторный и геодезический контроль в объеме 20%, а также контроль графика выполнения работ.

Примечательно, что в указанном ГОСТ был введен термин инженер-резидента, а также возможность разработки рабочей документации подрядчиком, аналогично зарубежной практике. Данный факт дает основания предполагать, что его авторы изучали зарубежный опыт и, возможно, по этим причинам включили в стандарт множество отсутствующего в Порядке функционала.

Важно отметить, что представитель РОСДОРНИИ в своем докладе [14] со ссылкой на письмо Минстроя России от 01.11.2022 № 57338-СМ/09 уточнил, что лабораторный контроль, геодезический контроль, а также проверка рабочей документации не включены в норматив расходов в соответствии с Порядком.

Также, согласно п.167 приказа Минстроя России № 421/пр «Об утверждении методики определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов российской федерации на территории российской федерации», затраты, связанные с проведением строительного контроля заказчика инструментальными и лабораторными методами отнесены к дополнительным и, по решению заказчика, могут быть предусмотрены отдельно в главе 9 сводного сметного расчета.

Таким образом часть того расширенного в сравнении с Порядком функционала, указанного в ГОСТ, переводится в разряд дополнительного, осуществляемого по решению заказчика за отдельные средства.

Представим нормативный функционал согласно Порядку, а также иной функционал, которым часто наделяется представитель строительного контроля заказчика по договору в сравнении с зарубежной практикой, а также ГОСТ Р 58442-2019 в таблице 1.

**Таблица 1.** Анализ нормативного и фактического функционала в части строительного контроля заказчика  
**Table 1.** Analysis of the normative and actual functionality in terms of the owner's inspection

№ п/п	Функционал	А/Е (АИА В101-2017)	RPR (АИА В207-2017)	Тех.заказчик (СП 48.13330.2019)	Строительный контроль заказчика			
					Порядок	Проект Правил [2]	ГОСТ Р 58442-2019	Условия договора
1.	Входной контроль рабочей документации	•		•			•	•
2.	Входной контроль материалов	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф./•
3.	Проверка складирования материалов	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф.
4.	Операционный контроль, в том числе:	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф.	Вериф.
4.1	- геодезический контроль (выборочный)						•	•
4.2	- лабораторный контроль (выборочный)					•	•	•
5.	Освидетельствование работ (совместное контрольное мероприятие)		•		•	•	•	•
6.	Контроль испытаний подрядчиком инженерных систем		•			•		•
7.	Контроль графика выполнения работ		•	•			•	•
8.	Рассмотрение запросов подрядчика на изменения	•	•	•				•
9.	Подписание документов на оплату (приемка)	•	•	•		•		•

Входной контроль рабочей документации находится в ответственности технического заказчика согласно п.5.4 СП 48.13330.2019

«Организация строительства (актуализированная редакция СНиП 12-01-2004)». В требованиях Порядка и проекта Правил данный функционал не

предусмотрен. Но часто по условиям договора входной контроль рабочей документации технический заказчик пытается вписать в договор на осуществление строительного контроля заказчика.

Здесь необходимо понимать, что за рубежом аналог рабочей документации (Shop drawings) разрабатывает подрядчик, и именно проектировщик по отдельному договору, либо А/Е проставляет на них штамп «К производству работ» проверяя документы на соответствие аналогу проектной документации (Construction documents), и тем самым согласовывая выбранные подрядчиком торговые наименования материалов и оборудования под заданные технические характеристики, указанные в технических спецификациях (Technical specifications). По этим же причинам именно проектировщик или А/Е по окончании строительства проставляет штамп «As-built» на аналоге рабочей документации подрядчика, проверяя документацию на соответствие всем согласованным изменениям и проектной документации [15]. Таким же вопросом является функционал по рассмотрению запросов подрядчика на согласование изменений. В связи с вышеизложенным требуется более тщательно подходить к вопросу назначения ответственных лиц за соответствующий контроль при внедрении отдельных зарубежных процедур.

В части входного контроля (Material inspection) и операционного контроля (In-process inspection) зарубежная практика полностью совпадает с требованиями Порядка. Представители строительного контроля заказчика проверяют лишь правильность проведенного контроля подрядчиком (верификационный контроль). Однако в части выборочного контроля заказчиком есть существенные различия.

Как было указано ранее, представитель RPR не имеет права производить какие-либо испытания на площадке за подрядчика, однако он обязан присутствовать при всех испытаниях. Данное простое решение с одной стороны удешевляет услуги для заказчика, а с другой стороны снимает большинство вопросов к факту проведения и результатам инструментального контроля подрядчика.

Порядком не было предусмотрено дублирующего контроля, однако в проекте Правил установлена необходимость проведения дублирующего лабораторного контроля.

При наличии множества объектов у одного технического заказчика контролировать исполнение графика выполнения работ может лишь специалист, непосредственно посещающий объект. И в большинстве случаев данный функционал, аналогично зарубежной практике включают в договор на осуществление строительного контроля заказчика.

Также важно подчеркнуть, что в зарубежной практике контроля качества, в отличие от отечественного строительного контроля, далеко не все работы должны предъявляться представителю

заказчика. Множество работ можно продолжать, уведомив заказчика об их окончании в точке освидетельствования (Witness point) и лишь для точек удержания (Hold point) необходимо присутствие представителя RPR с подписью в соответствующем документе. Данная возможность является реализацией концепции риск-ориентированного контроля (Risk-based inspection) и дает больше гибкости в предъявлении работ, а также экономит ресурс заказчика [16].

В проекте Правил был добавлен функционал по приемке работ. Однако, в части ответственности за подписание документов на оплату необходимо понимать принципиальную разницу в отечественном и зарубежном подходах. Приведем выдержки из типовых условий договоров AIA и Положения о федеральных закупках (Federal Acquisition Regulation – FAR) США.

Согласно § 9.4.2 A201-2017: «...выдача сертификата на оплату не будет являться подтверждением того, что Заказчик провел исчерпывающие или непрерывные проверки на месте для проверки качества или количества выполненных работ...».

Согласно § 9.6.6 A201-2017: «Сертификат об оплате, платеж за прогресс, частичное или полное использование, или использование объекта владельцем не означает приемку работ, не соответствующих контрактным документам».

Также согласно п.52.232-32 FAR: «Утверждение должностным лицом по контракту запроса на оплату, основанную на результатах, не является приемкой правительства и не освобождает подрядчика от выполнения обязательств по настоящему контракту».

В п.11.8 практического руководства CSI [17] также указано: «Условия договора обычно предусматривают, что платежи за прогресс не являются приемкой. Платежи за прогресс производятся в ответ на заявления и заверения подрядчика о том, что работа соответствует требованиям контрактной документации. Это означает, что сертификация оплаты Заказчиком не основана на исчерпывающих проверках. Таким образом, условия контракта предусматривают, что владелец может отказаться от работы и соответствующим образом скорректировать оплату в любое время до окончательной приемки».

Из вышеизложенного можно заключить, что рекомендации об оплате не основываются на постоянных проверках качества на площадке и не являются приемкой. Кроме того, у зарубежных коллег только финальная оплата (Final payment) с финальной приемкой имеет юридические последствия для обеих сторон. Все промежуточные периодические платежи являются авансированием подрядчика, соответственно ответственность А/Е или RPR за подписание документов на оплату (Certificate of payment) в процессе строительства не имеет таких последствий как в отечественной практике с подписанием форм актов о приемке выполненных работ (КС-2). Это также полностью

меняет психологию взаимоотношений между подрядчиком и заказчиком [18].

**Структура участка строительного контроля заказчика.** Должностной состав представителя RPR в США обычно состоит из:

- инженера-резидента (Resident Engineer);
- инспектора (Inspector);
- клерка (Clerk);

Для небольших объектов заключается договор с одним инженером-резидентом, который выполняет весь необходимый функционал. Для более крупных объектов инженер-резидент может руководить группой из инспекторов (Inspector) и клерков (Clerk). В данном случае для более эффективной работы инженер-резидент делит соответствующий функционал между подчиненными, где клерк занимается административной работой, а инспектор соответственно выполняет функционал по контролю качества «на месте». В зависимости от сложности группа посещает объект по согласованному графику, либо постоянно на нем находится.

Отечественная практика имеет аналогичный состав представителей строительного контроля заказчика, включая руководителей и специалистов строительного контроля, а также часто включает специалистов производственно-технического отдела (ПТО) несмотря на то, что данная функциональная единица относится больше к структуре подрядной организации.

Также состав отечественного строительного контроля заказчика прямо не предполагает участие специалистов-сметчиков, как это требуется у технического заказчика, однако, в связи с характером отечественного ценообразования и рисками переплаты, в том числе с неправильно примененными расценками или индексами, организации по предоставлению услуг строительного контроля заказчика вынуждены держать в штате данных специалистов для контроля документации на оплату (приемку).

Исходя из проведенного анализа обязанностей и функционала можно заключить, что в целом представитель RPR имеет множество схожих функций с представителем строительного контроля заказчика согласно Порядка. Учитывая вышеизложенное, принято решение далее сравнить объем выделяемых средств на предоставление услуг по строительному контролю заказчика по Правилам с расходами на услуги представителя RPR.

**Нормативы расходов на услуги строительного контроля заказчика.** Согласно Порядку, норматив расходов заказчика на осуществление строительного контроля составляет от 1,09 до 2,14% к стоимости строительства.

Согласно проекту Правил, нормативы расходов заказчика на осуществление строительного контроля несколько изменились и теперь дифференцированы также по отнесению объекта к линейному или площадному согласно таблице 2

**Таблица 2.** Нормативы расходов заказчика на осуществление строительного контроля

**Table 2.** Standards of the customer's expenses for the implementation of owner's inspection

Сметная стоимость строительства, определенная по итогам глав 1-9 сводного сметного расчета стоимости строительства (графы 4,5,6 и 7) (за исключением расходов на приобретение земельных участков) в текущем уровне цен, млн. рублей	Нормативы расходов заказчика на осуществление строительного контроля, %	
	Линейные объекты	Площадные объекты
1	2	3
300	2,03	1,83
800	1,68	1,55
1200	1,56	1,44
1700	1,46	1,36
2500	1,35	1,27
5000	1,18	1,13

При этом, для площадных объектов расходы заложены несколько ниже, приблизительно на 4-10%, а также в целом снизились в сравнении с Порядком.

Рассмотрим аналогичные нормы расходов в США. Оплата по договорам с организациями, осуществляющими функционал А/Е (Engineer) и RPR (Inspector), осуществляется по согласованным человеком-часам, но бюджет обычно закладывается согласно принятому уровню расходов, в процентах от общей стоимости строительства (Percentage of construction cost), включая размер запасов непредвиденных расходов. В связи с высокой разницей в заработных платах предлагается

сравнить лишь относительные расходы к стоимости строительства.

Согласно многочисленным исследованиям [19, 20, 21, 22, 23], расходы на А/Е, в том числе проектирование в США составляют от 2 до 18% от стоимости строительства.

Кроме того, в США местные органы власти должны согласовывать максимальный размер оплаты на инженерные услуги (А/Е), а также на инспекции (RPR) [24]. В таблице 3 приведен пример утвержденных максимальных процентов платы за услуги А/Е и RPR для программы развития сельской местности (Community Development Block Grant - CDBG) Флориды, США [25].

**Таблица 3.** Максимальные проценты платы за услуги проектирования и инспекции для программы развития сельской местности

**Table 3.** Maximum percentages of fees for design and inspection services for the rural development program

Estimated Construction Cost / Сметная стоимость строительства (долл. США)	Maximum Engineering Fee Percentages from Florida RUS Bulletin 1780- 9 Revised 10/2009 (Applicable to Basic Engineering)/ Максимальные проценты платы за проектирование в соответствии с бюллетенем Florida RUS 1780-9, пересмотренным 10/2009 (применимо к базовому проектированию)		Maximum Engineering Fee Percentages from Florida RUS Bulletin 1780- 9 Revised 06/2007 (Applicable to Inspection) / Максимальные проценты платы за проектирование в соответствии с бюллетенем Florida RUS 1780-9, пересмотренным 06/2007 (применимо к инспекции)	
	Basic Fee Table I Maximum / Базовая Максимальная плата Таблица I	Basic Fee Table II Maximum / Базовая Максимальная плата Таблица II	Inspection Fee Table IA Maximum / Максимальная плата за инспекцию в таблице IA	Inspection Fee Table II Maximum / Максимальная плата за инспекцию в таблице II
100 000	12,3	10,1	6,9	6,5
200 000	11,2	9,4	6,3	5,9
300 000	10,4	8,9	5,8	5,3
400 000	10	8,5	5,5	4,9
500 000	9,6	8,2	5,3	4,7
600 000	9,2	7,9	5,1	4,6
800 000	8,6	7,5	4,6	4,1
1 000 000	8,2	7,2	4,1	3,8
2 000 000	7,8	6,8	3,5	2,9
3 000 000	7,4	6,4	3,1	2,4
4 000 000	7,1	6,1	3	2,2
5 000 000	6,8	5,9	2,8	2
7 500 000	6,6	5,7	2,8	1,95
10 000 000	5,9	4,6	2,5	1,8
15 000 000	6,1	5,2	2,3	1,6
20 000 000	5,9	5,1	2,2	1,45

Примечания: Таблицы I и I-A должны использоваться для строительства водоочистных сооружений, коллекторов, станций очистки сточных вод и реконструкции существующих очистных сооружений. Для всех других проектов используются таблицы II и II-A.

Согласно представленному документу, расходы на RPR закладываются от 1,45 до 6,9% в зависимости от вида строительства и его стоимости. В ряде других источников [26, 27, 28, 29] данная норма выше и составляет от 3 до 13% к стоимости строительства с более широкой дифференциацией по разным видам работ. Самый высокий процент затрат назначен для капитального ремонта и реконструкции, при этом доля для дорожного строительства закладывается несколько ниже.

Из проведенного анализа можно заключить, что зарубежные коллеги закладывают на аналогичную функцию строительного контроля заказчика в 2-6 раз больше средств, чем предусмотрено отечественными нормами. Далее рассмотрим методы расчета норматива расходов на строительный контроль заказчика.

**Методы расчета норматива расходов на строительный контроль заказчика.** Основную часть расходов на инженерно-технических работников (далее – ИТР) составляет заработная плата, к которой добавляются такие лимитированные затраты как налоги, сборы, взносы, амортизация основных фондов, материальные затраты и прочие расходы. Поэтому нормативы расходов на осуществление строительного контроля заказчика основаны, в первую очередь, на нормативах труда.

Нормирование труда ИТР и служащих может осуществляться различными методами. При этом метод, основанный на использовании нормативов и норм времени, имеет много общего с методикой нормирования труда основных рабочих. В частности, используются одни и те же методы изучения затрат рабочего времени, статистической обработки исходных данных и т.д.

Вместе с тем специфика инженерных и управленческих работ заставляет изыскивать особые пути решения задач нормирования труда. Творческий характер труда ИТР и служащих, преобладание в нем элементов умственного труда,

большой удельный вес операций, не поддающихся непосредственному наблюдению, неравномерность в работе и другие специфические особенности усложняют задачу нормирования, однако не исключают возможности ее решения. Все эти особенности требуют, в большинстве случаев, применения методов укрупненного нормирования и установления штатов на основе нормативов численности, норм обслуживания и управляемости [30].

Основные методы нормирования труда можно условно разделить на две группы:

1. Основанные на изучении затрат рабочего времени:

- по нормативам и нормам времени;
- с использованием исследовательских методов обработки данных о затратах рабочего времени.

2. Основанные на статистическом анализе численности работников:

- по нормативам численности;
- по нормам обслуживания и управляемости.

При этом методы нормирования, основанные на изучении затрат рабочего времени, являются более точными (прямое нормирование) по сравнению с методами, основанными на анализе численности работников (косвенное нормирование). Наибольшая точность нормирования достигается путем применения нескольких методов нормирования одновременно.

Касательно применяемых методов нормирования расходов в действующем Порядке и проекте Правил, данные отсутствуют. Предположительно, норматив расходов основывался на менее точном (косвенном) статистическом анализе численности специалистов транспортного строительства. При этом требуется изучение применимости нормативов трудоемкости и соответственно норматива расходов транспортного строительства (линейных объектов) для объектов другого типа (площадных). Практика же проведения строительного контроля заказчика говорит о более низкой трудоемкости на линейных объектах за счет множества однотипных видов работ, что идет вразрез принятого норматива расходов, представленного в проекте Правил.

И если принять предположение о заниженном уровне существующих норм, то собранные при этом статистические данные о фактической численности персонала могут говорить лишь об ее адаптации к заложенному бюджету под выплачиваемый уровень зарплат.

Одним из методов, который бы позволил собрать и обработать данные о затратах рабочего времени и далее рассчитать норматив расходов мог бы стать способ оплаты услуг строительного контроля заказчика по часам специалистов. Кроме того, почасовая оплата услуг строительного контроля заказчика могла бы дать большую эффективность его проведения в связи с тем, что в таком случае он становится менее зависимым от освоения подрядчиком выделенных средств. Однако

использование на практике данного метода в сложившейся системе отечественного ценообразования и оплаты пока маловероятно.

Статьей предлагается рассмотреть более точный метод расчета трудоемкости работы специалистов строительного контроля заказчика и, соответственно, норматива расходов на его осуществление. Суть метода заключается в расчете трудоемкости с ее привязкой к ведущему функционалу. Таким ведущим, или основным функционалом в осуществлении строительного контроля заказчика является освидетельствование работ с выездом на место. Точка освидетельствования наиболее подходит на роль центральной единицы трудоемкости, исходя из которой далее рассчитываются все остальные ведомые элементы функционала, как, например, верификационный контроль, контроль графика выполнения работ и пр.

Для определения трудоемкости требуется собрать количество точек необходимых освидетельствований, рассчитанных, в первую очередь, на основе планируемой или фактически подписанной исполнительной документации. Данный метод позволит с приемлемой точностью рассчитать расходы и дифференцировать их по типам строительства и видам работ.

## ВЫВОДЫ

В результате проведенного анализа было выявлено, что функционал строительного контроля в целом соответствует зарубежной практике. Здесь следует отметить, что законопроект изменений в 384-ФЗ [31] с исключением формы государственного строительного надзора из обязательной оценки соответствия процессов строительства и планирование выдачи итогового документа о соответствии специализированными организациями, осуществляющими строительный контроль заказчика в течение строительства, является логичным решением в плане баланса функционала и ответственности.

Однако в части норматива расходов на осуществление строительного контроля заказчика зарубежные коллеги имеют возможность закладывать в несколько раз больше средств в относительном выражении. Это дает основания полагать, что нормативы Порядка, а также проекта Правил могут быть занижены и не отражают реальную потребность.

В результате организации, осуществляющие строительный контроль заказчика, чтобы иметь возможность выплачивать конкурентоспособную зарплату своим работникам, вынуждены закреплять за каждым специалистом больше объектов, что часто приводит к невозможности выполнять ими полный комплекс контрольных мер в соответствии с требованиями действующего законодательства и стандартов.

Кроме того, при такой изначально низкой базе любой демпинг участников при закупках на

осуществление услуг в данной сфере может свидетельствовать о неких других источниках финансирования, часто незаконных в ущерб качеству строительства объекта, на котором осуществляется контроль.

С целью оптимизации методики расчета нормативов расходов предлагается применить более точный метод, основанный на расчете трудоемкости осуществления строительного контроля заказчика, привязанной к точкам освидетельствования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мотылев Р.В., Карпушкин А.С. Совершенствование порядка проведения строительного контроля // Вестник гражданских инженеров. 2022. №1(90). С. 66-72. DOI:10.23968/1999-5571-2022-19-1-66-72.
2. Проект Постановления Правительства РФ «Об утверждении Правил проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 468». Режим доступа: <https://regulation.gov.ru/projects#npa=129418> (дата обращения 18.04.2023).
3. Алексеева Н. А. Методика расчета затрат на осуществление строительного контроля при осуществлении функций технического заказчика // Фотинские чтения – 2022 (осеннее собрание). Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, приуроченной к 50-летию высшего строительного образования в Удмуртии. Ижевск. 2023. С.38-44.
4. Топчий Д.В. Организационно-технические решения по обеспечению качества строительномонтажных работ на различных этапах жизненного цикла объекта строительства // Вестник МГСУ. 2023. том 18. №2. С. 283-292.
5. Кузьмина Т.К., Долгих О.Н. Проблематика нормирования труда инженеров строительного контроля на современном этапе // Технология и организация строительного производства. 2017. №4. С. 6-9.
6. Кузьмина Т.К., Славин А.М. Моделирование деятельности технического заказчика на этапе технического надзора // Промышленное и гражданское строительство. 2015. №4. С. 62-66.
7. Чередниченко Н.Д., Семенов А.А. Современные подходы к формированию службы технического заказчика // Инженерный вестник Дона. 2023. №2(98). С. 359-370.
8. Четверик Н.П. Еще раз о независимом строительном надзоре: европейский опыт // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. №10(189). С. 49-51.
9. Четверик Н.П. Совершенствование порядка проведения строительного контроля // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2010. №6(137). С.36 – 39.
10. Fisk E.R., Reynolds W.D. Construction project administration /. -9th ed. Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, One Lake Street, Upper Saddle River, New Jersey. 2010. 415 p.
11. Мотылев Р.В., Карпушкин А.С. Пути сокращения сроков итоговой проверки, проводимой органами государственного строительного надзора, на примере зарубежных подходов // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 5(88). С.95 – 101. DOI:10.23968/1999-5571-2021-18-5-95-101.
12. Карпушкин А.С. Совершенствование формы и порядка ведения общего журнала работ в условиях цифровизации строительной отрасли // Строительное производство. 2022. №2. С. 6-14 DOI: 10.54950/26585340\_2022\_2\_6.
13. Мотылев Р.В., Карпушкин А.С. Анализ системы документирования строительного контроля в сравнении с зарубежными подходами // Вестник гражданских инженеров. 2021. №6 (89). С.87 – 95. DOI:10.23968/1999-5571-2021-18-6-87-95.
14. Горошин А.В. Презентация к докладу «Строительный контроль. Проблематика формирования технического задания и стоимости». ФАУ «РОСДОРНИИ». Международный форум в сфере закупок в строительстве «WORLD BUILDSTATE CONTRACT» 02.03.2023. Режим доступа: <https://rosdornii.ru/documents/doklady-i-prezentatsii/meropriyatiya-2023/#> (дата обращения 18.04.2023).
15. Карпушкин А.С. Совершенствование способа проектирования при конкурентном выборе подрядчика на примере зарубежных подходов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. вып.10. С. 87-95.
16. Карпушкин А.С. Сравнительный анализ элементов планирования, уведомления технического заказчика и предъявления работ в отечественной системе строительного контроля и зарубежной практике // Материалы всероссийской молодежной научно-практической конференции «Технология и организация строительного производства». СПбГАСУ. 28-29 апреля 2021. С. 96-110.
17. John Wiley & Sons, Inc. Construction Contract Administration Practice Guide // The Construction Specifications Institute. Hoboken, New Jersey. 2011. 306 p.
18. Цопа Н.В., Карпушкин А.С., Халилов А.Э. Совершенствование системы ценообразования при бюджетном финансировании строительства на примере зарубежных подходов // Экономика строительства и природопользования. 2021. №3(80). С. 53-63. DOI:10.37279/2519-4453-2021-3-53-63.
19. Carrie S. Sturts, F. H. (Bud) Griffis. Pricing Engineering Services // Journal of management in engineering (ASCE). April 2005. Pp. 56-62. DOI: 10.1061/(ASCE)0742-597X(2005)21:2(56).
20. Florence Yean Yng Ling. Consultancy Fees: Dichotomy between A/E's Need to Maximize Profit and Employers' Need to Minimize Cost // Journal of

professional issues in engineering education and practice (ASCE). April 2004. Pp.120-123. DOI: 10.1061/(ASCE)1052-3928(2004)130:2(120).

21. M. L. Feldmann. Architectural and Engineering Fees from the Public Institutional Perspective / M.L. Feldmann, Donald Chrusciel, Andreas Pohlmann, Mack C. Shelley II, Kelly McCool, A. Dean Morton, Christopher K. Ahoy. // Journal of management in engineering (ASCE). January 2008. P.2 – 11. DOI: 10.1061/(ASCE)0742-597X(2008)24:1(2).

22. Paul G. Carr. Design Fees, the State of the Profession, and a Time for Corrective Action / Paul G. Carr, P.E., Pamela S. Beyor. // Journal of management in engineering (ASCE). July 2005. P.110 – 117. DOI: 10.1061/(ASCE)0742-597X(2005)21:3(110).

23. Mayssa Kalach, Mohamed-Asem Abdul-Malak, Issam Srour. Architect and Engineer's Spectrum of Engagement under Alternative Delivery Methods: Agreement Negotiation and Formation Implications // J. Leg. Aff. Dispute Resolut. Eng. Constr. (ASCE). 2020. №12(1). P.1 – 17. DOI: 10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000360.

24. Florida Administrative Code and Florida Administrative Register. Florida small cities community development block grant program. Chapter 73C-23. Режим доступа: <https://www.flrules.org/gateway/ChapterHome.asp?Chapter=73C-23> (дата обращения 18.04.2023).

25. Florida Small Cities Community Development Block Grant (CDBG). Application for Funding. Form SC-60, Effective. April 2015. Режим доступа: [https://www.flrules.org/gateway/readRefFile.asp?refId=5350&filename=Form\\_SC-60\\_Small\\_Cities\\_CDBG\\_Application\\_for\\_Funding\\_2015.pdf](https://www.flrules.org/gateway/readRefFile.asp?refId=5350&filename=Form_SC-60_Small_Cities_CDBG_Application_for_Funding_2015.pdf) (дата обращения 18.04.2023).

26. Community development block grant program application manual 2022. Mississippi development authority community incentives division. Режим доступа: <https://mississippi.org/wp-content/uploads/2022-CDBG-Application-Manual.pdf> (дата обращения 18.04.2023).

27. Community Development Block Grants Water + Wastewater Engineering/ Application & Guidelines/ State of Oklahoma. January 2023. Режим доступа: <https://www.okcommerce.gov/wp-content/uploads/CDBG-Water-Wastewater-Engineering-Guidance.pdf> (дата обращения 18.04.2023).

28. Kentucky USDA/RURAL Development utility program fee guide. Режим доступа: <https://canvas.wisc.edu/courses/270716/files/21211792> (дата обращения 18.04.2023).

29. Procurement policies and procedures for use of state and federal grant funds. Mobile county commission Alabama. Режим доступа: [https://www.mobilecountyal.gov/uploads/file\\_library/2020-amended-procurement-p&p-\(final-with-exhibit\).pdf](https://www.mobilecountyal.gov/uploads/file_library/2020-amended-procurement-p&p-(final-with-exhibit).pdf) (дата обращения 18.04.2023).

30. Воротникова В.В., Павленко А.П., Слезингер Г.Э. Нормирование труда инженерно-технических работников и служащих. М.: «Экономика», 1970. 255 с.

31. Законопроект № 322233-8 «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Режим доступа: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/322233-8> (дата обращения 18.04.2023).

## REFERENCES

1. Motylev R.V., Karpushkin A.S. Improvement of the construction control procedure // Vestnik grazhdanskix inzhenerov. 2022. No1(90). Pp. 66-72. DOI:10.23968/1999-5571-2022-19-1-66-72. (In Russian).

2. Draft Resolution of the Government of the Russian Federation "On Approval of the Rules of Construction Control during Construction, Reconstruction and Capital Repairs of Capital Construction Facilities and on Invalidation of the Decree of the Government of the Russian Federation of June 21, 2010. No 468». Режим доступа: <https://regulation.gov.ru/projects#npa=129418> (date of access 18.04.23) (In Russian).

3. Alekseeva N. A. Methodology for calculating the costs of construction control when performing the functions of a technical customer // Fotinskie chteniya - 2022 (osennee sobranie). Sbornik materialov IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, priurochennoj k 50-letiyu vysshego stroitel'nogo obrazovaniya v Udmurtii. Izhevsk. 2023. Pp.38-44. (In Russian).

4. Topchij D.V. Organizational and technical solutions to ensure the quality of construction and installation work at various stages of the life cycle of the construction object // Vestnik MGSU. 2023. tom 18. No 2. Pp. 283-292. (In Russian).

5. Kuzmina T.K., Dolgih O.N. The problems of rationing the work of construction control engineers at the present stage // Tekhnologiya i organizaciya stroitel'nogo proizvodstva. 2017. No 4. Pp.6-9. (In Russian).

6. Kuzmina T.K., Slavin A.M. Modeling the activity of a technical customer at the stage of technical supervision // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2015. No 4. Pp.62-66. (In Russian).

7. Cherednichenko N.D., Semenov A.A. Modern approaches to the formation of the technical customer service // Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. No 2(98). Pp. 359-370. (In Russian).

8. Chetverik N.P. Once again about independent construction supervision: European experience // Stroitelnye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. 2014. No 10(189). Pp.49-51. (In Russian).

9. Chetverik N.P. Improvement of the construction control procedure // Stroitelnye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. 2010. No 6(137). Pp. 36-39. (In Russian).

10. Fisk E.R., Reynolds W.D. Construction project administration /. -9th ed. Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, One Lake Street, Upper Saddle River, New Jersey. 2010. 415 p.

11. Motylev R.V., Karpushkin A.S. Ways to reduce the time of the final inspection carried out by the state construction supervision bodies, using the example of foreign approaches // *Vestnik grazhdanskix inzhenerov*. 2021. No 5(88). Pp.95-101. DOI:10.23968/1999-5571-2021-18-5-95-101. (In Russian).
12. Karpushkin A.S. Improving the form and procedure for maintaining a general journal of work in the conditions of digitalization of the construction industry // *Stroitelnoe proizvodstvo*. 2022. No 2. Pp.6-14 DOI: 10.54950/26585340\_2022\_2\_6. (In Russian).
13. Motylev R.V., Karpushkin A.S. Analysis of the construction control documentation system in comparison with foreign approaches // *Vestnik grazhdanskix inzhenerov*. 2021. No 6 (89). Pp.87-95. DOI:10.23968/1999-5571-2021-18-6-87-95. (In Russian).
14. Toroshhin A.V. Presentation to the report "Construction control. The problems of the formation of the terms of reference and cost". FAU «ROSDORNII». *Mezhdunarodnyj forum v sfere zakupok v stroitel'stve «WORLD BUILDSTATE CONTRACT»* 02.03.2023. <https://rosdornii.ru/documents/doklady-i-prezentatsii/meropriyatiya-2023/#> (date of access 18.04.23) (In Russian).
15. Karpushkin A.S. Improving the design method in the competitive selection of a contractor on the example of foreign approaches // *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Texnicheskie nauki*. 2021. вып.10. Pp.87-95. (In Russian).
16. Karpushkin A.S. Comparative analysis of planning elements, notification of the technical customer and presentation of works in the domestic construction control system and foreign practice // *Materialy vs Rossijskoj molodyozhnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Texnologiya i organizaciya stroitel'nogo proizvodstva»*. SPbGASU. April 28-29, 2021. Pp. 96-110. (In Russian).
17. John Wiley & Sons, Inc. *Construction Contract Administration Practice Guide* // The Construction Specifications Institute. Hoboken, New Jersey. 2011. 306 p.
18. Tsopa N.V., Karpushkin A.S., Halilov A.E. Improving the pricing system for budget financing of construction on the example of foreign approaches // *Ekonomika stroitelstva i prirodopolzovaniya*. 2021. No 3(80). Pp. 53-63. DOI:10.37279/2519-4453-2021-3-53-63. (In Russian).
19. Carrie S. Sturts, F. H. (Bud) Griffis. Pricing Engineering Services // *Journal of management in engineering (ASCE)*. April 2005. Pp. 56-62. DOI: 10.1061/(ASCE)0742-597X(2005)21:2(56).
20. Florence Yean Yng Ling. Consultancy Fees: Dichotomy between A/E's Need to Maximize Profit and Employers' Need to Minimize Cost // *Journal of professional issues in engineering education and practice (ASCE)*. April 2004. Pp. 120-123. DOI: 10.1061/(ASCE)1052-3928(2004)130:2(120).
21. M. L. Feldmann. Architectural and Engineering Fees from the Public Institutional Perspective / M.L. Feldmann, Donald Chrusciel, Andreas Pohlmann, Mack C. Shelley II, Kelly McCool, A. Dean Morton, Christopher K. Ahoy. // *Journal of management in engineering (ASCE)*. January 2008. Pp. 2-11. DOI: 10.1061/(ASCE)0742-597X(2008)24:1(2).
22. Paul G. Carr. Design Fees, the State of the Profession, and a Time for Corrective Action / Paul G. Carr, P.E., Pamela S. Beyor. // *Journal of management in engineering (ASCE)*. July 2005. Pp. 110-117. DOI: 10.1061/(ASCE)0742-597X(2005)21:3(110).
23. Mayssa Kalach, Mohamed-Asem Abdul-Malak, Issam Srouf. Architect and Engineer's Spectrum of Engagement under Alternative Delivery Methods: Agreement Negotiation and Formation Implications // *J. Leg. Aff. Dispute Resolut. Eng. Constr. (ASCE)*. 2020. №12(1). Pp. 1-17. DOI: 10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000360.
24. Florida Administrative Code and Florida Administrative Register. Florida small cities community development block grant program. Chapter 73. C-23. Режим доступа: <https://www.flrules.org/gateway/ChapterHome.asp?Chapter=73C-23> (date of access 18.04.23).
25. Florida Small Cities Community Development Block Grant (CDBG). Application for Funding. Form SC-60, Effective. April 2015. Режим доступа: [https://www.flrules.org/gateway/readRefFile.asp?refId=5350&filename=Form\\_SC-60\\_Small\\_Cities\\_CDBG\\_Application\\_for\\_Funding\\_2015.pdf](https://www.flrules.org/gateway/readRefFile.asp?refId=5350&filename=Form_SC-60_Small_Cities_CDBG_Application_for_Funding_2015.pdf) (date of access 18.04.23).
26. Community development block grant program application manual 2022. Mississippi development authority community incentives division. Режим доступа: <https://mississippi.org/wp-content/uploads/2022-CDBG-Application-Manual.pdf> (date of access 18.04.23).
27. Community Development Block Grants Water + Wastewater Engineering/ Application & Guidelines/ State of Oklahoma. January 2023. Режим доступа: <https://www.okcommerce.gov/wp-content/uploads/CDBG-Water-Wastewater-Engineering-Guidance.pdf> (date of access 18.04.23).
28. Kentucky USDA/RURAL Development utility program fee guide. Режим доступа: <https://canvas.wisc.edu/courses/270716/files/21211792> (date of access 18.04.23).
29. Procurement policies and procedures for use of state and federal grant funds. Mobile county commission Alabama. Режим доступа: [https://www.mobilecountyal.gov/uploads/file\\_library/2020-amended-procurement-p&p-\(final-with-exhibit\).pdf](https://www.mobilecountyal.gov/uploads/file_library/2020-amended-procurement-p&p-(final-with-exhibit).pdf) (date of access 18.04.23).
30. Vorotnikova V.V., Pavlenko A.P., Slezinger G.E. Rationing of labor of engineering and technical workers and employees. Moscow: "Economy", 1970. 255 p. (In Russian).
31. Draft Law No. 322233-8 "On Amendments to the Federal Law "Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures". <https://sozd.duma.gov.ru/bill/322233-8> (date of access 18.04.23) (In Russian).

## ANALYSIS OF THE OWNER'S INSPECTION SERVICES FUNCTIONALITY AND THE STANDARD OF PRICE FOR ITS IMPLEMENTATION

Tsopa N.V.<sup>1</sup>, Karpushkin A.S.<sup>2</sup>, Karpushkin S.S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> V.I. Vernadsky Crimean Federal University,  
295050, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya str., 181, natasha-ts@yandex.ru

<sup>2</sup> Crimean branch of the FAI "RosKapStroy",  
295034, Republic of Crimea, Simferopol, Moskovskaya str., 12/ Repina str., 101, karpushkin@yandex.ru

<sup>3</sup> V.I. Vernadsky Crimean Federal University,  
295050, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya str., 181, karpushkinss@mail.ru

**Abstract.** As a result of the analysis of data from institutions providing services for the owner's inspection on a state order, as well as a survey of experts, it was revealed that from 5 to 15 areal objects are often assigned to one specialist. With such a load, a specialist simply physically does not have the opportunity to visit each object more than 1-2 times a week, which is clearly not enough for both the inspection of work and the verification of input control and in-process inspection. This fact led to the choice of the topic of this study, in which the authors tried to raise the question of the correctness of the accepted norms of expenses for the maintenance of the owner's inspection and to outline further ways to optimize them.

**Subject of study:** The functionality of the owner's inspection and the standard of costs for its implementation.

**Materials and methods:** The comparison method analyzes domestic and foreign approaches in terms.

**Results:** As a result of the analysis, it was revealed that, in general, the functionality of the owner's inspection corresponds to foreign approaches, but the latter lay several times more funds in relative terms for its implementation.

**Conclusions:** The results obtained give reason to believe that the existing standards may be underestimated and do not reflect the real need. A more accurate method of calculating the standard of expenses based on the calculation of labor intensity is proposed.

**Key words:** expenses, costs, owner's inspection, technical supervision, engineer-resident

## РАМНЫЕ УЗЛЫ ПОЛИГОНАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Перминов Д.А.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»  
295050, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, dmitriy714@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются узлы из гнутых профилей полигонального сечения. Выполнен анализ распределения напряжений в элементах узла для двух конструктивных решений. Рассмотрен характер разрушения узлов.

**Предмет исследования:** Г-образные узлы, в которых сечение ригеля и стойки было одинаковым. Было рассмотрено два типа узлов. Первый тип: с примыканием ригеля к сквозной (без выреза) стойке. Второй тип: с соединением стержней в узле на «на ус» без усилений.

**Материалы и методы:** Расчет напряженно-деформированного состояния моделей узлов рамного каркаса выполнен с помощью ПК «ЛИРА-САПР», теоретической основой которой является метод конечных элементов, реализованный в форме перемещений.

**Результаты:** По результатам расчета в упругой стадии были получены данные о распределении продольных напряжений в наиболее напряженных сечениях элементов узла.

**Выводы:** Результаты исследования рамных узлов показали, разрушение узлов происходило или из-за образования трещин, или из-за потери местной устойчивости пластинками узлов. Разрушение всех узлов происходило после образования пластических зон, т.е. в упругопластической стадии работы узла. Также исследования узлов позволили оценить эффективность усиления узлов различными конструктивными элементами или их сочетаниями.

**Ключевые слова:** рамные узлы, замкнутый гнутый профиль полигонального сечения, напряжения.

## ВВЕДЕНИЕ

Непрерывно расширяющееся применение металла в строительных конструкциях связано с внедрением в практику строительства новых конструктивных форм и профилей металла. Рамные конструкции, достаточно широко используемые в качестве стальных каркасов зданий и сооружений, традиционно имели в основном двутавровое сечение. В последние годы в практику строительства во всё большей степени внедряются рамные конструкции, выполненные из стержней коробчатого сечения. Намегившаяся тенденция к использованию в таких конструкциях, замкнутых гнутосварных профилей объясняется их преимуществами не только перед традиционными горячекатаными, но и перед цилиндрическими трубчатыми профилями.

Основными преимуществами применения конструкций из замкнутых гнутых профилей, являются следующие: более рациональное распределение металла по сечению, связанное с характерным для замкнутых гнутых профилей наибольшим коэффициентом рациональности формы сечения и наименьшей удельной толщиной стенки; возможность более рационального, чем в открытых профилях, использования высокопрочных сталей; повышенная стойкость против коррозии; возможность встраивать конструкции из замкнутых гнутых профилей в качестве элементов современного интерьера благодаря их привлекательному внешнему виду; возможность изготовления профилей нетрадиционной конфигурации; по сравнению с цилиндрическими трубами прямоугольные замкнутые гнутые профили проще в обработке и

при компоновке узлов конструкций, их жесткость на кручение выше.

Вместе с тем, работа узлов стержневых конструкций из замкнутых гнутых профилей, особенно рамных узлов, изучена недостаточно.

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Сквозные строительные конструкции, стержни которых выполнены из замкнутых гнутых профилей, принципиально ничем не отличаются от традиционных конструкций из горячекатаных профилей. Однако у них есть ряд особенностей, вытекающих из их геометрических характеристик и связанных прежде всего с их тонкостенностью.

Необходимость изучения действительной работы таких узлов привела к тому, что выполнено значительное количество исследований по изучению узлов из замкнутых гнутых профилей, в том числе работы И.В. Левитанского и др., Г.И. Кекса, Э.Ф. Гарфа, В.И. Новикова, В.А. Балдина и Н.М. Шейнфельда, Богданди, К. Силаши.

Все эти работы посвящены узлам, в которых стержни работают на центральную нагрузку (растяжение или сжатие).

Работа Шейнфельда является одной из первых, в которой описываются узлы в фермах, созданных ЦНИИСКом, ЦНИИпромзданий, ЦНИИПСК и Укрпроектстальконструкцией.

В работе И.В. Левитанского и др. приведены результаты испытания узлов стропильной раскосной фермы, выполненных из замкнутых прямоугольных гнутых профилей с примыканием к поясу сжатого и растянутого раскосов К-образных узлов. Исследовались узлы с непосредственным примыканием раскосов к поясу и узлы с

различными видами усиления, выполненными таким образом, чтобы передать нагрузку от раскосов на большую часть периметра сечения пояса в узле. Применение этих усилений увеличило несущую способность узлов в среднем на 15%

В работах Гарфа и Новикова приводятся результаты исследования узлов ферм с примыканием одного, двух и более элементов решетки к поясу. Выявлены два основных вида разрушения узла:

- 1) местное деформирование вертикальных стенок пояса;
- 2) разрушение раскоса по зоне примыкания к поясу.

Определены также основные факторы, влияющие на несущую способность узла:

- 1) полуразность в ширине пояса и раскосов;
- 2) толщина стенки пояса;
- 3) угол наклона раскоса к поясу;
- 4) размер продольных стенок раскоса.

На основании проведенных экспериментов были получены графики и эмпирические зависимости для расчета узлов такого типа.

В работе Г.И. Кекса приведены данные о испытании узлов с примыканием одного и двух элементов. Полученные данные в основном подтверждают результаты И.В. Левитанского и Э.Ф. Гарфа.

В работе К. Силаши также исследовались рамы с примыканием одного и двух элементов к поясу и получены аналогичные результаты.

В работе Богданди приводятся примеры различных узлов из замкнутых профилей, которые могут быть применены не только в фермах, но и в рамных конструкциях. Некоторые из этих узлов представляют несомненный интерес. Так, например, показан узел, пояс которого представляет собой замкнутый прямоугольный профиль, а раскосы – круглые полые профили.

Кроме описанных выше исследований интерес представляют исследования, проведенные западногерманской фирмой «Маннесман».

Исследовались узлы ферм, в которых усилия направлены по осям стержней, и рамные узлы, работающие на поперечный изгиб.

В работе Мехротра приведены рекомендации по конструированию Г-образных узлов с соединением ригеля и стойки со скосом их под углом  $45^{\circ}$  (“на ус”), с применением подкосов из гнутого профиля, с применением диафрагмы, а также данные по испытанию Т-образных узлов с подкосами и без подкосов. Вводится понятие о коэффициенте прочности узла. Коэффициент прочности принимается равным отношению напряжения в растянутом раскосе (для решетчатых конструкций) при появлении текучести в узле к пределу текучести. Приводятся значения прочности для некоторых частных случаев.

Общие указания по конструированию узлов сводятся к следующему:

1) Для примыкающих профилей (диагонали, раскосы, ригели) следует выбирать наименьшую толщину стенки при большем периметре.

2) Для сквозных профилей (пояса, стойки) выгодна повышенная толщина стенки.

3) Угол примыкания должен быть не менее  $30^{\circ}$ .

4) Толщина стенок должна быть не менее 2.9 мм.

5) Отношение ширины примыкающего профиля к ширине стойки или пояса должно быть не менее 0.4.

Однако полученные в этой работе данные не являются достаточно проверенными и обоснованными.

Таким образом, в проведенных исследованиях узлов из гнутых профилей (за исключением выполненных фирмой “Маннесман”) фактически не изучалась работа рамных узлов, а исследования, проведенные фирмой «Манесман», относятся к очень ограниченному сортаменту профилей и носят чисто эмпирический характер.

Исследования коробчатых сечений посвящен ряд работ, в том числе работы Р.Де Бёра, К. Клёппеля и др., Э.Рейсснера, Дж. Хаджи-Арджириса и Г.Л. Кокса, Дж. Хорсвилла, С.А. Ильясевича.

