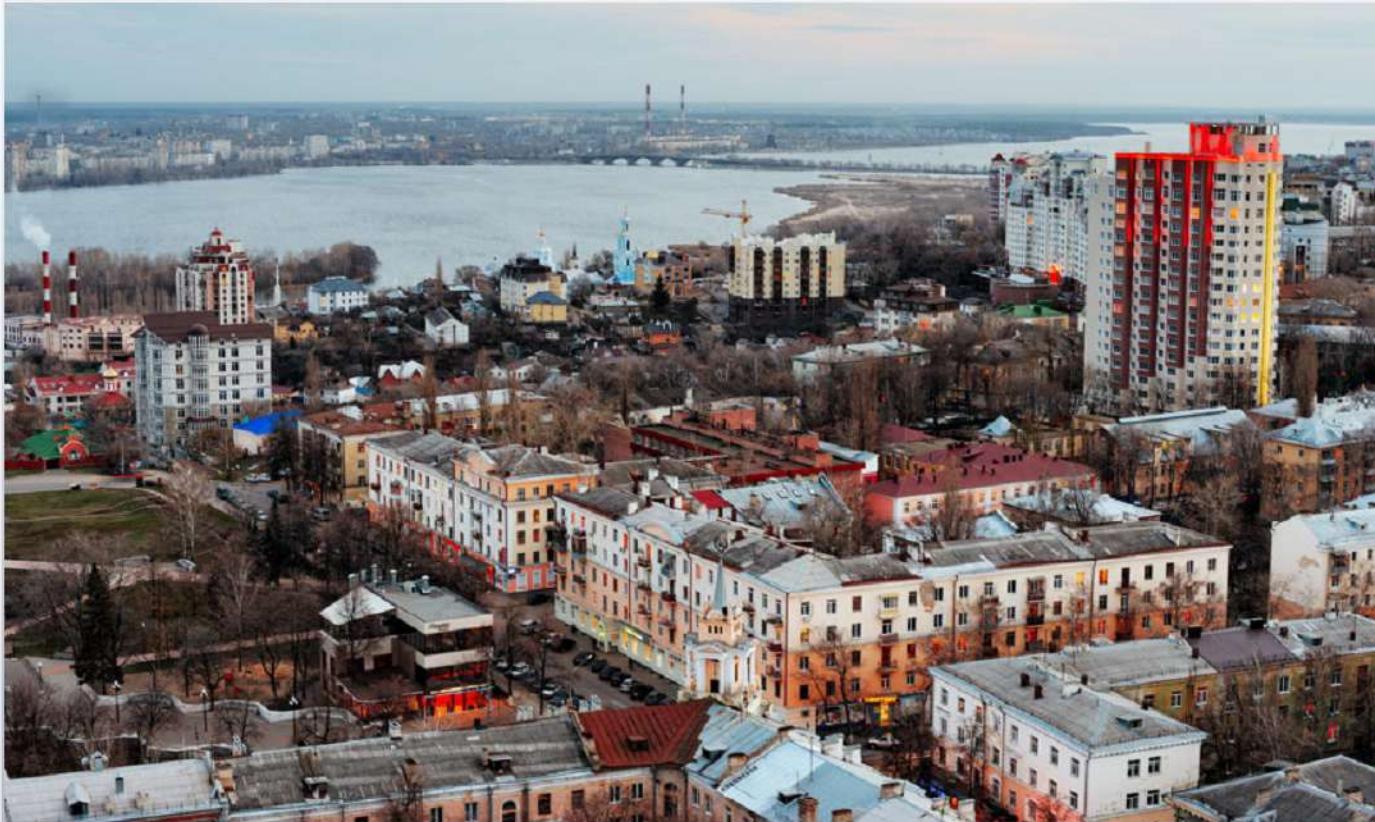


ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 4(35), 2025



*Строительные конструкции,
здания и сооружения*

*Градостроительство.
Реконструкция, реставрация
и благоустройство*

*Инженерные системы
и коммуникации*

*Экология и безопасность
городской среды*

*Экономика и организация
строительства*

*Дорожно-транспортное
хозяйство
и строительная техника*

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 4(35), 2025

**ПО ВОПРОСАМ
РАЗМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ СТАТЕЙ
ОБРАЩАТЬСЯ В РЕДАКЦИЮ
НАУЧНОГО ЖУРНАЛА**

**ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО
и коммунальная инфраструктура**

Адрес редакции:

394006, Россия,
г. Воронеж,
ул. 20-летия Октября, дом 84, корп. I, ауд. 1326,
тел.: (473) 271-28-92;
e-mail: vstu.gkh@gmail.com





Учредитель и издатель:
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**
«Воронежский государственный технический университет»

Адрес издателя и учредителя:
394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

Территория распространения – **Российская Федерация,**
зарубежные страны

Выходит 4 раза в год

Журнал входит в перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Журнал публикует материалы по следующим разделам:

- ✓ Строительные конструкции, здания и сооружения
- ✓ Инженерные системы и коммуникации
- ✓ Градостроительство. Реконструкция, реставрация и благоустройство
- ✓ Экология и безопасность городской среды
- ✓ Дорожно-транспортное хозяйство и строительная техника
- ✓ Экономика и организация строительства

Журнал размещен на сайте Научной электронной библиотеки, текст статьи подвергается проверке на уникальность.

Перепечатка материалов журнала без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России» ПД039

Воронеж



ISSN 2541-9110 (Print)
ISSN 2782-4667 (Online)

Scientific journal

Voronezh State Technical University

Housing and Utilities Infrastructure



The journal has been publishing since 2017

Founder and publisher:
Federal state budgetary educational institution
«Voronezh State Technical University»

Address of the publisher and founder:
84, 20-letiya Oktyabrya str., Voronezh, 394006

The territory of distribution is **the Russian Federation,
foreign countries**

Published 4 times a year

**The Journal is included in the List of reviewed scientific publications,
in which the main scientific results of the dissertations for the Degree of Candidate
of Science and for the Degree of Doctor of Science are to be published**

Journal publishes materials on the following topics:

- ✓ Building construction, buildings and structures
- ✓ Engineering systems and services
- ✓ Urban planning. Reconstruction, restoration and landscaping
- ✓ Ecology and safety of the urban environment
- ✓ Road transport and construction equipment
- ✓ Economics and organization of construction

The journal is as well downloaded on the website of the Scientific Electronic Library, the text of the articles is checked for uniqueness.

Reprint of the journal without permission of the publisher is prohibited, citations of the journal when quoting are obligatory.

Subscription index in the electronic catalog "Russian Post" PD039

Voronezh

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – Яременко Сергей Анатольевич, проректор по учебной работе (Воронежский государственный технический университет)

Сазонов Э. В., д-р техн. наук, профессор, зам. главного редактора (Воронежский государственный технический университет)

Арушанов М. Л., д-р физ.-мат. наук, профессор, действительный член Нью-Йоркской Академии наук (Среднеазиатский научно-исследовательский Институт им. В.А. Бугаева, г. Ташкент)

Аверкин А. Г., д-р техн. наук, профессор (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства)

Блех Е. М., д-р экон. наук, профессор (Институт отраслевого управления РАНХиГС), г. Москва

Бодров М. В., д-р техн. наук, профессор (Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет)

Бондарев Б. А., д-р техн. наук, профессор (Липецкий государственный технический университет)

Ветрова Н. М., д-р техн. наук, профессор (Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь)

Гришин Б. М., д-р техн. наук, профессор (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства)

Зайцев О. Н., д-р техн. наук, профессор (Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь)

Зиганшин А. М., д-р техн. наук, доцент, зам. директора по научной работе Института строительных технологий и инженерно-экологических систем (Казанский государственный архитектурно-строительный университет)

Ежов В. С., д-р техн. наук, профессор (Юго-Западный государственный университет, г. Курск)

Касьянов В. Ф., д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент жилищной академии РФ, заслуженный работник высшей школы, почетный работник высшего образования, почетный строитель России, почетный строитель Москвы, почетный работник ЖКХ РФ, НИУ МГСУ, г. Москва