В работах Р.Де Бёра, К.Клёппеля, Э. Рейсснера, Дж. Хорсвилла приводятся результаты исследований коробчатых металлических стержней, причем особое внимание обращено на неравномерность распределения напряжений по периметру сечения. Неравномерность распределения нормальных напряжений в горизонтальных гранях полого коробчатого сечения вызывается так называемым «запоздалым сдвигом». Сущность этого явления сводится к тому, что боковые пластинки коробчатого сечения препятствуют сдвигу других пластинок стержня, а это ведет к накоплению напряжений на участках сечения, примыкающих к боковым пластинкам.

Математическое описание этого явления дано Э. Рейсснером, который, исходя из предпосылки о параболическом распределении продольных напряжений в горизонтальных гранях сечения коробчатой балки, предложил дифференциальное уравнение, связывающее прогибы точек горизонтальных пластинок с изгибающими моментами и геометрическими характеристиками. Исходя из этого дифференциального уравнения, автор получил значения напряжений для некоторых частных случаев (балка, защемленная по краям, консоль с линейным изменением нагрузки). Решения представлены в виде суммы двух слагаемых: первое слагаемое представляет собой решение элементарной теории сопротивления материала, второе слагаемое – поправка, учитывающая влияние «запоздалого сдвига».

В работе Г.Л. Кокса решается аналогичная задача, но другим методом (в рядах), и решение не доводится до практического результата.

В работах Р.Д. Бёра и К. Клёппеля предлагается заменить фактическую площадь поперечного сечения с параболическим распределением

напряжений эквивалентной площадью с прямолинейным распределением напряжений максимальной величины.

В работе Р.Д. Бёра эта задача решается для коробчатой балки на двух опорах, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой.

В работе К. Клёппеля рассматривается сжато-изогнутая балка на двух опорах. Здесь параболическое распределение напряжений наблюдается по всем четырем сторонам коробчатого сечения. В этой работе размер эквивалентного участка находится путем решения системы уравнений, связывающих линейные размеры сечения и напряжения.

В работе Ильясевича приводится методика расчета одно- и многосекционных коробчатых сечений на изгиб и кручение применительно к расчету коробчатых металлических мостов. Описываются также результаты экспериментального исследования тонкостенной коробчатой конструкции. Большой интерес представляют эпюры нормальных напряжений в верхнем листе профиля, максимальные значения которых соответствуют местам установки вертикальных ребер.

Стержни с полигональным замкнутым поперечным сечением имеют пока незначительное применение: в качестве осветительных мачт. В качестве элементов рамных конструкций такие стержни не использовались. В то же время, конструкции из стержней полигонального сечения несомненно заслуживают внимания, т.к. соединяют в себе качества конструкций с прямоугольным и круглым полым поперечным сечением.

Как видно из приведенного выше обзора работ, неравномерность распределения напряжений исследовалась многими авторами.

При исследовании работы замкнутого гнутого профиля, представляющего собой частный случай коробчатого сечения, важным является учет свойств криволинейных элементов гнутых профилей (ребер и гофров).

Особенностями гнутых профилей является наличие зон упрочнения в местах, где металл подвергался холодному гнанию, а также одинаковая толщина металла холодногогнутого профиля по всему периметру сечения.

Исходя из выше сказанного, целью исследований является изучение напряженного состояния рамных узлов, выполненных из замкнутых гнутых профилей прямоугольного сечения.

Задачами исследования являются: исследование работы на поперечный изгиб рамных узлов, выполненных из замкнутых гнутых профилей; уточнить характер концентрации напряжений в узлах различной конструктивной формы; определить характер распространения зон пластичности в элементах узла; выявить прочностные свойства узлов в зависимости от их конструктивных особенностей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Теоретическое исследование распределения напряжений в зонах узловых соединений классическими методами теории упругости весьма затруднительно. Это вызвано разнообразием конструкций узлов, особенностями внешнего нагружения, а также крайне сложным взаимодействием элементов узла. В связи с этим, расчет напряженно-деформированного состояния модели узла рамного каркаса выполнен методом конечных элементов (МКЭ). Теоретической основой ПК «ЛИРА» является МКЭ, реализованный в форме перемещений. Выбор именно этой формы объясняется простотой ее алгоритмизации и физической интерпретации, наличием единых методов построения матриц жесткости и векторов нагрузок для различных типов конечных элементов, возможностью учета произвольных граничных условий и сложной геометрии рассчитываемой конструкции.

Таким образом, для проведения исследования были созданы численные модели узлов (рис. 1, 2).

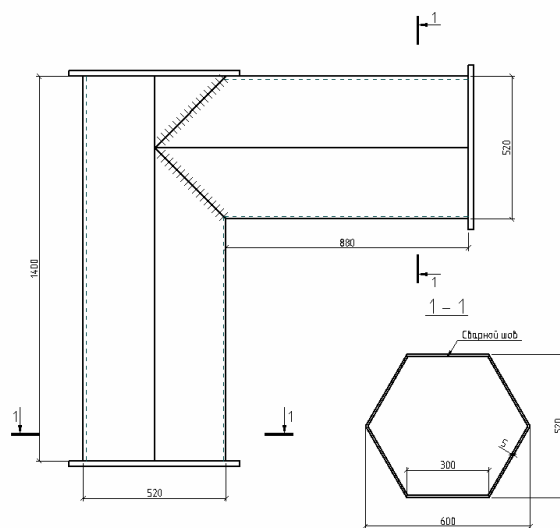
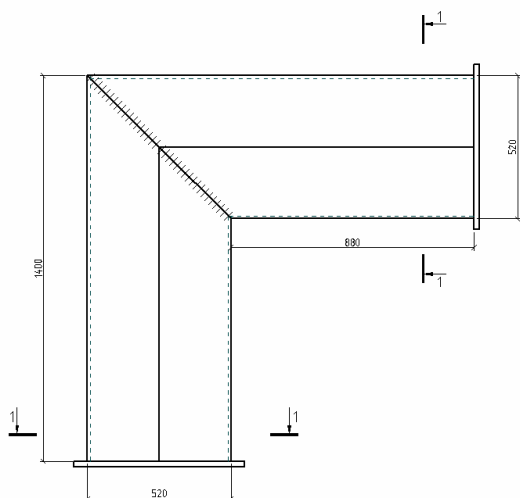


Рис. 1. Узел №1

Fig. 1. Knot No1



**Рис. 2. Узел №2**  
**Fig. 2. Knot No2**

Узлы выполнялись при каждом типе поперечного сечения в нескольких вариантах конструктивного решения: Г-образные узлы, в которых сечение ригеля и стойки было одинаковым:

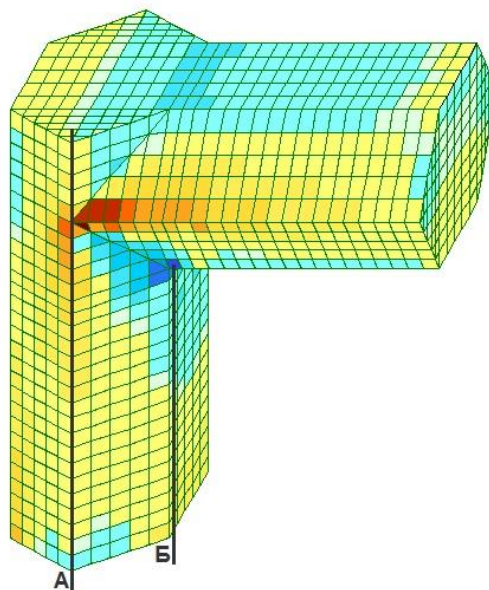
- с примыканием ригеля к сквозной (без выреза) стойке;
- с соединением стержней в узле на «на ус» без усиления.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

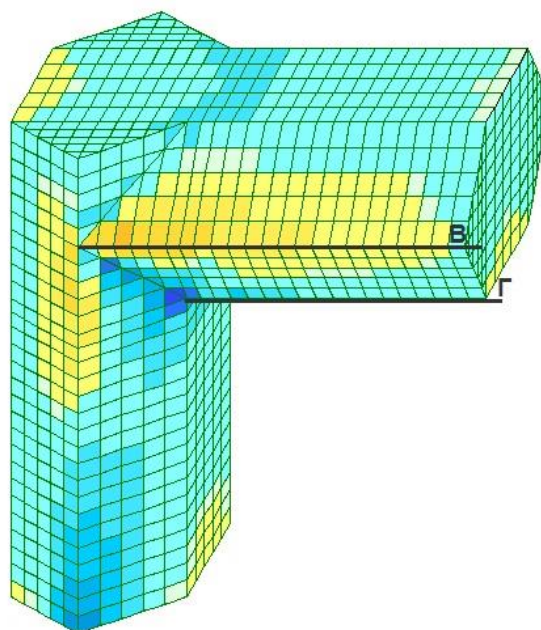
Анализ данных проведенных испытаний показал, что элементы узлов не теряют устойчивости в упругой стадии. Последовательность развития напряженного состояния наблюдалась такая: сначала рост концентрации напряжений в отдельных точках, затем появление пластических деформаций, после этого потеря местной устойчивости или образование трещин в местах концентрации напряжений.

В связи с этим основной проблемой при обеспечении несущей способности узла является не защита его элементов от потери устойчивости (т.к. это уже вторичное явление), а создание таких условий работы, при которых напряжения в узле не достигнут значений предела текучести.

Ниже приводятся данные о распределении продольных напряжений в наиболее напряженных сечениях узла (рис. 3 -:- 10). При этом следует учитывать, что на рисунках, показывающих распределение напряжений в испытанных узлах, приведены напряжения, вычисленные для упругой стадии работы металла.



**Рис. 3. Мозаика распределение напряжений  $\sigma_x$  в узле №1**  
**Fig. 3. Mosaic stress distribution  $\sigma_x$  in node No1**



**Рис. 4. Мозаика распределение напряжений  $\sigma_y$  в узле №1**  
**Fig. 4. Mosaic stress distribution  $\sigma_y$  in node No1**

На узле №1 (рис 3, 4) резко выраженные пики напряжений отсутствуют. Места, в которых напряжения повышены, показаны на рис 5 ÷ 8. Причины повышения напряжений именно в этих местах следующие: у внутреннего узла напряжения концентрируются из-за вдавливания нижней пластины ригеля в пластину стойки, другие места концентрации напряжений у средних горизонтальных ребер ригеля образуются из-за того, что в каждом из этих мест соединяются два ребра и два сварных шва.

Повышенные напряжения плавно локализируются на длине 30-40см вдоль ребер.

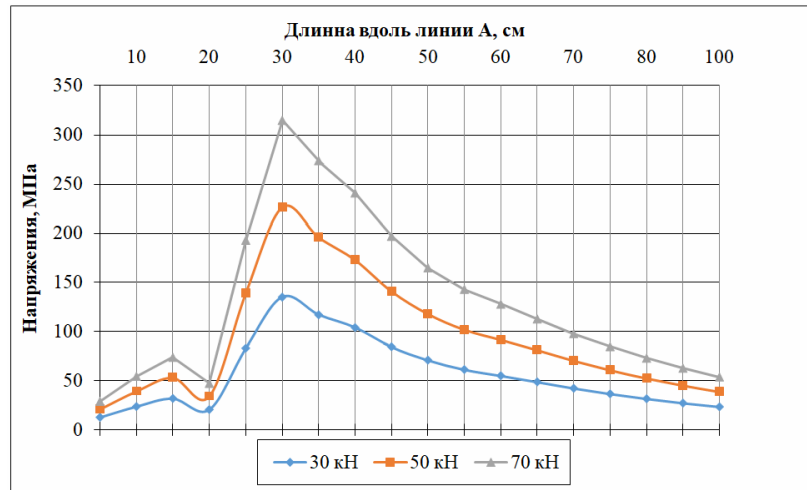


Рис. 5. Эпюра распределения напряжений в узле №1 вдоль линии А  
 Fig. 5. Stress distribution diagram  $\sigma_x$  in node No1 along line A

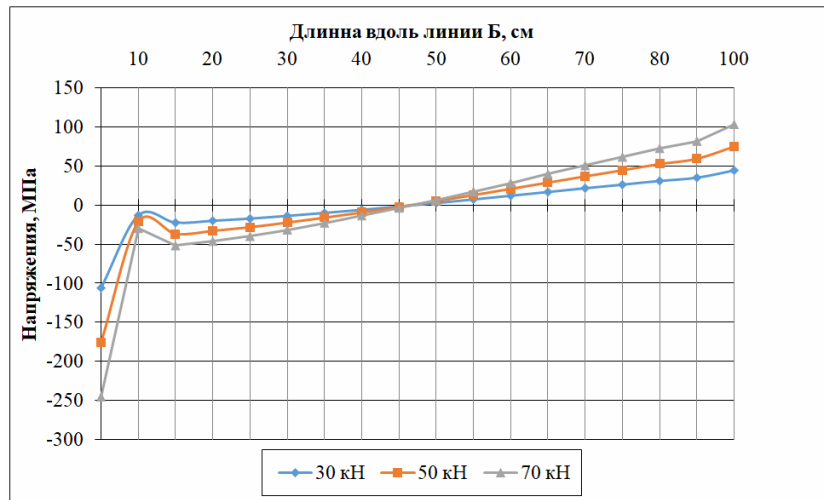


Рис. 6 - Эпюра распределения напряжений в узле №1 вдоль линии Б  
 Fig. 6. Stress distribution diagram  $\sigma_x$  in node No1 along line B

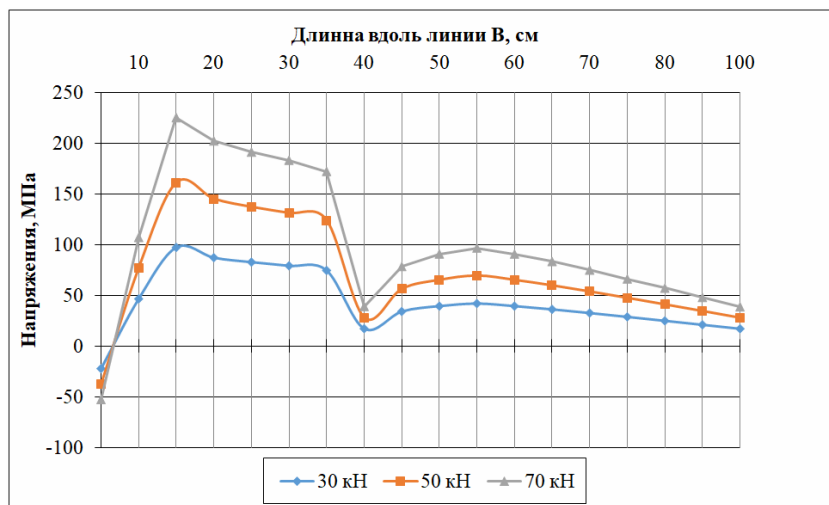


Рис. 7 - Эпюра распределения напряжений в узле №1 вдоль линии В  
 Fig. 7. Stress distribution diagram in node No1 along line B

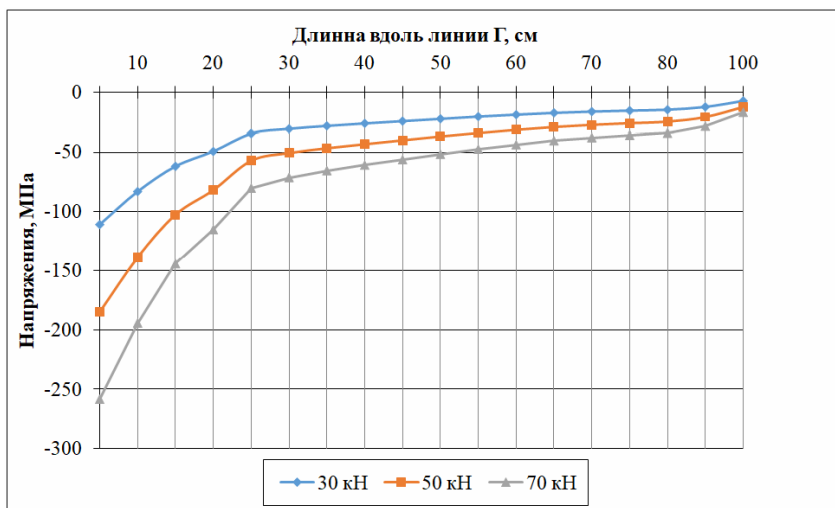


Рис. 8 - Эпюра распределения напряжений в узле №1 вдоль линии Γ

Fig. 8. Stress distribution diagram in node No1 along line Γ

В узле №2 (рис. 9, 10) пики напряжений наблюдаются по всему периметру стыка ригеля со стойкой (рис. 11-13). Максимальная величина пика – у средних ребер. Это вызвано распором возникающим в шестигранном сечении, которое представляет собой две складчатые арки, сложенные пятами. Локализуются пики на длине ~ 20÷25 см.

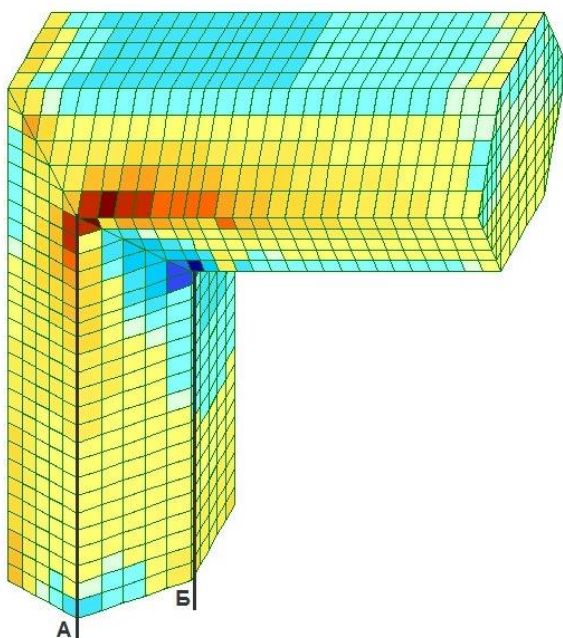


Рис. 9. Мозаика распределение напряжений  $\sigma_x$  в узле №2  
Fig. 9. Mosaic stress distribution  $\sigma_x$  in node No2

Приведенные выше данные пиков напряжений и их локализации кратко показаны в таблице 1.

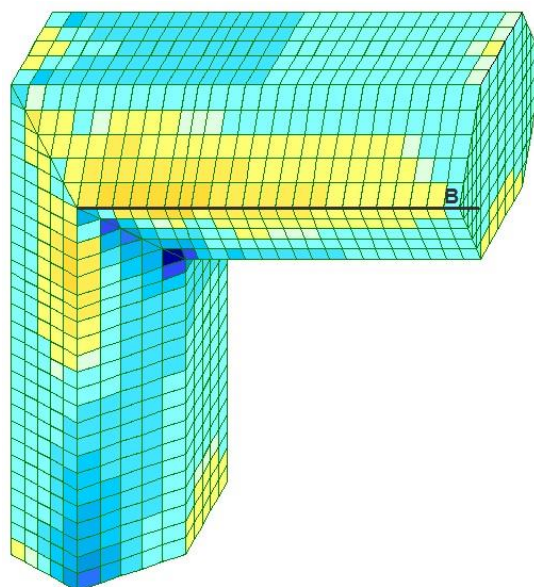


Рис. 10. Мозаика распределение напряжений  $\sigma_y$  в узле №2  
Fig. 10. Mosaic stress distribution  $\sigma_y$  in node No2

Из таблицы 1 видно следующее: у Г-образных узлов с шестигранным сечением стержней самым напряженным местом является место стыка среднего горизонтального ребра ригеля со средним вертикальным ребром стойки. Здесь пик напряжений вызывается распором от двух ломаных арок, составляющих поперечное шестигранное сечение.

Рассмотрение полученных экспериментальных данных показывает, что градиенты концентрации напряжений по горизонтальной и вертикальной осям имеют у Г-образных узлов один порядок величин.

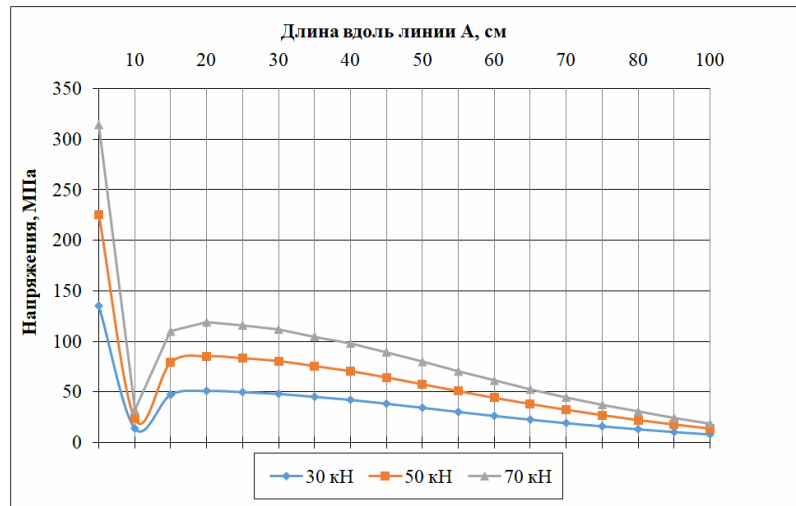


Рис. 11. Эпюра распределения напряжений в узле №2 вдоль линии А  
 Fig. 11. Stress distribution diagram in node No2 along line A

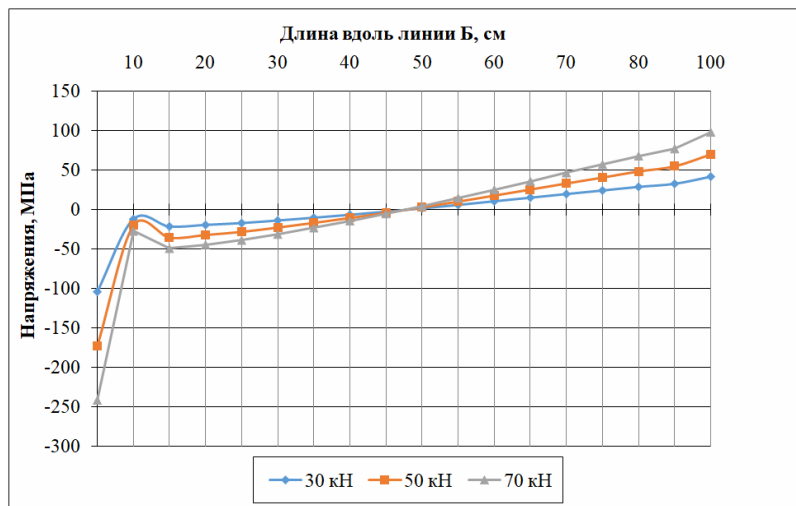


Рис. 12. Эпюра распределения напряжений в узле №2 вдоль линии Б  
 Fig. 12. Stress distribution diagram in node No2 along line B

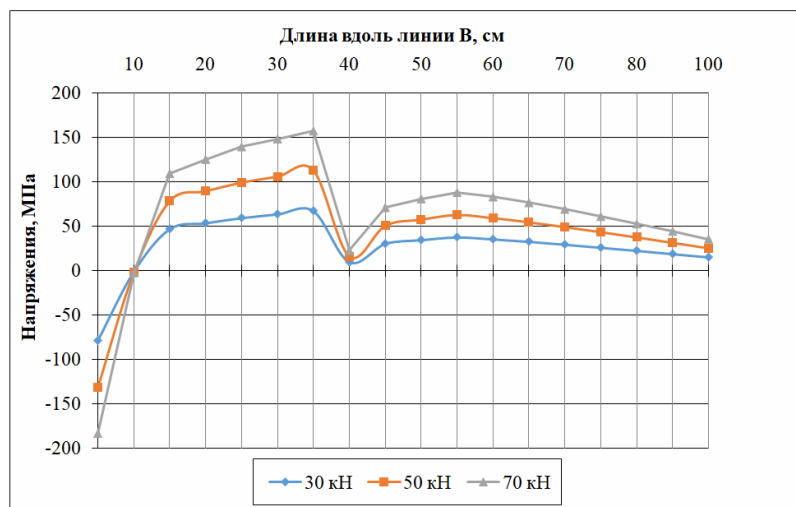


Рис. 13. Эпюра распределения напряжений в узле №2 вдоль линии В  
 Fig. 13. Stress distribution diagram in node No2 along line B

**Таблица 1.** Сводная таблица расположения пиков продольных нормальных напряжений в узлах  
**Table 1.** Summary table of the location of the peaks of longitudinal normal stresses in the nodes

№ Узла	Место расположения пика напряжений	Локализация пика напряжений по периметру сечения элемента узла	Локализация пика напряжений вдоль по пластинке	Примечание
Узел №1	У внутреннего входящего угла и у стыка среднего горизонтального ребра ригеля со средним вертикальным ребром стойки	15 см – половина ширины примыкающей пластинки	30-40 см	
Узел №2	У стыка средних ребер (горизонтального ребра ригеля и вертикального ребра стойки)	По всему периметру сечения стыка (под углом 45° к образующим)	20-25 см	

## ВЫВОДЫ

Узел №1 выполнен из гнутого профиля шестигранного сечения, причем к сквозной стойке примыкает ригель. Ригель соединен сварными швами с тремя пластинками и охватывает половину поперечного сечения. С этим связана меньшая величина концентрации напряжений, а также то, что зона местной потери устойчивости находится за пределами стыка ригеля и стойки.

В узле №2 образование высоких пиков концентрации напряжений в местах стыка среднего горизонтального ребра ригеля со средним вертикальным ребром стойки (из-за действия распора, возникающего в поперечном шестигранном сечении, представляющем собой две арки, соединенные пятаями) привело к развитию трещин и разрушению узла. Результаты разрушения показали необходимость введения в конструкцию узла усиливающего элемента.

Рассмотрение характера разрушения рамных узлов дает возможность сделать следующие выводы:

1). Разрушение узлов происходило или из-за образования трещин, или из-за потери местной устойчивости пластинками узлов. Разрушение всех узлов происходило после образование пластических зон, т.е. в упругопластической стадии работы узла.

2). Потеря местной устойчивости произошла в узле №1 за пределами стыка ригеля и стойки.

3) В узле №2 образовались трещины в местах наибольшей концентрации растягивающих напряжений. Трещины появились из-за концентрации напряжений ввиду неудачной формы поперечного сечения.

Исследования узлов позволили оценить эффективность усиления узлов различными конструктивными элементами или их сочетаниями.

С точки зрения теоретических методов расчета можно оценить для каждого типа конструктивного решения стыка, какие силовые факторы изменяются при каждом усилении узла.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ажермачев Г.А., Перминов Д.А. Конструктивное решение рамного узла, обеспечивающее снижение влияния концентраторов напряжений // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Symferopol-Lublin : 2009. Том 11А. С. 94-100.
2. Ажермачев Г.А., Остриков Г.М. Экспериментальное исследование узловых соединений рамных каркасов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1972. № 9. С. 2-6.
3. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. К.: Факт, 2005. 344 с.
4. Лира 9.4. Примеры расчета и проектирования: Учебное пособие / Боговис В.Е., Гензерский Ю.В., Гераймович Ю.Д., Куценко А.Н. Киев: Факт, 2008. 280 с.
5. Лихтарников Я.М. Исследование узлов рамного типа из гнутых профилей // Промышленное строительство. 1971. № 10. С. 32-34.
6. FEMA-352. Recommended Postearthquake Evaluation and Repair Criteria for Welded Steel Moment-Frame Buildings / Federal Emergency Management Agency, SAC Joint Venture. June 2000.
7. Choi Jaehyung, S.C. Goel, B. Stojadinovic. Development of Free Flange Moment Connection // Technical Report UMCEE 00-15, Dep. of Civil and Environmental Eng. The University of Michigan, 2000.
8. Молев И.В., Святошенко А.Е. Создание расчетной модели рамного узла и обоснование принятых упрощений // Технические науки: сб. тр. аспирантов и магистрантов. Н. Новгород, 2005. С. 40-43.
9. Гузненков В.Н., Журбенко П.А. Компьютерное моделирование как основа геометрографической подготовки в техническом университете // Строительство и техногенная безопасность. Симферополь, 2016. Вып. 4. С.64–65.

10. Металлические конструкции. В 3 т. Т.3. Стальные сооружения / ред. В.В. Кузнецов. М.: изд. АСВ, 1999. 528 с.

11. Килимник Л.Ш., Лаврентьева Л.Э. Работа узлов стальных каркасов зданий при статических и циклических нагрузках // Промышленное строительство. 1970. № 9. С. 28-32.

12. Перминов Д.А. Исследование напряженного состояния узлов из гнутых профилей замкнутого сечения // Строительство и техногенная безопасность. Симферополь, 2017. Вып. 7. С. 47-54.

## REFERENCES

1. Agermachev G.A., Perminov D.A. Structural solution of the frame node, providing a reduction in the influence of stress concentrators // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Symferopol-Lublin : 2009. Tom 11A. Pp. 94-100.

2. Agermachev G.A., Ostrikov G.M. Experimental study of nodal joints of frame frames // News universities. Construction and architecture. 1972. No 9. Pp. 2-6.

3. Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. Komputernie modeli konstrukciy [Computer models of structures]. K.: Fakt, 2005. 344 p.

4. LIRA 9.4. Primery rascheta i proektirovaniya: Uchebnoe posobie [Examples of calculation and design: Tutorial] / Bogovis V.E., Genzerskiy U.V., Geraimovich U.D., Kucenko A.N. Kiev: Fakt, 2008. 280 p.

5. Lihtarnikov I.M. Investigation of frame-type units from bent profiles // Industrial engineering. 1971. No 10. Pp. 32-34.

6. FEMA-352. Recommended Postearthquake Evaluation and Repair Criteria for Welded Steel Moment-Frame Buildings / Federal Emergency Management Agency, SAC Joint Venture. – June 2000.

7. Choi Jaehyung, S. C. Goel, B. Stojadinovic. Development of Free Flange Moment Connection // Technical Report UMCEE 00-15, Dep. of Civil and Environmental Eng. The University of Michigan, 2000.

8. Molev I.V., Sviatoshenko I.V. Creation of a calculation model of a frame node and justification of the accepted simplifications // Technical sciences: a collection of works of graduate students and undergraduates. N. Novgorod, 2005. Pp. 40-43.

9. Guzenkov V.N., Gurbenko P.A. Computer modeling as the basis of geometric-graphic training at a technical university // Construction and industrial safety. Simferopol, 2016. Vol. 4. Pp.64-65.

10. Metalicheskie konstrukcii [Metal structures]. In 3 volumes. Vol. 3. Steel structures / ed. V.V. Kuznetsov. M.: ed. ASV, 1999. 528 p.

11. Kilimnik L.S., Lavrentieva L.E. Operation of steel frame node of buildings under static and cyclic loads // Industrial engineering. 1970. No 9. Pp. 28-32.

12. Perminov D.A. Investigation of the stress state of nodes from bent profiles of a closed section // Construction and industrial safety. Simferopol, 2017. Vol. 7. Pp. 47-54.

## FRAME KNOTS OF POLYGONAL SECTION

Perminov D.A.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University,  
Simferopol, Kievskaya str., 181, dmitriy714@mail.ru

**Abstract.** In article deals with knots from bent profiles of a polygonal section. The analysis of distribution of tension in knot elements for two constructive decisions with strengthening is made and without. The nature of destruction of knots is considered.

**Subject of study:** L-shaped nodes, in which the cross-section of the crossbar and the post was the same. Two types of nodes were considered. The first type: with the adjoining of the crossbar to the through (without cutout) rack. The second type: with the connection of the rods in the node on the "moustache" without reinforcements.

**Materials and methods:** The calculation of the stress-strain state of the models of the frame nodes was performed using the LIRA-CAD software package, the theoretical basis of which is the finite element method, implemented in the form of displacements.

**Results:** Based on the results of the calculation in the elastic stage, data were obtained on the distribution of longitudinal stresses in the most stressed sections of the assembly elements.

**Conclusions:** The results of the study of frame nodes showed that the destruction of the nodes occurred either due to the formation of cracks, or due to the loss of local stability by the plates of the nodes. The destruction of all nodes occurred after the formation of plastic zones, i.e. in the elastoplastic stage of the node operation. Also, the studies of nodes made it possible to evaluate the effectiveness of strengthening the nodes with various structural elements or their combinations.

**Key words:** frame nodes, closed bent profile of polygonal section, stresses.



## СПОСОБ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ЦЕМЕНТА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Пушкарев Б.А.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,  
295050, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, boris\_pushkarev@mail.ru

**Аннотация.** Выполнен анализ публикаций, в которых исследованы другие способы снижения расхода цемента для изготовления изгибаемых железобетонных конструкций, в которых применялись пустотообразователи, вкладыши, шлаки, оптимальный подбор размеров и соотношений песка и щебня, тепловая обработка, замена поргандцемента шлакощелочным вяжущим, добавлением в бетон золы.

**Предмет исследования.** В статье приведены исследования по снижению расхода цемента при изготовлении железобетонных изгибаемых конструкций без предварительного напряжения на примерах: 1) сборная балка; 2) монолитная плита перекрытия, 3) сборная плита перекрытия с пустотами круглого сечения.

**Материалы и методы.** Обоснованы актуальность, возможность и целесообразность реализации поставленной задачи по снижению расхода цемента при изготовлении изгибаемых железобетонных конструкций. Обращено внимание на то, что бетон в растянутой зоне фактически не влияет на несущую способность изгибаемой конструкции, так как прочность бетона на растяжение очень мала и поэтому в расчётах не учитывается. Также обращено внимание на то, что в настоящее время в растянутой зоне применяется бетон той же прочности, что и в сжатой зоне. В растянутой зоне предлагается применять бетон пониженной прочности, а при конструировании и расчёте элементов изгибаемых конструкций учитывать, что в отдельных элементах бетон меняет несущую способность, а именно: сжатие на растяжение и наоборот, растяжение на сжатие. В таких местах, а это, как правило, опорные участки в неразрезных конструкциях, необходимо устанавливать дополнительную поперечную и продольную арматуру. Приведены примеры расчётов снижения расхода цемента: 1) для сборной балки размером 600×60×20 см, 2) монолитной железобетонной плиты перекрытия толщиной 24 см, 3) сборной балочной плиты перекрытий размерами 630×150×22 см с пустотами круглого сечения диаметром 159 мм.

**Результаты.** Предлагаемый способ позволяет снижать расход цемента на 22% при изготовлении балки, 32% при изготовлении монолитной железобетонной плиты перекрытия и 33% при изготовлении сборной балочной плиты перекрытия размером 630×150×22 см.

**Выводы.** Предлагаемый способ снижения расхода цемента при изготовлении изгибаемых железобетонных конструкций без предварительного напряжения возможен и целесообразен, а также является хорошим дополнением к известным способам снижения расхода цемента, приведённым в разделе «Обзор литературы». Отличие других способов от предложенного состоит в том, что в растянутых и сжатых зонах изгибаемых конструкций применяется бетон одинаковой прочности (класса), то есть в предложенном способе принято новое, ранее не применявшееся, решение: снижение расхода цемента в растянутой зоне изгибаемых конструкций. Реализация предложенного способа не предусматривает особых дополнительных затрат. В дальнейшем, планируется провести исследование возможности и целесообразности распространения предложенного способа на предварительно напряжённые железобетонные изгибаемые конструкции, провести испытания натуральных образцов, выполнить оптимизацию снижения класса бетона в растянутой зоне изгибаемых конструкций, а также сравнение теоретических и практических результатов.

**Ключевые слова:** снижение затрат, цемент, изгибаемые железобетонные конструкции

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальной задачей в строительстве было и остаётся снижение расхода цемента и уменьшение веса бетона в изгибаемых железобетонных конструкциях. Для этого разработаны и применяются в настоящее время неизвлекаемые и извлекаемые пустотообразователи изготовленные из таких материалов как картонно-полиэтиленовые, асбестоцементные, и пластмассовые трубы с сечениями круглыми, квадратными, вертикальными, эллипсоидальными, овальными. Для этих же целей применяются шлакощелочные бетоны и бетоны с добавлением золы. Способствует решению этой задачи и оптимальный подбор размеров, и соотношение щебня и песка. Предлагаемый способ снижения прочности бетона, а, следовательно, и расход цемента в растянутой зоне изгибаемых железобетонных конструкций: балок и плит перекрытий внесёт свой небольшой, но

полезный вклад в решение актуальной задачи. Целью и постановкой задач исследований является обоснование возможности и целесообразности понижения прочности бетона в растянутой зоне изгибаемых железобетонных конструкциях без предварительного напряжения на примерах: 1) железобетонных сборных балках с размерами 600×60×20 см, 2) монолитных сплошных железобетонных плитах перекрытий толщиной 24 см, 3) сборных балочных плитах перекрытий размерами 630×150×22 см с пустотами круглого сечения, диаметром 159 мм.

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В своих публикациях исследователи для снижения расхода бетона и цемента предлагают применять золу, молотый шлак, отходы металлургических заводов, шлакощелочной бетон, различные химические добавки – поташ, жидкое стекло, пластификаторы, вкладыши и пустотообразователи,

оптимизацию состава бетонных смесей и их тепловую обработку.

В работе [1] описан способ изготовления сборных железобетонных плит перекрытия с овальными пустотами с целью уменьшить расходы на изготовление плит перекрытий за счёт уменьшения расхода бетона и, следовательно, цемента, однако в массовом производстве способ не нашёл широкого применения из-за обрушения бетона стенок овального отверстия при извлечении пуансонов из свежесформованной плиты перекрытия.

Байков В.Н. и Сигалов Э.Е. в работе [2], приводя технико-экономические показатели плит перекрытий при номинальном пролёте 6 м отмечали, что наиболее экономичны по расходу бетона плиты с овальными пустотами; приведенная толщина бетона в них 92 мм, в то время как с плитами с круглыми пустотами она достигает 120 мм. Однако при изготовлении панелей с овальными пустотами на заводах возникают технологические трудности, вызванные тем, что после извлечения пустотообразователей стенки каналов свежесформованного изделия иногда обваливаются. Поэтому в качестве типовых приняты сборные плиты с круглыми пустотами. Дальнейшее совершенствование технологии заводского изготовления пустотных панелей позволит перейти к более экономичным по расходу бетона конструкциям.

Впервые научное обоснование применения шлакощелочного цемента взамен обычного портландцемента для изготовления бетонных и железобетонных конструкций дали Глуховский В.Д. и Пахомов В.А. [3].

В существующей нормативной документации [4] регламентируется расход цемента при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций. При этом нормируемое содержание цемента в 1 м<sup>3</sup> бетона изделий и конструкций (в плотном теле) должно обеспечивать предусмотренные проектной документацией свойства (класс прочности на сжатие, марку по плотности, морозостойкость, водонепроницаемость).

Интересным способом снижения расхода бетона при изготовлении плит перекрытий является применение неизвлекаемых пластмассовых пустотообразователей шайбовидной, шаровидной и коробчатой формы [5, 6], а также каменных материалов [7]. Этот способ изготовления плит позволяет снизить расход бетона по сравнению со сплошными плитами до 30 %. В работах [8-10] обоснован способ применения картонно-полиэтиленовых пустотообразователей при изготовлении монолитных железобетонных балочных плит перекрытий с заменой бетона на пустоту до 38 %. Способы, позволяющие снизить на 40 % вес круглопустотных железобетонных плит перекрытия, опёртых по контуру, предложен в

патентах [11, 12] за счёт применения неизвлекаемых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей. При этом снижается расход арматуры и бетона.

В ряде работ [13, 14] обосновано добавление в бетонную смесь золы твёрдых бытовых отходов для повышения прочности, морозостойкости, водонепроницаемости и снижения объёмной массы полученного бетона.

Подводя итоги анализу публикаций можно сделать вывод о том, что исследования по снижению расхода цемента для бетона в растянутой зоне изгибаемых железобетонных конструкций не установлены.

## МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе [2] авторы Байков В.Н. и Сигалов Э.Е. отмечают, что в сечениях, нормальных к продольной оси элементов, – при изгибаемых, внецентренно сжатых, внецентренно растянутых – при двузначной эпюре напряжений в стадии III характерно одно и тоже напряжённо-деформативное состояние. В расчётах прочности элементов усилия, воспринимаемые сечением, нормальным к продольной оси элемента, определяют по расчётным сопротивлениям материалов с учётом коэффициентов условий работы. При этом принимают следующие исходные положения: бетон растянутой зоны не работает – сопротивление  $R_{bt}$  равно нулю; бетон сжатой зоны имеет расчётное сопротивление  $R_b$  – эпюра напряжений прямоугольная; продольная арматура испытывает напряжения, не превышающие расчётное сопротивление  $\delta_s \leq R_s$ , продольная арматура в сжатой зоне испытывает напряжение  $\delta_{sc}$ . Однако, в настоящее время бетон в растянутой зоне по-прежнему принимается такого же класса (прочности) как и в сжатой зоне элемента. Также указанные авторы отмечают, что несущая способность элемента может быть удовлетворена при различных сочетаниях размеров поперечного сечения элемента и количества арматуры в нём. В реальных условиях стоимость железобетонных элементов близка к оптимальной при значениях:

$$\mu = 1 \dots 2\% \text{ } x/h_0 = 0,3 \dots 0,4 \text{ – для балок (1),}$$

$$\mu = 0,3 \dots 0,6\%; \text{ } x/h_0 = 0,1 \dots 0,15 \text{ для плит} \text{» (2),}$$

где  $\mu$  – процент армирования;

$x/h_0$  – относительная высота сжатой зоны бетона.

Поэтому предлагается в нижней (растянутой) зоне элемента укладывать бетон пониженной прочности, что позволит снизить расход цемента.

Ниже приведены примеры расчётов по снижению расхода цемента, при изготовлении изгибаемых железобетонных конструкций без предварительного напряжения: 1) сборных железобетонных балок, 2) монолитных железобетонных сплошных плит перекрытий 3) сборных железобетонных плит перекрытий с размерами 630×150×22 см с пустотами круглого сечения диаметром 159 мм.

**Пример №1.** Балка сборная железобетонная без предварительного напряжения размерами, м: (6(L)×0,5(h)×0,2(b)) (рис. 1-3) изготовлена из бетона

класса В20 на цементе марки 400, расход цемента в железобетонной балке  $340 \text{ кг/м}^3$  при отпускной прочности 80%. Требуется снизить расход цемента при сохранении несущей способности балки.

Выполняем конструирование балки и расчёт снижения расхода цемента. Объём бетона в балке составит  $V_b = 6 \times 0,5 \times 0,2 = 0,6 \text{ м}^3$ , а расход цемента в балке (по СНиП 82-02-95, таблица 1) до замены высокопрочного бетона класса В20 на бетон пониженной прочности В10 в растянутой зоне балки составит  $0,6 \times 340 = 204 \text{ кг}$ .

Из равенства  $x/h_0 = 0,4$  находим высоту сжатой зоны  $x$ : принимаем  $h_0 = 0,57 \text{ м}$ , тогда  $x = 0,57 \times 0,4 = 0,228 \text{ м}$ . Объём бетона в растянутой зоне составит  $(0,6 - 0,228) \times 6 \times 0,2 = 0,446 \text{ м}^3$ . Определяем (по СНиП 82-02-95, таблица 1) расход цемента марки 400 при 80 % отпускной прочности бетона в растянутой зоне после замены высокопрочного бетона на бетон пониженной прочности:  $0,446 \times 235 = 104,9 \text{ кг}$ , (здесь 235 расход цемента в кг на  $1 \text{ м}^3$  бетона класса В10).

Расход цемента в сжатой зоне составит  $(0,6 - 0,446) \times 340 = 53,76 \text{ кг}$ . Расход цемента марки 400 на балку после снижения прочности бетона в растянутой зоне составит  $104,9 + 53,76 = 158,66 \text{ кг}$ . Снижение расхода цемента марки 400 на одну балку составит  $(204 - 158,66) : 204 \times 100 = 22,23\%$ .

**Пример №2.** Расчёт снижения расхода цемента марки 400 в монолитных железобетонных сплошных на тяжёлом бетоне плитах перекрытий без предварительного напряжёния, Толщину плиты принимаем 24 см. Для удобства расчёт выполним применительно к  $1 \text{ м}^2$  плиты перекрытия. Принимаем класс бетона В22,5 до снижения класса бетона в растянутой зоне плиты перекрытия. Объём бетона в  $1 \text{ м}^2$  плиты перекрытия составит  $0,24 \text{ м}^3$ , и расход цемента  $370 \text{ кг}$  на  $1 \text{ м}^3$  бетона, а на  $1 \text{ м}^2$  плиты перекрытия толщиной 24 см расход цемента марки 400 при отпускной прочности бетона 80 % до снижения расхода цемента составит  $370 \times 0,24 = 88,8 \text{ кг}$ . Из равенства  $x/h_0 = 0,15$  находим высоту сжатой зоны  $x$ :  $x = 0,21 \times 0,15 = 0,0315 \text{ м}$ .

Объём бетона в растянутой зоне составит  $(0,24 - 0,0315) \times 1 = 0,2085 \text{ м}^3$ . Принимаем класс бетона замещения В10. Тогда расход цемента в растянутой зоне при классе бетона В10 составит  $235 \times 0,2085 = 49 \text{ кг}$ . Расход цемента на  $1 \text{ м}^2$  плиты перекрытия в сжатой зоне составит  $(0,24 - 0,2085) \times 370 = 11,66 \text{ кг}$ . Снижение расхода цемента составит  $88,8 - 49 - 11,66 = 28,14 \text{ кг}$  или  $28,14 : 88,8 \times 100 \% = 31,7 \%$ .

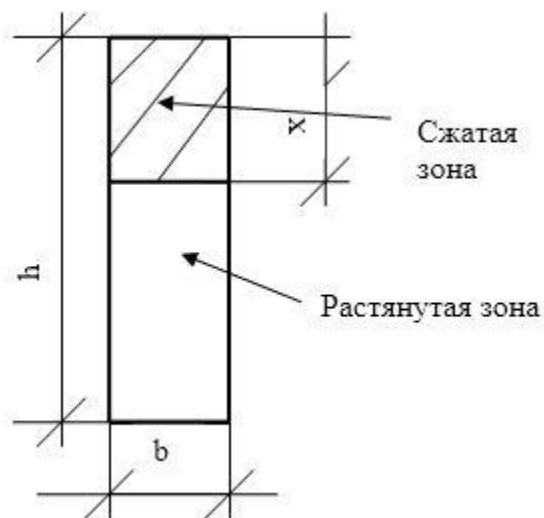


Рис. 1. Схема расположения сжатой и растянутой зоны в железобетонной балке tensile.

Fig. 1. Scheme of the location of the compressed and zone in reinforced concrete

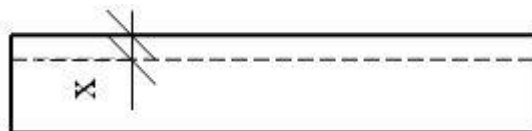


Рис. 2. Расчётная схема сжатой зоны высотой  $x$  в сечении монолитной сплошной плиты перекрытия.

Fig. 2. Calculation scheme of a compressed zone with a height  $x$  in the section of a monolithic solid floor slab

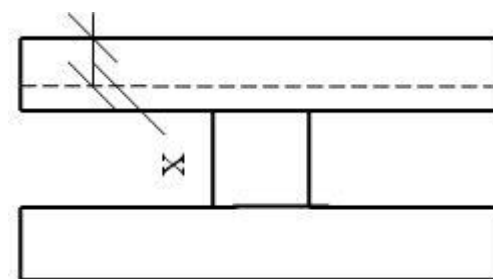


Рис. 3. Расчётная схема сжатой зоны высотой  $x$  в сечении сборной плиты перекрытия.

Fig. 3. Calculation scheme of the compressed zone with height  $x$  in the cross section of the prefabricated.

**Пример №3.** Расчёт снижения расхода цемента марки 400 в сборных железобетонных плитах перекрытий с размерами  $630 \times 150 \times 22 \text{ см}$  с пустотами круглого сечения диаметром 159 мм. Принимаем класс бетона В25. Определяем объём плиты перекрытия  $6,3 \times 1,5 \times 0,22 = 2,079 \text{ м}^3$ . Объём пустот в плите перекрытия (согласно патента на изобретение (№263156) [10] принимаем 38 % или  $2,079 \times 0,38 = 0,79 \text{ м}^3$ , следовательно, объём бетона в плите перекрытия составит  $2,079 - 0,79 = 1,289 \text{ м}^3$ .

Расход цемента марки 400 для бетона плиты перекрытия до снижения класса бетона составит:  $1,289 \times 425 = 547,83 \text{ кг}$ . Принимаем класс бетона

замещения в растянутой зоне В10. Из равенства  $x/h_0 = 0,15$  находим высоту сжатой зоны плиты перекрытия зоны  $x$ :  $x = 0,19 \times 0,15 = 0,0285$  м. Тогда объём сжатого бетона составит  $0,0285 \times 1,5 \times 6,3 = 0,269$  м<sup>3</sup>, где 1,5 – ширина плиты перекрытия, 6,3 – длина плиты перекрытия, 0,0285 метра – толщина верхней сжатой зоны плиты перекрытия в метрах. Тогда объём бетона в растянутой зоне составит  $1,289 - 0,269 = 1,02$  м<sup>3</sup>. По СНиП 82-02-85 определяем расход цемента на один м<sup>3</sup> бетона класса В100 в условиях тепловой обработки при отпускной прочности 90 % – 245 кг/м<sup>3</sup>. Расход цемента на бетон В100 в растянутой зоне плиты перекрытия составит:  $245 \times 1,02 = 249,9$  кг.

Расход цемента в сжатой зоне составит  $0,269 \times 425 = 114,3$  кг, где 0,269 – объём сжатого бетона, 425 – нормативный расход цемента для бетона класса В25 в условиях тепловой обработки при отпускной прочности 90% согласно таблице 1 СНиП 82-02-95. Тогда расход цемента на плиту перекрытия после применения в растянутой зоне плиты бетона замещения класса В10 составит  $114,3 + 249,9 = 364,2$  (кг). Следовательно, снижение расхода цемента на сборную пустотную плиту перекрытия составит  $547,83 - 364,2 = 183,63$  (кг) или  $183,63 : 547,83 \times 100\% = 33,5\%$ .

Результаты применения предложенного способа следующие: 1) снижение расхода цемента при изготовлении железобетонной балки размером в метрах:  $6(L) \times 0,5(h) \times 0,2(b)$  на тяжёлом бетоне, составило 22,23 %; 2) при изготовлении монолитных плит перекрытий на тяжёлом бетоне снижение расхода цемента составляет 31,7%, 3) при изготовлении сборных пустотных плит перекрытия размером  $630 \times 150 \times 22$  см на тяжёлом бетоне расход цемента снизился на 33,5 %.

## ВЫВОДЫ

Предлагаемый способ снижения расхода цемента при изготовлении изгибаемых железобетонных конструкций без предварительного напряжения возможен и целесообразен, а также является хорошим дополнением к известным способам снижения расхода цемента, приведённым в разделе «Обзор литературы». Отличие других способов от предложенного состоит в том, что в растянутых и сжатых зонах изгибаемых конструкций применяется бетон одинаковой прочности (класса), то есть в предложенном способе применено новое ранее не применявшееся решение: снижение расхода цемента в растянутой зоне изгибаемых конструкций, которое является хорошим дополнением к известным способам снижения расхода цемента. Следует также заметить, что реализация предложенного способа не предусматривает особых дополнительных затрат. При принятии решения о высоте сжатой зоны изгибаемого элемента следует учитывать технологические особенности изготовления

монолитных, сборных и сборно-монолитных элементов, а также их размеры, толщину монолитного перекрытия пролётами 6 и более метров (для удобства бетонирования) рекомендуется принимать толщиной, не менее 24 см, при изготовлении сборных и сборно-монолитных плит перекрытий раздельное бетонирование растянутой и сжатой части элемента затруднений не вызывает. При конструировании и расчёте плит перекрытий следует также учитывать особенности их работы в приопорных участках в балочных, опирающихся на три стороны, и по контуру, а также в неразрезных балках и плитах перекрытий, в которых на приопорных участках плит зона растяжения изменяется на зону сжатия и наоборот. Следует также учитывать изменение изгибаемости элементов и необходимость противодействовать трещиностойкости, исходя из условий окружающей среды. В дальнейшем, планируется провести исследование возможности и целесообразности распространения предложенного способа на предварительно напряжённые железобетонные изгибаемые конструкции., провести испытания натуральных образцов, выполнить оптимизацию снижения класса бетона в растянутой зоне изгибаемых конструкций, а также сравнение теоретических и практических результатов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахновский К.В. Железобетонные конструкции, издание 8-е, переработанное - Москва.: Госуд. Изд. литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1959. С. 148, 149, 440-443.
2. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные Конструкции. - Москва: Стройиздат, 1991. - 768с.; С. 116-117, 284-285.
3. Глуховский В.Д., Пахомов В.А. / Шлакощелочные цементы и бетоны. – Киев: Будивельник, 1978. – 183 с.
4. СНиП 82-02-95 / Типовые, элементарные нормы расхода цемента при и изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций, Стр. 3, Таблица 3.
5. Бабий И.М., Коломійчук В.Г. // Эффективные предварительно напряжённые монолитные железобетонные перекрытия с применением неизвлекаемых. вкладышей-пустотообразователей // Бетон и железобетон в Украине 2019. №2. С. 13-18.
6. Фебра А.Ф. (РТ) Закладной формовочный элемент для изготовления плоских железобетонных плит // Патент №2 242 360 С. 2. 15.08.2018.
7. Шаленный В.Т., Щегула Р.В. Сравнительная эффективность монолитных перекрытий с вкладышами из картона, пластмассы и местных каменных материалов // Строительство и техногенная безопасность. 2022. №24(76). С. 63-70.
8. Пушкарев Б.А., Кореньков, П, А. Сборно-монолитные железобетонные конструкции, сферы применения и особенности расчёта // Строительство и техногенная безопасность. 2013. № 46. С.30-35.

9. Буцкая Е. Л., Зезюков, Д.М., Махинько, Н. Н., Зинкевич О. Г. Обоснование оптимального вида пустотообразователя в монолитном плоском перекрытии // Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. 2019. №3. С.10-18.

10. Пушкарев Б.А. Способ изготовления монолитных железобетонных балочных плит перекрытий с круглыми пустотами, с применением неизвлекаемых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей. // Патент. №263156 МПКВ28В 1/44 (2006.01), E04с 2/00 (2006.01) В288 7/28 (2006.01), С2.24.10.17.

11. Пушкарев Б.А. Способ изготовления сборно-монолитных железобетонных опирающихся по контуру плит перекрытий с круглыми пустотами с применением неизвлекаемых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей // Патент. RU/ 2713826 С2 МПК В28В 1/44 (2006.01), E04с 2/00 (2006.01) В288 7/28 (2006.01), 07.02.20.

12. Пушкарев Б.А. Способ непрерывного изготовления монолитных железобетонных опирающихся по контуру пустотных плит перекрытий с применением неизвлекаемых трубчатых картонно-полиэтиленовых пустотообразователей // Патент. №2664087 МПК В28В 1/44 (2006.01), E04с 2/00 (2006.01) В288 7/28 (2006.01),

13. Бойко В.Е., Ерёмченко В.А. / Практическое пособие. Расчёт и подбор составов лёгких бетонов. – Киев: Будивельник, 1974. – 145 с.

14. Прохоров Андрей Геннадьевич. Бетонная смесь // Патент 2433073 Российская Федерация. 25.05.2010.

15. Межгосударственный стандарт / Плиты перекрытий железобетонные для жилых зданий // ГОСТ 26434-2015, Москва: Стандартинформ, 2017. С.4.

## REFERENCES

1. Sakhnovsky K.V. Reinforced concrete structures, 8th edition, revised - Moscow: Gosud. Ed. literature on construction, architecture and building materials, 1959. – Pp. 148, 1, 149, 440-443.

2. Baikov V.N., Sigalov E.E. Reinforced concrete structures. – Moscow: Stroyizdat, 1991. – 768 p.; pp. 116-117, 284-285.

3. Glukhovskiy V.D., Pakhomov V.A. / Slag-alkaline cements and concretes. – Kyiv: Budivelnik, 1978. – 183 p.

4. SNiP 82-02-95 / Typical, elementary norms for the consumption of cement in the manufacture of concrete and reinforced concrete products and structures, Pp. 3, Table 3.

5. Babiy I.M., Kolomiychuk V.G. // Efficient prestressed monolithic reinforced concrete slabs using non-removable ones. hollow-forming inserts // Concrete and reinforced concrete in Ukraine 2019. No. 2. Pp.13-18.

6. Febra A.F. (RT) Embedded molding element for the manufacture of flat reinforced concrete slabs // Patent No. 2 242 360 C. 2. 08/15/2018.

7. Shalenny V.T., Shchegula R.V. Comparative efficiency of monolithic ceilings with liners made of cardboard, plastic and local stone materials // Construction and technogenic safety. 2022. No. 24(76). Pp. 63-70.

8. Pushkarev B.A., Korenkov P.A. 2013. No. 46. Pp.30-35.

9. Butskaya E.L., Zezyukov, D M., Makhinko, N.N., Zinkevich O. G. Substantiation of the optimal type of void former in a monolithic flat ceiling // Bulletin of the Pridneprovsk State Academy of Construction and Architecture. 2019. №3. Pp.10-18.

10. Pushkarev B.A. A method for manufacturing monolithic reinforced concrete beam floor slabs with round voids, using non-removable cardboard-polyethylene void formers. // Patent. No. 263156 МПКВ28В 1/44 (2006.01), E04с 2/00 (2006.01) В288 7/28 (2006.01), С2.24.10.17.

11. Pushkarev B.A. Method for manufacturing prefabricated monolithic reinforced concrete floor slabs supported along the contour with round voids using non-removable cardboard-polyethylene void formers // Patent. RU/ 2713826 С2 IPC В28В 1/44 (2006.01), E04с 2/00 (2006.01) В288 7/28 (2006.01), 02.07.20.

12. Pushkarev B.A. Method for the continuous production of monolithic reinforced concrete hollow-core floor slabs supported along the contour using non-removable tubular cardboard-polyethylene void formers // Patent. No. 2664087 IPC В28В 1/44 (2006.01), E04с 2/00 (2006.01) В288 7/28 (2006.01).

13. Boyko V.E., Eremenko V.A. / Practical guide. Calculation and selection of lightweight concrete compositions. – Kyiv: Budivelnik, 1974. – 145 p.

14. Prokhorov Andrei Gennadievich. Concrete mixture // Patent 2433073 Russian Federation. May 25, 2010.

15. Interstate standard / Reinforced concrete floor slabs for residential buildings // GOST 26434-2015, Moscow: Standartinform, 2017. Pp. 4.

## METHOD FOR REDUCING CEMENT CONSUMPTION WHEN MANUFACTURING FLEXIBLE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITHOUT PRE-STRESSING

Pushkarev B.A.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University,  
Simferopol, Kievskaya str., 181, boris\_pushkarev@mail.ru

**Abstract.** An analysis was made of publications in which other methods of reducing the consumption of cement for the manufacture of bent reinforced concrete structures were studied, in which void formers, liners, slags were used, optimal selection of sizes and ratios of sand and crushed stone, heat treatment, replacement of Portland cement with slag-alkali binder, addition of ash to concrete.

**Subject of study.** The article presents studies on reducing the consumption of cement in the manufacture of reinforced concrete bending structures without prestressing on examples: 1) prefabricated beam; 2) monolithic floor slab, 3) prefabricated floor slab with round voids.

**Materials and methods.** The relevance, possibility and expediency of implementing the task of reducing the consumption of cement in the manufacture of bent reinforced concrete structures are substantiated. Attention is drawn to the fact that concrete in the tension zone does not actually affect the bearing capacity of the bending structure, since the tensile strength of concrete is very low and therefore is not taken into account in the calculations. Attention is also drawn to the fact that currently concrete of the same strength is used in the tension zone as in the compressed zone. In the tensile zone, it is proposed to use low-strength concrete, and when designing and calculating elements of bending structures, take into account that in individual elements concrete changes its bearing capacity, namely: compression to tension and vice versa, tension to compression. In such places, and these are, as a rule, supporting sections in continuous structures, it is necessary to install additional transverse and longitudinal reinforcement. Examples of calculations for reducing cement consumption are given: 1) for a prefabricated beam 600×60×20 cm in size, 2) a monolithic reinforced concrete floor slab 24 cm thick, 3) a prefabricated beam floor slab with dimensions 630×150×22 cm with round voids with a diameter of 159 mm.

**Results.** The proposed method allows to reduce the consumption of cement by 22% in the manufacture of beams, 32% in the manufacture of a monolithic reinforced concrete floor slab and 33% in the manufacture of a prefabricated beam floor slab measuring 630×150×22 cm.

**Conclusions.** The proposed method for reducing cement consumption in the manufacture of bent reinforced concrete structures without prestressing is possible and expedient, and is also a good addition to the known methods for reducing cement consumption given in the Literature Review section. The difference of other methods from the proposed one is that concrete of the same strength (class) is used in the stretched and compressed zones of the bent structures, that is, in the proposed method, a new, previously not used, solution is adopted: reducing the consumption of cement in the stretched zone of the bent structures. The implementation of the proposed method does not provide for special additional costs. In the future, it is planned to study the possibility and feasibility of extending the proposed method to prestressed reinforced concrete bent structures, test full-scale samples, optimize the reduction in the concrete class in the stretched zone of bent structures, as well as compare theoretical and practical results.

**Key words:** reinforced concrete structure, cement, cost reduction.

### Раздел 3. Инженерное обеспечение

УДК 620.9:62-93

#### ЗАЩИТА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Арифов А. М.<sup>1</sup>, Бекиров Э. А.<sup>2</sup>

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,  
295007, Республика Крым, г. Симферополь, просп. Академика Вернадского, д. 4.

<sup>1</sup>arifov.alim@inbox.ru, <sup>2</sup>bekirov.e.a@cfuv.ru.

**Аннотация.** В работе рассмотрено влияние атмосферных электромагнитных импульсов на фотоэлектрических модуль и его компоненты. Предложена разработанная схема защиты от импульсных перенапряжений, позволяющая обеспечить защиту каждого фотоэлектрического модуля в отдельности, а также существенно снизить влияние импульсных перенапряжений на электрически связанное с ними оборудование.

**Предмет исследования:** индуцированный потенциал поражённого проводника, индукция зарядов на фотоэлектрическом модуле в лидерной стадии заряда, освобождение зарядов проводника и фотоэлектрического модуля в момент главного разряда

**Материалы и методы:** в работе с целью обеспечения необходимого уровня защиты фотоэлектрических молей рассмотрели способ борьбы с не менее опасными – индуктированными перенапряжениями, которые возникают в проводниках линий электропередачи постоянного тока при ударе молнии вблизи линий и являются следствием быстрого изменения электромагнитного поля, канала молнии в момент главного разряда. Рассмотрен порядок расчета основных характеристик устройства защиты от импульсных перенапряжений для защиты фотоэлектрических модулей от импульсных перенапряжений и наведенных электрических токов на проводниковые материалы, находящиеся в зоне электромагнитных импульсов.

**Результаты:** впервые предложена схема, обеспечивающая защиту фотоэлектрического модуля и его компонентов (диодов Шоттки) от атмосферных перенапряжений.

**Выводы:** в статье рассмотрено индуктированное наведение волн напряжения на токопроводы фотоэлектрического модуля вследствие изменения электрического поля при нейтрализации зарядов лидерного канала и освобождение зарядов в электрически связанных проводниках фотоэлектрического модуля в момент главного разряда. Рассмотрен порядок расчета основных характеристик устройства защиты от импульсных перенапряжений для защиты фотоэлектрических модулей от импульсных перенапряжений и наведенных электрических токов на проводниковые материалы, находящиеся в зоне электромагнитных импульсов.

**Ключевые слова:** индуктированные перенапряжения; фотоэлектрический модуль; электромагнитное поле; лидерный канал; варистор; термистор; самовосстанавливающийся предохранитель.

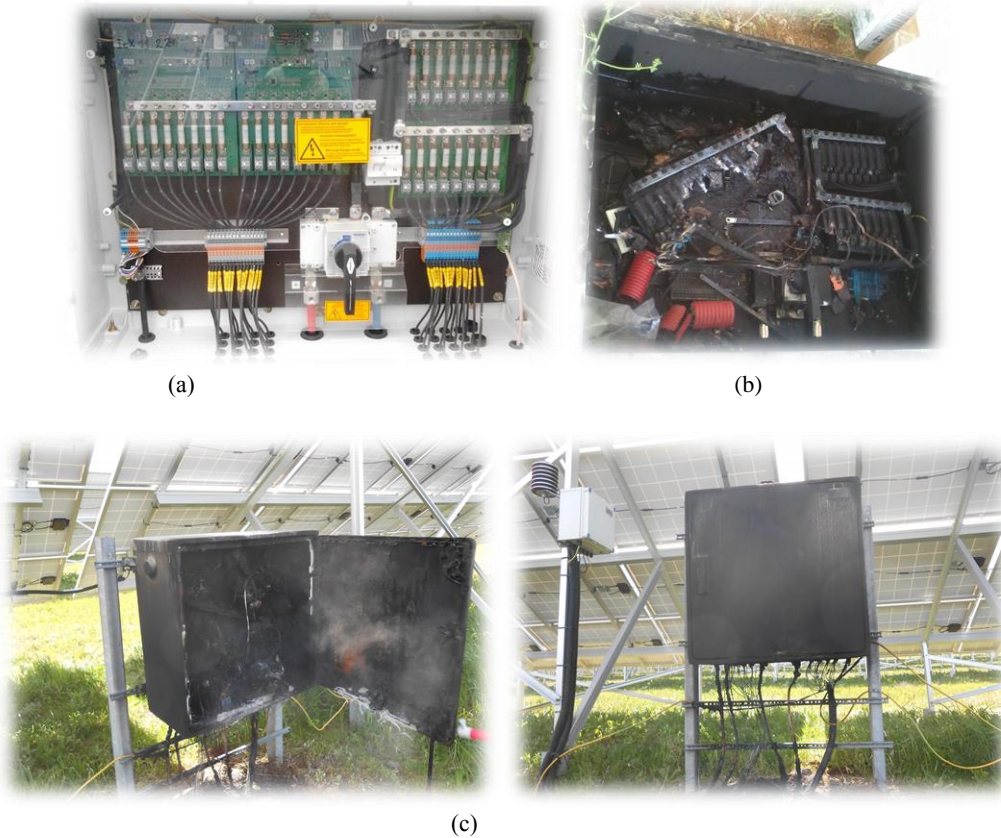
#### ВВЕДЕНИЕ

В последние несколько десятилетий количество солнечных электростанций (СЭС) стремительно растет, пропорционально росту потребляемой мощности, также возрастают и используемые площади – это десятки или сотни гектар. Из-за увеличения площади размещения объектов генерации, а также по причине их расположения на открытой местности, существует высокий риск попадания молнии в фотоэлектрические модули, что мгновенно приводит к повреждению дорогостоящего оборудования СЭС (рисунок 1 а, б, с).

На сегодняшний день в Российской Федерации еще не разработаны нормативные документы, которые устанавливают требования к заземляющему устройству для СЭС, по этой причине для правильной организации заземляющих устройств необходимо учитывать требования, содержащиеся в действующим нормативном документе – ПУЭ 7 издание, в соответствии с этим защита СЭС от молнии выполняется по тому же принципу, что и для любого другого энергообъекта [1, 2, 3, 4].

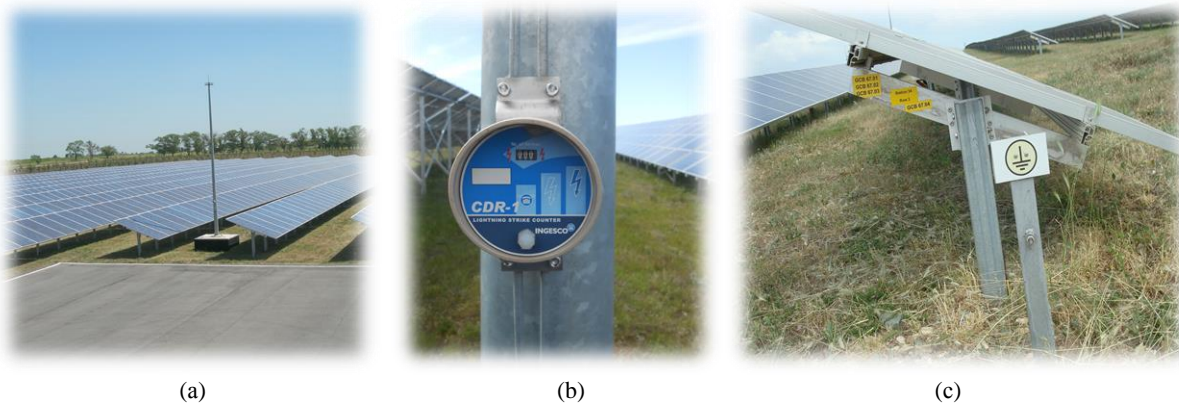
Для начала организации системы заземления необходимо определить к какому классу молниезащиты относится объект, на котором устанавливаются фотоэлектрические модули. Если фотоэлементы установлены на открытой местности, то их можно отнести к II или III категории молниезащиты [4, 5, 6], в зависимости от конструкции и назначения. После чего произвести расчет зоны защиты в соответствии с действующими нормативными документами. В первую очередь опасности поражением молнией подвергаются фотоэлектрические модули и (GCB), установленные на открытой местности. По этой причине для защиты солнечных модулей и (GCB) от прямого удара молнии применяются стержневые активные молниеприемники, которые обеспечивают определенную зону защиты (рисунок 2 а, б), а рамки фотоэлектрических модулей соединены между собой гибкой шиной заземления, которая в свою очередь соединена с контуром заземления (рисунок 2 с).

Устройство сумматорного щита (GCB) также в своем составе имеет защиту от импульсных перенапряжений (далее – УЗИП), которое показано на (рисунок 3)



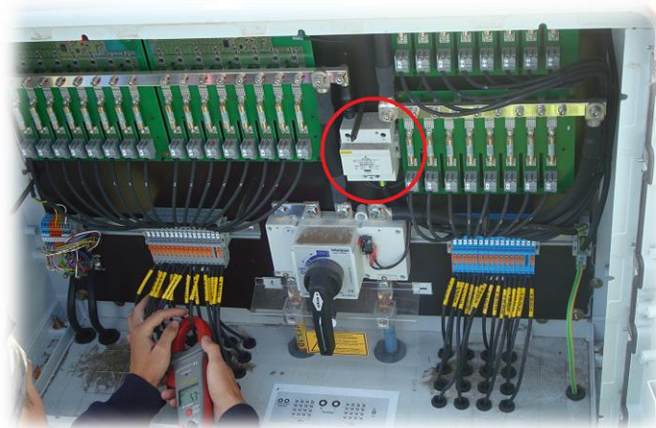
**Рис. 1.** Сумматорный щит (GCB), расположенный в Республике Крым с. Охотниково СЭС «ОУЗИЛ СОЛАР» при работе в нормальном режиме, до возникновения атмосферных перенапряжений в электрической сети постоянного тока (а). Показаны последствия атмосферных перенапряжений на сумматорном щите GCB, по итогам прохождения грозового фронта 2015 г. (б, с).

**Fig. 1.** Summation Board (GCB), located in the Republic of Crimea with. Okhotnikovo PPP "OUZIL SOLAR" during normal operation, before the occurrence of atmospheric surges in the DC electrical network (a). The consequences of atmospheric surges on the summing board GCB are shown, based on the results of the passage of the thunderstorm front in 2015. (b, c).



**Рис. 2.** Сумматорный щит (GCB), расположенный в Республике Крым с. Охотниково СЭС «ОУЗИЛ СОЛАР» при работе в нормальном режиме, до возникновения атмосферных перенапряжений в электрической сети постоянного тока (а). Показаны последствия атмосферных перенапряжений на сумматорном щите GCB, по итогам прохождения грозового сезона 2015г. (б, в).

**Fig. 2.** Summation Board (GCB), located in the Republic of Crimea with. Okhotnikovo PPP "OUZIL SOLAR" during normal operation, before the occurrence of atmospheric surges in the DC electrical network (a). The consequences of atmospheric surges on the summing board GCB, based on the results of the passage of the thunderstorm season of 2015, are shown. (b, c).



**Рис. 3.** УЗИП установленный в Сумматорном щите (GCB), расположенный в Республике Крым с. Охотниково СЭС «ОУЗИЛ СОЛАР»

**Fig. 3.** SPD installed in the GCB, located in the Republic of Crimea with. Okhotnikovo SPP «OUZIL SOLAR».

Как показывает многолетняя практика эксплуатации СЭС на территории Республики Крым, все перечисленные защитные устройства не обеспечивают необходимую степень защиты, непосредственно фотоэлектрических модулей от импульсных перенапряжений.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Молния – это электрический разряд в атмосфере между грозовым облаком и фотоэлектрическим модулем. Разряду молнии предшествует интенсивное разделение и накопление

электрических зарядов в грозовых облаках, происходящие под воздействием мощных восходящих потоков воздуха и интенсивной конденсации водяных паров в облаках. Нижняя часть грозового облака, обычно заряженная отрицательно, образует с фотоэлектрическими модулями своеобразный конденсатор облако-модуль (рисунок 4 а). По мере накопления отрицательных зарядов в нижней части облака напряжённость электрического поля конденсатора облако – модуль возрастает и как только в каком либо месте напряжённость достигнет критического значения 25-30 кВ/см, воздух ионизируется, т. е. становится электропроводящим и в земле начинает развиваться заряд (рисунок 4 б).



(a)

(b)

**Рис. 4.** Этапы развития разряда молнии над фотоэлектрическими модулями, в период прохождения грозового сезона в с. Митяево СЭС ОУЛ СОЛАР май 2018г.:

а – лидерная стадия (0,005-0,01 сек.);

б – главный разряд (50-100 мксек.) и послесвечение (0,03-0,05 сек.).

**Fig. 4.** Stages of development of a lightning discharge over photovoltaic modules, during the passage of a thunderstorm season in the village. Mityaev SES OUL SOLAR May 2018:

а – leader stage (0.005-0.01 sec.);

б – the main discharge (50-100 microseconds) and afterglow (0.03-0.05 seconds).

Различаются три стадии разряда молнии. Разряд между облаком и фотоэлектрическим модулем начинается с прорастанием к земле слабосветящегося канала, движущегося толчкообразно с относительно небольшой скоростью 100-1000 км/с. Канал несет значительную часть разрядов облака, создающих в

его головке высокие потенциалы, достигающие несколько миллионов вольт. По характеру развития разряд молнии на этой стадии принято называть *первой стадией* – ступенчатым лидером [1,2,3].

Как только лидер достигнет поверхности фотоэлектрического модуля или (GCB), наступает *вторая стадия* разряда – главный разряд молнии, во

время которого от поверхности фотоэлектрического модуля по каналу лидера с большой скоростью (60000 км/с) распространяются положительные заряды модуля (разрядная волна), нейтрализующие отрицательные заряды канала лидера [1, 2, 3].

Главный разряд характеризуется протеканием большого тока в месте удара, который называется током молнии и интенсивным каналом свечения разряда (рисунок 5). Воздух в канале разогревается до температуры порядка 10 000 °С и быстро расширяется, что вызывает распространение ударной звуковой волны.

В *третьей стадии* разряда молнии заканчивается стекание зарядов части облака, откуда начался разряд и свечение канала постепенно прекращается [7, 8].

Внестоящей работе с целью обеспечения необходимого уровня защиты фотоэлектрических молей рассмотрим способ борьбы с не менее опасными - индуктированными перенапряжениями, которые возникают в проводниках линий электропередачи постоянного тока при ударе в близи линий и являются следствием быстрого изменения электромагнитного поля канала молнии в момент главного разряда. В соответствии с этим различают: электрическую и электростатическую составляющую индуктированных перенапряжений, вызванную быстрым изменением электрического поля и магнитную составляющую, вызванную

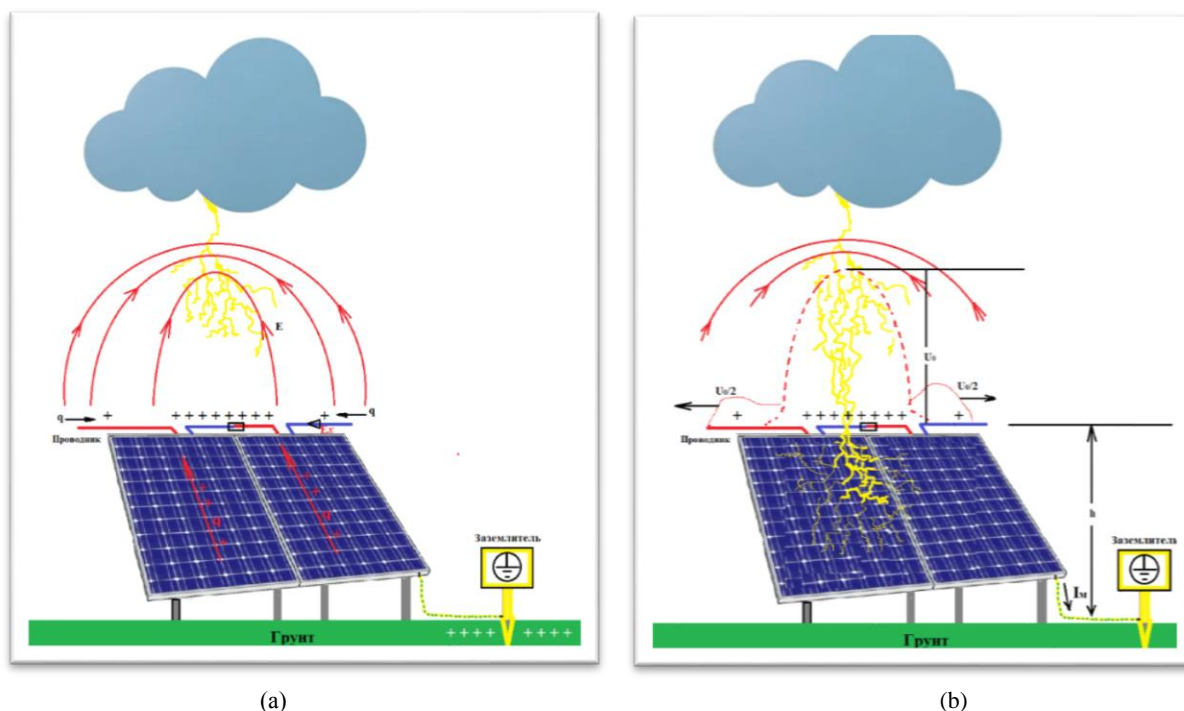
быстрым изменением магнитного поля в момент главного разряда молнии.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

### 1. Рассмотрим наведение волн напряжения на токопроводы фотоэлектрического модуля вследствие изменения электрического поля при нейтрализации зарядов лидерного канала.

При прорастании к земле лидерного канала,двигающегося с относительно небольшой скоростью, под действием электрического поля его зарядов составляющей  $E_x$  на (рисунке 5, а), в проводе возникает ток за счет подтягивания положительных зарядов  $q$  с дальних участков линии и проводников (соединительных ламелей) фотоэлектрического модуля. По мере приближения лидера к земле суммарный заряд на проводах увеличивается и потенциал их достигает значения  $U_0$

Главный разряд молнии (нейтрализация канала) протекает с большой скоростью и в течение нескольких микросекунд электрическое поле лидера разрушается. В результате этого заряды на проводниках освобождаются и начинают растекаться вдоль линии – возникают две электромагнитные волны с потенциалами  $\frac{U_0}{2}$ , движущиеся по линии от места возникновения в противоположных направлениях (рисунке 5, б)



**Рис. 5.** Индукция волн напряжения на фотоэлектрических модулях и проводниках постоянного тока:

а – индукция зарядов на проводе и фотоэлектрическом модуле в лидерной стадии заряда;

б – освобождение зарядов проводника и фотоэлектрического модуля в момент главного разряда.

**Fig. 5.** Induction of voltage waves on photovoltaic modules and DC conductors:

а – charge induction on the wire and the photovoltaic module in the leader stage of the charge;

б – is the release of charges of the conductor and the photovoltaic module at the moment of the main discharge.

Индукцированные перенапряжения опасны для шунтирующих диодов Шоттки, расположенных в клеммных коробках (рисунок 6) фотоэлектрического модуля, а также для полупроводниковых материалов из которых выполнены фотоэлементы и для изоляции проводниковых материалов.

Для примера рассмотрим грозовой разряд, который попал в активный молниеотвод на расстоянии  $S = 150$  м от кабельной линии постоянного тока, с рабочим напряжением  $U_{л.} = 700$  в. Величина тока молнии  $I_{л.} = 150$  кА. Определим величину индуктированного перенапряжения на кабельной линии, если высота прокладки кабельной линии  $h_{л.} = 2$  м от уровня земли.

Максимальный индуктированный потенциал проводника, поражённой кабельной линии фотоэлектрического модуля определяем по формуле (1) [9]:

$$U_{инд} = 30 * \frac{I_{л.} * h_{л.}}{s} = 30 * \frac{150 * 2}{150} = 60 \text{ (кВ)}, \quad (1)$$

где  $U_{инд}$  – максимальный индуктированный потенциал (кВ);

$I_{л.}$  – величина тока молнии (кА);

$h_{л.}$  – расстояние от проводника до поверхности земли (или высота подвеса проводов) (м);

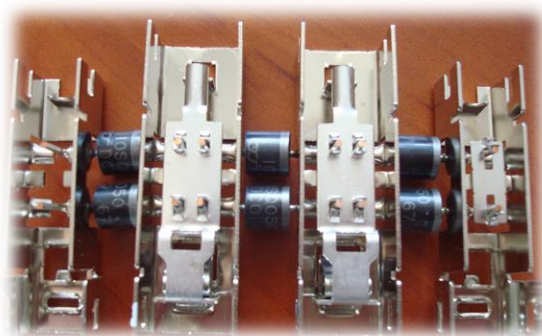
$s$  – расстояние от кабельной линии до молниеотвода или места попадания молнии (м).

Так как индуктированное напряжение можно принять одинаковым для двух проводников и учитывая, что оно действует на оба проводника кабельной линии постоянного тока, определим кратность перенапряжения по формуле (2):

$$C = \frac{U_{инд}}{U_{л.}} = \frac{60 \text{ 000}}{700} = 85,7, \quad (2)$$

где  $C$  – величина кратности напряжения в кабельной линии;

$U_{л.}$  – напряжение кабельной линии постоянного тока (В);



**Рис. 6.** Полупроводниковые диоды, расположенные в клеммной коробке и используемые в фотоэлектрических модулях для защиты от затенения (общее количество установленных в модуле 6 единиц).

**Fig. 6.** Semiconductor diodes located in the terminal box and used in photovoltaic modules for protection against shading (the total number of installed in the module is 6 units).

## 2. Рассмотрим схему замещения молнии поразившую кабельную линию фотоэлектрического модуля.

Количественная оценка перенапряжений при прямом поражении молний основана на замене действительного процесса прямого удара молнии процессом в виде электромагнитной волны, движущийся к месту поражения по некоторой условно однородной линии без потерь с волновым сопротивлением 50-100 Ом. Под волновым сопротивлением линии принимаем величину (3) [10]:

$$Z = \sqrt{L/C}, \quad (3)$$

где  $Z$  – волновое сопротивление кабельной линии;

$L$  – индуктивность;

$C$  – емкость кабельной линии.

Если бегущая по участку линии А – Б волна напряжения произвольной формы  $U_{п}(t)$ , которую назовем падающей волной, встречает в узле Б некоторое сопротивление  $Z_{к}$  (рисунок 7, а), то от узла Б к началу линии распространяется отраженная волна  $U_{о}(t)$ . Напряжение и ток прямой и соответственно отраженной волн связаны законом Ома (4) [10]:

$$\frac{U_{п}}{i_{п}} = \frac{U_{о}}{i_{о}} = Z_{к}, \quad (4)$$

где  $Z_{к}$  – волновое сопротивление канала молнии;

$i_{п}$  – ток падающей волны;  $i_{о}$  – ток отраженной волны;

$U_{о}$  – напряжение отраженной волны;

$U_{п}$  – напряжение падающей волны.

Для узла Б можно написать следующие уравнения (5):

$$U_{\Pi} + U_0 = U_2 \text{ и } i_{\Pi} - i_0 = i_2, \quad (5)$$

Кроме того, ток падающей волны можно определить из формулы (6) [26]:

$$i_{\Pi} = \frac{U_{\Pi}}{Z_K}, \quad (6)$$

ток отраженной волны рассчитываем из формулы (7) [10]:

$$i_0 = \frac{U_0}{Z_K}. \quad (7)$$

Исключая из этих уравнений  $i_{\Pi}$ ,  $i_0$  и  $U_0$  получаем выражение (8):

$$2U_{\Pi} = i_2 Z_K + U_2 = i_2 (Z_K + Z_X). \quad (8)$$

Из структуры этого выражения вытекает правило замены действительной схемы узла Б с волновым сопротивлением  $Z_K$ , активным сопротивлением заземляющего устройства  $Z_X$  (рисунок 7, а) эквивалентной схемой замещения с сосредоточенными параметрами (рисунок 7, б), в которой линия с волновым сопротивлением  $Z_K$  заменена сосредоточенным активным

сопротивлением той же величины, падающая волна  $U_{\Pi}(t)$  заменена э. д. с.  $e(t) = 2U_{\Pi}(t)$ , приложенной к схеме из последовательно соединённых  $Z_K$  и  $Z_X$ .

Таким образом смысл такой замены состоит в том, что цепь с распределенными постоянными, замещается цепью с сосредоточенными постоянными, которую можно применить при исследовании переходных процессов и расчетах перенапряжений.

В качестве исходной величины в расчетах УЗИП принимаем амплитуду тока молнии  $I_M$  на (рисунке 7, с), измеренную в естественных условиях при поражении объектов с малым сопротивлением заземляющих устройств, т.е. при  $Z_X = 0$ . Тогда расчетная амплитуда волны напряжения при заданном расчетном токе определится из схемы замещения выражением (9):

$$U_{\Pi} = \frac{I_M \cdot Z_K}{2}, \quad (9)$$

где  $I_M$  – амплитуда расчетного тока молнии;  $U_{\Pi}$  – амплитуда падающей волны.

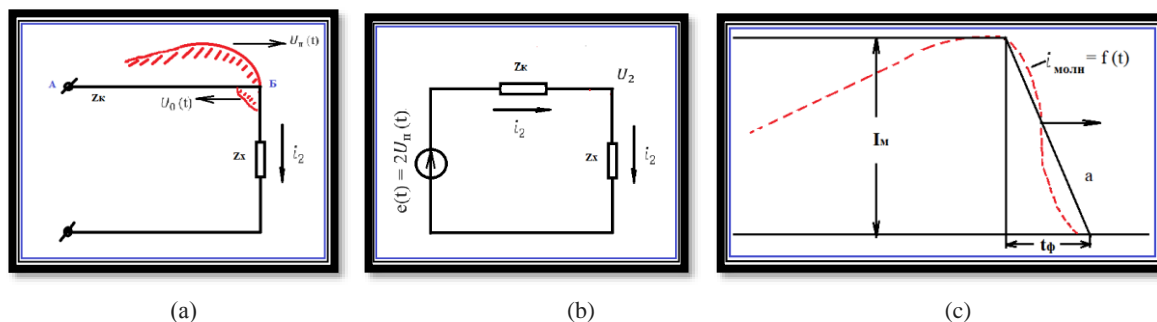


Рис. 7. Схема замещения с сосредоточенными параметрами:

а – волна в линии с волновым сопротивлением  $Z_K$  приходит в точку Б (место соединения с заземляющим устройством  $Z_X$ );

б – схема замещения для расчета напряжения в место удара молнии;

с – расчетный ток молнии;  $I_M$ -амплитуда; а –средняя крутизна фронта тока молнии;  $i_{\phi}$  –длина фронта тока молнии.

Fig. 7. Equivalent circuit with lumped parameters:

a – wave in a line with wave impedance  $Z_K$  comes to node B;

b – equivalent circuit for calculating the voltage at the place of a lightning strike;

c – calculated lightning current;  $I_M$ -amplitude; a is the average steepness of the lightning current front;  $i_{\phi}$  is the length of the front of the lightning current.

В расчетах защиты на ряду с амплитудой тока молнии  $I_M$  большое значение имеет крутизна фронта (9) [10]:

$$\left(\frac{di_M}{dt}\right) = a_{\max}. \quad (9)$$

где  $a_{\max}$  – максимальная крутизна фронта.

Так как  $a_{\max}$  определяет величины индуцированных перенапряжений и индуктивного падения напряжения в цепях, по которым проходит ток молнии, в расчете можно принять «косоугольный» фронт волны тока со средней крутизной (а) (рисунок 8, в). Средняя крутизна фронта меньше  $a_{\max}$ . Вероятность появления величин  $a_{\max}$  и  $I_M$  при грозовых поражениях определена на основании многолетних измерений и исследований [11,16,17]. Амплитуды токов молнии не превышают 200-230 кА, при этом токи 100 кА наблюдаются очень редко (по статистике

приблизительно в 2 % разрядов молнии). По этой причине при расчетах защищаемого объекта принимаем токи 50-100 кА [10, 18, 19, 26]. Максимальная крутизна фронта токов молнии не превышает 50 кА/мкс. При больших амплитудах токов молнии наблюдается и большие величины крутизны фронта. По этой причине при расчетных токах молнии 100 кА и выше, среднюю крутизну фронта тока принимаем 30 кА/мксек, а при расчетных токах менее 100 кА – порядка 10 кА/мкс [18, 26].