Козлов В. А., д-р физ.-мат. наук, профессор (Воронежский государственный технический университет)

Кононова М. С., канд. техн. наук, доцент (Воронежский государственный технический университет)

Король Е. А., д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент РААСН, Почетный строитель России, академик РИА, член РОИС (Московский государственный строительный университет)

Леденев В. И., д-р техн. наук, профессор (Тамбовский государственный технический университет)

Маилян Л. Р., д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент РААСН, г. Ростов-на-Дону

Москвичева Е. В., д-р техн. наук, профессор (Волгоградский государственный технический университет)

Опарина Л. А., д-р техн. наук, доцент (Ивановский государственный политехнический университет)

Романова А. И., д-р экон. наук, профессор, директор Института дополнительного профессионального образования, член-корреспондент Международной академии инвестиций и экономики строительства, почетный работник ВПО РФ, Казань

Савин К. Н., д-р экон. наук, д-р техн. наук, профессор, почетный работник ЖКХ России, почетный работник Высшего профессионального образования РФ, руководитель направления ЖКХ (Тамбовский государственный технический университет)

Столбушкин А. Ю., д-р техн. наук, профессор (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)

Уваров В. А., д-р техн. наук, профессор (Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова)

Шибаева М. А., д-р экон. наук, профессор (Воронежский государственный технический университет)

Шукин О. С., д-р экон. наук, профессор (Воронежский государственный университет)

Эвнев В. А., д-р техн. наук, профессор, декан инженерно-технологического факультета (Калмыцкий государственный университет, г. Элиста)

Ответственный секретарь – Жерлыкина Мария Николаевна, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства (Воронежский государственный технический университет)

Редакторы: Кононова М. С., Жерлыкина М. Н.

Дизайн обложки: Якубенко А. В. Фото обложки: <https://36pix.ru/vrn>

Редактор переводов: Козлова В. В.

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России» ПД039

Дата выхода в свет 25.12.2025. Усл. печ. л. 14,9. Формат 60×84/8. Тираж 34 экз. Заказ № 295

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 69631 от 02.05.2017

выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Цена свободная

Адрес редакции: 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84, ком. 1326;
тел. (473) 271-28-92; e-mail: vstu.gkh@gmail.com

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ
394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief – Sergey Anatolevich Yaremenko, Vice-Rector for Academic Affairs (Voronezh State Technical University)

Sazonov E. V., Dr. Sc. (Technical), Prof., Deputy Chief Editor (Voronezh State Technical University)

Arushanov M. L., Dr. Sc. (Physics and Mathematics), Prof., Full member of the New-York Academy of Sciences (Central scientific research Institute named after V. A. Bugaev, Tashkent-city)

Averkin A. G., Dr. Sc. (Technical), Prof. (Penza State University of architecture and construction)

Blekh E. M., Dr. Sc. (Economics), Prof. (Institute of Sectoral Management, RANEPA), Moscow

Bodrov M. V., Dr. Sc. (Technical), Prof. (Nizhny Novgorod State University of Architecture and Construction)

Bondarev B. A., Dr. Sc. (Technical), Prof. (Lipetsk State Technical University)

Vetrova N. M., Dr. Sc. (Technical), Prof. (Federal State Autonomous educational institution «Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky», Simferopol-city)

Grishin B. M., Dr. Sc. (Technical), Prof. (Penza State University of architecture and construction)

Zaitsev O. N., Dr. Sc. (Technical), Prof. (Federal State Autonomous educational institution «Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky», Simferopol-city)

Ziganshin A. M., Dr. Sc. (Technical), Associate Prof. (Kazan State University of Architecture and Civil Engineering)

Ezhov V. S., Dr. Sc. (Technical), Prof. (South-West State University)

Kas'yanov V. F., Dr. Sc. (Technical), Prof., corresponding member of the housing Academy of the Russian Federation, honored worker of higher school, honored worker of higher education, honorary Builder of Russia, honorary Builder of Moscow, honorary worker of housing and communal services of the Russian Federation, National research Moscow state University of civil engineering

Kozlov V. A., Dr. Sc. (Physics and Mathematics), Prof. (Voronezh State Technical University)

Executive Secretary – Mariya Nikolaevna Zherlykina, Cand. Sc. (Technical),

Associate Professor of the Department of Housing and Communal Services (Voronezh State Technical University)

Editors: M. S. Kononova, M. N. Zherlykina

Cover design: A. V. Yakubenko *Cover photo:* <https://36pix.ru/vrn>

Translation editor: V. V. Kozlova

Subscription index in the electronic catalog "Russian Post" PD039

Date of publication 25.12.2025. Conventional printed sheets 14.9. Format 60×84/8. Circulation 34 copies. Order 295

Registration certificate ПИ № ФС 77 – 69631 02.05.2017

issued by the Federal service for supervision of communications, information technology and mass communications

Free price

The address of editorial office: 84, 20-letiya Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia;

phone: (473) 271-28-92; e-mail: vstu.gkh@gmail.com.

Printed: department of operative polygraphy in VSTU publishing house

84, 20-letiya Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Шмелев Г. Д., Драпалюк Д. А., Попова И. В.

- Учет технического, социального и индивидуального рисков
аварии при определении механической безопасности строительных конструкций.....9

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

Капустина А. С., Колосова Н. В.

- Анализ теплоэнергетической эффективности различных форм
пластин теплообменного аппарата.....20
- Аралов Е. С., Марчуков Н. Я., Михайлов А. А.*
- Применение методов пассивной акустической эмиссии для обнаружения
предаварийного состояния систем центрального отопления.....29
- Руколеев А. В.*
- Анализ показателей надёжности и энергоэффективности систем теплоснабжения
на примере тепловых сетей г. Бийска за отопительный сезон 2024...2025 гг.....38
- Яременко С. А., Гайдаш О. И., Гармонов К. В., Жерлыкина М. Н.*
- Численно-аналитические исследования прочностных характеристик
элементов взрывозащитного клапана вентиляционных систем.....48
- Бахметьев А. В., Хузин В. Ю.*
- Повторное использование промывных вод и обработка осадка
станции обезжелезивания.....56
- Чижик К. И., Пурусова И. Ю.*
- Обоснование конструктивных решений по восстановлению
работоспособности первичного отстойника.....65

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

Коростелева Н. В., Извеков Д. А.

- Анализ систем зелёных кровель в условиях современного градостроительства:
оценка эффективности и возможностей использования для г. Волгограда.....71
- Миронова И. А.*
- Влияние монументального искусства на формирование колористики,
образной выразительности и идентичности городской среды.....82

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Акимов Л. М., Акимов Е. Л.

- Оценка эколого-климатических рисков теплового режима города Воронежа.....94

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Чернышов Л. Н., Гончаренко Т. А.

- Экономические и правовые аспекты механизмов снижения
«потребительского экстремизма» на рынке недвижимости.....104
- Артыщенко С. В., Колосов А. И., Яременко С. А., Лендова О. В.*
- Сторителлинг как метод предварительной классификации проблемных ситуаций
и системный инструмент формирования корпоративной культуры и управления.....115

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....127

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

Shmelev G. D., Drapalyuk D. A., Popova I. V.

- Consideration of technical, social and individual accident risks in determining the mechanical safety of structural units.....9

ENGINEERING SYSTEMS AND SERVICES

Kapystina A. S., Kolosova N. V.

- Analysis of heat and energy efficiency of various forms of heat exchanger plates.....20

Aralov E. S., Marchukov N. Ja., Mikhailov A. A.

- Application of passive acoustic emission methods to detect pre-emergency conditions in central heating systems.....29

Rukoleev A. V.

- Analysis of the reliability and energy efficiency of heating systems on the example of heating networks in Biysk-city for the 2024...2025 heating season.....38

Yaremenko S. A., Gaidash O. I., Garmonov R. V., Zherlykina M. N.

- Numerical and analytical studies of the strength characteristics of the explosion-proof valve elements of ventilation systems.....48

Bakhmetyev A. V., Khuzin V. Yu.