### 3. Последствия атмосферных перенапряжений на фотоэлектрические модули.

Основная проблема заключается в импульсных перенапряжениях, которые приводят к пробое р-п перехода шунтирующих диодов Шоттки в фотоэлектрических модулях. Эта проблема носит

массовый характер т.к. при возникновении лидерного канала, о котором говорилось ранее в проводниках, соединяющих между собой фотоэлектрические модули, появляется наведенный импульсный ток, а также увеличивается потенциал, который достигает значения выше постоянного прямого напряжения диода или импульсного обратного напряжения и как следствие во всей цепи последовательно соединенных модулей выходят из строя шунтирующие диоды. Это повреждение носит сугубо скрытый характер, потому что оперативно выявить данный дефект практически невозможно, дефект проявляет себя в процессе эксплуатации СЭС. При экстремально высоких температурах окружающей среды и массовых затенениях, начинается процесс масштабного перегрева фотоэлементов, температура достигает значения до 100 °С. Данные перегревы приводят к ускоренному процессу деградации (износу) и массовой недовыработки электрической энергии, а выявить неисправность возможно только при детальном сравнительном анализе выработки каждого стринга в отдельности или при проведении телевизионного мониторинга. Процесс замены фотоэлектрических модулей из-за повреждения диодов является дорогостоящим, а процесс поиска и замены поврежденных диодов очень трудоемкий, практически занимает большое количество времени и человеческих ресурсов. Для исключения влияния атмосферных перенапряжений в фотоэлектрических модулях предлагается обеспечить дополнительной защитой каждый модуль в отдельности, не зависимо от их общего числа на объекте СЭС.

## ВЫВОДЫ

В этой статье рассмотрено индуцированное наведение волн напряжения на токопроводы фотоэлектрического модуля вследствие изменения электрического поля при нейтрализации зарядов лидерного канала и освобождение зарядов в электрически связанных проводниках фотоэлектрического модуля в момент главного разряда. Рассмотрен порядок расчета основных характеристик устройства защиты от импульсных перенапряжений для защиты фотоэлектрических модулей от импульсных перенапряжений и наведенных электрических токов на проводниковые материалы, находящиеся в зоне электромагнитных импульсов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ Р 50571.26–2002. Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 534. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений.
- Методические указания по защите вторичных цепей электрических станций и подстанций от импульсных помех / РД 34.20.116–93. – М.: РАО "ЕЭС России", 1993. – 56 с.
- Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок / РД 153–34.0–20.525–00. – М.: РАО «ЕЭС России», 2000. – 44 с.
- ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Издание 7, утв. Приказом Минэнерго РФ от 8 июля 2002 г. № 204. – 462 с.
- РД 34.21.122–87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений утв. Минэнерго от 12.10.1987 (ред. от 20.06.2003). – 37с.
- СО-153.34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций, утв. приказом Минэнерго России от 30.06.2003 № 280 -29 с.
- Алиев Ф.Г., Злобинский В.Я., Халилов Ф.Х. Проблемы защиты от перенапряжений в системах электроснабжения. Екатеринбург, Издательство «Терминал Плюс», 2001. – 154 с.
- РД 153-34.3-35.125-99. Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений Санкт-Петербург Издательство ПЭИПК, 1999. – 188 с.
- СТО 56947007-29.240.02.001-2008. Методические указания по защите распределительных электрических сетей напряжением 0,4-10 кВ от грозových перенапряжений. утв. Протоколом N 2 заседания Постоянно действующей комиссии по нормативно-техническому обеспечению деятельности ОАО «ФСК ЕЭС» от 30.11.2004 – 66 с.
- Электрические сети и станции Л.Н. Баптиданова государственное энергетическое издательство Энергоиздат Москва, 1963. – 463с.
- ГОСТ Р МЭК 61643-12-2011. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 декабря 2011 г. N 699-ст.
- ГОСТ 1147-569. Разрядники трубчатые для защиты изоляции электрооборудования переменного тока напряжения от 3 до 220 кВ. Технические требования. Государственный Комитет СССР по стандартам. Издательство стандартов, 1976 г. – 33 с.
- ГОСТ Р 54986 Устройства защиты от импульсных перенапряжений в системах телекоммуникации и сигнализации (информационных системах) утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 сентября 2012 г. № 311-ст -49 с.
- ГОСТ Р 55630-2013. Перенапряжения импульсные и защита от перенапряжений в низковольтных системах переменного тока утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 сентября 2013 г. N 982-ст -59 с.
- Дульзон А.А., Каляцкий И.И. Грозозащита подстанций. – Томск: Изд-во Томского университета, 1970. – 220 с.

16. Зоричев А.Л. Молниезащита: зонавая концепция // Новости электротехники. 2004. №3(27). С.64-67.

17. Зоричев А.Л. Молниезащита: зонавая концепция // Новости электротехники. 2004. №4(28). С.78-81.

18. Зоричев А.Л. Устройства защиты от импульсных перенапряжений до 1 кВ // Новости электротехники. 2005. №3(33). С.80-84.

19. ГОСТ Р 51992–2002 (МЭК 61643–1–98). Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Часть 1. Требования к работоспособности и методы испытаний.

20. IEC–61643–12 (2002). Устройства защиты от перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Часть 12. Выбор и принципы применения.

21. Коструба С.И. Измерение электрических параметров земли и заземляющих устройств. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 166 с.

22. Бургсдорф В.В., Якобс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 86 с.

23. Рябкова Е.Я. Заземления в установках высокого напряжения. – М.: Энергия, 1978. – 224 с.

24. Ослон А.Б. Некоторые вопросы теории заземлений. – М.: Энергия, 2003. – 74 с.

25. ГОСТ 464-79 Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов проводного вещания и антенн систем коллективного приема телевидения. Нормы сопротивления. Утв. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.01.79 N 304. – 37с.

26. РД 45.083-99 Рекомендации по обеспечению стойкости аппаратных комплексов объектов проводной электросвязи к воздействию дестабилизирующих факторов. утв. письмом Минсвязи России от 7 декабря 1999 г. N 7481.

## REFERENCES

1. GOST R 50571.26–2002. Electrical installations of buildings. Part 5. Selection and installation of electrical equipment. Section 534 Surge Protective Devices.

2. Guidelines for the protection of secondary circuits of power stations and substations from impulse noise / RD 34.20.116–93. - М.: RAO "UES of Russia", 1993. – 56 p.

3. Guidelines for monitoring the condition of grounding devices in electrical installations / RD 153-34.0-20.525-00. - М.: RAO "UES of Russia", 2000. – 44 p.

4. PUE. Rules for the installation of electrical installations. Edition 7, approved. Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation of July 8, 2002 N 204. – 462 p.

5. RD 34.21.122-87 Instructions for the installation of lightning protection of buildings and structures approved. Ministry of Energy of 10/12/1987 (as amended on 06/20/2003). – 37 p.

6. SO-153.34.21.122-2003 Instructions for lightning protection of buildings, structures and industrial communications, approved. by order of the Ministry of Energy of Russia dated June 30, 2003 № 280. – 29 p.

7. Aliev F.G., Zlobinsky V.Ya., Khalilov F.Kh. Problems of surge protection in power supply systems. Yekaterinburg, Terminal Plus Publishing House, 2001. – 154 p.

8. RD 153-34.3-35.125-99 Guidelines for the protection of electrical networks 6-1150 kV from lightning and internal surges St. Petersburg PEIPC Publishing House 1999. – 188 p.

9. STO 56947007-29.240.02.001-2008 Guidelines for the protection of electrical distribution networks with a voltage of 0.4-10 kV from lightning surges. approved Minutes No. 2 of the meeting of the Standing Commission for Regulatory and Technical Support of the Activities of JSC FGC UES dated November 30, 2004. – 66 p.

10. Electric networks and stations L.N. Baptdanov state energy publishing house Energoizdat Moscow 1963. – 463 p.

11. GOST R IEC 61643-12-2011 Surge protection devices in low-voltage power distribution systems. approved Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 6, 2011 N 699-st. – 42 p.

12. GOST 1147-569. Tubular arresters for protection of isolation of electric equipment of alternating current of voltage from 3 to 220 kV. Technical requirements. USSR State Committee for Standards. Standards Publishing House, 1976. – 33 p.

13. GOST R 54986 - Surge protection devices in telecommunications and signaling systems (information systems) approved. Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 17, 2012 No. 311-st. – 49 p.

14. GOST R 55630-2013 Impulse surges and surge protection in low-voltage AC systems approved. by order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 6, 2013 N 982-st -59 p.

15. Dulzon A.A., Kalyatsky I.I. Lightning protection of substations. – Tomsk: Publishing House of Tomsk University, 1970. – 220 p.

16. Zorichev A.L. Lightning protection: zone concept // News of electrical engineering. 2004. № 3(27). Pp.64-67.

17. Zorichev A.L. Lightning protection: zone concept // News of electrical engineering. 2004. № 4(28). Pp.78–81.

18. Zorichev A.L. Surge protection devices up to 1 kV // News of electrical engineering. 2005. № 3(33). Pp.80-84.

19. GOST R 51992–2002 (IEC 61643–1–98). Devices for surge protection in low-voltage power distribution systems. Part 1: Performance requirements and test methods.

20. IEC-61643-12 (2002). Surge protection devices for low-voltage power distribution systems. Part 12. Choice and principles of application.

21. Kostruba S.I. Measurement of electrical parameters of the earth and grounding devices. – M.: Energoatomizdat, 1983. – 166 p.

22. Burgsdorf V.V., Jacobs A.I. Grounding devices of electrical installations. – M.: Energoatomizdat, 1987. – 86 p.

23. Ryabkova E.Ya. Grounding in high voltage installations. – M.: Energy, 1978. – 224 p.

24. Oslon A.B. Some questions of the theory of groundings. – M.: Energy, 2003. – 74 p.

25. GOST 464-79 Grounding for fixed installations of wire communication, radio relay stations, radio

broadcasting nodes of wire broadcasting and antennas of collective television reception systems. Resistance standards. Approved Decree of the USSR State Committee for Standards dated 29.01.79 N 304. – 37 p.

26. RD 45.083-99 Recommendations for ensuring the resistance of hardware complexes of wired telecommunication objects to the effects of destabilizing factors. approved letter of the Ministry of Communications of Russia dated December 7, 1999 N 7481.

## PROTECTION OF PHOTOELECTRIC MODULES FROM ATMOSPHERIC PULSE OVERVOLTAGE

Arifov A.M.<sup>1</sup>, Bekirov E.A.<sup>2</sup>

V.I. Vernadsky Crimean Federal University,  
295007, Republic of Crimea, Simferopol, p. Vernadsky, 4,  
<sup>1</sup>arifov.alim@inbox.ru, <sup>2</sup>bekirov.e.a@cfuv.ru

**Abstract.** The paper considers the influence of atmospheric electromagnetic pulses on the photovoltaic module and its components. A developed surge protection circuit is proposed, which makes it possible to protect each photovoltaic module separately, as well as significantly reduce the impact of surge voltages on the equipment electrically connected to them.

**Subject of study:** induced potential at the affected conductor, induction of charges on the photovoltaic module in the leader stage of the charge, release of the charges of the conductor and the photovoltaic module at the moment of the main discharge.

**Materials and methods:** in order to ensure the necessary level of protection for photoelectric modules, we considered a way to deal with no less dangerous - induced overvoltages that occur in the conductors of DC power lines during a lightning strike in the vicinity of the lines and are the result of a rapid change in the electromagnetic field, the lightning channel in moment of the main discharge. Studies have been carried out on the stages of a lightning discharge and, as a result, induced overvoltages that affect photovoltaic modules and their conductors.

**Results.** For the first time, a circuit was proposed that provides protection for a photovoltaic module and its components (Schottky diodes) from atmospheric overvoltages.

**Conclusions:** the article considers the induced induction of voltage waves on the conductors of a photovoltaic module due to a change in the electric field during the neutralization of the charges of the leader channel. The algorithm of operation of protecting photovoltaic modules from surges and induced electric currents on conductor materials located in the zone of electromagnetic pulses is considered. A developed scheme has been proposed that will ensure the protection of photovoltaic modules directly from the effects of surge voltages, as well as the protection of semiconductor elements (Schottky diodes) that are included in the module circuit. An important aspect of this work is that the introduction of such schemes reduces the risk factor for failure from impulse overvoltages of module elements that are not in the zone of electromagnetic radiation, but have an electrical connection with them.

**Key words:** induced overvoltages; photovoltaic module; electromagnetic field; leader channel; varistor; thermistor; resettable fuse.



## АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕМ ЗДАНИЙ

Колосов М.В.<sup>1</sup>, Липовка Ю.Л.<sup>2</sup>, Шишкова Е.Е.<sup>3</sup>

Сибирский федеральный университет,  
Российская Федерация, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79,  
<sup>1</sup>mkoloso@sfu-kras.ru; <sup>2</sup>YLipovka@sfu-kras.ru; <sup>3</sup>EShishkova@sfu-kras.ru

**Аннотация.** Проблема энергоэффективности и грамотного использования энергетических ресурсов на теплоснабжение в зданиях и сооружениях на сегодняшний день актуальна и требует различные пути решения. Целью регулирования отпуска теплоты на сезонные нагрузки является поддержание комфортных условий микроклимата в помещениях при изменении на протяжении всего отопительного периода температуры наружного воздуха. Для пропорционального изменения тепловой нагрузки в зданиях и сооружениях используется качественный способ регулирования, который заключается в линейном изменении разницы температур относительно изменения температуры наружного воздуха. Одним из самых передовых и эффективных способов анализа энергопотребления и управления климатическим оборудованием является внедрение в работу данного оборудования компьютерных технологий и искусственного интеллекта. Для обоснования мероприятий по повышению энергоэффективности проводится сравнительный анализ параметров различных составляющих сети теплоснабжения. Определенное энергопотребление и установка необходимой температуры зависят от множества факторов, определяемых при проектировании и строительстве тепловых сетей, зданий и сооружений. В целях экономии потребляемой тепловой энергии зданием и улучшения гидравлических режимов внутренних систем отопления необходимо реконструировать индивидуальные тепловые пункты (ИТП) с установкой автоматического регулятора температуры воды в подающем трубопроводе в зависимости от температуры наружного воздуха и регулятора температуры горячего водоснабжения. При высоких значениях температуры наружного воздуха среднее значение потребляемой тепловой энергии выше, чем должно быть, а при низких значениях, наоборот, ниже, что отрицательно сказывается на комфортных условиях микроклимата в помещениях при изменении температуры наружного воздуха. Среднее удельное тепловое потребление здания в весенний период значительно превышает среднее удельное тепловое потребление здания в осенний период.

**Предмет исследования:** функциональная зависимость между потребляемой тепловой энергией и температурой наружного воздуха.

**Материалы и методы:** для качественного анализа систем управления теплотреблением зданий в исследовании построены графики различных зависимостей, выведены необходимые уравнения регрессий и подробно описаны полученные результаты.

**Результаты:** Достоверность аппроксимации для построенных в результате линий тренда составляет 0.51. Для окончательных выводов оценено влияние данного слагаемого на весь тепловой баланс в целом с помощью модели тепловых потерь для помещения в выбранном здании, если его ограждения обращены в разные стороны света. В этом случае средняя достоверность аппроксимации для линий тренда составляет 0.91. Общая линейная зависимость будет иметь точность аппроксимации гораздо ниже.

**Выводы:** для обеспечения качественного управления теплотреблением зданий и, как следствие, поддержания комфортных условий микроклимата в помещениях при изменении на протяжении всего отопительного периода температуры наружного воздуха необходима разработка комплексных систем управления, включающих нелинейные многопараметрические зависимости значений параметров теплоносителя от различных условий окружающей среды.

**Ключевые слова:** теплотребление, энергоэффективность, тепловой пункт, теплогидравлический режим, автоматизированное управление, компьютерный мониторинг.

## ВВЕДЕНИЕ

Регулирование подачи тепловой энергии потребителям является приоритетной задачей на пути достижения минимального, технически и экономически обоснованного уровня потребления тепловой энергии зданиями и сооружениями, что в свою очередь приводит к максимально эффективному расходованию первичных энергетических ресурсов. Основной целью регулирования отпуска теплоты на сезонные нагрузки является поддержание комфортных условий микроклимата в помещениях при изменении на протяжении всего отопительного периода температуры наружного воздуха. Сезонные нагрузки, к которым относится нагрузка на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха изменяются пропорционально изменению

температуры наружного воздуха, но остаются практически стабильными в течение суток. Для обеспечения пропорционального изменения тепловой нагрузки в зданиях и сооружениях используют качественный способ регулирования, который заключается в линейном изменении разницы температур относительно изменения температуры наружного воздуха.

Для реализации 40-процентного потенциала энергосбережения в зданиях должен решаться вопрос энергопотерь в сетях вентиляции, кондиционирования, холодоснабжения, отопления и водоснабжения. Экономически целесообразный потенциал энергосбережения со сроком окупаемости до 3-5 лет в энергопотреблении трубопроводных сетей составляет 30-50 % [1].

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Одним из самых передовых и эффективных способов анализа энергопотребления и управления климатическим оборудованием является внедрение в работу данного оборудования компьютерных технологий и искусственного интеллекта. При моделировании, например, однофазных потоков в системах теплоснабжения моделируемый поток протекает в «закрытой системе», внешние стенки которой меняются в зависимости от конструкционных характеристик, теплоизоляционных материалов и прочих факторов. В связи с этим необходимо обозначить особенности использования математического аппарата: поскольку моделируемый процесс учитывает взаимодействие и с окружающей средой, и с процессами внутри системы, то однофазный поток будет относиться по сложности математических моделей к типу «система» [2]. Актуальна работа на базе алгоритмов математических моделей управления тепловым режимом помещения, что помогает достигнуть высоких показателей качества среды обитания при минимальных затратах энергии. [3]. С помощью компьютерного мониторинга режимов работы действующей тепловой сети проводится анализ структуры энергопотребления и решены задачи энергосбережения отапливаемых зданий, сравниваются показатели энергоэффективности реального объекта теплопотребления [4]. Разработка и реализация оптимальных алгоритмов управления процессами отопления и теплоснабжения решает проблему выбора температуры и расхода теплоносителя по критерию минимума затрат электрической энергии на перекачку и сокращения тепловых потерь при его движении по теплопроводам [5]. Рациональным и эффективным вариантом мониторинга процессов теплоснабжения является работа программных комплексов по управлению определенными процессами в тепловой сети. Программный комплекс автоматизирует процессы расчета энергобаланса жилищного сектора города для различных вариантов размещения, энергетического оснащения и присоединения к энергетическим сетям новых или реконструируемых зданий [6]. С помощью интеллектуальной системы управления теплопотреблением выполняются исследования инсоляционных процессов, например, в зимних климатических условиях Западной Сибири, представляются результаты моделирования динамики температуры воздуха в контрольных помещениях. В результате можно установить влияние энергии солнечного излучения на работу системы управления теплоснабжением [7]. Анализ устойчивости автоматических систем управления теплопотреблением зданий, подключённых к централизованной сети теплоснабжения, проводится для исследования влияния параметров автоматической системы управления с транспортным запаздыванием и интегрирующим регулятором на запас её устойчивости [9]. Обоснована важность характерного для объектов

теплоснабжения транспортного запаздывания при проектировании новых и анализе действующих автоматических систем управления теплопотреблением зданий [10]. Также используется математический аппарат для исследования возможности стабилизации температуры теплоносителя на выходе отопительного прибора при импульсном регулировании расхода теплоносителя [11]. Программа управления отопительного пункта здания на основе загружаемой математической модели элеваторного узла с контуром теплопотребления здания оперирует зависимостью от уличной температуры на основе реальных данных. Дополненная математическая модель водоструйного элеватора с отлаженной система управления дает возможность проверять различные критерии теплопотребления [12].

Для обоснования мероприятий по повышению энергоэффективности проводится сравнительный анализ параметров различных составляющих сети теплоснабжения. Современные подходы к управлению энергосбережением в строительстве обуславливают необходимость постоянного снижения удельного конечного потребления энергоресурсов. Для этого рассмотрены требования к зданиям и сооружениям в области энергоэффективности, проведена классификация энергоэффективных зданий и сооружений, исследованы особенности организации системы энергосбережения в жилищном секторе и рассмотрена схема установления базовых нормативов энергопотребления с учетом климатических условий и внедрения современных инженерно-технологических и конструктивных решений [14]. Анализ данных натурных обследований малоэтажных жилых зданий для разработки рекомендаций по повышению тепловой защиты и энергоактивности дает возможность рассмотреть способы определения тепловых потерь и сравнения найденных величин с требуемыми [15]. Корреляционный анализ проводится с целью выявления статистической связи между понижающим коэффициентом к удельным теплопоступлениям при безоблачном небе и географической широтой района строительства в пределах основной части территории РФ. Сведения по удельному тепловому потоку от солнечной радиации через вертикальные и горизонтальные светопрозрачные ограждения можно использовать для ориентировочного расчета удельной характеристики теплопоступлений в здание от солнечной радиации [16]. Для светопрозрачных ограждающих конструкций существуют критерии выбора энергосберегающего остекления на основе теплотехнических, энергетических и светотехнических параметров. Рассмотрен критерий выбора низкоэмиссионного остекления для оптимального соотношения трансмиссионных теплопотерь и теплопоступлений от солнечной радиации [17]. Быстрая оценка потенциала энергосбережения и возможной экономии

обеспечивает быстрое устранение недостатков и снижение коммунальных платежей и затрат на функционирование здания [18]. Энергетическую эффективность здания повышает геометрическая форма здания с определенной площадью вертикальных наружных ограждающих конструкций и уширение корпуса здания [19]. Для повышения информативности результата анализа работы теплопотребляющей установки рекомендована программа, включающая сбор и обработку данных с приборов учета в реальном времени, интерфейс для отображения результатов анализа на любой цифровой платформе [20]. Мероприятия по повышению энергетической эффективности зданий реализуются в комплексе, использование показателя «удельное энергопотребление» нецелесообразно, так как он отражает текущее потребление. В таком случае необходимо уравнение регрессии для расчета планируемого спроса на энергоресурсы и применения в процессе текущего энергоанализа и мониторинга энергорезультативности [21]. Анализ договорных нагрузок объектов теплопотребления, подключенных к одной из котельных, использует показания приборов учета тепловой энергии на абонентских вводах многоквартирных жилых домов для расчета коэффициента отношения расчетной тепловой нагрузки на отопление к договорной [22]. С помощью тепловизионной съемки возможно получить оценку потерь и установить места максимальных утечек тепла в холодное время года в тепловой сети. Комплексный подход корректирует полученные данные с показаниями приборов учета тепловой энергии, воды, тепловизионных снимков ограждающих конструкций [23]. Определение температуры внутреннего воздуха при построении замкнутых систем автоматического управления отоплением зданий основано на включении температуры обратной воды информации о температуре внутреннего воздуха. С помощью модели теплообмена по температуре обратной воды возможно оценить температуру внутреннего воздуха [24].

В целях экономии потребляемой тепловой энергии зданием и улучшения гидравлических режимов внутренних систем отопления необходимо реконструировать индивидуальные тепловые пункты (ИТП) с установкой автоматического регулятора температуры воды в подающем трубопроводе в зависимости от температуры наружного воздуха и регулятора температуры горячего водоснабжения. Автоматизированный ИТП при наличии узла учета тепла экономит от 10% до 20% потребляемой тепловой энергии за счет погодного регулирования теплопотребления и достоверного учета потребляемой энергии без штрафных санкций за превышение температуры возвращаемой воды [25]. Программы энергосбережения предусматривают снижение теплопотребления подключенных зданий и потерь в сетях. Законодательством (ФЗ №417 от 07.12.2011) предусмотрен перевод всех систем теплоснабжения

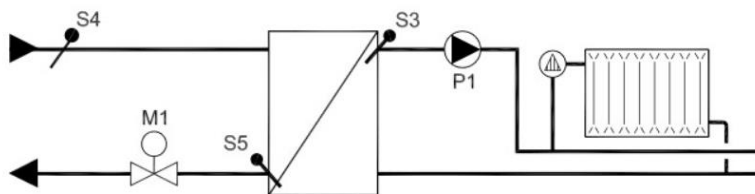
РФ с открытой на закрытую схему с 01.01. 2022 г. [26]. В большинстве существующих индивидуальных тепловых пунктов отсутствует автоматическое регулирование отпуска тепла, что приводит к осенне-весеннему «перетопу» домов. С целью экономии энергоресурсов необходимы утепление ограждающих конструкций и реконструкция тепловых пунктов [27]. В условиях отношения к теплоснабжению как побочному извлечению прибыли при получении дополнительной электроэнергии на ТЭЦ за счёт использования встроенного пучка в конденсатор (дармового тепла) и более высокого КПД по температура воды в обратном контуре во всех сетях централизованного теплоснабжения от ТЭЦ превалирует над температурой в подающем контуре. Котельные не дают дополнительной прибыли.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для качественного анализа систем управления теплопотреблением зданий в исследовании построены графики различных зависимостей, выведены необходимые уравнения регрессий и подробно описаны полученные результаты. Для аппроксимации температурного графика контура отопления использован тепловой баланс теплообменного аппарата, построен график зависимости сезонной нагрузки от температуры наружного воздуха. Приведено сравнение показателей температуры подающего и обратного трубопроводов в сравнении с графиком температур. Произведено сравнение зависимости потребляемой тепловой энергии от температуры наружного воздуха с графиком температур системы отопления здания, применен первый закон термодинамики с предположением, что расход в системе отопления создается насосом с постоянными параметрами. Рассмотрено распределение потребленной тепловой энергии по месяцам года и построена зависимость суточной удельной тепловой энергии от месяца года. Построена зависимость значений суммарной солнечной радиации по месяцам и линейные зависимости линий тренда. Также построена зависимость значений суммарного теплового потребления помещения от температуры наружного воздуха с ограждением, обращенным по разные стороны света.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для иллюстрации работы рассмотрим здание с системой отопления, присоединенной к тепловым сетям централизованного теплоснабжения по независимой схеме, представленной на рисунке ниже. Регулирование в данном случае происходит с погодной компенсацией температуры теплоносителя для одной системы отопления и ограничением по графику температуры теплоносителя, возвращаемого в тепловые сети централизованного теплоснабжения.

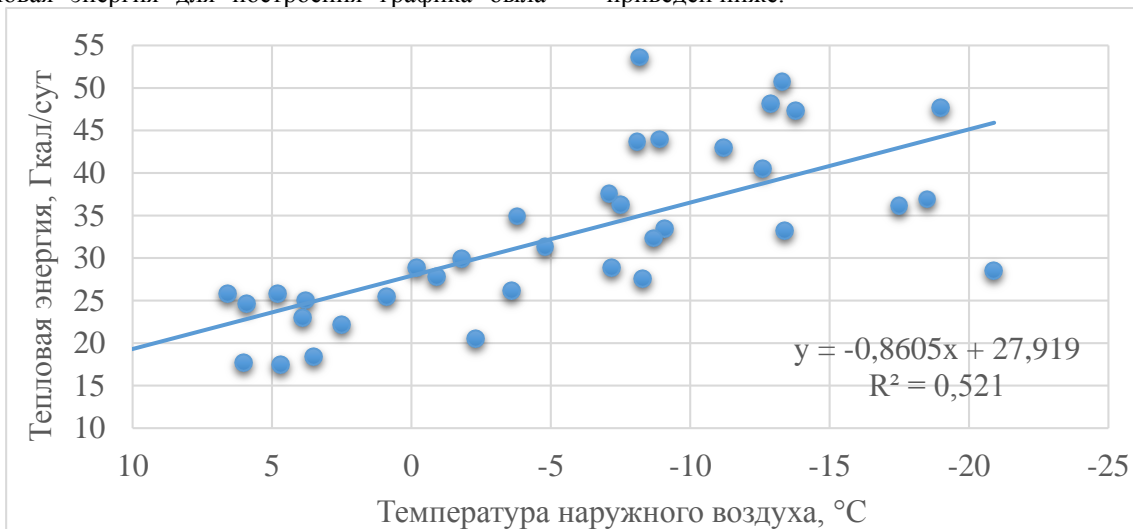


**Рис. 1.** Система отопления, присоединенная к тепловым сетям централизованного теплоснабжения по независимой схеме.

**Fig. 1.** A heating system connected to district heating heating networks according to an independent scheme.

Для аппроксимации температурного графика контура отопления воспользуемся тепловым балансом теплообменного аппарата и построим график зависимости сезонной нагрузки от температуры наружного воздуха. Потребляемая тепловая энергия для построения графика была

получена с прибора учета тепловой энергии в период с января 2016 по апрель 2021. График зависимости сезонной нагрузки от температуры наружного воздуха для среднесуточного за месяц теплового потребления в обозначенный период приведен ниже.

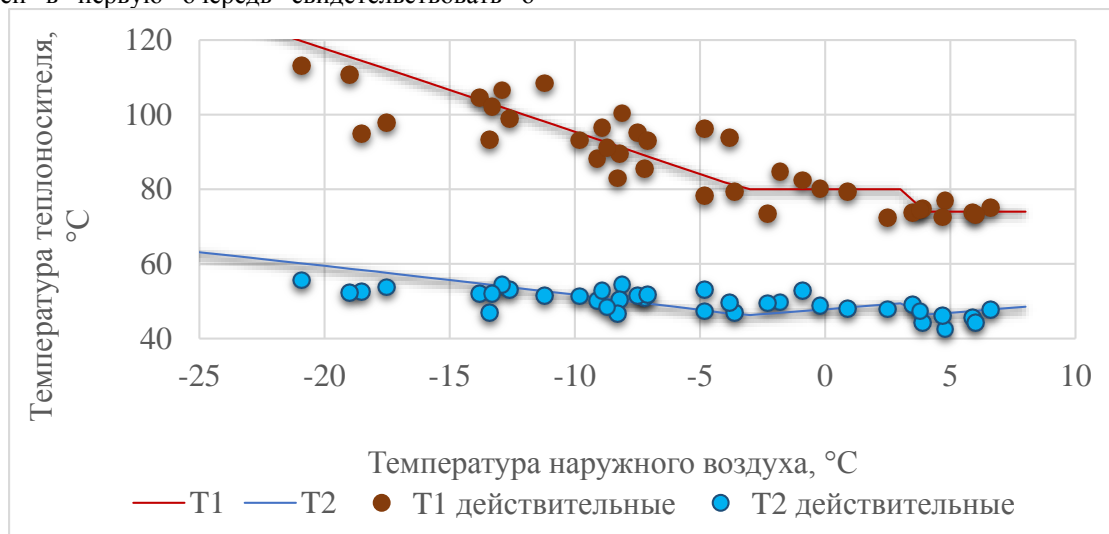


**Рис. 2.** Зависимость потребляемой тепловой энергии от температуры наружного воздуха.

**Fig. 2.** Dependence of the consumed thermal energy on the outdoor temperature.

На графике выше видно, что коэффициент детерминации для линейной аппроксимации говорит о слабой функциональной зависимости между потребляемой тепловой энергией и температурой наружного воздуха. Данный факт должен в первую очередь свидетельствовать о

несоблюдении режима регулирования. Для проверки данного утверждения произведем сравнение показателей температуры подающего и обратного трубопроводов в сравнении с графиком температур, которое приведено ниже.



**Рис. 3.** Показатели температуры подающего и обратного трубопроводов в сравнении с графиком температур.

**Fig. 3.** Temperature indicators of the supply and return pipelines in comparison with the temperature graph.

Рассмотрим относительные отклонения действительных значений температур от графика температур обратной линии тепловой сети. Среднеарифметическое значение относительных отклонений действительных значений температур от графика температур обратной линии тепловой

сети составляет  $-0.318\%$ , а дисперсия соответственно равна  $0.00322$ . Распределение относительных отклонений действительных значений температур от графика температур обратной линии тепловой сети представлена на рисунке ниже.

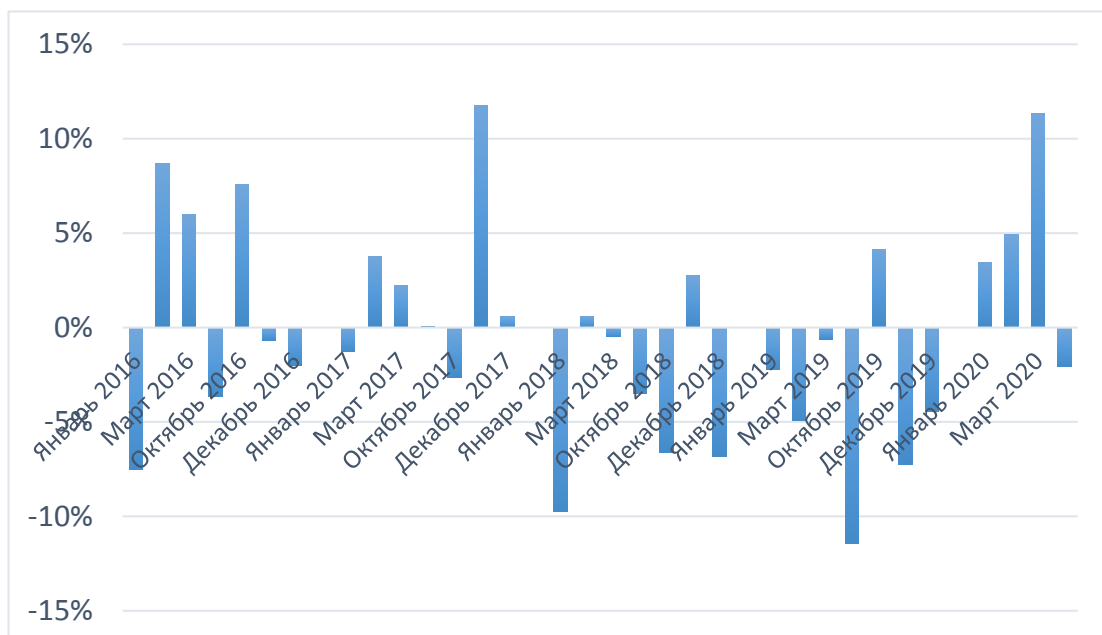


Рис. 4. Относительные отклонения действительных значений температур от графика температур обратной линии тепловой сети.

Fig. 4. Relative deviations of the actual temperature values from the temperature graph of the return line of the heat network.

Из этого можно сделать вывод, что система автоматического регулирования работает с большой погрешностью, среднее квадратичное отклонение составляет  $5.68\%$ , однако зависимость потребляемой тепловой энергии от температуры наружного воздуха имеет среднее квадратичное отклонение, равное  $9.79$  Гкал/сут. Сравним

зависимость потребляемой тепловой энергии от температуры наружного воздуха с графиком температур системы отопления здания, для этого воспользуемся первым законом термодинамики и предположим, что расход в системе отопления создается насосом с постоянными параметрами. Данное сравнение представлено на рисунке ниже.

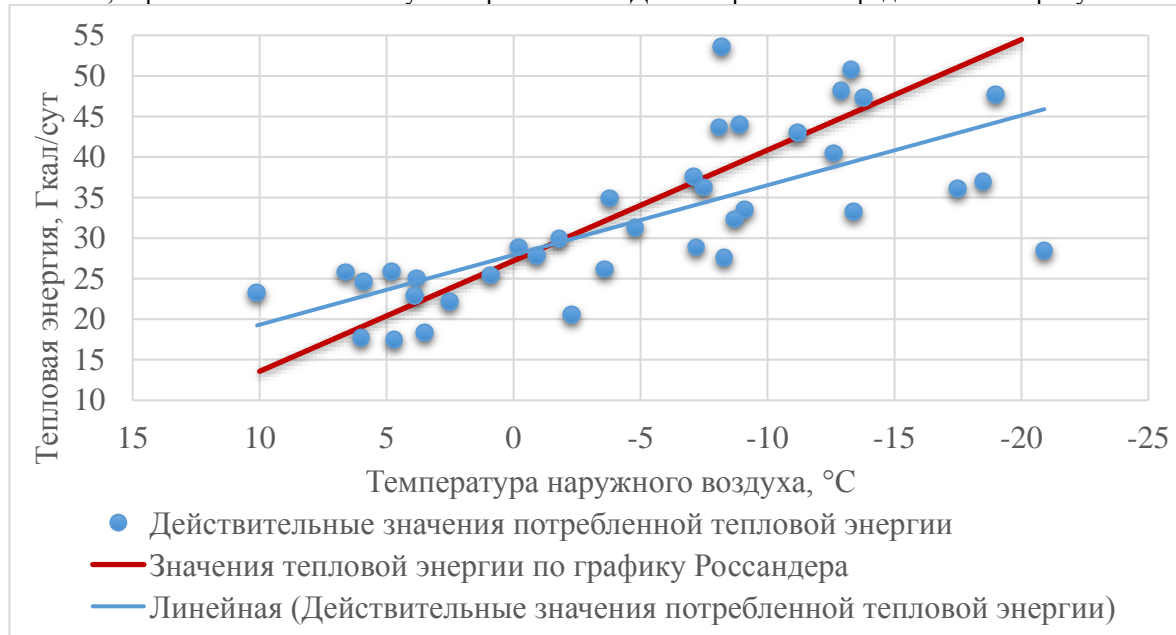


Рис. 5. Зависимость потребляемой тепловой энергии от температуры наружного воздуха в сравнении с графиком температур системы отопления здания.

Fig. 5. Dependence of the consumed thermal energy on the outdoor air temperature in comparison with the temperature graph of the building heating system.

Из рисунка видно, что при высоких значениях температуры наружного воздуха среднее значение потребляемой тепловой энергии выше, чем должно быть, а при низких значениях, наоборот, ниже, что отрицательно сказывается на комфортных условиях микроклимата в помещениях при изменении температуры наружного воздуха.

Следующим этапом рассмотрим распределение потребленной тепловой энергии по месяцам года.

Для равноправного сравнения месячной тепловой энергии введем понятие удельной суточной тепловой энергии, для этого значение месячной тепловой энергии разделим на количество дней в месяца и на разницу между нормативной температурой в помещении и температурой наружного воздуха. Зависимость суточной удельной тепловой энергии от месяца года представлена на рисунке ниже.

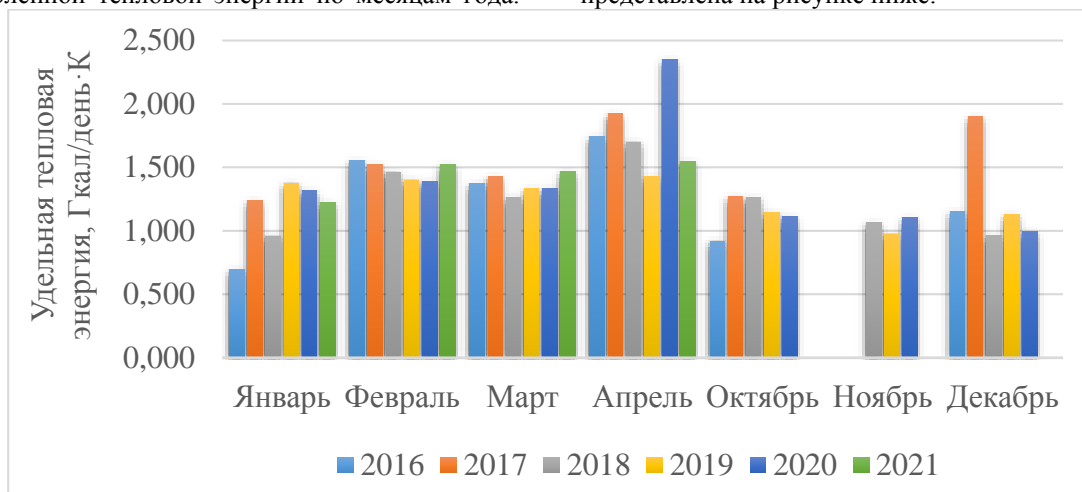


Рис. 6. Зависимость суточной удельной тепловой энергии от месяца года.  
 Fig. 6. The dependence of the daily specific heat energy on the month of the year.

Из рисунка хорошо видно, что среднее удельное тепловое потребление здания в весенний период значительно превышает среднее удельное тепловое потребление здания в осенний период. Это демонстрирует тот факт, что поддержание температуры обратной линии не выше определенного значения не является достаточным условием для поддержания минимального уровня потребления тепловой энергии зданиями и сооружениями.

Для управления теплоснабжением системы теплоснабжения используется линейная зависимость тепловой нагрузки от температуры

наружного воздуха, что очень удобно при использовании систем автоматизированного управления построенного по технологиям прошлого века, однако современные системы управления способны обеспечивать установку заданных параметров при нелинейных многопараметрических задачах, и если рассматривать классическое уравнение теплового баланса, то одно из слагаемых, речь идет о значении суммарной солнечной радиации, зависит от температуры нелинейно. На рисунке ниже показана зависимость значений суммарной солнечной радиации по месяцам.

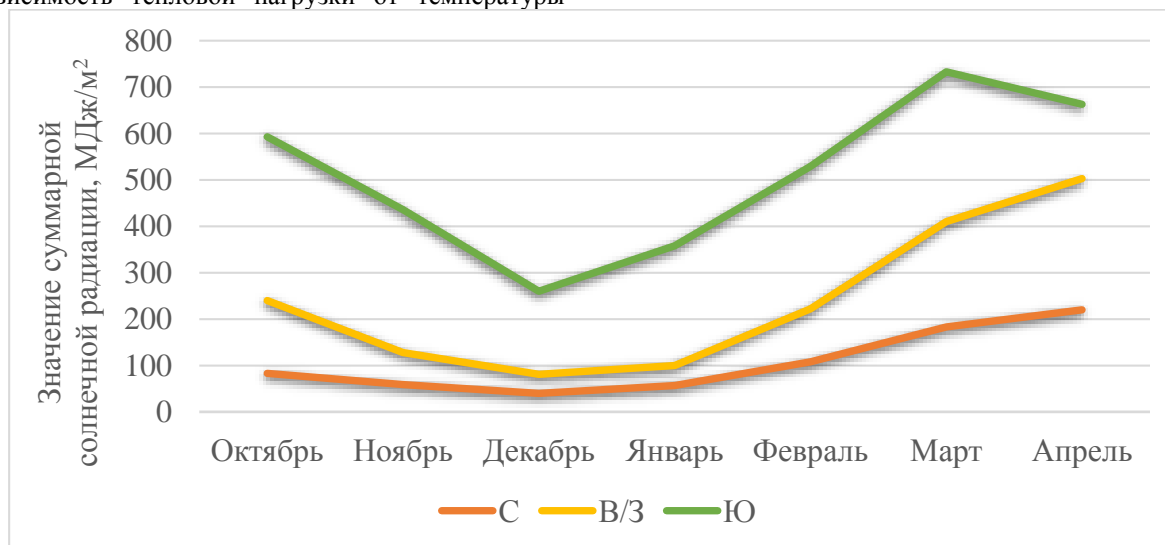
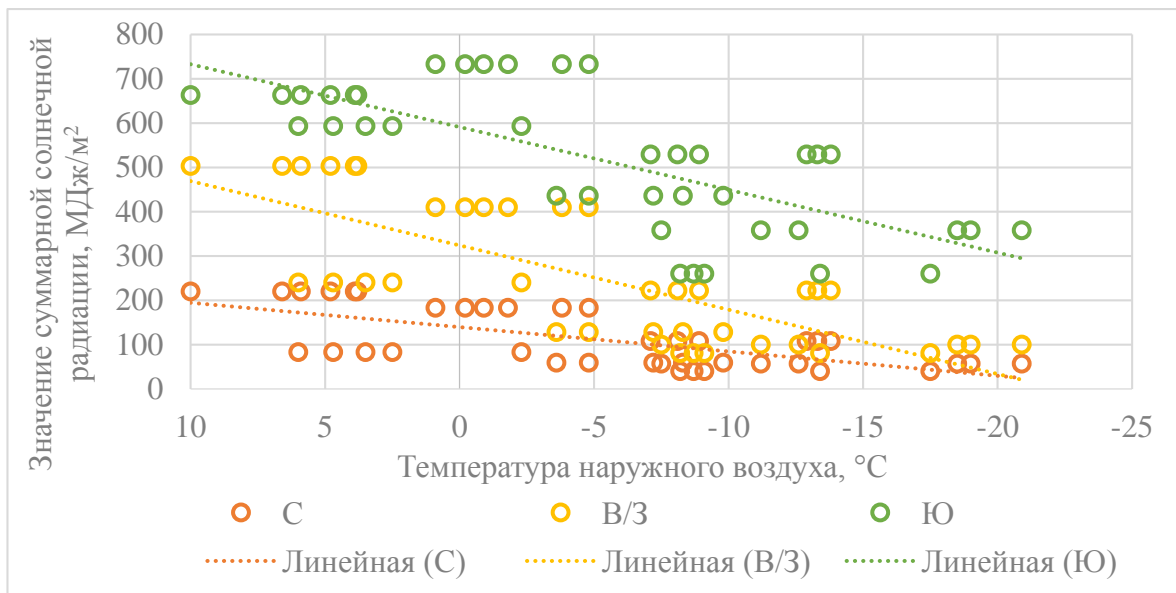


Рис. 7. Зависимость значений суммарной солнечной радиации по месяцам.  
 Fig. 7. Dependence of the values of total solar radiation by month.

Данная величина зависит не только от времени года, но также и от ориентации поверхности, на которую приходится излучение, а вот от температуры наружного воздуха зависимость не явная. Необходимо связать значение суммарной солнечной радиации и температуру наружного воздуха. Для этого воспользуемся нормативными

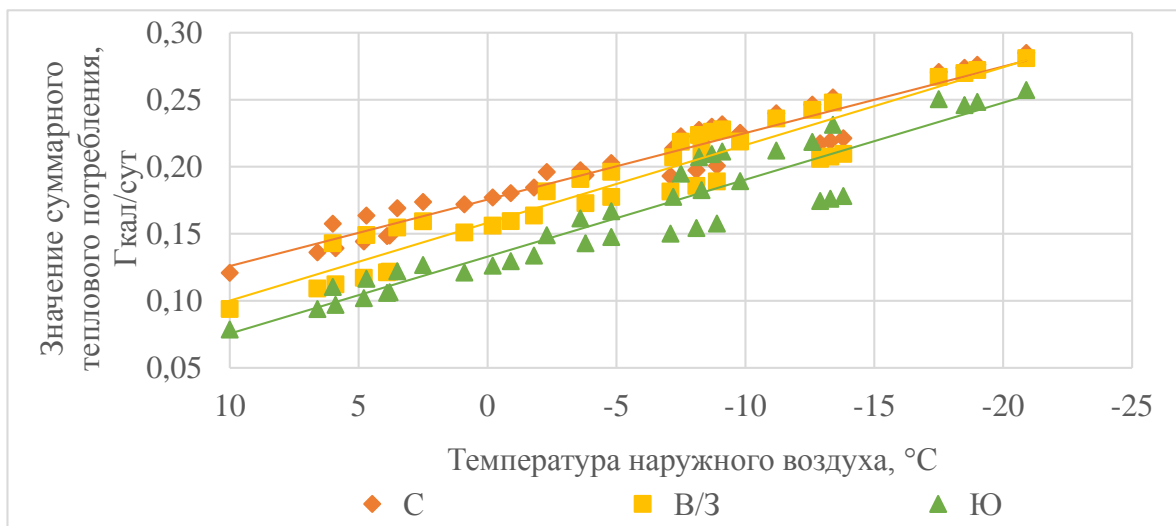
значениями суммарной солнечной радиации по месяцам, а также действительными средними значениями температуры наружного воздуха для выбранного периода, что в общем случае будет представлять собой разброс температуры по месяцам, и построим линейные зависимости линий тренда, которые представлены на рисунке ниже.



**Рис. 8.** Зависимость значений суммарной солнечной радиации от температуры наружного воздуха.  
**Fig. 8.** Dependence of the values of total solar radiation on the outdoor temperature.

Достоверность аппроксимации для данных линий тренда составляет в среднем 0.51, что может свидетельствовать о недостаточной точности данной аппроксимации. Однако для окончательных выводов необходимо оценить влияние данного

слагаемого на весь тепловой баланс в целом, для этого смоделируем тепловые потери для помещения в выбранном здании, если его ограждения могут быть обращены в разные стороны света.



**Рис. 9.** Зависимость значений суммарного теплового потребления помещения от температуры наружного воздуха с ограждением, обращенным по разные стороны света.  
**Fig. 9.** Dependence of the values of the total heat consumption of the room on the outdoor air temperature with a fence facing on different sides of the world.

В этом случае средняя достоверность аппроксимации для данных линий тренда составляет уже 0.91, при этом хочется обратить особое внимание на то, что это три разные линии, построенные для разных помещений, и значения

суммарного теплового потребления для этих случаев значительно отличаются, а общая линейная зависимость будет иметь точность аппроксимации гораздо ниже.

## ВЫВОДЫ

Для обеспечения пропорционального изменения тепловой нагрузки в зданиях и сооружениях используют качественный способ регулирования, который заключается в линейном изменении разницы температур относительно изменения температуры наружного воздуха. Основываясь на данных из построенных зависимостей, можно сделать вывод, что для обеспечения качественного управления теплопотреблением зданий и, как следствие, поддержания комфортных условий микроклимата в помещениях при изменении на протяжении всего отопительного периода температуры наружного воздуха необходима разработка более комплексных систем управления, включающих нелинейные многопараметрические зависимости значений параметров теплоносителя от различных условий окружающей среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Наумов А.Л., Судьина О.С. Оптимизация проектирования и энергоэффективность трубопроводных сетей инженерных систем здания // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2021. № 4. С. 72-80.
- 2 Петров А.М., Попов А.Н. Разработка метода математического моделирования термодинамических процессов однофазных потоков наружных сетей теплоснабжения // Строительство и техногенная безопасность. 2022. № 26(78). С. 59-64.
- 3 Миллер Ю.В., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Оценка потенциала энергосбережения при применении автоматизированной системы управления теплоэнергопотреблением и микроклиматом здания // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2018. № 6. С. 54-61.
- 4 Колосов М.В., Липовка Ю.Л. Использование компьютерного мониторинга энергоэффективности теплопотребления зданий // Энергосбережение и водоподготовка. 2021. № 1 (129). С. 30-38.
- 5 Панферов С.В., Панферов В.И. Оптимальное управление температурой и расходом теплоносителя в тепловых сетях при переменном КПД насосов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. Т. 21. № 2. С. 52-59.
- 6 Косяков С.В., Осипова С.А., Садыков А.М. Метод оценки влияния решений по выбору способов энергоснабжения зданий на энергобаланс города // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2019. № 5. С. 67-76.
- 7 Стрижак П.А., Морозов М.Н. Математическое моделирование теплового режима здания с учетом инсоляционных теплопоступлений // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326. № 8. С. 36-46.
- 8 Сковорода Б.Ф., Александров В.П., Александров А.В., Блинов О.В. Анализ устойчивости автоматической системы управления теплопотреблением здания с централизованным теплоснабжением при использовании интегрирующего регулятора // Энергетик. 2022. № 8. С. 27-29.
- 9 Сковорода Б.Ф., Александров В.П., Александров А.В., Блинов О.В. Аналитический метод оценки устойчивости автоматической системы управления теплопотреблением здания с централизованным теплоснабжением // Энергетик. 2022. № 6. С. 30-31.
- 10 Сковорода Б.Ф., Александров В.П., Александров А.В., Блинов О.В. Анализ закономерностей изменения температуры теплоносителя в отопительных приборах в условиях квазистационарного режима работы импульсной автоматической системы управления теплопотреблением здания с централизованным теплоснабжением // Энергетик. 2021. № 6. С. 31-34.
- 11 Олейников В.С., Бурячек И.Ю., Пересвет В.А., Курочкина В.С. Разработка программного обеспечения системы погодного управления тепловым пунктом на основе математической модели объекта управления // Modern Science. 2020. № 10-2. С. 518-524.
- 12 Shilin A.A., Bukreev V.G., Perevoshchikov F.V. Synthesis and implementation of  $\lambda$ -approach of slide control in heat-consumption system // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. 2022. Т. 22. № 3. С. 501-508.
- 13 Береговой А.М., Маризина Е.С. Повышение энергоэффективности малоэтажных жилых зданий // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. 2022. № 1 (14). С. 3-7.
- 14 Самарин О.Д. Влияние средних условий облачности на суммарные теплопоступления от солнечной радиации за отопительный период // Жилищное строительство. 2019. № 5. С. 8-10.
- 15 Гагарин В.Г., Коркина Е.В., Тюленев М.Д. Влияние противостоящих зданий на энергосбережение здания с низкоэмиссионным остеклением // Жилищное строительство. 2022. № 3. С. 30-35.
- 16 Бирюков С.В. Быстрый метод оценки потенциала энергосбережения в зданиях сельскохозяйственного назначения // Аграрный научный журнал. 2021. № 6. С. 68-70.
- 17 Семенова Э.Е., Мельников Е.Д., Пономарева Г.В. Анализ проектирования жилых зданий с учетом энергосбережения // Высокие технологии в строительном комплексе. 2018. № 1. С. 30-33.
- 18 Колосов М.В., Жуйков А.В., Чичерин С.В., Джунусова Л.Р. Анализ теплопотребления объектов бюджетной сферы // Промышленная энергетика. 2021. № 9. С. 34-41.
- 19 Терешкина Т.Р., Семенов А.С. Организационно-логистические факторы повышения энергоэффективности в сфере ЖКХ

Санкт-Петербурга // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2020. Т. 17. № 5. С. 20-27.

20 Горшков А.С., Кабанов М.С., Юферев Ю.В. Анализ тепловых нагрузок и удельного потребления тепловой энергии в многоквартирных домах // Теплоэнергетика. 2021. № 8. С. 72-80.

21 Гашо Е.Г., Сергеева К.Д., Перепелица Р.Р. Резервы тепловой оптимизации объектов НИУ "МЭИ" // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. 2021. № 5. С. 11-18.

22 Панферов С.В. О реализации канала обратной связи в системах автоматического управления отоплением зданий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Т. 19. № 4. С. 65-71.

23 Бодренко Е.В. Особенности внедрения автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов // Вопросы устойчивого развития общества. 2020. № 2. С. 663-667.

24 Звонарева Ю.Н., Зверев О.И. Совершенствование систем теплоснабжения путем внедрения АИТП // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 1 (41). С. 10-18.

25 Ерёмкин А.И., Баканова С.В., Белов В.Е., Родионов Ю.В. Некоторые методы энергосбережения в системах отопления жилых многоквартирных зданий // Региональная архитектура и строительство. 2021. № 2 (47). С. 137-144.

## REFERENCES

1 Naumov A.L., Sudina O.S. Optimization of design and energy efficiency of pipeline networks of engineering systems of a building // AVOK: Ventilyaciya, otoplenie, kondicionirovanie vozduha, teplosnabzhenie i stroitel'naya teplofizika. 2021. No. 4. Pp. 72-80. (In Russian)

2 Petrov A.M., Popov A.N. Development of a method for mathematical modeling of thermodynamic processes of single-phase flows of external heat supply networks // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. 2022. № 26(78). Pp. 59-64. (In Russian)

3 Miller Yu.V., Borodach M.M., Shilkin N.V. Assessment of the energy saving potential when using an automated control system for heat and energy consumption and microclimate of a building // AVOK: Ventilyaciya, otoplenie, kondicionirovanie vozduha, teplosnabzhenie i stroitel'naya teplofizika. 2018. No. 6. Pp. 54-61. (In Russian)

4 Kolosov M.V., Lipovka Yu.L. The use of computer monitoring of energy efficiency of heat consumption of buildings // Energoberezhenie i vodopodgotovka. 2021. № 1 (129). Pp. 30-38. (In Russian)

5 Panferov S.V., Panferov V.I. Optimal control of temperature and coolant flow in heating networks with variable pump efficiency // Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. 2021. Т. 21. № 2. Pp. 52-59. (In Russian)

6 Kosyakov S.V., Osipova S.A., Sadykov A.M. Method of assessing the impact of decisions on the choice of methods of energy supply of buildings on the energy balance of the city // Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta. 2019. № 5. Pp. 67-76. (In Russian)

7 Strizhak P.A., Morozov M.N. Mathematical modeling of the thermal regime of a building taking into account insolation heat // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. 2015. Т. 326. № 8. Pp. 36-46. (In Russian)

8 Skovoroda B.F., Alexandrov V.P., Alexandrov A.V., Blinov O.V. Stability analysis of the automatic heat management system of a building with centralized heat supply using an integrating regulator // Energetik. 2022. № 8. Pp. 27-29. (In Russian)

9 Skovoroda B.F., Alexandrov V.P., Alexandrov A.V., Blinov O.V. Analytical method for assessing the stability of an automatic heat management system of a building with centralized heat supply // Energetik. 2022. № 6. Pp. 30-31. (In Russian)

10 Skovoroda B.F., Alexandrov V.P., Alexandrov A.V., Blinov O.V. Analysis of the regularities of changes in the temperature of the coolant in heating devices in a quasi-stationary mode of operation of a pulsed automatic heat management system of a building with centralized heat supply // Energetik. 2021. № 6. Pp. 31-34. (In Russian)

11 Oleynikov V.S., Buryachek I.Yu., Peresvet V.A., Kurochkina V.S. Software development of a weather control system for a thermal point based on a mathematical model of a control object // Modern Science. 2020. № 10-2. Pp. 518-524. (In Russian)

12 Shilin A.A., Bukreev V.G., Perevoshchikov F.V. Synthesis and implementation of  $\lambda$ -approach of slide control in heat-consumption system // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. 2022. Т. 22. № 3. Pp. 501-508.

13 Beregovoy A.M., Marinina E.S. Improving the energy efficiency of low-rise residential buildings // Vestnik PGUAS: stroitel'stvo, nauka i obrazovanie. 2022. № 1 (14). Pp. 3-7. (In Russian)

14 Samarin O.D. Influence of average cloud cover conditions on total heat gain from solar radiation during the heating period // ZHilishchnoe stroitel'stvo. 2019. № 5. Pp. 8-10. (In Russian)

15 Gagarin V.G., Korkina E.V., Tyulenev M.D. The influence of opposing buildings on energy saving of buildings with low-emission glazing // ZHilishchnoe stroitel'stvo. 2022. № 3. Pp. 30-35. (In Russian)

16 Biryukov S.V. A fast method for assessing the potential of energy saving in agricultural buildings // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2021. № 6. Pp. 68-70. (In Russian)

17 Semenova E.E., Melnikov E.D., Ponomareva G.V. Analysis of the design of residential buildings taking into account energy saving // Vysokie tekhnologii v stroitel'nom komplekse. 2018. № 1. Pp. 30-33. (In Russian)

18 Kolosov M.V., Zhuikov A.V., Chicherin S.V., Dzhunusova L.R. Analysis of heat consumption of

public sector facilities // *Promyshlennaya energetika*. 2021. № 9. Pp. 34-41. (In Russian)

19 Tereshkina T.R., Semenov A.S. Organizational and logistical factors of energy efficiency improvement in the housing and utilities sector of St. Petersburg // *FES: Finansy. Ekonomika. Strategiya*. 2020. T. 17. № 5. Pp. 20-27. (In Russian)

20 Gorshkov A.S., Kabanov M.S., Yuferev Yu.V. Analysis of thermal loads and specific consumption of thermal energy in apartment buildings // *Teplenergetika*. 2021. № 8. Pp. 72-80. (In Russian)

21 Gasho E.G., Sergeeva K.D., Perepelitsa R.R. Reserves of thermal optimization of objects of NRU "MEI" // *Vestnik Moskovskogo energeticheskogo instituta. Vestnik MEI*. 2021. № 5. Pp. 11-18. (In Russian)

22 Panferov S.V. On the implementation of the feedback channel in automatic heating control systems

of buildings // *Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2019. T. 19. № 4. pp. 65-71. (In Russian)

23 Bodrenko E.V. Features of the introduction of automated individual heating points // *Voprosy ustojchivogo razvitiya obshchestva*. 2020. № 2. Pp. 663-667. (In Russian)

24 Zvonareva Yu.N., Zverev O.I. Improvement of heat supply systems through the introduction of AIHP // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta*. 2019. T. 11. № 1 (41). Pp. 10-18. (In Russian)

25 Eremkin A.I., Bakanova S.V., Belov V.E., Rodionov Yu.V. Some methods of energy saving in heating systems of residential apartment buildings // *Regional'naya arhitektura i stroitel'stvo*. 2021. № 2 (47). Pp. 137-144. (In Russian)

## ANALYSIS OF BUILDING HEAT MANAGEMENT SYSTEMS

Kolosov M.V.<sup>1</sup>, Lipovka Y.L.<sup>2</sup>, Shishkova E.E.<sup>3</sup>

Siberian Federal University, 79 Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation,  
<sup>1</sup>mkolosov@sfu-kras.ru; <sup>2</sup>YLipovka@sfu-kras.ru; <sup>3</sup>EShishkova@sfu-kras.ru

**Abstract.** The problem of energy efficiency and the competent use of energy resources for heat supply in buildings and structures is relevant today and requires various solutions. The purpose of regulating the release of heat for seasonal loads is to maintain comfortable microclimate conditions in the premises when the outdoor temperature changes throughout the heating period. To proportionally change the heat load in buildings and structures, a qualitative method of regulation is used, which consists in a linear change in the temperature difference relative to the change in outdoor air temperature. One of the most advanced and effective ways to analyze energy consumption and control climate equipment is the introduction of computer technology and artificial intelligence into the operation of this equipment. To substantiate measures to improve energy efficiency, a comparative analysis of the parameters of various components of the heat supply network is carried out. A certain energy consumption and the setting of the required temperature depend on many factors determined during the design and construction of heating networks, buildings and structures. In order to save the thermal energy consumed by the building and improve the hydraulic modes of internal heating systems, it is necessary to reconstruct individual heating points (IHP) with the installation of an automatic water temperature controller in the supply pipeline depending on the outside air temperature and a hot water temperature controller. At high outdoor temperatures, the average value of the consumed thermal energy is higher than it should be, and at low values, on the contrary, it is lower, which negatively affects the comfortable microclimate conditions in the premises when the outdoor temperature changes. The average specific heat consumption of a building in the spring period significantly exceeds the average specific heat consumption of a building in the autumn period.

**Subject of research:** functional dependence between the consumed thermal energy and the outdoor air temperature.

**Materials and methods:** for qualitative analysis of building heat management systems, graphs of various dependencies were constructed in the study, the necessary regression equations were derived and the results obtained were described in detail.

**Results:** The accuracy of the approximation for the trend lines constructed as a result is 0.51. For final conclusions, the influence of this term on the entire heat balance as a whole is estimated using a heat loss model for a room in a selected building if its fences face different directions of the world. In this case, the average accuracy of the approximation for trend lines is 0.91. The overall linear dependence will have an approximation accuracy much lower.

**Conclusions:** to ensure high-quality management of heat consumption of buildings and, as a result, to maintain comfortable indoor microclimate conditions when the outdoor temperature changes throughout the heating period, it is necessary to develop integrated control systems that include nonlinear multiparametric dependences of the values of the coolant parameters on various environmental conditions.

**Key words:** heat consumption, energy efficiency, heat point, thermal hydraulic mode, automated control, computer monitoring.

УДК 514.18: 37.02: 621.791.021: 62-408.64: 621.914.1

## О ВОЗМОЖНОСТИ АППРОКСИМАЦИИ ПРОЕКЦИИ ЛИНИИ ВЗАИМНОГО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ЦИЛИНДРОВ ДУГОЙ ОКРУЖНОСТИ

Бут А.Ю.

Севастопольский государственный университет,  
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, aybut@sevsu.ru

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию возможности аппроксимации проекции линии пересечения двух цилиндров, пересекающихся под прямым углом, дугой окружности диаметром, равным диаметру большего из пересекающихся цилиндров, в определённом диапазоне соотношений их диаметров. Проведено исследование, в рамках которого выполнено графическое решение рассматриваемой задачи для различных соотношений диаметров  $d$  и  $D$  цилиндров. Измерены отклонения  $\Delta$  аппроксимирующих дуг от точных проекций линий пересечения. По результатам измерений построен график зависимости максимального отклонения аппроксимирующей дуги  $\Delta$  от соотношения диаметров пересекающихся цилиндров  $d/D$ . Показано, что в диапазоне соотношений  $d \leq 0,6D$  аппроксимирующая дуга отклоняется от точной проекции линии пересечения в пределах 0,5% от  $D$ . Предложен вариант практического применения результатов работы для оптимизации процесса соединения элементов трубопроводов. Показано, что при использовании предлагаемого способа аппроксимации для определения контуров выреза на стыкуемых участках поверхностей труб схема формирования вырезов значительно упрощается, а процесс их получения можно производить посредством одной концевой фрезы, то есть без смены инструмента. Приведены схемы для расчёта контуров вырезов на стыкуемых трубах по предлагаемому способу.

**Предмет исследования:** случай пересечения двух цилиндров под прямым углом с варьирующимся соотношением их диаметров.

**Материалы и методы:** геометрический алгоритм моделирования линии взаимного пересечения двух цилиндров, пересекающихся под прямым углом, – кривой 2-го порядка – с использованием метода плоских посредников и компьютерного моделирования; метод аппроксимации в контексте рассматриваемой задачи.

**Результаты:** показано, что проекция линии взаимного пересечения двух цилиндров, пересекающихся под прямым углом, на плоскость, параллельную плоскости их симметрии, для определённого диапазона соотношений диаметров цилиндров может быть аппроксимирована дугой окружности диаметром, равным диаметру большего из пересекающихся цилиндров. Установлена зависимость точности аппроксимации от соотношения диаметров пересекающихся цилиндров. Определены значения максимальных отклонений аппроксимирующей дуги от точной линии для различных соотношений диаметров цилиндров и на основании полученных данных построен график этой зависимости. Предложен вариант практического применения предлагаемого способа аппроксимации для оптимизации технологического процесса соединения элементов трубопроводов. Приведена схема для расчёта вырезов на стыкуемых трубах.

**Выводы:** проекцию линии пересечения цилиндров, пересекающихся под прямым углом, на плоскость, параллельную плоскости их симметрии, в некотором диапазоне соотношений их диаметров можно с достаточной точностью аппроксимировать дугой окружности, диаметр которой равен диаметру большего из цилиндров. Точность аппроксимации зависит от соотношений диаметров пересекающихся цилиндров. Возможность применения предлагаемого способа аппроксимации и границы доверительного диапазона соотношений диаметров должны выбираться с учетом допустимой точности построений в конкретной инженерной задаче. Указанный способ аппроксимации может применяться, в частности, в процессах соединения элементов трубопроводов для расчета контуров вырезов на стыкуемых трубах, в результате чего схема и процесс формирования вырезов значительно упрощаются.

**Ключевые слова:** цилиндр, линия взаимного пересечения поверхностей, аппроксимация, дуга окружности, диаметр, труба, концевая фреза.

### ВВЕДЕНИЕ

В данной работе рассматривается одна из наиболее распространённых на практике задач: построение линии пересечения двух цилиндров, которые пересекаются под прямым углом.

Следует отметить, что у данной задачи есть как графическое, так и прикладное технологическое применение, о чём будет сказано ниже.

Точное решение рассматриваемой задачи пересечения цилиндров подчиняется следующей теореме: «Если пересекающиеся поверхности второго порядка имеют общую плоскость симметрии, то линия их пересечения проецируется на эту плоскость в виде кривой второго порядка». В частности, проекцией пространственной кривой линии пересечения двух цилиндров вращения с

пересекающимися осями на плоскость, параллельную плоскости симметрии поверхностей, является гипербола [1].

Следовательно, точная проекция этой линии строится с использованием метода посредников. Порядок построений для решения этой задачи рассмотрен, например, в [2]. Такие построения не составляют труда для специалистов, знакомых с азами начертательной геометрии, однако требуют некоторого времени.

Зависимость линии пересечения поверхностей вращения от соотношения их размеров рассмотрена на примере пересечения двух цилиндров в работе [3]. Здесь даётся общая характеристика и тенденция изменения внешнего вида пространственной кривой при изменении соотношений диаметров цилиндров. В работе [4] приведены основные сведения о проекциях линий (в форме классификации),

получаемых при пересечении поверхностей вращения, если соблюдены условия упомянутой выше теоремы.

В работе [5] решение задачи описано более детально. В частности, проекция кривой пересечения цилиндров в виде гиперболы приводится с её асимптотами и опорными точками.

В работе [6] получено уравнение, описывающее искомую равностороннюю гиперболу — плоскую кривую второго порядка.

Выше приведены лишь некоторые из множества источников с описанием решения данной классической задачи. По этой же причине в новой литературе не уделяется особое внимание указанной задаче.

Следует отметить, что во всех упомянутых источниках рассматривается именно графически точное решение. При этом подобная точность построений часто не имеет практического смысла на рабочих чертежах за исключением случаев, когда искомая линия пересечения является линией обработки (разделения, стыковки,гиба) материала для последующих технологических операций, например, сварки. В связи с этим возникает закономерная потребность в допустимом упрощении процесса построения этой линии.

ГОСТ 2.305-2008 [7] даёт следующие рекомендации для построения линии взаимного пересечения поверхностей: «9.4 На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линий пересечения поверхностей, если не требуется точного их построения. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружности и прямые линии.»

Однако конкретные рекомендации для использования указанных упрощений в стандарте

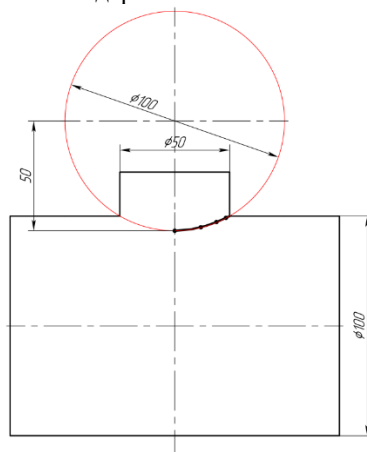
отсутствуют. Получается, что автор чертежа должен принимать решение об использовании подобных упрощений самостоятельно, руководствуясь условиями конкретной технической задачи.

Цели данной работы:

1. Предложить и обосновать использование определённого способа упрощённого изображения проекции линии взаимного пересечения двух цилиндров под прямым углом;
2. Проанализировать возможный доверительный диапазон соотношений диаметров цилиндров, в котором упрощение по предлагаемому способу даёт удовлетворительные результаты;
3. С учётом установленного доверительного диапазона рассмотреть практическое применение способа упрощённого изображения упомянутой линии в технологических процессах и инженерных задачах.

## 1 ГРАФИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ

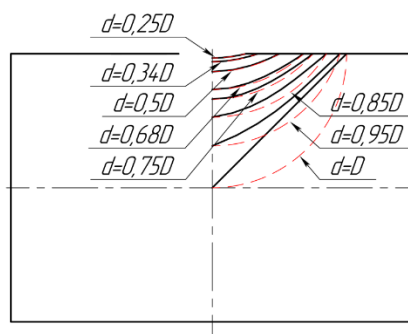
На начальном этапе данной работы было выдвинуто предположение о том, что проекцию линии пересечения двух цилиндров под прямым углом – равностороннюю гиперболу, получаемую при графическом решении задачи, в некотором диапазоне соотношений диаметров пересекающихся цилиндров можно с достаточной точностью аппроксимировать дугой окружности, диаметр которой равен диаметру большего из цилиндров. Схема такой аппроксимации представлена на рис. 1 для примера соотношения диаметров  $d=0,5D$ , где  $d$  и  $D$  – соответственно, диаметры меньшего и большего цилиндров.



**Рис. 1.** Схема аппроксимации точной линии (гиперболы) дугой окружности  
**Fig. 1.** Scheme of approximation of an exact line (hyperbola) by an arc of a circle

Для проверки предположения и достижения поставленных целей в рамках работы было проведено исследование: выполнено графическое решение рассматриваемой задачи методом плоских посредников для различных соотношений диаметров пересекающихся цилиндров, в диапазоне от  $d=0,25D$  до  $d=D$ . Результаты решения

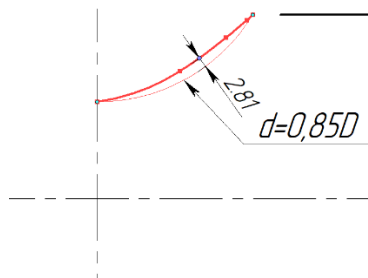
представлены на рис. 2. Здесь сплошной основной показаны точные линии, полученные путём классического решения методом посредников, а штриховой тонкой линией – аппроксимирующие дуги окружностей (по предлагаемому способу аппроксимации).



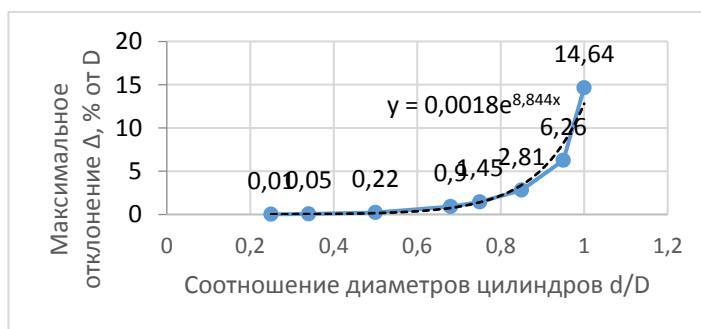
**Рис. 2.** Решение задачи пересечения двух цилиндров для различных соотношений их диаметров  
**Fig. 2.** Solution of the problem of intersection of two cylinders for different ratios of their diameters

Затем были выполнены измерения максимального отклонения  $\Delta$  аппроксимирующих дуг от соответствующих точных линий. Схема такого измерения приведена на рис. 3 для примера соотношения диаметров  $d=0,85D$ . Значения максимальных отклонений, измеренные в миллиметрах, затем были представлены в относительной форме – через диаметр большего из

цилиндров  $D$ . По результатам измерений построен график зависимости максимального отклонения  $\Delta$  аппроксимирующей дуги от соотношения диаметров пересекающихся цилиндров  $d/D$  (рис. 4). На графике приведена линия тренда и аппроксимирующая функция исследуемой зависимости.



**Рис. 3.** Схема измерения максимального отклонения аппроксимирующей дуги от точной линии  
**Fig. 3.** Scheme for measuring the maximum deviation of the approximating arc from the exact line



**Рис. 4.** График зависимости максимального отклонения  $\Delta$  аппроксимирующей дуги от соотношения диаметров пересекающихся цилиндров  $d/D$

**Fig. 4.** Graph of the dependence of the maximum deviation  $\Delta$  of the approximating arc on the ratio of the diameters of the intersecting cylinders  $d/D$

Из результатов исследования, в частности, из рис. 3, 4 можно заметить, что до соотношения диаметров  $d=0,5D$  аппроксимирующая дуга практически совпадает с точной линией пересечения цилиндров (для  $d=0,5D$  максимальное отклонение  $\Delta$  составляет всего 0,22% от  $D$ ).

## 2 ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Кривые второго порядка, как и их проекции, часто лежат в основе формы технических конструкций и сооружений (как, например, описано в работах [8 – 10]). Поэтому результаты исследований в этой области неизменно находят практическое применение, и их важность

периодически подтверждается актуальными публикациями.

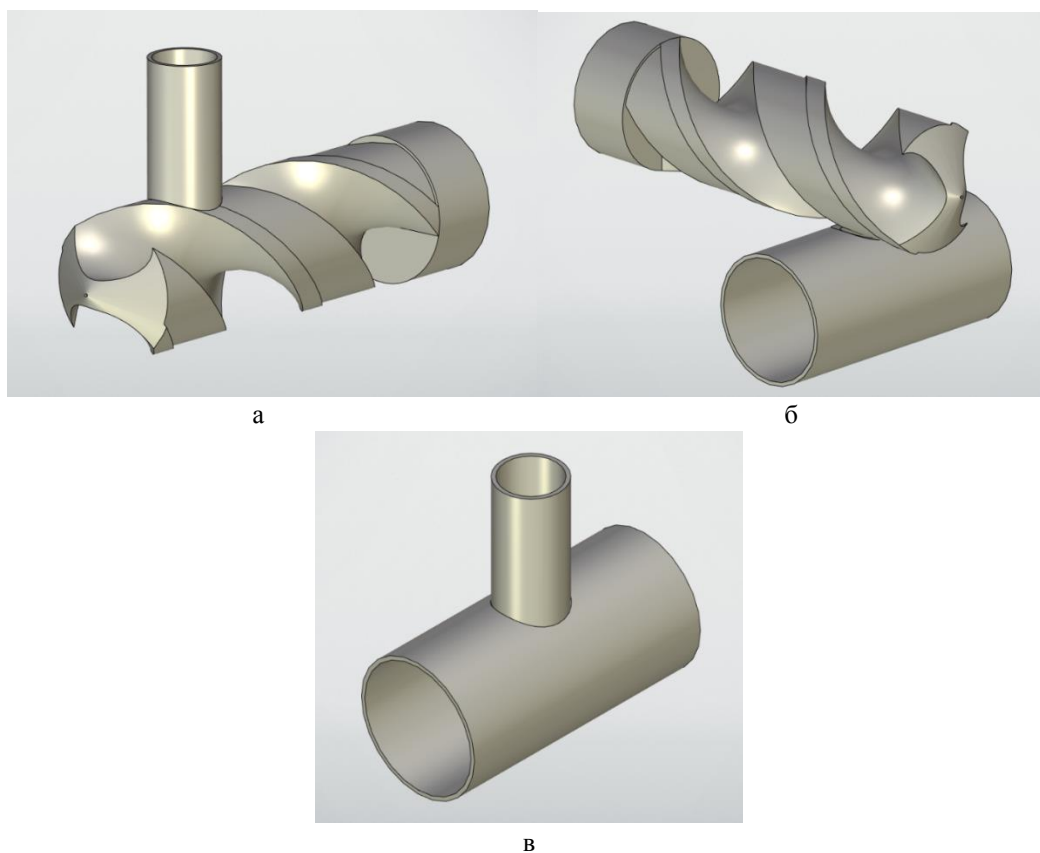
В качестве примера практического применения результатов данной работы предлагается их использование для оптимизации процесса соединения элементов трубопроводов.

Задача стыковки двух труб разного диаметра под прямым углом часто встречается в различных отраслях промышленности, где имеют место элементы трубопроводных систем. Один из наиболее распространённых случаев – это соединение металлических труб посредством их сваривания [11]. При таком процессе стыкуемые участки труб должны быть специальным образом подготовлены: торец одной трубы и боковая поверхность другой должны иметь специальные совмещаемые друг с другом вырезы или срезы, форма которых может варьироваться в зависимости от схемы стыковки. На практике вырезы часто выполняют по специальным накладным шаблонам, размер и форма которых рассчитываются исходя из размеров труб и схемы стыковки.

Если использовать предлагаемый способ аппроксимации в доверительном диапазоне соотношений диаметров стыкуемых труб, то схема и процесс выполнения вырезов на обеих трубах значительно упрощаются: в этом случае оба выреза можно выполнять на фрезерном станке одной концевой фрезой, диаметр которой равен диаметру

большой из стыкуемых труб. Ниже на рис. 5 представлены модели этапов процесса стыковки по предлагаемому способу. При этом глубина обоих вырезов рассчитывается из простых геометрических соотношений на основании всего двух параметров – диаметров  $d$  и  $D$  стыкуемых труб, и этот расчёт легко может быть оформлен в качестве программы для станка с ЧПУ.

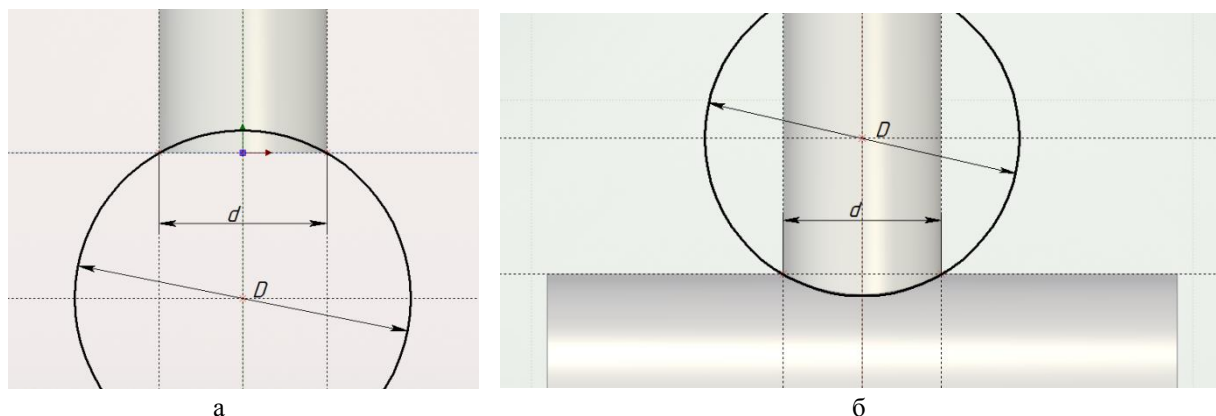
Основываясь на первичных результатах данного исследования, в том числе трёхмерных моделях, для предлагаемого способа подготовки стыкуемых участков труб может быть рекомендован доверительный диапазон соотношений диаметров  $d \leq 0,6D$ . При этом аппроксимирующая дуга отклоняется от точной проекции линии пересечения цилиндров в пределах 0,5% от  $D$  (рис. 3, 4). Такие величины не выходят за пределы допусков сварных швов и сопоставимы с точностью подготовки стыкуемых участков классическими способами, например, газовой резкой с механической обработкой [12, 13], а минимальные зазоры заполняются при сваривании. Использование аппроксимации за пределами указанного диапазона  $d/D$  также возможно, однако её следует рассматривать в совокупности с такими факторами, как толщина стенок соединяемых труб и параметры выбранного типа сварного шва.



**Рис. 5.** Модели этапов процесса стыковки двух труб по предлагаемому способу: а, б – формирование требуемых вырезов на трубах концевой фрезой; в – элемент трубопровода – тройник – в сборе

**Fig. 5.** Models of the stages of the process of joining two pipes according to the proposed method: a, b - the formation of the required cuts on the pipes with an end mill; c - pipeline element - tee - complete

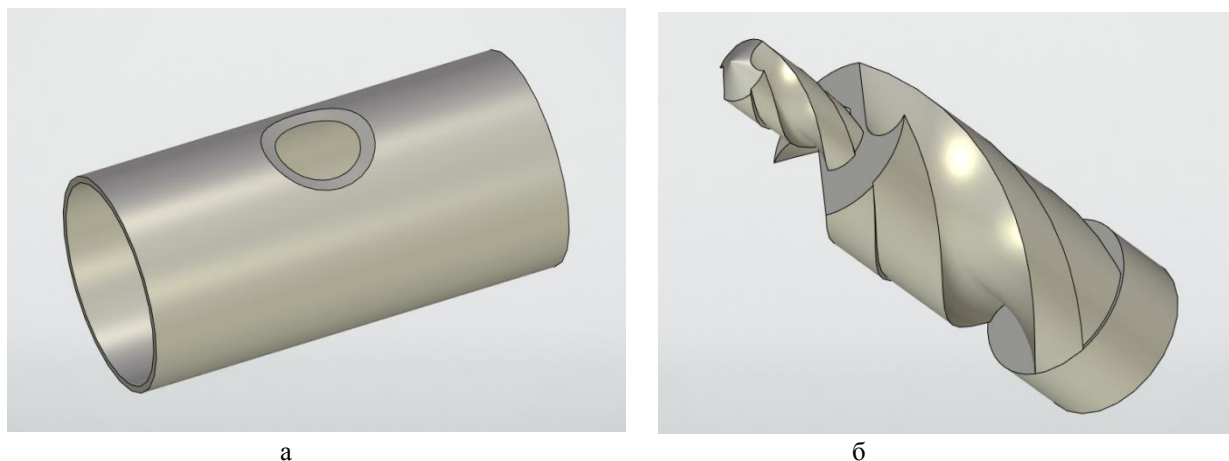
Схемы для расчёта вырезов на стыкуемых трубах меньшего и большего диаметров приведены на рис. 6 а и б, соответственно.



**Рис. 6.** Схемы для расчёта вырезов на стыкуемых трубах меньшего (а) и большего (б) диаметров  
**Fig. 6.** Schemes for calculating cutouts on joined pipes of smaller (a) and larger (b) diameters

Толщина стенки трубы, часто обозначаемая в литературе как  $s$ , также влияет на размер напуска под обрезку по контуру отверстия, получаемого на трубе большего диаметра  $D$  (рис. 7, а). Для формирования вырезов на трубах и обрезки упомянутого напуска без смены инструмента, то

есть одной фрезой, может быть рекомендована ступенчатая концевая фреза с двумя рабочими участками разного диаметра (рис. 7, б). Реализация данного подхода требует более детального анализа и выбора типа инструмента – фрез.



**Рис. 7.** Напуск по контуру отверстия (а) и предлагаемая ступенчатая концевая фреза (б) для его обрезки  
**Fig. 7.** Overlap along the contour of the hole (a) and the proposed stepped end mill (b) for cutting it

### ВЫВОДЫ

Проекцию линии пересечения двух цилиндров, пересекающихся под прямым углом, на плоскость, параллельную плоскости их симметрии, в некотором диапазоне соотношений их диаметров можно аппроксимировать дугой окружности, диаметр которой равен диаметру большего из цилиндров.

Точность аппроксимации зависит от соотношения диаметров цилиндров: так, при соотношении  $d \leq 0,6D$  аппроксимирующая дуга отклоняется от точной проекции линии пересечения цилиндров в пределах 0,5% от  $D$ , что лежит в пределах допусков сварных швов.

Возможность применения предлагаемого способа аппроксимации и границы доверительного диапазона соотношений диаметров должны выбираться с учетом условий и требуемой точности построений в конкретной инженерной задаче.

Предлагаемый способ аппроксимации может применяться в прикладных инженерных задачах, например, в процессе стыковки элементов трубопроводов. Его использование позволяет значительно упростить схему и процесс выполнения вырезов на стыкуемых трубах: в этом случае оба выреза можно выполнять на фрезерном станке одной концевой фрезой, диаметр которой равен диаметру большей из стыкуемых труб.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубенников А.В., Громов М.Я. Начертательная геометрия. – Москва: Высшая школа, 1973. – 416 с.
2. Вышнепольский И.С. Техническое черчение: учебник для среднего профессионального образования. 10-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2023. 319 с.
3. Фомичева Т.Н., Легкова И. А., Чистобородов Г.И. Построение линий пересечения поверхностей вращения: методические указания для студентов всех специальностей. Иваново – 2008. 40 с.
4. Глазунов Е.Л. О проекции линии пересечения двух поверхностей второго порядка, имеющих общую плоскость симметрии // Труды Московского семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. М., 1958.
5. Фролов С.А. Начертательная геометрия. М.: Машиностроение, 1983. 240 с.
6. Козырев Э.В., Филоненко Л.А., Метелькова Н.В. Свойства линии пересечения поверхностей вращения с общей плоскостью симметрии // 7-я международная интернет-конференция «Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации»: Доклады. Пермь: ПНИПУ, февраль – март 2017.
7. ГОСТ 2.305-2008 Единая система конструкторской документации. Изображения - виды, разрезы, сечения. Введ. 2009-07-01. М.: Стандартинформ, 2020. 23 с.
8. 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 // Строительство и техногенная безопасность. Симферополь: КФУ им. В.И. Вернадского. 2021. № 22 (74). С.101-110.
9. 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.
10. Беляева З. В., Митюшов Е. А. Геометрическое моделирование пространственных конструкций. Своды // Вестник Томского государственного архитектурно – строительного университета. 2010. №1. С. 53 – 63.
11. Сварка трубопроводов / Ф.М. Мустафин, Н.Г. Блехерова, О.П. Квятковский, А. Ф. Суворов, Г. Г. Васильев, И. Ш. Гамбург, Ю. С. Спектор, Н. И. Коновалов, С. А. Котельников, Ф. М. Мустафин, Р. А. Харисов. М.: Недра, 2002. 352 с.
12. Руководящий документ РД 01-001-06. Сварка стальных газопроводов и газового оборудования в городском коммунальном хозяйстве и энергетических установках. Введ. 2007-07-12. М.: Спецстройсервис-92, 2007. 77 с.
13. ГОСТ 16037-80. Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы,

конструктивные элементы и размеры. Введ. 1981-07-01. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. 24 с.

## REFERENCES

1. Bubennikov A.V., Gromov M.YA. Nachertatel'naya geometriya [Descriptive geometry]. Moscow: Vysshaya shkola. 1973. 416 p. (In Russian)
2. Vyshnepol'skij I.S. Tekhnicheskoe cherchenie: uchebnik dlya srednego professional'nogo obrazovaniya [Technical drawing: a textbook for secondary vocational education]. 10-e izd., pererab. i dop. Moscow: Izdatel'stvo YUrajt, 2023. 319 p. (In Russian)
3. Fomicheva T.N., Legkova I. A., Chistoborodov G.I. Postroenie linij peresecheniya poverhnostej vrashcheniya: metodicheskie ukazaniya dlya studentov vsekh special'nostej [Construction of lines of intersection of surfaces of revolution: guidelines for students of all specialties]. Ivanovo – 2008. 40 p. (In Russian)
4. Glazunov E.L. On the projection of the line of intersection of two surfaces of the second order, having a common plane of symmetry // Proceedings of the Moscow Seminar on Descriptive Geometry and Engineering Graphics. Moscow, 1958. (In Russian)
5. Frolov S.A. Nachertatel'naya geometriya [Descriptive geometry]. Moscow: Mashinostroenie, 1983. 240 s. (In Russian)
6. Kozыrev E.V., Filonenko L.A., Metel'kova N.V. Properties of the line of intersection of surfaces of revolution with a common plane of symmetry // 7th international Internet conference "Problems of the quality of graphic training of students in a technical university: traditions and innovations": Reports. Perm': PNIPU, fevral' – mart 2017. (In Russian)
7. GOST 2.305-2008 Edinaya sistema konstruktorskoj dokumentacii. Izobrazheniya - vidy, razrezy, secheniya [Unified system for design documentation. Images - appearance, sections, profiles]. Vved. 2009-07-01. Moscow: Standartinform, 2020. 23 p. (In Russian)
8. Konopackij E.V., Voronova O.S., Rotkov S.I., Lagunova M.V., Bezditnyj A.A. Modeling of curves of the second-order and surfaces of shells of engineering structures based on them // Construction and technogenic safety. Simferopol: V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 2021. No. 22 (74). pp. 159-168. (In Russian)
9. 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. pp. 45 – 48. (In Russian)
10. Belyaeva Z. V., Mityushov E. A. Geometric modeling of spatial structures. Vaults // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno – stroitel'nogo universiteta. 2010. No 1. pp. 53 – 63. (In Russian)
11. Svarka truboprovodov [Pipeline welding] / F.M. Mustafin, N.G. Blekherova, O.P. Kvyatkovskij, A. F. Suvorov, G. G. Vasil'ev, I. SH. Gamburg, YU. S. Spector, N. I. Konovalov, S. A. Kotel'nikov, F. M.

Mustafin, R. A. Harisov. Moscow: Nedra, 2002. 352 p. (In Russian)

12. Rukovodyashchij dokument RD 01-001-06. Svarka stal'nyh gazoprovodov i gazovogo oborudovaniya

v gorodskom kommunal'nom hozyajstve i energeticheskikh ustanovkakh [Welding of steel gas pipelines and gas equipment in urban utilities and power

plants]. Vved. 2007-07-12. Moscow: Spektroservis-92, 2007. 77 p. (In Russian)

13. GOST 16037-80. Soedineniya svarnye stal'nyh truboprovodov. Osnovnye tipy, konstruktivnye elementy i razmery [Welded joints in steel pipelines. Main types, design elements and dimensions]. Vved. 1981-07-01. Moscow: IPK Izd-vo standartov, 1999. 24 p. (In Russian)

## ON THE POSSIBILITY OF APPROXIMATION OF THE CYLINDERS INTERSECTION LINE PROJECTION WITH A CIRCULAR ARC

But A. Yu.

Sevastopol State University,  
299053, Sevastopol, Universitetskaya str., 33, aybut@sevsu.ru

**Abstract.** The work is devoted to the study of the possibility of approximating the projection of the intersection line of two cylinders intersecting at a right angle by an arc of a circle with a diameter equal to the diameter of the largest of the intersecting cylinders, in a certain range of ratios of their diameters. A study was carried out, within the framework of which a graphical solution of the problem under consideration was made for various ratios of the diameters  $d$  and  $D$  of the cylinders. The deviations  $\Delta$  of the approximating arcs from the exact projections of the intersection lines are measured. Based on the measurement results, a plot of the dependence of the maximum deviation of the approximating arc  $\Delta$  on the ratio of the diameters of the intersecting cylinders  $d/D$  was plotted. It is shown that in the range of ratios  $d \leq 0.6D$ , the approximating arc deviates from the exact projection of the intersection line within 0.5% of  $D$ . A variant of the practical application of the results of the work to optimize the process of connecting pipeline elements is proposed. It is shown that when using the proposed approximation method to determine the contours of the cutout on the butt sections of the pipe surfaces, the scheme for forming cutouts is greatly simplified, and the process of obtaining them can be performed using one end mill, that is, without changing the tool. Schemes for calculating the contours of cutouts on joined pipes according to the proposed method are given.

**Subject of study:** the case of the intersection of two cylinders at a right angle with a varying ratio of their diameters.

**Materials and methods:** a geometric algorithm for modeling the line of mutual intersection of two cylinders intersecting at a right angle - a curve of the 2nd order - using the method of flat mediators and computer simulation; approximation method in the context of the problem under consideration.

**Results:** it is shown that the projection of the line of mutual intersection of two cylinders intersecting at a right angle on a plane parallel to their plane of symmetry, for a certain range of cylinder diameter ratios, can be approximated by a circular arc with a diameter equal to the diameter of the largest of the intersecting cylinders. The dependence of the approximation accuracy on the ratio of the diameters of intersecting cylinders is established. The values of the maximum deviations of the approximating arc from the exact line for various ratios of cylinder diameters are determined, and a graph of this dependence is plotted based on the data obtained. A variant of the practical application of the proposed approximation method for optimizing the technological process of connecting pipeline elements is proposed. A scheme for calculating cutouts on joined pipes is given.

**Conclusions:** the projection of the line of intersection of cylinders intersecting at right angles onto a plane parallel to their plane of symmetry, in a certain range of ratios of their diameters, can be approximated with sufficient accuracy by an arc of a circle, the diameter of which is equal to the diameter of the largest of the cylinders. The accuracy of the approximation depends on the ratio of the diameters of the intersecting cylinders. The possibility of using the proposed approximation method and the boundaries of the confidence range of diameter ratios should be chosen taking into account the acceptable accuracy of constructions in a specific engineering problem. This approximation method can be used, in particular, in the processes of connecting pipeline elements for calculating the contours of cutouts on joined pipes, as a result of which the scheme and the process of forming cutouts are greatly simplified.

**Key words:** cylinder, line of mutual intersection of surfaces, approximation, circular arc, diameter, pipe, end mill.



УДК: 556.18: 626/62

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ АДАПТИВНЫХ МНОГОПРОЦЕССНЫХ СХЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ

Николенко И.В.<sup>1</sup>, Сафонов А.Н.<sup>2</sup> Герасимов М.М.,<sup>3</sup> Беляк А.А.<sup>4</sup>, Свердликов А.А.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Институт «Академия строительства и архитектуры»,  
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»  
295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская 181  
e-mail: energia-09@mail.ru

<sup>2</sup> Государственное унитарное предприятие «Вода Крыма»,  
295013, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 1а  
<sup>3,4,5</sup> АО «НИИ ВОДГЕО»

119435, Россия, г. Москва, Б. Саввинский пер., 9, стр. 1  
e-mail: <sup>3</sup>vodgeo@mail.ru; <sup>4</sup>reddbear2002@yahoo.com; <sup>5</sup>wodgeo@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлены подходы к обеспечению надежного водоснабжения Республики Крым. Показано, что для вододефицитных периодов Крымского полуострова, связанных с цикличностью и изменениями режимов осадков, для гарантированной подачи воды, соответствующей действующим нормативным требованиям, сохраняется проблема поиска методов обеспечения водной безопасности на основе современных водных технологий. Рассмотрено понятие устойчивости системы водоснабжения, которое применяется для описания стабильности процессов подачи воды требуемого качества и последовательности состояний по его достижению. Для обеспечения надежной и устойчивой работы систем централизованного водоснабжения рассмотрены условия создания внедрения многопроцессорных схем водоподготовки, которые могут обеспечить такие условия. Для существующих и проектируемых станций водоподготовки централизованных систем водоснабжения Республики Крым обоснована необходимость повышения барьерной роли путем создания адаптивных многопроцессных схем водоподготовки.

**Предмет исследования.** Устойчивость централизованных систем водоснабжения и анализ причин потери устойчивости, которые связаны с существенными изменениями концентрации загрязняющих веществ, в том числе выявление новых видов загрязнений, на устранение которых не приспособлены существующие схемы водоподготовки.

**Материалы и методы исследования.** Методологические подходы к исследованию сложных систем на устойчивость на основе классической теории устойчивости А.М. Ляпунова. Оценка условий устойчивости сложных технических систем при различных условиях применительно к системам водоснабжения.

**Результаты.** Для сложного и нестационарного состава воды р. Салгир в точке предполагаемого ее отбора установлена необходимость модификации существующей схемы водоподготовки, которая по основному набору регентов и состава сооружений были запроектированы для выполнения роли по удалению из воды наиболее легкоизвлекаемых и легкоокисляемых загрязнений. Предложены модификации проектной схемы на основе адаптивных многопроцессных схем водоподготовки для достижения требуемых показателей качества питьевой воды.

**Выводы.** Показана целесообразность решения проблем обеспечения надежного водоснабжения населенных пунктов Крыма с учетом внешних воздействий, выводящих эти системы из состояния устойчивого равновесия на основе применения адаптивных многопроцессных схем водоподготовки

**Ключевые слова:** водоснабжение Крыма, устойчивость систем водоснабжения, очистные сооружения, повышение барьерной роли, многопроцессные схемы

### ВВЕДЕНИЕ

Наиболее важным природным ресурсом на Земле является пресная вода, которая соответствуя санитарно-гигиеническим и эпидемиологическим требованиям, становится одним из неперенных условий жизнедеятельности, а также обеспечения и сохранения здоровья людей. Потребности в воде для хозяйственной деятельности в мире непрерывно растут, увеличивая антропогенные воздействия на водные ресурсы и экосистемы в целом. Это обуславливается ростом численности населения и мировой экономики, которое приводит к увеличению объемов сельскохозяйственного и промышленного производства, сопутствующие этому изменения климата, а также повышению антропогенной нагрузки на экосистемы и природные водные объекты. Во многих регионах мира все чаще происходят катастрофические паводки, наступают длительные периоды отсутствия осадков, а в некоторых местностях эти

чрезвычайные природные явления чередуются, что приводит к нарушению возможности надежного функционирования централизованных систем водоснабжения, то есть потере их устойчивости.

Крымский полуостров – один из наиболее воднодефицитных районов РФ. Наряду с малым количеством собственных водных ресурсов сопутствующая проблема высокая годовая и сезонная неравномерность их распределения, а также по регионам полуострова. С другой стороны, в многоводные годы на реках Крыма происходят экстремальные паводки, в результате которых создаются обширные затопления населенных пунктов, активизируются опасные эрозионные и русловые процессы, что нарушает водную безопасность полуострова [1, 2]. Важным критерием водной безопасности регионов является качество воды, а также общее экологическое состояние водосборных территорий и областей питания поверхностных и подземных водных объектов. При этом на химический состав природных вод, которые

являются источниками в централизованных системах водоснабжения сильное влияние оказывают природноклиматические и местные литологические особенности, режим формирования стока и строение гидрографической сети. С учетом указанных факторов на устойчивость централизованных систем водоснабжения существенное влияние оказывают схемы водоподготовки структура, которых должна обеспечить нормативные требования по качеству воды в том числе с учетом антропогенного воздействия в условиях избытка и дефицита водных ресурсов. Для обеспечения надежной и устойчивой работы систем централизованного водоснабжения необходимо создавать и внедрять многопроцессорные схемы водоподготовки, которые могут обеспечить такие условия.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проблема антропогенного воздействия в виде распространения отходов и стоков хозяйственной и промышленной деятельности человека, в том числе фармацевтических препаратов и дезинфицирующих средств гигиены и санитарии в окружающей среде, в последнее время стала одной из приоритетных, так как эти вещества обнаруживаются в различных природных средах (вода, почва, донные отложения), и влияют на целостность водных экосистем. Другим антропогенным источником загрязнений водных ресурсов является сельское хозяйство, в частности, растениеводство из-за вносимых на поля органических и неорганических удобрений, а также животноводство, где основным источником являются ветеринарные и стимулирующие рост препараты. Основная часть этих веществ вместе со сточными водами попадает на очистные сооружения, где, в зависимости от их свойств и методов очистки воды, они в той или иной степени подвергаются разложению. В результате того, что разложение может быть не полным, образовавшиеся побочные продукты также представляют опасность для водных ресурсов. Несмотря на высокие степени разбавления и поглощения образующиеся побочные продукты могут попадать в поверхностные источники и водоносные горизонты, что необходимо учитывать.

Анализ результатов гидрохимического мониторинга рек Крыма показывает, что в их воде могут присутствовать загрязнения тяжелыми металлами, в частности свинцом, кадмием и медью, концентрации которых превышают рыбохозяйственные ПДК [3]. Особенно высокие их концентрации наблюдаются в пределах селитебных территорий и ниже мест сбросов с канализационных очистных сооружений. В длительные периоды без дождей загрязнение рек Крыма растет, особенно в приустьевых створах. Также возможны загрязнения рек нитратами и ионами аммония, имеющие смешанное происхождение – в результате сбросов неочищенных сточных вод, а также сельскохозяйственных стоков [3].

При использовании водных ресурсов для целей водоснабжения, должны обеспечиваться нормативные требования СП 31.13330.2021 (СНиП 2.04.02-84\*), а по качеству воды, подаваемой на хозяйственно-питьевые нужды требования СанПиН 1.2.3685-21, СанПиН 2.1.3684-21. В частности, установлены категории по степени обеспеченности подачи воды в зависимости от характеристики населенного пункта, а при оценке возможности использования водных ресурсов устанавливается обеспеченность минимальных среднемесячных расходов, водохозяйственный баланс и расходный режим по источникам водоснабжения с прогнозом до 50 лет. При анализе качественной характеристики воды в источнике указывается ее агрессивность и прогноз возможных изменений ее качества с учетом поступления сточных вод, и антропогенного воздействия.

Крымский полуостров в вододефицитном 2020 году столкнулся с серьезной проблемой нехватки пресной, в том числе и питьевой воды, что привело к потере устойчивости системы водоснабжения (СВ) части населенных пунктов включая города Симферополь, Ялту, Алушту, а также более 20 малых населенных пунктов), которые были переведены на график подачи воды [4]. В крупных вододефицитных городах в этот период, также была прекращена централизованная подача горячей воды. К объективным факторам возникновения этого дефицита водных ресурсов на полуострове относятся циклические изменения климатических условий по атмосферным осадкам, глобальные изменения климата, испарения с открытых поверхностей водных объектов, нерациональное использование водных ресурсов, а также невозможности получения воды из Северо-Крымского канала (СКК).

К числу наиболее вододефицитных регионов Российской Федерации относится Крымский полуостров, по территории которого водные ресурсы распределены неравномерно, что объясняется сложными, формами рельефа, высотной поясностью Крымских гор, разнообразием климатических зон, сочетанием южного географического положения полуострова, и влиянием моря, а также ограниченность регулирующих возможностей водохранилищ для удовлетворения ресурсной потребности всех видов потребителей; недостаточная комплексность использования водных ресурсов на отдельных водохозяйственных участках [5]. Для вододефицитных периодов Крымского полуострова, связанных с циклической и изменениями режимов осадков, сохраняется проблема поиска методов обеспечения водной безопасности на основе современных подходов по геоинформационным, и современным водным технологиям, в том числе для обеспечения устойчивости систем водоснабжения.

Разблокирование СКК в марте 2022 года и восстановление подачи на полуостров Крым днепровской воды позволяет получать

значительные объемы водных ресурсов. Система водопользования Крымского полуострова на основе использования днепровской воды, подаваемой по СКК, разрабатывалась и создавалась на основе водных технологий середины и конца прошлого века. Поэтому в настоящее время для основного источника водоснабжения маловодных регионов Республики Крым необходимо выполнение комплексной оценки возможности использования воды СКК, которая подвержена значительным антропогенным воздействиям, в том числе преднамеренного характера. Такая оценка должна быть выполнена на основе экономически обоснованных рекомендаций по способам обеспечения устойчивости систем водоснабжения для выполнения реконструкции водопроводных очистных сооружений, с учетом новых документов территориального планирования, новой нормативной базы Российской Федерации по вопросам водоснабжения и водоотведения.

В систему водоснабжения (СВ) традиционно входят следующие функциональные части: водозаборы различного типа, сооружения очистки воды со своей технологической схемой, узлы подачи воды в виде насосных станций, и распределения потоков воды по населенным пунктам и предприятиям.

**Устойчивость систем водоснабжения (СВ)** во многих исследованиях и на практике принимаются как условие отсутствия перебоев в подаче воды требуемого качества потребителям с обеспечением эксплуатационного уровня количественных параметров на сооружениях подачи и распределения воды по давлению и расходу [5-8]. Понятие устойчивости систем используется для описания их стабильности, процессов или последовательности состояний, как свойства и способности противостоять внешним естественным и антропогенным воздействиям, а также внутренним процессам, которые нарушают структуру и нормальное функционирование как всей системы или процесса, так и отдельных их частей в течение определенного отрезка времени.

Устойчивость систем в общем виде рассматривается как два взаимосвязанных свойства:

- возможность системы сопротивляться воздействиям внешней среды и работать в нормальном режиме с заданными допускаемыми отклонениями;

- способность процесса возвращаться к исходному состоянию после прекращения воздействия, которое нарушило это состояние.

Выполнение действующих нормативных требований в условиях происходящих изменений стабильности природно-климатических условий, растущей антропогенной нагрузки на водные ресурсы не могут гарантировать обеспечение устойчивости систем водоснабжения. К примеру, обеспечение высоких показателей надежности СВ и всех ее элементов: водозаборов, сооружений очистки и подачи, при дефиците воды в источниках водоснабжения, при существенном изменении ее

показателей качества, не могут обеспечить устойчивость системы, и требует принятия специальных дополнительных технических, технологических и организационных решений. Это отражено в ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», где указана возможность применения дополнительных методов при очистке воды уже 2-го класса, и тем более необходимость использования дополнительных методов для воды 3-го класса. Поэтому необходимо оценивать способы обеспечения качественного и устойчивого функционирования СВ, которые характеризуются открытостью, изменчивостью и стохастичностью, в виду действия различных объективных и субъективных факторов.

Под устойчивой работой системы водоснабжения понимается бесперебойная подача воды потребителям с ее поддержанием в работоспособном состоянии. Это обеспечивается количественными показателями, а главное, показателями качества воды в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, в условиях возможных различных отклонений природно-климатических условий от проектных.

Наибольшие риски потери устойчивости СВ проявляются в вододефицитных регионах, как по причине снижения доступных объемов водных ресурсов, так и в связи с изменением показателей качества исходной воды, что обусловлено воздействиями внешней среды и антропогенных факторов. Для преодоления этих рисков необходима оценка способов адаптации к возможным диапазонам внешних воздействий на СВ с целью обеспечения их устойчивости.

Несмотря на то, что пресная вода является частью глобальной системы природопользования, в ней основное влияние имеют региональные или локальные системы водопользования, то есть то, как водные ресурсы используются и управляются на местном и региональном уровнях [3, 9, 10]. Поэтому основные проблемы обеспечения устойчивости систем водоснабжения также необходимо разрабатывать для регионального или локального уровня, и в первую очередь для вододефицитных регионов.

Для анализа устойчивости любой технической системы, необходимо определять, какие действующие на нее внешние и внутренние факторы, постоянство каких ее свойств и диапазонов изменения параметров, существенны, и в какой мере. Следует также охарактеризовать внешние факторы, а также область допустимых их изменений относительно которых система будет считаться неизменной. В качестве примеров потери устойчивости систем водоснабжения, которые связаны с состоянием водных объектов, можно привести следующие [5, 7]:

- отсутствие заданного уровня воды в источнике водоснабжения не может обеспечить требуемую подачу водозаборных сооружений;

- увеличение ряда характеристик качества исходной воды в паводковый период вне «проектной зоны» очистных сооружений может вызывать нарушение технологического процесса ее очистки;

- существенные изменения концентрации загрязняющих веществ, в том числе выявление новых видов загрязнений, на устранение которых не приспособлены существующие схемы водоподготовки;

- нарушение работоспособного состояния основных элементов системы водоснабжения, функционально связанных с водными объектами.

Все эти условия потери устойчивости требуют перевода системы водоснабжения на другой источник или режим работы, в том числе и в чрезвычайных ситуациях. Это соответствует общему принципу Ле-Шателье-Брауна: «при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в сторону противодействия изменениям, то есть в направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабляется». Сложность анализа устойчивости СВ состоит в том, что сохранение, либо нарушение их свойств и режимов может быть вызвано как естественными причинами, так и антропогенным воздействием. Это требует учета и тех, и других в оценочных исследованиях.

Исследования сложных систем на устойчивость в общем виде представляются как решения двух основных задач на определенном временном интервале функционирования:

- оценка устойчивости системы при заданном значении параметров, то есть определение значений параметров, которые приводят к нарушению работоспособности;

- определение диапазонов изменения параметров системы, которые не нарушают ее устойчивость.

Для централизованных систем водоснабжения рассмотрена задача устойчивости, связанная с обеспечением нормативных требований по качеству воды, подаваемой на хозяйственно-питьевые нужды при условиях существенных различий показателей исходной воды, которые обусловлены различными факторами на примере сложного и нестационарного состава воды реки Салгир – самой крупной на Крымском полуострове.

## ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Главной и решающей частью систем водоснабжения являются водопроводные очистные сооружения (ВОС). Используемые в практике водоподготовки технологические схемы можно классифицировать следующим образом: реагентные и безреагентные; по эффекту осветления; по числу технологических процессов и числу ступеней каждого из них. Процессы обработки воды с применением реагентов протекают интенсивнее и значительно эффективнее, чем безреагентные.

По числу технологических процессов и по числу ступеней каждого из них технологические схемы подразделяют на одно-, двух-, и многопроцессные. Количество технологических процессов и число ступеней каждого из них зависит от требований, предъявляемых к воде потребителем, и качества исходной воды.

Известны основные критерии для выбора технологической схемы и состава сооружений для подготовки питьевой воды в зависимости от мутности и цветности исходной воды водоисточника, а также от требуемой производительности сооружений. Это касается традиционных классических одно- и двухпроцессных схем водоподготовки для вод поверхностных источников второго класса.

В связи с вводом новых СанПиНов в 2021 году появились ограничения по новым показателям качества питьевой воды: общий органический углерод (ООУ), и ХПК, которые никогда ранее не использовались для оценки эффективности очистки поверхностных и подземных вод. Достигнуть этих нормативных показателей при очистке воды оказалось достаточно сложно даже в технологических схемах очистки воды источников второго класса, поэтому появилась необходимость применения дополнительных процессов (методов) в качестве адаптивных многобарьерных схем, в том числе с учетом не стационарности процессов загрязнений.

В начале 2022 года была запущена вода в систему СКК, а комплексная оценка качества, а также состава загрязнений его воды находится только в начальной стадии. В качестве подхода к разработке возможных технологических схем водоподготовки, с учетом экстраординарных и аварийных ситуаций, а также с учетом необходимости достижения норм по ООУ и ХПК, можно использовать результаты работы по очистке воды р. Салгир. Данные исследовательские работы проводились в 2021 году институтом ВОДГЕО, как альтернатива использования воды СКК, в рамках реализации Комплексного плана по обеспечению надежного водоснабжения Республики Крым и г. Севастополя.

Учитывая достаточно сложный и нестационарный состав воды р. Салгир в точке предполагаемого ее отбора для подачи на Водоочистные сооружения Межгорного гидроузла (ВОС МГУ), высокую микробиологическую загрязненность и наличие трудноокисляемых загрязнений, требовалась модификация существующей схемы ВОС. Как было показано в работе [11], основной набор реагентов и состав сооружений были запроектированы для выполнения роли по удалению наиболее легкоизвлекаемых и легкоокисляемых загрязнений из воды, подаваемой по системе СКК р. Салгир.

Таким образом, основной упор в работе предлагалось делать на корректировку реагентной обработки вод. В качестве ключевых показателей, требующих более глубокого снижения, были

выбраны: перманганатная окисляемость (ПМО), бихроматная окисляемость (ХПК), и показатель общих колиформных бактерий (ОКБ).

Для решения задач глубокого снижения в очищенной воде ПМО и ХПК специалистами были предложены следующие решения для модификации проектной схемы:

- введение повышенных доз ПАУ в голове схемы;
- дробное введение ПАУ в схеме очистки;
- сравнительная оценка эффективности различных марок ПАУ;
- использование бесхлорного окислителя.

В качестве альтернативного (бесхлорного) окислителя может быть рассмотрен перманганат калия ( $\text{KMnO}_4$ ), выпускаемый в промышленных масштабах. В плане эксплуатации он имеет определенные ограничения и более жесткие правила по обеспечению безопасности в процессе работы и учёта, но в настоящее время эти вопросы решаемы. По практическому опыту проектирования и длительному опыту работы подобных систем, например на водоканале г. Ижевска, система приготовления и дозирования раствора перманганата калия реализуется, как обычное реагентное хозяйство со своими специфическими особенностями [12].

Вторым предпочтительным окислителем для решения целевой задачи является озон. Однако, строительство нового блока озонирования – это совсем другой уровень затрат, чем строительство реагентного хозяйства. Для генерации озона потребуются и значительные энергозатраты, поэтому такое решение должно рассматриваться всегда применительно к местным условиям. Для решения задач глубокого снижения в очищенной воде ОКБ было предложено дооснащение схемы в голове блоком УФ-обеззараживания воды. Несмотря на то, что в традиционных и наиболее распространённых схемах водоподготовки используют УФ на хвосте схемы, то в случае с речной водой реки Салгир, для которой зафиксированный уровень ОКБ доходил до 200 тыс. КОЕ/100мл, данное решение не совсем подходит. Так как сооружения ВОС будут находиться в неудовлетворительном санитарном состоянии, и исключить первичное хлорирование не получится. Кроме того, при таких уровнях микробиологической загрязнённости речной воды, могут возникнуть сложности о признании данного источника, пригодным для питьевого водоснабжения, без предварительного снижения величины ОКБ.

Подача воды СКК в МГУ в вододефицитные периоды создает потенциальную возможность повышения устойчивости централизованных систем водоснабжения населенных пунктов центральной части Крымского полуострова. Для разработки схем водоподготовки, в том числе адаптивных многопроцессорных, при очистке воды СКК на ВОС МГУ необходимо определение марок и дозировок сорбента, типа окислителя, мест УФО в

технологической схеме. Для такой разработки очевидна необходимость проведения систематических пилотных испытаний для получения исходных данных, которые бы гарантировали создание устойчивости и эффективности проектируемой технологии водоподготовки с использованием воды СКК, как на существующих, так и на новых сооружениях.

## ВЫВОДЫ

Рассмотрен вопрос устойчивости систем водоснабжения населения, и показаны возможности решения проблем обеспечения надежного водоснабжения населенных пунктов Крыма с учетом внешних воздействий, выводящих эти системы из состояния устойчивого равновесия.

Показана роль системы станций и технологий водоподготовки в общей системе централизованного водоснабжения для обеспечения ее надежного функционирования.

Обоснована необходимость повышения барьерной роли существующих и проектируемых станций водоподготовки централизованных систем водоснабжения Республики Крым путем создания адаптивных многопроцессных схем водоподготовки.

Рассмотрены подходы к разработке возможных технологических схем водоподготовки при использовании воды СКК, с учетом экстраординарных и аварийных ситуаций, а также с учетом необходимости достижения норм на ООУ и ХПК.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров Н.В., Вахрушев Б.А. К вопросу об активизации неблагоприятных природных процессов в Крыму в начале XXI века//Изменения состояния окружающей среды в странах содружества в условиях текущего изменения климата. М.: Медиа Пресс, 2008. – 232 с.
2. Ермакова Г.С. Экстремальные паводки на реках Крыма в 2021 году/ Г. С. Ермакова, О. В. Горелица, К. К. Жбакова, И. В. Землянов, И. Ю. Милютин// Водные ресурсы. 2022, том 49, № 4, С. 460-472.
3. Данилов-Данильян В.И. Научное обеспечение водной безопасности Крыма: проблемы и решения/ В. И. Данилов-Данильян, М. А. Козлова, В. О. Полянин, И. В. Чеснокова// Водные ресурсы. 2022, том 49, № 4, С. 363-371.
4. Николенко И.В., Копачевский А.М. Основные направления разработки комплекса мер по решению проблем дефицита воды в Крыму// Строительство и техногенная безопасность. 2021. №21(73). С. 147-160.
5. Василенко С.Л. Устойчивость систем водоснабжения// Интегрированные технологии промышленности. 2006, №3. С. 85-90.
6. Гальперин Е.М. Определение сниженных минимально-допустимых значений параметров

функционирования системы водоснабжения // Вода и экология: проблемы и решения. – 2003. – № 4. – С. 11–16.

7. Бивалькевич А.И., Похил Ю.Н., Никитин А.М. Принципы устойчивого и надежного обеспечения работы систем водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 3. С. 4–6.

8. Храменков С.В. Принципы обеспечения надежности водопроводной сети в условиях сокращения водопотребления // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. № 5, ч. 2. С. 27-31.

9. Postel S. The last oasis. Facing water scarcity. – London: Earthscan Publications Ltd., Worldwatch Institute, 1992. – 226 p.

10. Николенко И.В. Анализ наполнения водохранилищ естественного стока для обоснования путей решения проблем обеспечения водной безопасности Республики Крым и города Севастополя/И. В. Николенко, А. М. Копачевский, Э. А. Каримов// Водные ресурсы. 2022. том 49, № 4, С. 407-422.

11. Смирнов А.Д. Оценка возможности повышения барьерной роли сооружений очистки природных вод в периоды экстраординарных ситуаций/ А.Д. Смирнов, А.А. Беляк, М.М. Герасимов, А.А.Свердлик // Водоснабжение и санитарная техника. 2022. № 3. С. 4-14.

12. Герасимов М.М. Проблемы обеспечения населения качественной питьевой водой в условиях работы водоканалов крупных городов/ Герасимов М. М., Смирнов А. Д., Беляк А. А. и др. // Материалы региональной научно-практической конференции. Ижевск, 28-29 июня 2006 г. С. 32-34.

## REFERENCES

1. Bagrov N.V., Vakhrushev B.A. On the issue of activation of unfavorable natural processes in the Crimea at the beginning of the XXI century//Changes in the state of the environment in the CIS countries under the conditions of current climate change. Moscow: Media Press, 2008. – 232 p

2.Ermakova G.S. Extreme floods on the rivers of Crimea in 2021/ G.S. Ermakova, O.V. Gorelitsa, K.K. Zhabkova, I. V. Zemlyanov, I.Yu. Milyutina // Water Resources. 2022, volume 49, No. 4, Pp. 460-472.

3. Danilov-Danilyan V.I. Scientific provision of water security of Crimea: problems and solutions / V.I. Danilov-Danilyan, M. A. Kozlova, V.O. Polyanin, I.V. Chesnokova// Water Resources, 2022, volume 49, № 4, Pp. 363-371.

4.Nikolenko I.V., Kopachevsky A.M. The main directions of the development of a set of measures to solve the problems of water scarcity in the Crimea// Construction and technogenic safety. 2021 №21(73). Pp. 147-160.

5. Vasilenko S.L. Stability of water supply systems// Integrated industrial technologies. 2006. № 3. Pp. 85-90.

6. Galperin E.M. Determination of the reduced minimum permissible values of the parameters of the functioning of the water supply system // Water and ecology: problems and solutions. 2003. № 4. Pp. 11-16.

7. Bivalkevich A.I., Pokhil Yu.N., Nikitin A.M. Principles of sustainable and reliable operation of water supply and sanitation systems // Water supply and sanitary equipment. 2004. № 3. Pp. 4-6.

8. Khramenkov S.V. Principles of ensuring the reliability of the water supply network in conditions of reduced water consumption // Water supply and sanitary equipment. 2003. № 5, part 2. Pp. 27-31.

9. Postel S. The last oasis. Facing water scarcity. – London: Earthscan Publications Ltd., Worldwatch Institute, 1992. – 226 p.

10. Nikolenko I.V. Analysis of the filling of natural runoff reservoirs to substantiate ways to solve the problems of ensuring water security of the Republic of Crimea and the city of Sevastopol / I.V. Nikolenko, A.M. Kopachevsky, E.A. Karimov // Water Resources. 2022. Volume 49, № 4. Pp. 407-422.

11. Smirnov A.D. Assessment of the possibility of increasing the barrier role of natural water treatment facilities in periods of extraordinary situations / A.D. Smirnov, A.A. Belyak, M.M. Gerasimov, A.A. Sverdlikov//Water supply and sanitary equipment. 2022. № 3. Pp. 4-14.

12. Gerasimov M.M. Problems of providing the population with high-quality drinking water in the conditions of operation of water utilities in large cities/ Gerasimov M. M., Smirnov A.D., Belyak A. A. et al.// Materials of the regional scientific and practical conference. Izhevsk, June 28-29, 2006. Pp. 32-34.

## ENSURING RELIABLE WATER SUPPLY OF THE REPUBLIC OF CRIMEA THROUGH THE INTRODUCTION OF ADAPTIVE MULTI-PROCESS WATER TREATMENT SCHEMES

Nikolenko I.V., Safonov A.N., Gerasimov M.M., Belyak A.A., Sverdlikov A.A.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of construction and architecture,  
181, Kievskaya str., Simferopol, 295050, Russian Federation

**Abstract.** The article presents approaches to ensuring reliable water supply in the Republic of Crimea. It is shown that for the water-deficient periods of the Crimean Peninsula associated with cyclical and changes in precipitation regimes, the problem of finding methods to ensure water safety based on modern water technologies remains for guaranteed water supply that meets current regulatory requirements. The concept of stability of the water supply system is considered, which is used to describe the stability of water supply processes of the required quality and the sequence of states to achieve it. To ensure reliable and stable operation of centralized water supply systems, the conditions for creating and implementing multiprocessor water treatment schemes that can provide such conditions are considered. For existing and projected water treatment plants of centralized water supply systems of the Republic of Crimea, the need to increase the barrier role by creating adaptive multi-process water treatment schemes is justified.

**Subject of study:** Stability of centralized water supply systems and analysis of the causes of loss of stability, which are associated with significant changes in the concentration of pollutants, including the identification of new types of pollution, for the elimination of which existing water treatment schemes are not adapted.

**Materials and methods:** Methodological approaches to the study of complex systems for stability based on the classical theory of stability by A.M. Lyapunov. Assessment of the stability conditions of complex technical systems under various conditions in relation to water supply systems.

**Results.** For the complex and non-stationary composition of the Salgir River water, at the point of its intended selection, the need for modification of the existing water treatment scheme was established, which, according to the main set of reagents and the composition of structures, were designed to perform the role of removing the most easily recoverable and easily oxidized pollutants from the water. Modifications of the design scheme based on adaptive multi-process water treatment schemes to achieve the required indicators of drinking water quality are proposed.

**Conclusions.** The expediency of solving the problems of providing reliable water supply to settlements in the Crimea, taking into account external influences that bring these systems out of a state of stable equilibrium based on the use of adaptive multi-process water treatment schemes, is shown.

**Key words:** Crimean water supply, stability of water supply systems, sewage treatment plants, increasing the barrier role, multi-process schemes



**Раздел 4. Экологическая безопасность**

УДК 504.03

**НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫЕ СВАЛКИ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ:  
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА**Поплевин<sup>1</sup> А.С., Соловьева<sup>2</sup> Т.В., Азаров<sup>3</sup> В.Н., Шевцов<sup>4</sup> Е.И.Волгоградский государственный технический университет  
400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28E-mail: <sup>1</sup>sanya\_poplevin@mail.ru, <sup>2</sup>miit.vgasu@mail.ru, <sup>3</sup>azarovpubl@mail.ru, <sup>4</sup>shevtsoveivlg@gmail.com

**Аннотация.** Места несанкционированного размещения отходов производства и потребления оказывают значительное аберрантное влияние на компоненты окружающей среды. Формирование упорядоченной организованной системы обращения с отходами производства и потребления, включая их сбор, транспортирование, обезвреживание, обработку, утилизацию и размещение, является в последние годы одной из наиболее острых экологических проблем в Волгоградской области. Это обусловлено значительным увеличением объемов размещаемых отходов, а также территориальной спецификой проблемы, связанной с тем, что основной объем промышленных отходов образуется в относительно небольшом числе регионов, то есть в местах расположения химических, нефтехимических, металлургических и некоторых других производств и районах добычи полезных ископаемых. Все несанкционированные свалки требуют индивидуального решения при выборе направления рекультивации, а также общего стратегического направления развития. В статье раскрываются существенные характеристики проблемы несанкционированных свалок на территории Волгоградской области, как одной из глобальных экологических проблем региона. Представлены данные о распределении несанкционированных свалок на территории Волгоградской области, произведен сравнительный анализ свалок региона по площади захламненной территории и объему размещенных отходов, применен закон распределения площадей несанкционированных свалок. Выявлены возможные причины значительного количества несанкционированных свалок на территории Волгоградской области. Несанкционированные свалки отходов производства и потребления на территории Волгоградской области за 2021 год проанализированы также с точки зрения закона распределения площадей несанкционированных свалок, выделенных в виде трех кластеров: малые, средние и большие свалки, построены гистограммы и теоретические кривые. На основании исследования, сформированы выводы о распределении больших, малых и средних свалок на территории Волгоградской области.

**Предмет исследования:** распределение несанкционированных свалок на территории Волгоградской области.

**Материалы и методы:** Произведен анализ несанкционированных свалок на территории Волгоградской области с точки зрения выявления закономерностей их распределения по административно-территориальным единицам региона. Для установления закона распределения площадей свалок проверялись нормальный, логнормальный, смешанный гауссовский законы и закон Джонсона. При рассмотрении всех свалок в качестве одной выборки установить закон распределения не удалось, поэтому при исследовании были выделены три вида кластера: малые, средние и большие свалки.

**Результаты:** Обобщенный анализ распределения несанкционированных свалок на территории Волгоградской области позволяет выявить отсутствие прямой зависимости между объемом размещенных отходов, площадью несанкционированной свалки и их количеством. Можно видеть, что особенно высокие показатели среднего и общего объема свалок отходов наблюдаются в Волгограде. Можно отметить значительное снижение общей площади несанкционированных свалок отходов на территории районов Волгоградской области в 2021 году по сравнению с 2020 годом, особенно значительно за рассматриваемый период сократился общий объем свалок, а также общая площадь свалок. Эти расчеты свидетельствуют о положительных изменениях в организации работы с несанкционированными свалками в регионе. На основании анализа несанкционированных свалок с точки зрения законов распределения получены результаты, в соответствии с которыми малые свалки описываются смешанным гауссовским распределением, средние свалки – логонормальным распределением, большие свалки – нормальным распределением.

**Выводы:** Полученные в ходе исследования результаты позволяют сделать вывод о большом количестве малых свалок на территории административно-территориальных единиц региона. При этом средние и большие свалки также представлены на территории большинства регионов области. Также необходимо отметить, результаты исследования могут позволить органам местного самоуправления планировать стратегию борьбы с несанкционированными свалками, а также закладываемый бюджет для их ликвидации. При большом количестве малых свалок в регионах области затрудняется процесс их оперативной ликвидации, ввиду необходимости разработки на каждую из таких свалок проекта рекультивации, изыскательных работ, мероприятий по утилизации вывозимых отходов, что создает временные затраты. В этой связи, при равных объемах несколько мелких свалок требуют больше временных и финансовых затрат на ликвидацию, чем одна большая.

**Ключевые слова:** отходы производства и потребления, несанкционированная свалка, утилизация и размещение отходов, твердые коммунальные отходы, динамика увеличения объемов и площади отходов.

**ВВЕДЕНИЕ**

В последнее время во всем мире одной из актуальных и острых экологических проблем является проблема утилизации твердых бытовых отходов. Россия не является исключением и практически для каждого региона и населенного

пункта страны характерна ситуация перегрузки мусорных полигонов, куда вывозятся все отходы. Бытовой мусор, который накапливается на этих свалках, негативно влияет на окружающую среду, вызывает загрязнение почв, ухудшает общее здоровье населения.

Основным источником негативного воздействия несанкционированных свалок на поверхностные и подземные воды является фильтрат, представляющий собой мутную тёмно-коричневую жидкость с неприятным запахом и содержащую в своём составе нефтепродукты, ароматические углеводороды, амины, хлоруглероды, спирты, кислоты, большое количество тяжёлых металлов. Наиболее негативное влияние на окружающую среду оказывают утечки с территории несанкционированных свалок загрязнённых стоков, поскольку они приводят к качественным изменениям водных объектов, прежде всего – изменениям химического и бактериологического состава поверхностных и подземных вод [12].

Серьёзной экологической проблемой, является образование свалок на границе с зоной жилой застройки и на свободных территориях с сохранившимся почвенным покровом, способным обеспечивать продуктивность зелёной биомассы и выполнять роль санитарно-гигиенических и сорбционного геохимического барьера. Разрешение почвенного покрова при этом ставит под угрозу дальнейшее выполнение этих функций [13].

Большая часть свалок выявляется на землях населённых пунктов, лесного фонда и водоохранных зонах. На образование свалок также влияет рельеф местности, который может позволить аккумулировать отходы различных классов опасности. Расположение оврагов, пустырей, склонов рек является вероятной предпосылкой для образования несанкционированной свалки [14].

Возникновение несанкционированных свалок может быть рассмотрено как следствие увеличения количества городов и их площади. Увеличение количества городов и их площади сильно влияет не только на территорию застройки, но и на прилегающие территории, которые оказываются под различными видами косвенных воздействий. Увеличение населения оказывает влияние на застройку, которая в дальнейшем приводит к накоплению мусора и, как следствие, образованию свалок [15,16].

Исследование компонентного состава отходов на территории несанкционированных свалок отходов производства и потребления в настоящее время в нашей стране при разработке мероприятий по их использованию и обезвреживанию скорее исключение, нежели правило. Вместе с тем, эти данные обладают исключительной значимостью при выполнении подобных проектов в области санитарной очистки и удаления отходов, так как определяют эффективность применения тех или иных технологий обращения с отходами производства и потребления для конкретного населённого пункта или региона [17].

Захоронение на полигонах сегодня является наиболее распространённым в мире способом размещения отходов. Данный метод применяется к несоразмерным отходам и к таким отходам, которые в процессе горения выделяют токсичные вещества [18].

Все несанкционированные свалки требуют индивидуального решения при выборе направления рекультивации, а также общего стратегического направления развития. Целесообразность применения того или иного метода рекультивации зависит от конкретных условий: экономических возможностей и градостроительной ценности земельного участка, занятого местами несанкционированного размещения отходов, геометрических параметров полигона, степени разложения отходов, имеющихся возможностей по перевозке отходов на полигон.

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Волгоградская область является крупнейшим промышленным и культурным регионом юга России. Волгоградская область входит в первую двадцатку рейтинга регионов страны по наибольшему количеству промышленных предприятий и заводов. Однако, выбросы загрязняющих веществ, быстрые темпы урбанизации, нерациональное, неорганизованное размещение отходов оказывают негативное влияние на экологическую обстановку в регионе [4].

Прокуратурой, органами федерального и регионального надзора на территории Волгоградской области, а также органами государственного и муниципального контроля за последние годы пресечено свыше пяти тысяч правонарушений в сфере обращения с отходами производства и потребления, принято порядка трёх тысяч мер административного реагирования, около полутора тысяч физических и юридических лиц, индивидуальных предпринимателей привлечены к различным видам ответственности [8].

В Волгоградской области ежегодно образуется более 900 тысяч отходов производства и потребления. При этом в настоящее время захоронение данных отходов территории города осуществляется на трёх основных полигонах: ООО «Спецпроект» (Светлоярский район Волгоградская область), ООО «Волга-Бизнес» (г. Волжский), ООО «ЭкоМастер» (Дзержинский район города Волгограда) [9].

Полигоны отходов производства и потребления относятся к природоохраным сооружениям чрезвычайно высокого экологического риска. Состояние компонентов окружающей среды в зоне влияния полигонов обусловлено комплексом факторов. В процессе эксплуатации, а также после рекультивации полигонов осуществляются выбросы в атмосферу загрязняющих веществ. Динамика биогазообразования на полигонах Волгоградско-Волжской промышленной агломерации показывает, что выход биогаза с 1 м<sup>2</sup> поверхности полигонов в годы их максимальной активности составляет 0,15 – 0,35 м<sup>3</sup>/сут, что превышает гигиенические нормативы для воздуха зоны полигона в 1,5-4,5 раза и воздуха населённых пунктов – в 5,8-17,2 раза [10].

Также одной из основных проблем на территории Волгоградской области является проблема утилизации строительных отходов, в результате чего образуются несанкционированные свалки мусора от сноса и демонтажа зданий, отходов от проведения строительных и ремонтных работ. Также следует выделить достаточно низкий уровень предоставления услуг по сбору и транспортированию отходов производства и потребления с территории муниципальных образований и частных домовладений, что приводит к увеличению числа несанкционированных свалок, преимущественно твердых коммунальных отходов [11].

Проблему нерационального обращения с отходами производства и потребления принято считать одной из самых серьезных проблем современного общества, в том числе и для Волгоградской области. Данная проблема выражается, как правило, в значительном количестве несанкционированных свалок, как на территории города Волгограда, так и на территории всей Волгоградской области.

Неорганизованная и нерациональная утилизация отходов, большая часть которых опасна не только для человека, но и для окружающей среды в целом является актуальной проблемой для Волгоградской области. На начало 2015 г. на территории Волгоградской области было накоплено свыше 50 млн тонн отходов при ежегодном приросте до 1–1,5 тонн. Для ее решения в области к 2025 году

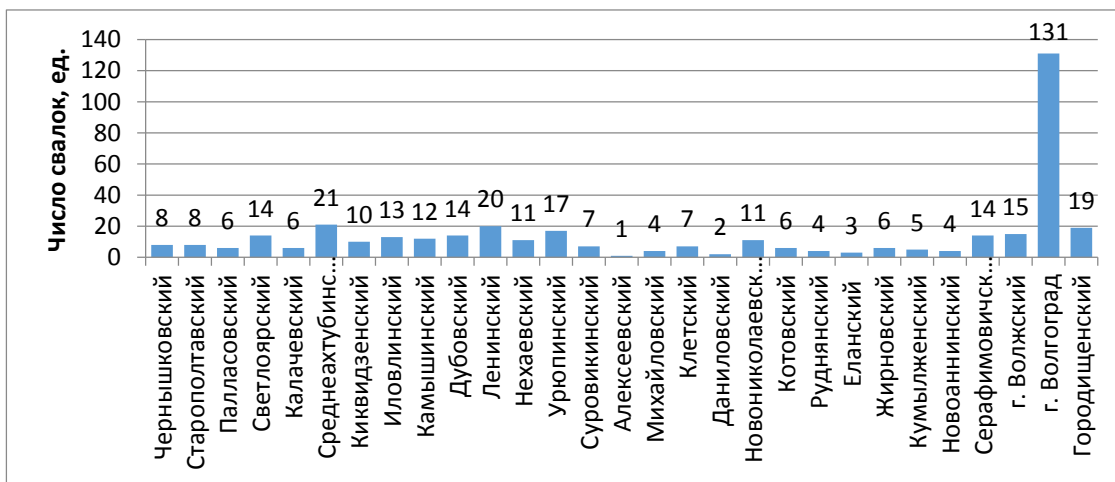
запланировано возвести 8 полигонов с твердыми бытовыми отходами, порядка 10 станций по перегрузке мусора и около 5 мусоросортировочных комплексов [5, 6, 7].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объемы образующихся на территории Волгоградской области отходов колоссальны. Среднегодовое значение образующихся на территории Волгоградской области отходов производства и потребления за период с 2018 год по 2021 год составляет более трех миллионов отходов в год [2].

Таким образом, учитывая среднюю численность жителей Волгоградской области, которая составляет порядка 2,5 миллиона человек, на каждого жителя региона в день приходится более трех килограмм отходов.

При этом по информации комитета природных ресурсов лесного хозяйства и экологии Волгоградской области, на территории города Волгограда и Волгоградской области по итогам 2020 года установлено порядка 400 несанкционированных свалок отходов производства и потребления [3]. Распределение несанкционированных свалок по административно-территориальным единицам региона за 2020 год представлено на рис. 1.



**Рис.1.** Статистические данные по выявленным и неликвидированным несанкционированным свалкам отходов на территории районов Волгоградской области за 2020 год

**Fig.1.** Statistical data on identified and illiquidated unauthorized waste dumps on the territory of the districts of the Volgograd region for 2020

Как показывают данные рисунка 1, наибольшее количество свалок в 2020 году расположено на территории города Волгограда (131), Среднеахтубинского района (21), Городищенского района (19), Ленинского района (20), Урюпинского района (17), г. Волжский (15).

Далее отражены данные о распределении несанкционированных свалок по административно-территориальным единицам региона за 2021 год – рис.2.

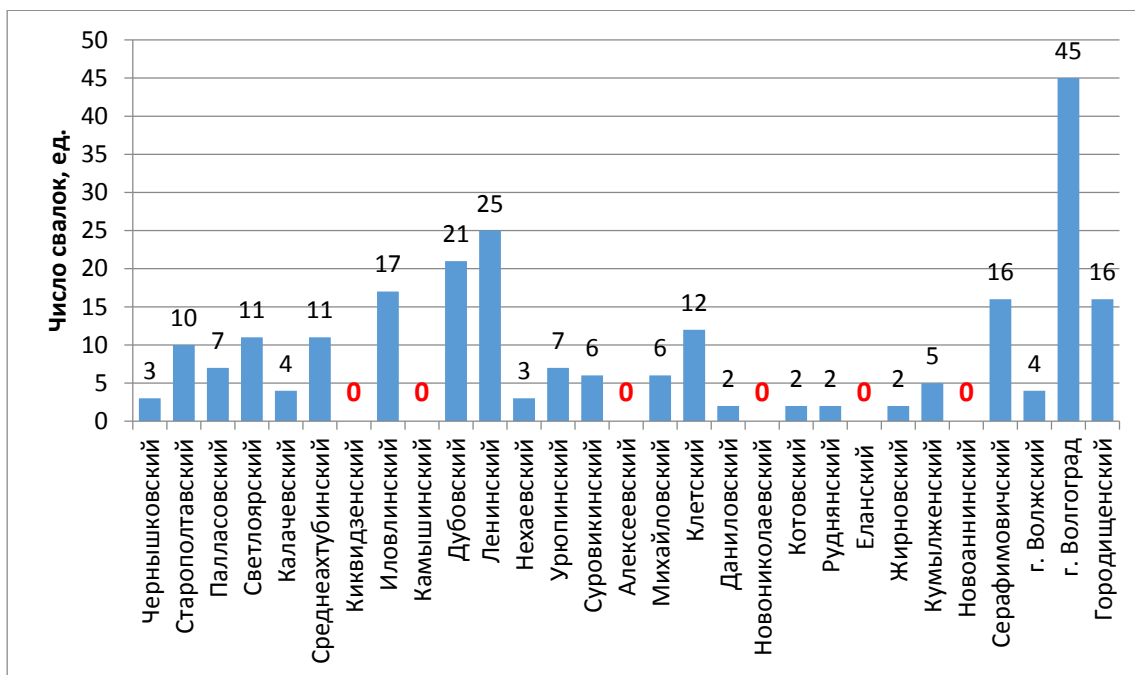


Рис.2. Статистические данные по числу несанкционированных свалок отходов на территории Волгоградской области за 2021 год

Fig.2. Statistical data on the number of unauthorized waste dumps in the Volgograd region for 2021

Вместе с тем, как показывают данные рисунка 2, в 2021 году количество несанкционированных свалок, выявленных в 2021 году, составило 232 свалки, из которых большая часть приходится на город Волгоград (45), Ленинский район (25), Дубовский район (21), Иловлинский район (17), Серафимовичский район (16), Городищенский район (16) [6]. При этом по информации комитета природных ресурсов лесного хозяйства и экологии Волгоградской области, за период 2021 года ликвидировано 308 несанкционированных свалок [2]. Также стоит отметить районы Волгоградской

области, на которых по итогам 2021 года не установлено несанкционированных свалок отходов производства и потребления. В числе таких районов Киквидзенский, Алексеевский, Новониколаевский, Еланский, Новоаннинский.

Необходимо отметить и еще несколько положительных тенденций по ликвидации несанкционированных свалок на территории Волгоградской области. Так, по сравнению с 2020 годом в регионе сократился средний объем свалок – рис.3:

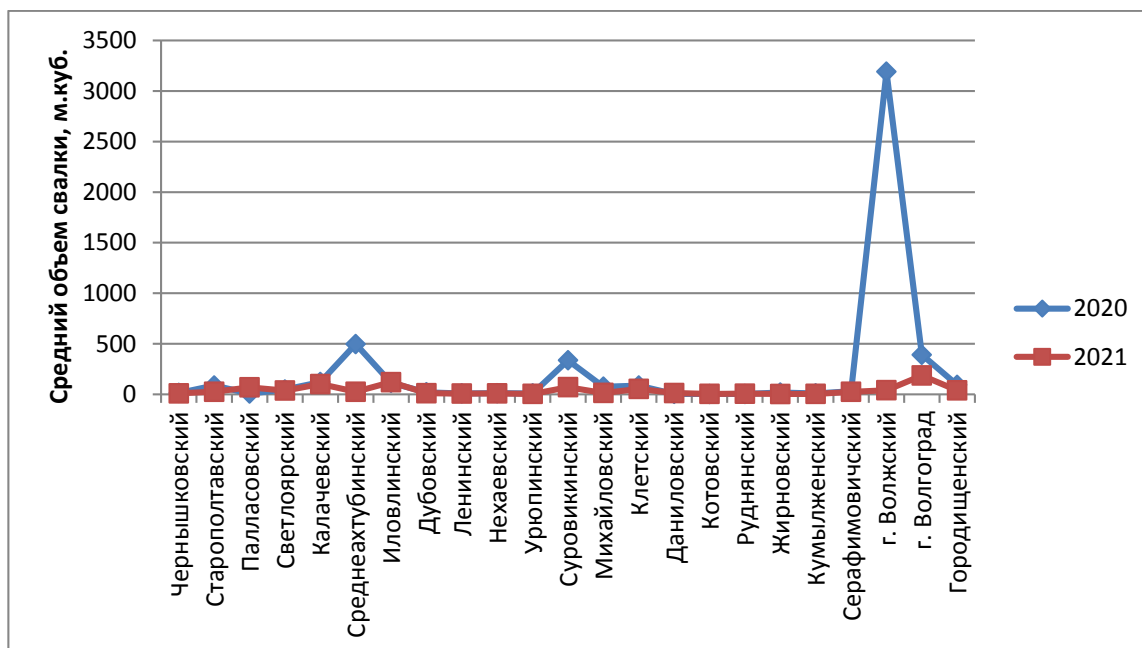


Рис. 3. Статистические данные по среднему объему несанкционированных свалок отходов на территории Волгоградской области за 2020-2021 года

Fig. 3. Statistical data on the average volume of unauthorized waste dumps in the Volgograd region for 2020-2021

По данным рисунка 3 видно, что значительно сократился средний объем несанкционированных свалок отходов в Среднеахтубинском, Суровикинском районах, а также в Волжском и Волгограде. Это свидетельствует, что свалки стали меньше, а значит – они наносят меньший ущерб окружающей среде.

Также за рассмотренный период с 2020 по 2021 год. Сократился общий объем несанкционированных свалок отходов на территории Волгоградской области, что можно видеть на рис.4:

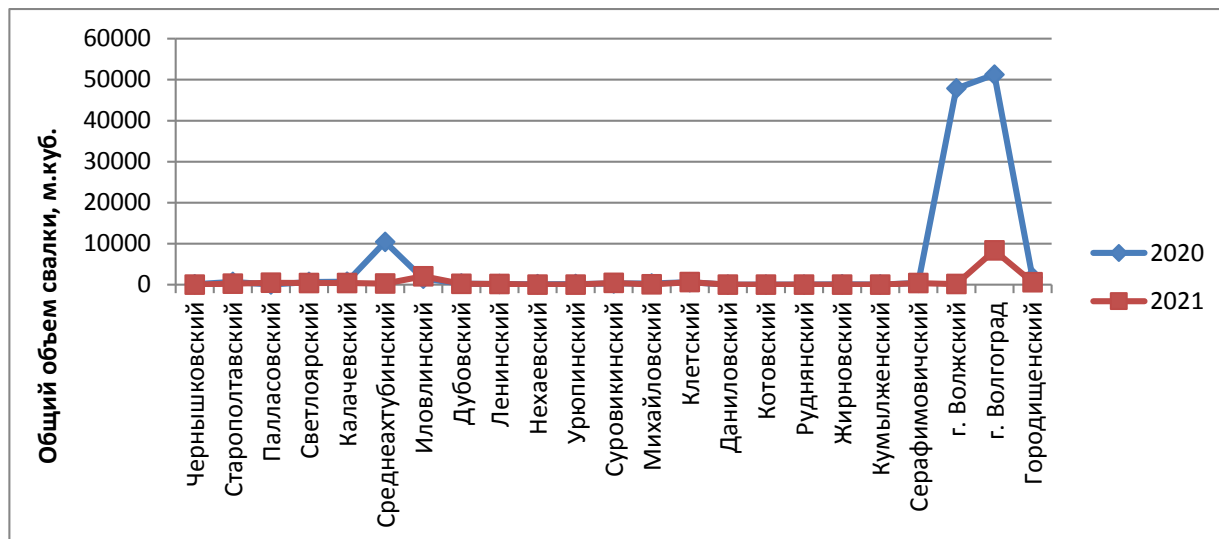


Рис.4. Статистические данные по общему объему несанкционированных свалок отходов на территории Волгоградской области за 2020-2021 года

Fig.4. Statistical data on the total volume of unauthorized waste dumps in the Volgograd region for 2020-2021

Обобщенный анализ представленных на рис. 3 и рис. 4 сведений позволяет выявить отсутствие прямой зависимости между объемом размещенных отходов, площадью несанкционированной свалки и их количеством. Можно видеть, что особенно высокие показатели среднего и общего объема свалок отходов наблюдаются в Волгограде. Действительно, усиление противоречий в системе «окружающая среда – отходы» и кризис в решении «мусорной» проблемы особенно характерна для городских агломераций, однако именно крупные города, в частности, Волгоград, должны стать первыми объектами для перехода на другую модель системы управления и обращения с отходами.

Необходимо отметить, что с 2014 года в Волгоградской области комплексно развивается инфраструктура по работе с отходами. В нее входят современные полигоны, площадки для временного накопления ТКО и мусоросортировочные мощности. Работа этих предприятий позволит региону перейти на новую систему обращения с мусором, утвержденную для всех федеральным законом. В 2019-2022 годах по национальному проекту «Экология» в Волгоградской области потратят 665,6 миллиона рублей на возведение мусороперерабатывающих комплексов [1]. На данный момент это приносит свои результаты, что может быть отражено с помощью динамики общей площади несанкционированных свалок отходов в 2020 и 2021 годах – рис. 5:

Можно отметить значительное снижение общей площади несанкционированных свалок отходов на территории районов Волгоградской области в 2021

году по сравнению с 2020 годом. Особенно позитивные изменения можно отметить в Волгограде, а также в г. Волжском.

Необходимо отметить, что по всем показателям, которые рассматривались выше, в 2021 году по сравнению с 2020 годом наблюдалось снижение – рис.6: Как показывают данные рис. 6, особенно значительно за рассматриваемый период сократился общий объем свалок, а также общая площадь свалок. Эти расчеты свидетельствуют о положительных изменениях в организации работы с несанкционированными свалками в регионе.

Кроме того, несанкционированные свалки отходов производства и потребления на территории Волгоградской области за 2021 год целесообразно проанализировать с точки зрения закона распределения площадей несанкционированных свалок.

Для установления закона распределения площадей свалок проверялись нормальный, логнормальный, смешанный гауссовский законы и закон Джонсона. При рассмотрении всех свалок в качестве одной выборки установить закон распределения не удалось, поэтому при исследовании были выделены три вида кластера: малые, средние и большие свалки.

**Первая группа** – это малые свалки, площадью от 24 м<sup>2</sup> до 100 м<sup>2</sup>. На основании вышерассмотренных материалов, уставлено 15 малых свалок.

В таблице 1 представлены описательные статистики площадей свалок S (м<sup>2</sup>) первой группы.

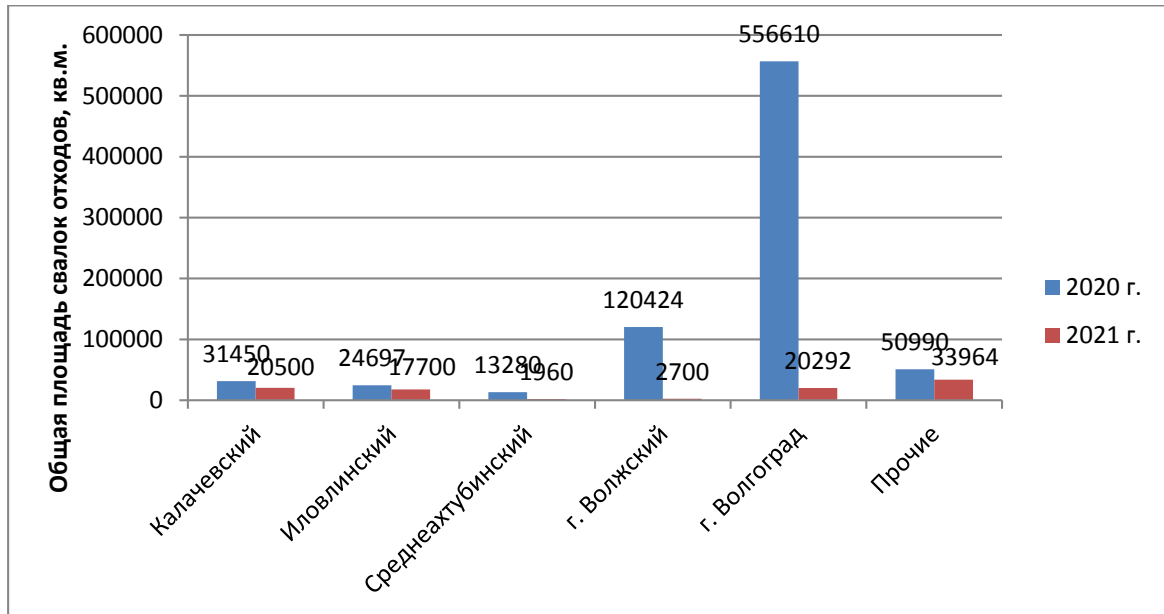


Рис. 5. Статистические данные по динамике общей площади несанкционированных свалок отходов на территории Волгоградской области за 2020-2021 года

Fig. 5. Statistical data on the dynamics of the total area of unauthorized waste dumps in the Volgograd region for 2020-2021

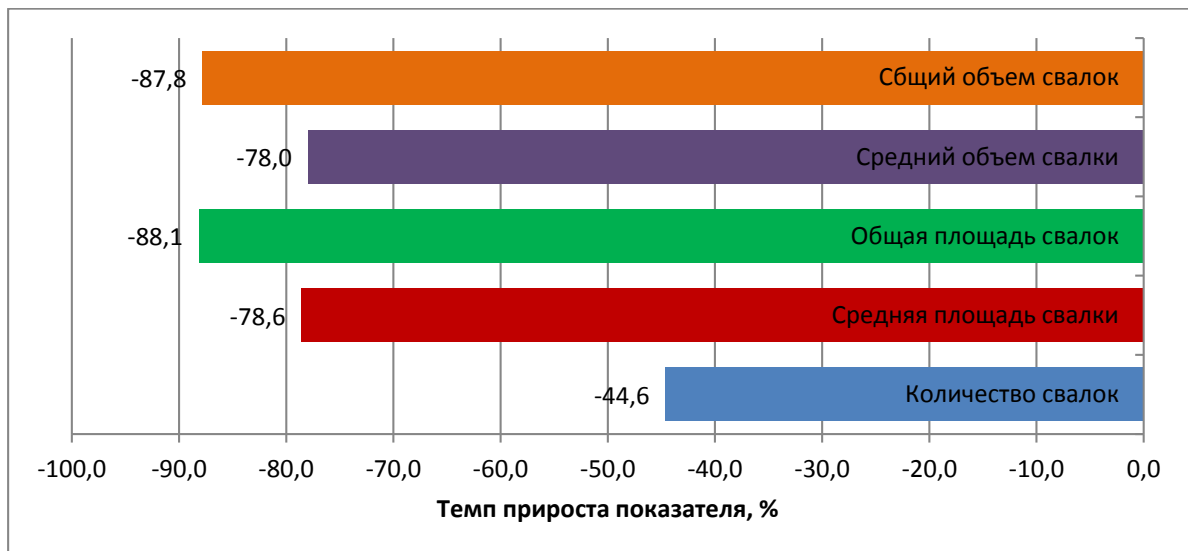


Рис. 6. Расчетные данные о темпах прироста показателей числа, площади и объема несанкционированных свалок отходов на территории Волгоградской области за 2020-2021 года

Fig. 6. Calculated data on the growth rates of the number, area and volume of unauthorized waste dumps in the Volgograd region for 2020-2021

Таблица 1. Итоговые статистики площадей S (m<sup>2</sup>)  
Table 1. Summary statistics of areas S (m<sup>2</sup>)

Оценки параметров	Значения
Среднее значение	52,67
Дисперсия	751,81
Стандартное отклонение	27,42
Мода	Множеств.
Медиана	35
Минимальное значение	24
Максимальное значение	100

Проверка осуществлялась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова, который показал, что лучше всего экспериментальные данные описываются смешанным гауссовским распределением ( $p$ -знач. = 0,94). Так как значение  $p$  близко к 1, то нет оснований отклонить нулевую гипотезу о смешанном гауссовском распределении.

Функция плотности смешанного гауссовского распределения имеет вид:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n k_i f_i(x),$$

где  $k_i$  — числовые коэффициенты или коэффициенты смеси, а  $f_i(x)$  — функции плотности, т.е. функции нормального распределения.

Полученные значения параметров записаны в табл. 2.

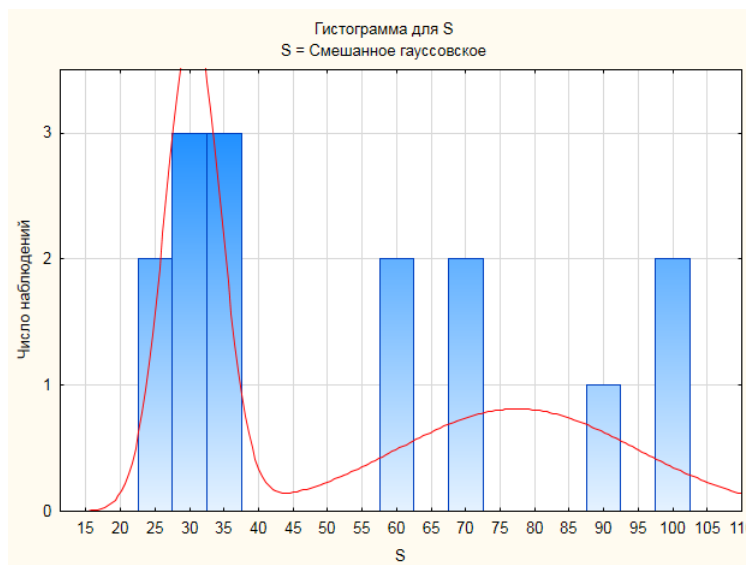
**Таблица 2.** Значения параметров для смешанного гауссовского распределения  
**Table 2.** Parameter values for a mixed Gaussian distribution

Название параметров	Первая функция плотности	Вторая функция плотности
Коэффициент смеси	0,53	0,47
Среднее значение	30,48	77,45
Стандартное отклонение	4,09	17,39

Подставляя данные значения в функцию плотности, получим следующее выражение:

$$f(S) = \frac{0,53}{4,09\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(S-30,48)^2}{33,46}} + \frac{0,47}{17,39\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(S-77,45)^2}{604,82}}.$$

На рис. 7 изображена гистограмма распределения и теоретическая кривая смешанного нормального распределения.



**Рис. 7.** Гистограмма и теоретическая кривая  $S$   
**Fig. 7.** Histogram and theoretical curve  $S$

**Вторая группа** — это средние свалки, площадью от 100 м<sup>2</sup> до 250 м<sup>2</sup>. Таких несанкционированных свалок установлено в количестве 21.

Таблица 3 содержит описательные статистики площадей свалок  $S$  (м<sup>2</sup>) второй группы.

**Таблица 3.** Итоговые статистики площадей  $S$  (м<sup>2</sup>)  
**Table 3.** Final statistics of areas  $S$  (m<sup>2</sup>)

Оценки параметров	Значения
Среднее значение	132
Дисперсия	3159,85
Стандартное отклонение	56,216
Мода	120
Медиана	120
Минимальное значение	100
Максимальное значение	250

Проверка закона распределения, показала, что лучше всего экспериментальные данные описываются логнормальным распределением. Проверка осуществлялась так же с помощью критерия Колмогорова-Смирнова ( $p$ -знач. = 0,82). Функция плотности логнормального распределения имеет вид:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}x} e^{-\frac{(\lg x - \lg \bar{x})^2}{2\sigma^2}},$$

где  $\bar{x}$  – среднее значение случайной величины;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

В нашем случае функция плотности принимает вид:

$$f(S) = \frac{1}{0,43S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\lg S - 0,68)^2}{0,37}}.$$

На рис. 8 изображена гистограмма распределения и теоретическая кривая логарифмического нормального распределения.

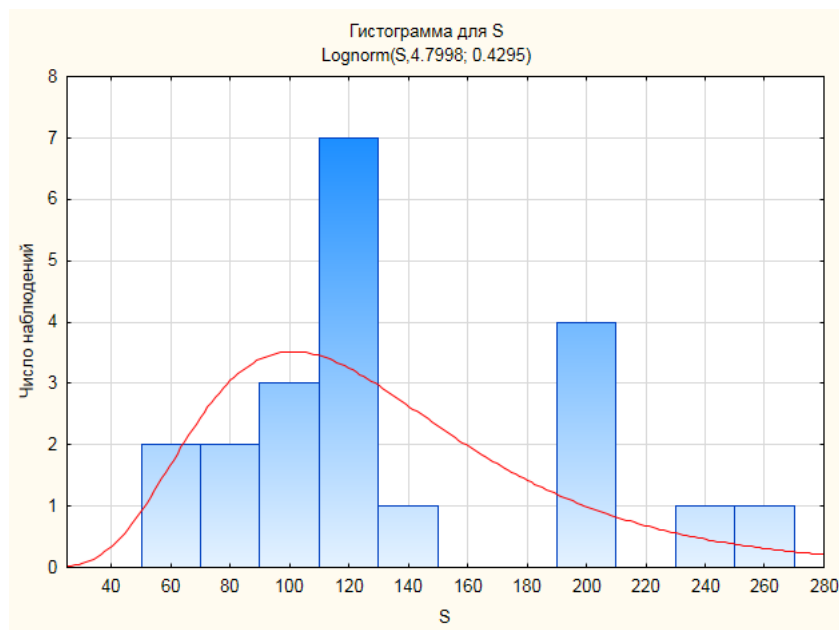


Рис. 8. Гистограмма и теоретическая кривая S

Fig. 8. Histogram and theoretical curve S

**Третья группа** — это большие свалки, площадью от 300 м<sup>2</sup> до 900 м<sup>2</sup>. Таких несанкционированных свалок установлено в количестве 21.

Таблица 4 содержит описательные статистики площадей свалок S (м<sup>2</sup>) третьей группы.

Таблица 4. Итоговые статистики площадей S (м<sup>2</sup>)

Table 4. Final statistics of areas S (m<sup>2</sup>)

Оценки параметров	Значения
Среднее значение	568,36
Дисперсия	38398,45
Стандартное отклонение	195,95
Мода	Множеств.
Медиана	600
Минимальное значение	300
Максимальное значение	900

Проверка закона распределения, показала, что лучше всего экспериментальные данные описываются нормальным распределением ( $p$ -знач. = 0,96). Функция плотности нормального распределения имеет вид:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}},$$

где  $\bar{x}$  – среднее значение случайной величины;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

В нашем случае функция плотности принимает вид:

$$f(S) = \frac{1}{195,95\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(S-568,36)^2}{76792,81}}.$$

На рис. 9 изображена гистограмма распределения и теоретическая кривая нормального распределения.

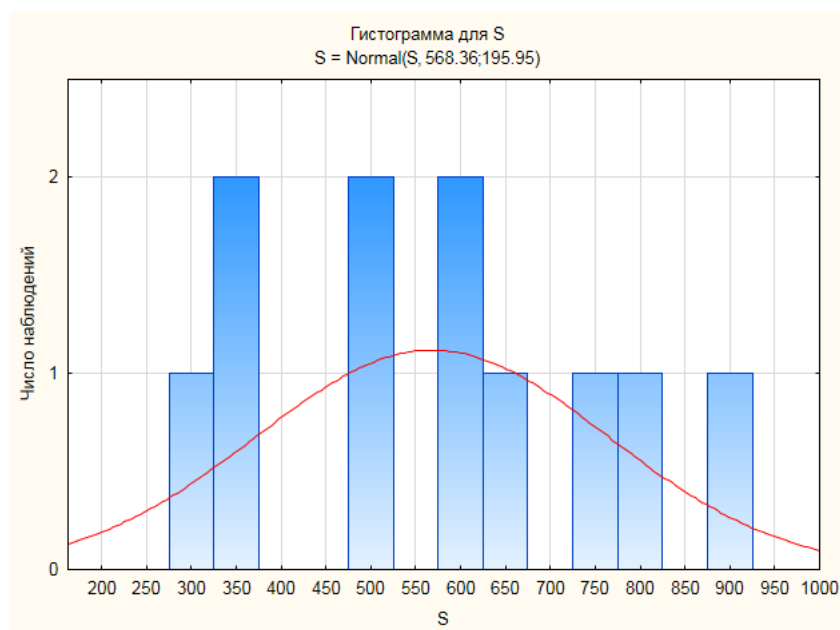


Рис. 9. Гистограмма и теоретическая кривая S

Fig. 9. Histogram and theoretical curve S

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, малые свалки описываются смешанным гауссовским распределением, средние свалки – логонормальным распределением, большие свалки – нормальным распределением.

Полученные в ходе исследования результаты позволяют сделать вывод о большом количестве малых свалок на территории административно-территориальных единиц региона. При этом средние и большие свалки также представлены на территории большинства регионов области. Большое количество малых свалок может быть обусловлено спецификой численности населения в регионе области, а также отсутствием производственных объектов, являющихся источником образования значительного количества производственных объектов. В свою очередь, причиной наличия больших свалок может служить наличие градообразующих предприятий на территории административных единиц области, отсутствие санкционированных объектов по размещению отходов, а также значительный рост населения, что обуславливает стремительно увеличивающиеся объемы образуемых твердых коммунальных отходов.

Также необходимо отметить, результаты исследования могут позволить органам местного самоуправления планировать стратегию борьбы с несанкционированными свалками, а также закладываемый бюджет для их ликвидации. При большом количестве малых свалок в регионах области затрудняется процесс их оперативной ликвидации, ввиду необходимости разработки на каждую из таких свалок проекта рекультивации, изыскательных работ, мероприятий по утилизации вывозимых отходов, что создает временные затраты.

В этой связи, при равных объемах несколько мелких свалок требуют больше временных и финансовых затрат на ликвидацию, чем одна большая.

Всё же несанкционированные свалки отходов остаются значительной проблемой Волгоградского региона. К основным причинам внушительного количества несанкционированных свалок на территории Волгоградской области следует отнести отсутствие достаточного количества полигонов для размещения отходов на внушительной территории области, отсутствие контейнерных площадок для сбора твердых коммунальных отходов вблизи жилых домов и объектов инфраструктуры.

Текущая ситуация в сфере сокращения числа несанкционированных свалок отходов в Волгоградской области может быть охарактеризована следующим образом:

- для большинства населенных пунктов, охваченных системой сбора и вывоза отходов, характерен валовой сбор без разделения на составляющие, а сбор вторичного сырья осуществляется через пункты приема вторсырья, которые не пользуются популярностью;

- происходит неуклонное увеличение норм накопления ТБО под влиянием изменений в потреблении и уровне социально-экономического развития;

- информация о количественных и качественных характеристиках потока отходов отсутствует или лишена качественного смысла, информации о несанкционированных свалках отходов также недостаточно;

- основным фактором в выборе метода обращения с отходами является стоимость: наиболее дешевым способом является захоронение отходов;

- существующие полигоны исчерпали резервы своей эксплуатации. Это означает, что сегодня такие

полигоны должны быть закрыты и рекультивированы, что еще больше обостряет проблемы несанкционированных свалок отходов.

В рассматриваемом случае показательными также являются статистические данные по несанкционированным свалкам в Котовском и Руднянском районах, где внушительная площадь захламленной территории не коррелирует со сравнительно низким количеством несанкционированных свалок и объемом размещенных отходов. Одной из причин вышеуказанного феномена является большое количество легких фракций твердых коммунальных отходов, переносимых ветром на значительные расстояния.

## ВЫВОДЫ

Анализ вышеприведенных статистических данных позволяет сформировать зависимость количества несанкционированных свалок от степени развития инфраструктуры региона, числа жителей области, степени территориальной удаленности объектов размещения отходов, активности регионального оператора в области обращения с твердыми коммунальными отходами и т.д.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что проблема поиска наилучших стратегий управления и обращения с твердыми бытовыми отходами является одной из актуальных задач современного общества. Ситуация в сфере обращения с отходами производства и потребления, в том числе с ликвидацией несанкционированных свалок на территории Волгоградской области остается достаточно сложной и напряженной. Однако на территории Волгоградской области ведется большая работа региональными, федеральными, муниципальными органами власти, а также общественными организациями по улучшению ситуации в сфере обращения с отходами производства и потребления. Это выражается в модернизации имеющихся и строительстве новых объектов размещения отходов (полигонов), ликвидации объектов накопленного вреда от несанкционированного размещения отходов, усовершенствовании территориальной схемы в области обращения с отходами, введении в эксплуатацию современных мусороперерабатывающих станций, оборудовании контейнерных площадок для сбора отходов с жилых домов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вергун П.В. Доклад о состоянии окружающей среды в Волгоградской области / П.В. Вергун и др.: комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. – Волгоград, 2012 – С. 5.
2. Закон Волгоградской области от 25.09.2017 №77-ОД (ред. от 18.07.2019) «Об отдельных

вопросах в сфере обращения с отходами производства и потребления» (принят Волгоградской областной Думой 14.09.2017).

3. Малков М.А., Гурбанов И.В. Система управления отходами нуждается в совершенствовании // Коммунальный комплекс России. 2010. № 6-7. С. 90-95.

4. Основные проблемы экологии Волгоградской области – Электрон. текст. дан. – Режим доступа: <http://ecology-of.ru/>.

5. Радзевич Н.Н. Охрана и преобразование природы Волгоградского региона / Н.Н. Радзевич, К.В. Пашканг. –М.: Просвещение, 2015. С. 16-22.

6. Mitrofanova, I.V. Ecological External Effects of the Functioning of the Economic Complex of the South of Russia /I.V. Mitrofanova, G.I. Starokozheva, I.A. Mitrofanova, E.A. Shkarupa, V.V. Batmanova // Regional and Sectoral Economic Studies. 2015 Vol. 15-1. Pp. 97-114.

7. Starokozheva G.I., Mitrofanova I.V. The environmental "cost" of doing business in the southern Federal district //Региональная экономика. Юг России. 2015. № 2 (8). С. 25-35.

8. Православнова Е.И. Доклад о состоянии окружающей среды в 2021 году / Е.И. Православнова [и др.]: комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. – Волгоград: «ТЕМПОРА», 2022. – С. 275.

9. Программа комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры Волгограда на 2020 год // Городские вести. Царицын – Сталинград – Волгоград, 2019 № 62. 29 апр.

10. Перфилов Е.В. Снижение антропогенного воздействия полигонов твердых бытовых отходов на воздушную среду: автореф. дис ... канд. тех. наук, Волгоград, 2006. 19 с.

11. Панина И.А. Доклад о состоянии окружающей среды в Волгоградской области в 2020 году / И.А. Панина [и др.]: комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. – Волгоград: «ТЕМПОРА», 2021 – С. 300.

12. Я.И. Вайсман [и др.]; Управление отходами. Полигонные технологии захоронения твердых бытовых отходов. Рекультивация и постэксплуатационное обслуживание полигона: монография / под ред. Я.И. Вайсмана. – Пермь изд-во Прем. нац. исслед. Политехн. ун-та, 2012. – 244 с.

13. Kazaryan, M.L. Space monitoring of the Earth and Haar wavelet transform/M.L.Kazaryan, M.A. Schahramanian, A.A. Richter//Сборник трудов конференции Future Communication Technology and Engineering. 2015. Pp. 291-294.

14. Рябов Ю.В. Использование алгоритма Random Forest для прогнозирования мест возникновения несанкционированных свалок // Сб. науч. тр. молодых ученых, аспирантов, студентов и преподавателей по результатам проведения IV молодеж. экологич. конгресса «Северная Пальмира», 27-28 ноября 2012 г. СПб, СПбНИЦЭБ РАН, 2012. С. 11-16.

15. Pascucci, S. Using imaging spectroscopy to map red mud dust waste: The Podgorica Aluminum Complex case study/Simone Pascucci, Claudia Belviso, Rosa Maria Cavalli, Angelo Palombo, Stefano Pignatti, Federico Santini//Remote Sensing of Environment. 2012. V. 123. Pp. 139-154.

16. Brom, J. Changes in vegetation cover, moisture properties and surface temperature of a brown coal dump from 1984 to 2009 using satellite data analysis/Jakub Brom, Vaclav Nedbal, Jan Prochazka, Emilie Pecharova//Ecological Engineering. 2012. Vol. 43. Pp. 45-52.

17. Ильиных, Г.В. Использование результатов определения морфологического состава твердых бытовых отходов для обоснования системы обращения с отходами // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2012. № 1. С. 35-42.

18. Бабунова Г.А. Эколого-гигиеническое обоснование показателей оценки безопасности эксплуатации полигонов твердых бытовых отходов (на примере Волгоградской области): диссертация ... кандидата биологических наук: 14.02.01 / Бабунова Гаянэ Анастасовна. – Москва, 2010. – 129 с.

## REFERENCES

1. Vergun P.V. Report on the state of the environment in the Volgograd region / P.V. Vergun et al.: Committee of Natural Resources, Forestry and Ecology of the Volgograd region. – Volgograd, 2012 – Pp. 5.

2. The Law of the Volgograd Region of 25.09.2017 No. 77-OD (ed. of 18.07.2019) "On certain issues in the field of waste management of production and consumption" (adopted by the Volgograd Regional Duma on 14.09.2017).

3. Malkov M.A., Gurbanov I.V. The waste management system needs improvement // Municipal complex of Russia. 2010. № 6-7. Pp. 90-95.

4. The main environmental problems of the Volgograd region – Electron. text. dan. – Access mode: <http://ecology-of.ru/>.

5. Radzevich N.N. Protection and transformation of the nature of the Volgograd region / N.N. Radzevich, K.V. Pashkang. –M.: Enlightenment, 2015. – Pp. 16-22.

6. Mitrofanova, I.V. Ecological External Effects of the Functioning of the Economic Complex of the South of Russia /I.V. Mitrofanova, G.I. Starokozheva, I.A. Mitrofanova, E.A. Shkarupa, V.V. Batmanova // Regional and Sectoral Economic Studies. 2015. Vol. 15-1. Pp. 97-114.

7. Starokozheva G.I., Mitrofanova I.V. The environmental "cost" of doing business in the southern Federal district //Regional economy. South of Russia. 2015 No. 2 (8). pp. 25-35.

8. Orthodonova E.I. Report on the state of the environment in 2021 / E.I. Orthodonova [et al.]: Committee of Natural Resources, Forestry and Ecology

of the Volgograd region. – Volgograd: "TEMPORA", 2022. Pp. 275.

9. The program of integrated development of municipal infrastructure systems in Volgograd for 2020 // City News. Tsaritsyn – Stalingrad – Volgograd, 2019 No. 62. 29 Apr.

10. Perfilov E.V. Reduction of anthropogenic impact of landfills of solid household waste on the air environment: abstract, dissertation of the Candidate of Technical Sciences, Volgograd, 2006. 19 p.

11. Panina I.A. Report on the state of the environment in the Volgograd region in 2020 / I.A. Panina [et al.]: Committee of Natural Resources, Forestry and Ecology of the Volgograd region. – Volgograd: "TEMPORA", 2021 – Pp. 300.

12. Ya.I. Weisman [et al.]; Waste management. Landfill technologies for solid waste disposal. Recultivation and post-operational maintenance of the landfill: monograph / edited by Ya.I. Weisman. – Perm publishing house of the Perm. nats. research. Polytech. un-ta, 2012. – 244 p.

13. Kazaryan, M.L. Space monitoring of the Earth and Haar wavelet transform/M.L.Kazaryan, M.A. Schahramanian, A.A. Richter//Proceedings of the conference Future Communication Technology and Engineering. 2015. Pp. 291-294.

14. Ryabov Yu.V. Using the Random Forest algorithm to predict the places of occurrence of unauthorized landfills // Collection of scientific tr. of young scientists, graduate students, students and teachers based on the results of the IV Youth. Ecological Congress "Northern Palmyra", November 27-28, 2012, St. Petersburg, SPBNITSEB RAS, 2012. Pp. 11-16.

15. Pascucci, S. Using imaging spectroscopy to map red mud dust waste: The Podgorica Aluminum Complex case study/Simone Pascucci, Claudia Belviso, Rosa Maria Cavalli, Angelo Palombo, Stefano Pignatti, Federico Santini//Remote Sensing of Environment. 2012. V. 123. Pp. 139-154.

16. Brom, J. Changes in vegetation cover, moisture properties and surface temperature of a brown coal dump from 1984 to 2009 using satellite data analysis/Jakub Brom, Vaclav Nedbal, Jan Prochazka, Emilie Pecharova//Ecological Engineering. 2012. V. 43. Pp. 45-52.

17. Ilyinykh, G.V. Using the results of determining the morphological composition of solid household waste to substantiate the waste management system // Bulletin of PNRPU. Urbanistics. 2012. No. 1. Pp. 35-42.

18. Babunova G.A. Ecological and hygienic justification of indicators for assessing the safety of operation of landfills of solid household waste (on the example of the Volgograd region): dissertation ... Candidate of Biological Sciences: 02/14/2011 / Babunova Gayane Anastasovna. – Moscow, 2010. – 129 p.

## UNAUTHORIZED LANDFILLS ON THE TERRITORY OF THE VOLGOGRAD REGION: INITIAL DATA TO PREVENT ENVIRONMENTAL DAMAGE

Poplevin<sup>1</sup> A.S., Solovieva<sup>2</sup> T.V., Azarov<sup>3</sup> V.N., Shevtsov<sup>4</sup> E.I.Volgograd State Technical University  
28 Lenin Ave., Volgograd, 400005E-mail: <sup>1</sup>sanya\_poplevin@mail.ru, <sup>2</sup>miit.vgasu@mail.ru, <sup>3</sup>azarovpubl@mail.ru

**Abstract.** Places of unauthorized disposal of production and consumption waste have a significant aberrant effect on environmental components. The formation of an orderly organized system of waste management of production and consumption, including their collection, transportation, neutralization, processing, disposal and disposal, has been one of the most acute environmental problems in the Volgograd region in recent years. This is due to a significant increase in the volume of waste disposed, as well as the territorial specifics of the problem associated with the fact that the bulk of industrial waste is generated in a relatively small number of regions, that is, in the locations of chemical, petrochemical, metallurgical and some other industries and mining areas. All unauthorized landfills require an individual decision when choosing the direction of reclamation, as well as the overall strategic direction of development. The article reveals the essential characteristics of the problem of unauthorized landfills in the Volgograd region as one of the global environmental problems of the region. Data on the distribution of unauthorized landfills on the territory of the Volgograd region are presented, a comparative analysis of landfills in the region by the area of the cluttered territory and the volume of waste disposed is carried out, the law of distribution of the areas of unauthorized landfills is applied. Possible causes of a significant number of unauthorized landfills on the territory of the Volgograd region have been identified. Unauthorized landfills of production and consumption waste on the territory of the Volgograd region for 2021 are also analyzed from the point of view of the law of distribution of the areas of unauthorized landfills, allocated in the form of three clusters: small, medium and large landfills, histograms and theoretical curves are constructed. Based on the study, conclusions were formed about the distribution of large, small and medium-sized landfills in the Volgograd region.

**Subject of research:** distribution of unauthorized landfills on the territory of the Volgograd region.

**Materials and methods:** The analysis of unauthorized landfills on the territory of the Volgograd region from the point of view of identifying patterns of their distribution by administrative-territorial units of the region. To establish the law of distribution of landfill areas, normal, lognormal, mixed Gaussian laws and Johnson's law were checked. When considering all landfills as a single sample, it was not possible to establish the distribution law, therefore, three types of clusters were identified during the study: small, medium and large landfills.

**Results:** A generalized analysis of the distribution of unauthorized landfills on the territory of the Volgograd region reveals the absence of a direct relationship between the volume of waste disposed, the area of the unauthorized landfill and their quantity. It can be seen that especially high indicators of the average and total volume of waste dumps are observed in Volgograd. It can be noted a significant decrease in the total area of unauthorized waste dumps on the territory of the districts of the Volgograd region in 2021 compared to 2020, especially significantly during the period under review, the total volume of landfills, as well as the total area of landfills, decreased. These calculations indicate positive changes in the organization of work with unauthorized landfills in the region. Based on the analysis of unauthorized landfills from the point of view of distribution laws, the results were obtained, according to which small landfills are described by a mixed Gaussian distribution, medium landfills – by a lognormal distribution, large landfills – by a normal distribution.

**Conclusions:** The results obtained during the study allow us to conclude about a large number of small landfills on the territory of administrative-territorial units of the region. At the same time, medium and large landfills are also represented on the territory of most regions of the region. It should also be noted that the results of the study may allow local governments to plan a strategy to combat unauthorized landfills, as well as the budget for their elimination. With a large number of small landfills in the regions of the region, the process of their prompt liquidation is difficult, due to the need to develop a reclamation project, survey work, and measures for the disposal of exported waste for each of these landfills, which creates time costs. In this regard, with equal volumes, several small landfills require more time and financial costs for liquidation than one large one.

**Key words:** production and consumption waste, unauthorized landfill, disposal and disposal of waste, solid municipal waste, dynamics of increasing the volume and area of waste.

## ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОРОТКИХ РЕК ИРАКА

Хмиш Висам Хафед<sup>1</sup>, Синиченко<sup>2</sup> Е.К., Ветрова<sup>3</sup> Н.М.<sup>1</sup> ФГАОУ ВО Российский университет Дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, e-mail: whumaish@uowasit.edu.iq, 1042205230@pfur.ru<sup>2</sup> ФГАОУ ВО Российский университет Дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, e-mail: sinichenko-ek@rudn.ru<sup>3</sup> ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского, 295015, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: хаос.vetrova.033@mail.ru

**Аннотация.** подземные воды и сезонная река Аль-Тиб являются основными источниками воды в исследуемом районе, который характеризуется засушливым или полусушливым климатом. Гидрохимическое исследование включало анализ основных катионов и анионов, микроэлементов и физических свойств; общего количества растворенных твердых веществ (TDS) и pH для 16 проб подземных вод и 4 проб речной воды за период 2014–2015 годов.

Пробы грунтовых вод были взяты из 14 скважин четвертичного неограниченного водоносного горизонта, в дополнение к 2 пробам скважин третичного ограниченного водоносного горизонта. Вода из реки и из подземных вод четвертичного водоносного горизонта классифицируется в соответствии с TDS как умеренно солоноватая вода, в то время как подземные воды Третичного водоносного горизонта менее соленые, а некоторые скважины классифицируются как пресная вода. Более того, тип воды для большинства образцов – натриево-сульфатные.

Химические анализы микроэлементов во всех образцах показывают увеличение концентрации свинца, никеля и кадмия, превышающее их нормативные пределы в соответствии со стандартами Всемирной организации здравоохранения и Иракскими стандартами, в то время как железо и марганец превышают их стандартные пределы в некоторых образцах. Классификация по диаграмме Пайпера показывает, что тип воды для всех образцов – щелочная с повышенным содержанием щелочей (Na<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup>) и преобладающими сульфатными и хлоридными ионами. Эти результаты одинаковы как для поверхностных, так и для подземных проб за два сезона.

**Предмет исследования:** гидрохимическое исследование основных катионов и анионов, микроэлементов и физических свойств для коротких рек в Ираке.

**Материалы и методы:** За два сезона было собрано шестнадцать проб грунтовых вод. Первый набор был собран во время сухого сезона в октябре 2014 года; а второй набор был собран во время сезона дождей в апреле 2015 г. 14 образцов из скважин представляют четвертичный водоносный горизонт, а 2 образца из артезианской скважины отражают ограниченный третичный водоносный горизонт. Кроме того, в октябре 2014 года было взято 4 пробы поверхностных вод из реки Аль-Тиб, и только одна проба с одного участка в апреле 2015 года, когда река пересохла. Для целей отбора проб были подготовлены бутылки объемом в один литр для анализа анионов и катионов и бутылка объемом в 30 миллилитров для анализа микроэлементов после добавления одной капли кислоты HNO<sub>3</sub>; для подкисления пробы воды до значения pH менее 2. Лабораторные тесты включали измерение pH; электропроводности (EC); общее количество растворенных твердых веществ (TDS); а также химические анализы основных ионов (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> и HCO<sup>-</sup>). Кроме того, были проведены анализы некоторых микроэлементов (Fe, Mn, Pb, Ni, Cd, Zn и Cu).

**Результаты:** такая вода в основном непригодна для питьевых нужд и для промышленных и строительных целей, но она пригодна для домашнего скота и допустима для орошения, за исключением двух проб из третичного водоносного горизонта, которые почти пригодны для всех целей, кроме потребления человеком.

**Выводы:** все пробы воды непригодны для для питьевых нужд либо из-за высокой солености, либо из-за повышенных концентраций микроэлементов, превышающих стандартный предел для потребления человеком. Кроме того, пробы воды не подходят для промышленных и строительных целей, поскольку каждая проба содержит определенный повышенный химический компонент, в то время как она подходит для использования в животноводстве. Для целей орошения она подходит для солеустойчивых и очень солеустойчивых растений.

**Ключевые слова:** пробы гидрохимические исследования вод. третичный водоносный горизонт, диаграмма Пайпера

## ВВЕДЕНИЕ

Гидрохимические исследования выявляют качество воды по ее физическим, химическим и биологическим характеристикам для определения ее пригодности для питья человеком, животными, в сельском хозяйстве и промышленных целях [1].

Определяющими факторами гидрогеохимической эволюции подземных вод являются минералогия водоносного горизонта, взаимодействие воды с породой, скорость потока, расстояние вдоль путей потока, время пребывания и перемешивание [2]. Вода часто состоит из основных катионов и анионов: Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>=</sup>.

Химические параметры воды используются при классификации и оценке качества воды. Для интерпретации химических данных был разработан ряд техник и методов. В этом исследовании внимание сосредоточено на гидрохимической и гидрогеологической характеристике района Али Аль-Гарби. Формации Бай-Хасан и Мукдадия являются основными верхними водоносными горизонтами подземных вод в восточной и северной частях района, в то время как четвертичные отложения представляют собой основной водоносный горизонт для большей части района

Аль-Кааби [3] с помощью гидрохимического моделирования района Аль-Тиб обнаружил, что ионная сила проб подземных вод увеличивается с

увеличением общего содержания растворенных твердых веществ, которое колеблется от низкого значения (0,0163 промилле) в скважинах Мукдадия и Бай-Хассан на холмах структуры Химрин до высокого значения (0,2086 промилле) на юге и юго-западе исследуемого района.

Аль-Абади [4] сообщил, что системы водоносных горизонтов в Майсане подразделяются на: мелководный водоносный горизонт и полузамкнутый водоносный горизонт в четвертичных отложениях, и замкнутый водоносный горизонт в формациях Мукдадия и Бай-Хассан.

Целью настоящего исследования является оценка физических и химических свойств воды, как для подземных вод, так и для реки Аль-Тиб в исследуемом районе; определение качества воды, солености воды и возможного использования водных ресурсов.

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

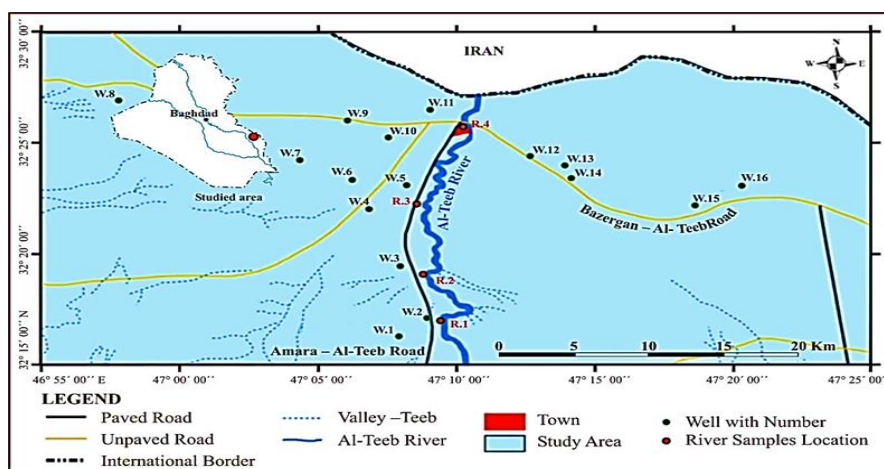
Некоторые предыдущие работы, связанные с настоящим исследованием: Nassan [5] исследование вееров поймы, которые простираются от Мандали и Бадры до района Аль-Тиб и включают два слоя глины, действующих как региональный барьер расширения вблизи района Бадра. Один из этих двух слоев отделяет четвертичные отложения от третичных; второй слой действует как граница, разделяющая четвертичный водоносный горизонт на две части. Ред Дж. [6] провел гидрохимическое и гидрогеологическое исследование районов Аль-Кут, Али Аль-Гарби и Аль-Тиб и обнаружил, что глубина залегания воды 10-20 м, и что общее количество растворенных твердых веществ увеличивается к юго-западу в диапазоне 2000-3500 мг/л.

## АТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В этом исследовании был использован метод, предложенный Пайпером [7], а также наблюдение лабораторный анализ, изучение и обобщение.

Объект исследования – водные ресурсы района, который расположен к северо-востоку от мухафазы Майсан и лежит между  $32^{\circ} 15' 00''$  –  $32^{\circ} 30' 00''$  N и  $46^{\circ} 55' 00''$  –  $47^{\circ} 25' 00''$  E. Он занимает площадь 1191 км<sup>2</sup> на почти равнинной местности. Река Аль-Тиб берет начало с территории Ирана и впадает в болото Аль-Саннаф за пределами исследуемого района (рис.1).

За два сезона было собрано шестнадцать проб грунтовых вод. Первый набор был собран во время сухого сезона в октябре 2014 года; а второй набор был собран во время сезона дождей в апреле 2015 года. 14 образцов из скважин представляют четвертичный водоносный горизонт, а 2 образца из артезианской скважины отражают ограниченный третичный водоносный горизонт. Кроме того, в октябре 2014 года было взято 4 пробы поверхностных вод из реки Аль-Тиб, и только одна проба с одного участка в апреле 2015 года, когда река пересохла (рис.1). Для целей отбора проб были подготовлены бутылки объемом в один литр для анализа анионов и катионов и бутылка объемом в 30 миллилитров для анализа микроэлементов после добавления одной капли кислоты HNO<sub>3</sub>; для подкисления пробы воды до значения pH менее 2. Лабораторные тесты включали измерение pH; электропроводности (EC); общее количество растворенных твердых веществ (TDS); а также химические анализы основных ионов (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и HCO<sup>-</sup>). Кроме того, были проведены анализы некоторых микроэлементов (Fe, Mn, Pb, Ni, Cd, Zn и Cu). Аналитические данные используются для оценки химического состава подземных и поверхностных вод.



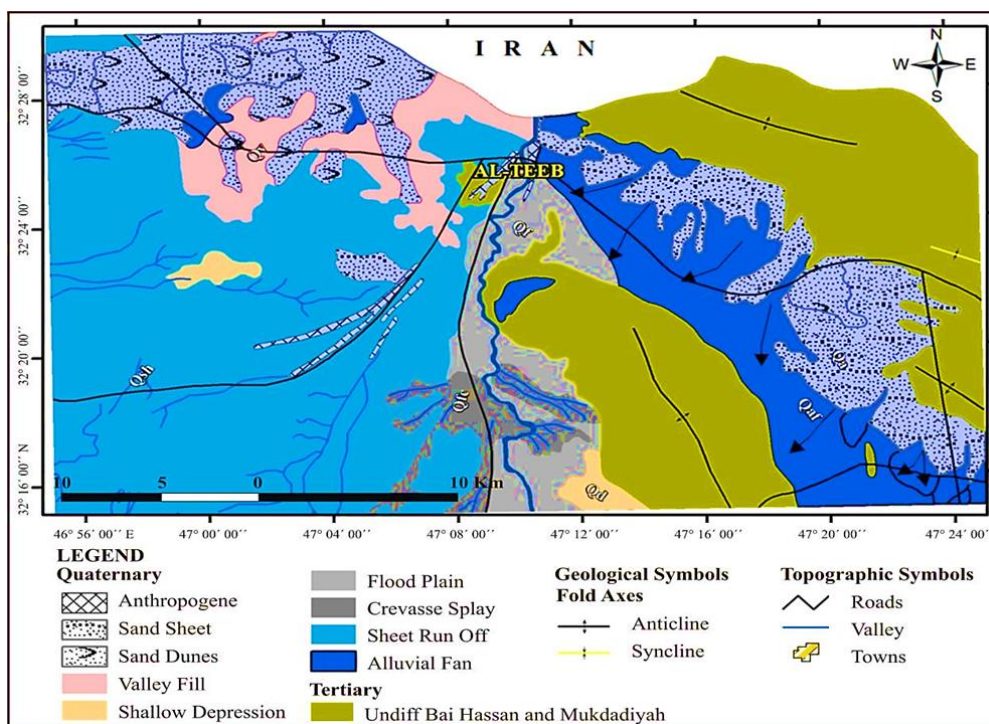
**Рис.1:** Карта расположения проб поверхностных и подземных вод на исследуемой территории  
**Fig. 1:** Location map of the study area showing the distribution of surface and groundwater samples

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Месопотамская равнина образует большую часть территории, в то время как более высокий рельеф лежит на востоке и северо-востоке области. Максимальная высота составляет 200 м над уровнем моря, а минимальная – 14 м [8]. Графически большая часть исследуемой территории характеризуется покровом четвертичных отложений. Предчетвертичные породы обнажены к востоку и северо-востоку от города Аль-Тиб и состоят из формаций Мукдадия и Бай-Хассан (плиоцен) [8]. Четвертичные отложения состоят из глины с морскими и речными отложениями, а также золовыми песками. Формация Мукдадия (нижний плиоцен) состоит из песчаника, глины и илстого песка. Пласты песчаника очень часто содержат гальку размером 0,5 – 2,0 см с различной формой и литологией. Формация Бай-Хасан характеризуется переслаиванием конгломерата, глинистого камня и песчаника с увеличением размера зерен по

вертикали, которые представляют границу между Бай-Хассаном и лежащей под ним формацией Мукдадия. Окружающей средой обоих пластов является пресноводная речная среда (рис.2). Наиболее важными минералами гравия формаций Бай-Хасан и Мукдадия являются силикатные минералы кварца и халцедона, а также карбонатные минералы, такие как кальцит, арагонит и доломит, и некоторые испаряющиеся минералы, такие как гипс и ангидрит, обнаруженные в жилах между слоями песчаника и глинистого камня [9].

Структурно исследуемый район находится в пределах вторичной зоны Тигра [10]. Более того исследуемая область находится в пределах вторичного пояса Тикирт – Амара, который представляет собой основную часть Месопотамской равнины, и характеризуется неглубокими подповерхностными продольными антиклиналями, разделенными синклиналями, направленными в северо-западном направлении с рядом связанных разломов.



**Рис.2.** Геологическая карта изучаемой территории с изменениями по (Barwary, 1992)  
**Fig.2.** Geological map of the study area, modified after (Barwary, 1992)

Река Аль-Тиб, сезонная река, протекает с территории Ирана. Его общая длина составляет около 500 км, а ширина – около 50 м, в то время как максимальная глубина составляет 30 м. Она протекает примерно 50 км по территории Ирака и заканчивается в Хор-эль-Сеннафе. Средний расход является переменным, поверхностный дренаж имеет низкий режим стока из-за длительного периода засухи, когда количество воды зависит от количества осадков в зоне подпитки и от количества воды, сбрасываемой плотинами в Иране

(Генеральная комиссия по плотинам и водохранилищам, 2002 [11]).

Системы водоносных горизонтов в пределах исследуемого района бывают трех типов: первый – четвертичный неограниченный (неглубокий) водоносный горизонт, имеет ограниченную протяженность, пронизан лишь несколькими вырытыми скважинами. Второй – это основной водоносный горизонт, который является полузамкнутым, где в него проникает большинство действующих скважин. Его толщина колеблется в

пределах 20-42 м. Третий – это глубокий замкнутый водоносный горизонт, состоящий из формаций Бай-Хасан и Мукдадия. Эти водоносные горизонты разделены двумя низкопроницаемыми водоносными горизонтами, гидравлические характеристики которых неизвестны. Гидравлическое соединение между блоками водоносного горизонта возможно, и ограниченная часть системы водоносного горизонта не полностью разделена [4]. Поток грунтовых вод в исследуемом районе направлен с северо-востока на юго-запад.

Результаты физического анализа проб воды приведены в таблице 1. Пробы воды в зоне исследования не имеют запаха, цвета и соленого вкуса; за исключением пробы из скважины 16, которая имеет очень хороший и приемлемый вкус. Средние значения pH проб грунтовых вод составляют 7,22 и 7,25 в сухой и влажный сезоны соответственно. Это показывает, что все пробы, взятые из всех мест, имеют низкие пространственные колебания pH, что указывает на стабильность воды. Среднее значение TDS четвертичного водоносного горизонта составляет 3868 промилле и 3906 промилле во влажный и сухой сезоны соответственно. Принимая во внимание, что две артезианские скважины W.15 и W.16 третичного замкнутого водоносного горизонта имеют более низкие значения (588 промилле, 1486 промилле) и (540 промилле, 1438 промилле) во влажный и сухой сезоны соответственно. Все пробы

классифицированы как солоноватая вода, за исключением W.16, которая классифицируется как пресная вода в соответствии с классификацией Климентова [12] и Тура [13].

Средние значения ЕС проб грунтовых вод составляют 5239 и 5402 мкмоль/см во влажный и сухой сезоны соответственно. Значения TDS составляют 1445 промилле и 1569 промилле во влажный и сухой сезон соответственно. Согласно классификации Леттермана [14], значения TDS во всех образцах указывают на очень высокую жесткость воды, за исключением образца W.16, который классифицируется как жесткая вода.

Что касается реки Аль-Тиб, все пробы воды также не имеют запаха, цвета и соленого вкуса, что отражает солоноватую природу этого класса, где средние значения TDS составляют 3300 и 377 [11]. Средние значения ЕС составляли 5120 и 5432 мкмоль/см во влажный и сухой сезоны соответственно. Согласно классификации Леттермана [14], результаты указывают на очень высокую жесткость в речных образцах.

Увеличение TDS, как правило, связано с высокой скоростью испарения, растворением соленых отложений грунтовыми водами, медленной циркуляцией грунтовых вод, которая замедляет вымывание связанной воды, и выдуваемой мелкой пылью, полученной из окружающих пластов (Davis and DeWiest [15]).

**Таблица 1:** Физические параметры проб воды за два сезона  
**Table 1.** Physical parameters of water samples for two seasons

Количество проб воды	Сухой сезон				Сезон дождей			
	TDS	TH	ЕС	pH	TDS	TH	ЕС	pH
	(mg/L)		mho/cm $\mu$		(mg/L)		mho/cm $\mu$	
<b>Пробы грунтовых вод</b>								
W.1	4080	1574.2	5510	7.5	4000	1545.1	5050	7.3
W.2	4350	1688.6	5590	7.2	4300	1582.7	5550	7.3
W.3	3870	1408.4	5500	7.2	3800	1368.5	5320	7.1
W.4	3950	1300.7	5450	7.2	3577	1103.9	5240	7
W.5	4200	1652.8	6010	7.1	4085	1607.3	5990	7.4
W.6	3940	1532.8	5910	7.4	3890	1371.1	5500	7.2
W.7	3400	1175.2	4100	7.2	3220	1100.4	4270	7.3
W.8	3600	1679.9	4750	7.4	4505	1475	5530	7.3
W.9	4200	1608	5650	7.1	4150	1495.9	5600	7
W.10	4010	1450	5620	7.2	3910	1401	5454	7.3
W.11	3690	1515.7	5180	7.4	3660	1325.3	5080	7.7
W.12	4100	1917.6	5800	7.15	4000	1789	5545	7
W.13	3405	1382.4	5010	7.17	3363	1280.7	4898	7.13
W.14	3900	1524.9	5550	7.5	3700	1445.2	5320	7.6
W.15	1486	690.36	2140	7.1	1438	603.76	2100	7
W.16	588	299.81	866	7.25	540	293.2	836	7
<b>Речные образцы</b>								
R.1	4250	1566	5920	7.5	-	-	-	-
R.2	3650	1350.3	5310	7.2	-	-	-	-
R.3	3700	1379.4	5320	7.2	-	-	-	-
R.4	3500	1556	5180	7.3	3300	1525.8	5120	7.2
WHO (2011)	1000	500	-	6.5 – 8.5	1000	500	-	6.5 – 8.5
IQS (2009)	1000	500	1500	6.5 – 8.5	1000	500	1500	6.5 – 8.5

Результаты гидрохимического анализа проб воды в исследуемом районе за два сезона приведены в таблицах 2 и 3. Результаты показывают высокие концентрации основных ионов, где доминирует анион  $SO_4^{2-}$ , в то время как катион  $Na_2^+$  доминирует в оба сезона, и как для образцов реки, так и для образцов подземных вод.

В зависимости от уравнения Иванова и др. [16]), все пробы речной воды и большинство проб подземных вод относятся к натриево-сульфатному типу, за исключением проб номер W.7 и W.16, где тип воды – натриево- хлоридный, и номер пробы W.15 является кальциево-сульфатным типом в оба сезона. Эти результаты указывают на сходство гидрогеохимических процессов. Высокая

концентрация натрия объясняется галитом, который легко растворяется в воде. Это распространенный минерал в исследуемой области. Это также может быть связано с ионными обменами между ионами кальция и магния с натрием в глинистых минералах, которые являются еще одним источником ионов натрия в воде.

Анализ микроэлементов показал высокий уровень свинца (Pb), никеля (Ni) и кадмия (Cd) во всех отобранных образцах в соответствии со стандартами ВОЗ (2011) и IQS (2009), в то время как железо (Fe) и марганец (Mn) являются высокими только в некоторых образцах. Принимая во внимание, что уровень концентрации цинка (Zn) и меди (Cu) ниже рекомендуемого уровня (таблица 4).

**Таблица 2.** Химический анализ проб воды в сухой сезон  
**Table 2:** Chemical analysis of water samples in the dry season

Количество проб воды	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Тип водоносного горизонта
	(ppm)							
	Пробы грунтовых вод							
W.1	350	170	441	10	529	1190	738	Четвертичный
W.2	366	188	550	11.7	548	1370	751	
W.3	320	148	556	10	491	1296	687	
W.4	290	140	640	8	515	1184	631	
W.5	360	183	470	10	522	1163	788	
W.6	360	160	520	10	500	1233	684	
W.7	235	143	533	9	453	751	740	
W.8	386	174	590	11	500	1278	724	
W.9	380	160	530	9.6	539	1240	767	
W.10	330	152	550	11	548	1210	802	
W.11	335	165	465	9	489	1078	671	
W.12	410	217	500	9.5	480	1330	760	
W.13	290	160	360	9	421	1079	650	
W.14	332	169	472	9	418	1413	655	
W.15	150	77	130	9	87	611	190	Бай-Хасан, Мукдадия
W.16	61	36	75	1.8	24	171	188	
Речные образцы								
R.1	345	171	608	11.1	510	1545	706	
R.2	310	140	512	10	482	1186	706	
R.3	320	141	512	9.3	481	1185	680	
R.4	310	190	520	10.5	462	1200	705	
WHO (2011)	100	125	200	12	-	250	250	
IQS (2009)	150	100	200	-	-	400	350	

**Таблица 3.** Химический анализ проб воды в сезон дождей  
**Table 3.** Chemical analysis of water samples during the rainy season

Количество проб воды	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Тип водоносного горизонта
	(ppm)							
	Пробы грунтовых вод							
W.1	345	166	420	9.3	513	1166	730	Четвертичный
W.2	350	172	536	11	530	1363	731	
W.3	309	145	518	9.6	489	1230	667	
W.4	241	122	589	8	480	1179	610	
W.5	355	175	454	10	510	1150	752	
W.6	310	145	516	7	512	1205	675	
W.7	215	137	516	8.5	416	730	710	
W.8	360	140	565	11	500	1270	700	
W.9	345	154	518	9	518	1230	780	
W.10	317	148	536	7.5	505	1190	740	

W.11	300	140	450	8	460	1061	640	Бай-Хасан, Мукладия
W.12	380	204	480	8	466	1309	740	
W.13	274	145	346	8	405	1005	636	
W.14	315	160	467	9	397	1290	640	
W.15	140	62	105	9	66	582	165	
W.16	60	35	75	1.5	23	168	185	
Речные образцы								
R.1	–	–	–	–	–	–	–	
R.2	–	–	–	–	–	–	–	
R.3	–	–	–	–	–	–	–	
R.4	298	190	473	10.1	459	1150	739	
WHO (2011)	100	125	200	12	–	250	250	
IQS (2009)	150	100	200	–	–	400	350	

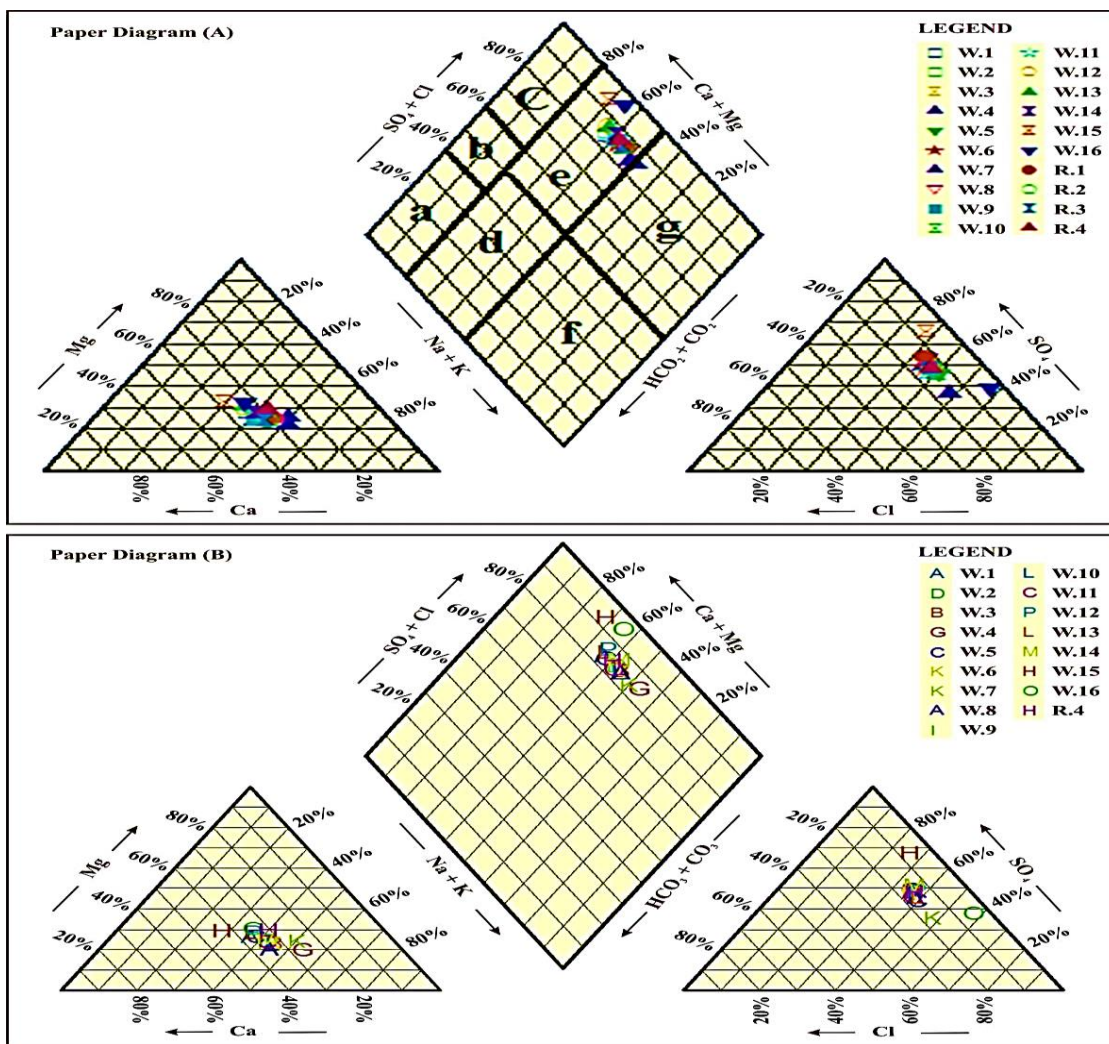
**Таблица 4:** Концентрация микроэлементов в пробах воды в октябре 2014 года

**Table 4:** Trace element concentrations in water samples in October 2014

Количество проб воды	Fe	Mn	Pb	Ni	Cd	Zn	Cu
	(ppm)						
W.1	0.204	0.492	0.394	1.139	1.4	1.715	0.033
W.2	0.203	0.396	0.268	1.075	0.39	0.148	0.027
W.3	0.077	0.103	0.335	1.132	0.232	1.746	0.011
W.4	0.364	0.129	0.374	1.313	1.407	0.932	0.097
W.5	0.044	0.059	0.409	0.846	0.034	0.065	0.017
W.6	0.856	0.115	0.35	0.804	0.04	0.275	0.023
W.7	0.734	0.568	0.258	0.661	0.024	0.082	0.025
W.8	0.446	0.443	0.514	1.078	0.046	0.185	0.016
W.9	0.132	0.251	0.344	0.705	0.02	0.168	0.028
W.10	0.405	0.232	0.313	0.737	0.004	0.096	0.017
W.11	0.198	0.065	0.382	0.99	0.046	0.213	0.021
W.12	0.152	0.225	0.237	0.795	0.05	0.259	0.014
W.13	0.414	0.171	0.459	0.685	0.048	0.242	0.048
W.14	0.735	0.235	0.375	0.761	0.08	0.115	0.076
W.15	0.171	0.031	0.171	0.008	0.015	0.044	0.016
W.16	0	0.051	0.085	0.238	0.01	0.038	0.013
Речные образцы							
R.1	0.418	0.039	0.361	0.257	0.015	0.638	0.024
R.2	0.818	0.081	0.294	0.375	0.02	0.205	0.021
R.3	0.768	0.055	0.224	0.161	0.018	0.082	0.034
R.4	0.412	0.032	0.149	0.078	0.021	0.049	0.014
WHO (2011)	0.3	0.4	0.01	0.07	0.003	3	2
IQS (2009)	0.3	0.1	0.01	0.02	0.003	3	1

Диаграмма Пайпера используется для определения гидрогеохимических фаций (Piper, 1944). Поля катионов и анионов объединены, чтобы показать единую точку в ромбовидном поле, из которого делается вывод на основе концепции гидрогеохимической фации. Эти треугольные диаграммы полезны для выявления химических взаимосвязей между образцами подземных вод в более определенных терминах, чем при использовании других возможных методов построения графиков (Sadashivaiah et al., 2008). Отдельную группу типов качества воды можно быстро выделить по их нанесению на определенную подобласть ромбовидного поля (Walton, 1970).

Согласно Ланггуту (1966), нанесенные на график пробы воды на диаграмме Пайпера показывают, что тип воды: Щелочная вода с повышенной долей щелочей и преобладающими сульфатными и хлоридными ионами, как показано на рис.3. Результаты одинаковы для двух сезонов, и нет значительного изменения в гидрохимической фации в течение исследуемого периода указывают на то, что большинство основных ионов имеют естественное происхождение, поскольку движение грунтовых вод происходит через аналогичные породы и растворяет специфические минеральные вещества.



**Рис.3.** Тип воды по Пайперу (1944). А) в сухой сезон; В) в сезон дождей  
**Fig. 3.** Type of water according to Peiper (1944). a) during the dry season B) during the rainy season

Оценка химических анализов путем сравнения проб поверхностных и подземных вод.

1. Для питья человеком: оценка была проведена путем сравнения химических анализов проб воды в этом районе с максимально допустимой концентрацией в соответствии со Всемирной организацией здравоохранения [17] и иракскими стандартами (IQS, 2009). Результаты показывают, что все параметры воды превышают максимально допустимые пределы, указывая на то, что она непригодна для питья человеком, за исключением артезианской скважины W.16, где большинство ее параметров находятся в пределах рекомендуемых уровней, как показано в таблицах (2 и 3);

2. Для промышленности и строительства: сравнение анализов концентрации ионов со стандартами РФ [18] для строительных целей показало, что все пробы воды непригодны для строительства, поскольку концентрация бикарбоната превышает рекомендуемый предел, за исключением скважин W.15 и W.16, которые подходят для строительных целей;

3. Для животноводства: используя предложенные стандарты Криста и Лоури [19],

показано, что все пробы воды пригодны для домашнего скота;

4. Для орошения: вода для сельскохозяйственных целей зависит от типов растений и ее переносимости к концентрации солей, количества поливной воды, почвы и климата (Дэвис и Дьюиест [15]). Для оценки качества воды для орошения существуют четыре наиболее популярных критерия, а именно: TDS или EC, коэффициент адсорбции натрия (SAR), химическая концентрация таких элементов, как Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> и остаточный карбонат натрия (RSC). Согласно классификации, для орошения водой, результаты не показали вредного воздействия процентного содержания растворимого натрия (Na%), а пробы грунтовых вод из скважин соответствовали классу поливной воды. Принимая во внимание, что классификация поливной воды на основе значений SAR была близка к допустимой. С другой стороны, опасность засоления была высокой и в целом приемлемой только для орошения очень солеустойчивых растений (таблица 5).

**Таблица 5.** Расчетные значения SAR, Na%, RSC и солености образцов  
**Table 5.** Calculated SAR, Na%, RSC and Sample Salinity Values

Количество проб воды	Сухой сезон				Сезон дождей			
	SAR	Na%	RSC	Соленость	SAR	Na%	RSC	Соленость
W.1	4.84	38.2	-22.79	Очень высокий	4.65	37.1	-23.05	Очень высокий
W.2	5.83	34.6	-24.81		5.86	43.3	-22.03	
W.3	6.45	46.5	-20.1		6.09	45.5	-19.33	
W.4	7.72	51.9	-17.55		7.71	53.9	-14.19	
W.5	5.03	47.4	-24.47		4.93	36.8	-23.76	
W.6	5.78	42.7	-22.12		6.06	45.2	-19.01	
W.7	6.76	48	-17.55		6.77	50.7	-15.17	
W.8	6.26	43.6	-25.12		6.4	45.8	-21.29	
W.9	5.75	42	-23.3		5.83	43.2	-21.4	
W.10	6.29	45.5	-20		6.23	45.6	-19.72	
W.11	5.2	40.3	-22.26		5.38	42.7	-18.95	
W.12	4.97	36.5	-30.43		4.94	37.1	-28.06	
W.13	4.21	36.5	-20.73		4.21	37.3	-18.96	
W.14	5.26	40.5	-23.63		5.34	41.6	-22.38	
W.15	2.15	29.9	-12.37		Высокий	1.86	28.7	
W.16	1.88	35.5	-5.59		1.9	35.9	-5.48	
<b>Речные образцы</b>								
R.1	6.69	46.07	-22.92	Очень высокий	-	-	-	Очень высокий
R.2	6.06	45.49	-19.08		-	-	-	
R.3	6	44.950	-19.68		-	-	-	
R.4	5.73	42.39	-23.52		5.27	40.58	-22.98	

### ВЫВОДЫ

1. Источниками воды в этом районе являются сезонная река Аль-Тиб и подземные воды из ограниченного водоносного горизонта верхнего основного водоносного горизонта в северо-восточной части района, представленного формациями Бай-Хассан и Мукдадия, и неограниченный водоносный горизонт верхнего основного водоносного горизонта в остальных частях исследования области, представленной четвертичными отложениями.

2. В сухое и влажное время года кальций, натрий, магний, сульфат и хлорид являются наиболее распространенными ионами в пробах подземных вод. Концентрация катионов и анионов в целом показывает высокие значения, где преобладающим катионом является ион натрия, а сульфат – преобладающий анион. Общий тип воды натриево-сульфатная для обоих сезонов, что указывает на сходство гидрогеохимических процессов в оба сезона, отражая присутствие испаряющихся минералов, которые являются основным источником этих ионов. Судя по концентрации основных ионов в пробах подземных вод, считается, что водоносный горизонт Бай-Хасан и Мукдадия имеет воду лучшего качества, чем четвертичный водоносный горизонт.

3. Все пробы воды непригодны для питьевых нужд либо из-за высокой солености, либо из-за повышенных концентраций микроэлементов, превышающих стандартный предел для потребления человеком. Кроме того, пробы воды не подходят для промышленных и строительных целей, поскольку каждая проба содержит

определенный повышенный химический компонент, в то время как она подходит для использования в животноводстве. Для целей орошения она подходит для солеустойчивых и очень солеустойчивых растений.

### REFERENCES

1. Davis, S.N. and Dewyest R.J.M., 1966. Hydrogeology. John Wylie & Sons, New York, 463pp.
2. Made, C.M., 1995. A practical guide to water quality. University College Station, Texas.
3. Khudak, P.F., 2000. Principles of hydrogeology. 2nd edit. Lewis, New York, 204pp.
4. IQS, 2009. Iraqi Drinking Water Standard. No. 417, modification No. 2.
5. Al-Kaabi, FK, 2009. Hydrochemistry and Evaluation of Selected Wells, New York, Missan City. M.Sc dissertation, Department of Geology, Faculty of Natural Sciences, University of Basra. (In Arabic)
6. Al-Abadi, A.M.A., 2011. Hydrological and hydrogeological analysis of northeastern Maysan governorate in southern Iraq using a geographic information system. PhD thesis, Department of Geology, College of Sciences, University of Baghdad.
7. Hassan H.A., Al-Ubaidi A.Z., Grioret K.P., Ayob M.S., Abbas A.L., Jamal N. and Smoor P.B., 1977. Galal Badra project area, part I: Geological and hydrological studies. Bull. No. 106, Scientific Research Foundation of the Ministry of Higher Education and Scientific Research, Baghdad, Iraq, 35pp.
8. Red, J., 1982. Hydrogeology of the Kut, Ali Al Gharbi and Al Tib regions. Unpublished, EXPLORATION, int. rep. No. 1334.
9. Piper, A.M., 1944. Graphical Procedure in Geochemical Interpretation of Water Analysis,

Transition, American Geophysical Union, Volume 25. Pp. 914-928.

8. Barwari, A.M., 1992. Geology of the Ali-Al-Gharbi quadrangle. Sheet NI-38-16, scale 1: 25,000. GEOPROPLORATION, int. rep. No. 2226

9. Al-Adol, MD, 1982. Sedimentary study for the Bakhtei group in a selected area - northern Iraq. M.Sc dissertation, Department of Geology, Faculty of Natural Sciences, Musl University. (In Arabic)

10. Jassim, S.Z. and Goff, J.K., 2006. Geology of Iraq. Publ., Dolina, 1st edition, 341 p.

11. General Commission on Dams and Reservoirs, 2002. Small Dams in the Eastern Frontier Zone of Iraq. Part (1): Study of potential dam sites in the Wadi in the Eastern Frontier Zone of Iraq. Part (2): more detailed information about the selected site at Wadi Khuran in the Mandali region. Consultant to Al-Furat General Company for research and design of irrigation projects. Baghdad.

12. Klimentov, P.P., 1983. General hydrogeology. Publishing house "Mir", Moscow. (Translated into English), 239 p.

13. Tud, D.K., 1980. Groundwater Hydrology. 2nd edition, John Wiley and Sons, Inc. Toppon Printing Company, Ltd, New York and London, 535 p.

14. Letterman, R.D., 1999. Water quality and purification. Handbook of public water supply. American Water Works Association, 5th Edition, McGraw Hill, New York, ISBN 0-07-001659-3, 1194 p.

15. Davis, S.N. and Deweyest R.J.M., 1966. Hydrogeology. John Wylie & Sons, New York, 463 p. Made, C.M., 1995. A practical guide to water quality. University College Station, Texas.

16. Ivanov V.V., Barbanov L.N. and Plotikora GN, 1968. Main genetic types of mineral waters of the earth's crust and their distribution in the USSR. In the book of Makovsky and Kachurga (ed.) Rev. 23rd session of the I.G.C. genesis mineral and thermal waters, Prauge, 33pp

17. WHO, 2011. Recommendations for the quality of drinking water. 4th edit. WHO press service, Geneva. 564pp. ISBN: 978 92 4 154815 1.

18. Альтовский, М.Э. Справочник по гидрогеологии. – М.: Госгеолитздат, 1962. – 614 с.

19. Krist, M.A. and Lowry, M.E., 1972. Groundwater Resource of Matron County, Wyoming, A Study on the Availability and Chemical Quality of Groundwater groundwater. Geological Survey Water Supply, 1897 paper, US Government Printing Office, Washington, 92 p.

## FEATURES OF ECOLOGICAL PARAMETERS OF SHORT RIVERS OF IRAQ

Hmeesh Wisam Hafedh<sup>1</sup>, Sinichenko<sup>2</sup> E.K., Vetrova<sup>3</sup> N.M.

<sup>1</sup> RUDN Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Miklukho-Maklaya street, 6, e-mail 1042205230@pfur.ru

<sup>2</sup> RUDN Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Miklukho-Maklaya street, 6, e-mail sinichenko-ek@rudn.ru

<sup>3</sup> V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Vernadsky av.4, e-mail xaoc.vetrova.033@mail.ru

**Abstract.** Groundwater and the seasonal Al-Teeb River are the main sources of water in the study area, which has an arid to semi-arid climate. The hydrochemical study included the analysis of major cations and anions, trace elements and physical properties; total dissolved solids (TDS) and pH for 16 groundwater samples and 4 river water samples for the period 2014-2015.

Groundwater samples were taken from 14 wells in a Quaternary unconfined aquifer, in addition to 2 well samples in a Tertiary delimited aquifer. Water from the river and groundwater from the Quaternary aquifer is classified as moderately brackish water according to TDS, while groundwater from the Tertiary aquifer is less saline and some wells are classified as fresh water. Moreover, the type of water for most of the samples is sodium sulfate.

Chemical analyzes of trace elements in all samples show an increase in lead, nickel and cadmium concentrations above their regulatory limits according to World Health Organization and Iraqi standards, while iron and manganese exceed their standard limits in some samples. Classification according to the Peiper diagram shows that the type of water for all samples is alkaline with a high content of alkalis (Na<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup>) and prevailing sulfate and chloride ions. These results are the same for both surface and underground samples over two seasons.

**Subject of study:** Hydrochemical research analysis of basic cations and anions, trace elements and physical properties for short rivers in Iraq

**Materials and methods:** Sixteen groundwater samples were collected over two seasons. The first set was collected during the dry season in October 2014; and the second set was collected during the rainy season in April 2015. 14 well samples represent a Quaternary aquifer and 2 artesian well samples represent a restricted Tertiary aquifer. In addition, 4 surface water samples were taken from the Al-Teeb River in October 2014, and only one sample was taken from one site in April 2015 when the river dried up. For sampling purposes, one liter bottles for anion and cation analysis and a 30 ml bottle for trace element analysis were prepared after adding one drop of HNO<sub>3</sub> acid; to acidify a water sample to a pH value less than 2. Laboratory tests included pH measurement; electrical conductivity (EC); total dissolved solids (TDS); as well as chemical analyzes of the main ions (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). In addition, analyzes of some trace elements (Fe, Mn, Pb, Ni, Cd, Zn and Cu) were carried out.

**Results:** the water is mostly unsuitable for human use and for industrial and construction purposes, but it is suitable for livestock and is acceptable for irrigation, with the exception of two samples from the tertiary aquifer, which are almost suitable for all purposes except human consumption.

**Conclusions:** All water samples are unsuitable for human drinking, either due to high salinity or elevated trace element concentrations above the standard limit for human consumption. In addition, water samples are not suitable for industrial and construction purposes, since each sample contains a certain elevated chemical component, while it is suitable for use in animal husbandry. For irrigation purposes, it is suitable for salt-tolerant and very salt-tolerant plants.

**Key words:** samples hydrochemical studies of waters. tertiary aquifer, Piper diagram.



СПИСОК АВТОРОВ

Азаров В.Н.	д.т.н., профессор, Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград
Арифов А.М.	обучающийся, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Афоница М.И.	к.т.н., доц. кафедры «Градостроительство», ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», г. Москва
Баканов М.О.	Ивановская пожарно-спасательная академия, г. Иваново
Бекиров Э.А.	д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Беляк А.А.	АО «НИИ ВОДГЕО», г. Москва
Бут А.Ю.	к.т.н., доцент, Севастопольский государственный университет, г. Севастополь
Ветрова Н.М.	д.т.н., профессор, профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Герасимов М.М.	к.т.н., заведующий лабораторией АО «НИИ ВОДГЕО», г. Москва
Головченко И.В.	к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Живица В.В.	старший преподаватель, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Колосов М.В.	к.т.н., доцент, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
Липовка Ю.Л.	д.т.н., профессор, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
Николенко И.В.	д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Перминов Д.А.	к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Пушкарев Б.А.	к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Привалова Е.Н.	обучающаяся, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Сафонов А.Н.	главный инженер, Государственное унитарное предприятие «Вода Крыма», г. Симферополь
Свердликов А.А.	к.т.н., зам. генерального директора, АО «НИИ ВОДГЕО», г. Москва
Синиченко Е.К.	к.т.н., доцент, Российский университет дружбы народов, г. Москва
Скуридин М.Е.	инженер 2-ой категории ГБУ "ГлаваПУ", г. Москва
Соловьева Т.В.	старший преподаватель, Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград
Федосов С.В.	д.т.н., профессор, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва
Хмиш Висам Хафед	аспирант, Российский университет дружбы народов, г. Москва
Цопа Н.В.	д.э.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Шишкова Е.Е.	Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
Яковенко Н.Е.	преподаватель, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь

## 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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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.

**Язык статьи:** русский, английский.

**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 озаглавливаются 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 of research):** 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 **четырёх 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.