- Reuse of wash water and sludge treatment at the iron removal station.....56

Chizhik K. I., Purusova I. Yu.

- Grounds of constructive solutions for restoration of performance at the primary sedimentation tank.....65

URBAN PLANNING. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

Korosteleva N. V., Izvekov D. A.

- Analysis of green roof systems in modern urban planning: assessment of efficiency and opportunities for use in Volgograd-City.....71

Mironova I. A.

- The influence of monumental art on the formation of coloristics, figurative expressiveness and identity of the urban environment.....82

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

Akimov L. M., Akimov E. L.

- Assessment of ecological and climatic risks of the thermal regime of the city of Voronezh.....94

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

Chernyshov L. N., Goncharenko T. A.

- Economic and legal aspects of mechanisms for reducing «consumer extremism» in the real estate market.....104

Artyshchenko S. V., Kolosov A. I., Yaremenko S. A., Lendova O. V.

- Storytelling as a method of preliminary classification of problem situations and a systemic tool for forming corporate culture and management.....115

- WRITING RULES AND GUIDELINES.....127**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.001

УДК 624.07: 001.5

УЧЕТ ТЕХНИЧЕСКОГО, СОЦИАЛЬНОГО И ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКОВ АВАРИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Г. Д. Шмелев, Д. А. Драпалиук, И. В. Попова

Шмелев Геннадий Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунальное хозяйство, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: shmelev8@mail.ru

Драпалиук Дмитрий Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: drapaluyk@yandex.ru

Попова Ирина Владимировна, канд. геогр. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: iradobr@yandex.ru

Рассмотрен авторский подход к определению механической безопасности строительных конструкций, зданий и сооружений, учитывающий несколько факторов. Первый – изменение вероятности отказа основных несущих строительных конструкций, составляющих несущий остов здания (фундаменты, стены, перекрытия, крыша), отказ которых может привести к аварийной ситуации или обрушению части здания или всего здания (сооружения) в процессе длительной эксплуатации. Второй фактор – увеличение показателей риска аварии строительных конструкций во времени до значений недопустимого технического риска аварии. Третий фактор – появление дополнительного социального риска от нахождения людей в здании при наличии в здании строительных конструкций находящихся на грани достижения недопустимого технического риска аварии. Предложен подход к оценке уровней социального и индивидуального риска для людей, находящихся на объекте, на котором возможно появление аварийной ситуации, связанной с обрушением строительных конструкций. Рассмотрен подход к замене экспоненциальной модели прогноза вероятности отказа (аварии) строительной конструкции на линейную модель. Доказано, что на рассматриваемом интервале вероятностей отказа между значениями приемлемого и недопустимого рисков аварии линейная и экспоненциальная модели дают практически одинаковые результаты, отличающиеся в восьмом знаке после запятой. Для прогнозирования социального и индивидуального рисков, в случае аварии, связанной с обрушением строительных конструкций здания (сооружения) предложены линейные модели, увязанные с нелинейной моделью технического риска аварии строительных конструкций.

Ключевые слова: строительные конструкции; здания и сооружения; технический риск; социальный риск; индивидуальный риск; механическая безопасность.

В современной законодательной базе термин механической безопасности, относящийся к строительным конструкциям зданий и сооружений был введен в Федеральном законе от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Под механической безопасностью следует понимать «состояние строительных конструкций и основания здания или сооружения, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью

граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений вследствие разрушения или потери устойчивости здания, сооружения или их части» (статья 2 п. 2, п. п. 8) Федерального закона). При этом в статье 7 Федерального закона от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» приведены требования к фактическому техническому состоянию строительных конструкций, не допускающие:

- ✓ разрушения отдельных несущих строительных конструкций и их частей;
- ✓ разрушения всего здания, сооружения или их частей;
- ✓ деформаций строительных конструкций, грунтов основания здания или сооружения недопустимой величины;
- ✓ повреждения части здания или сооружения в результате деформации, перемещений, потери устойчивости несущих конструкций, в том числе и отклонений от вертикали.

При соблюдении вышеперечисленных условий к строительным конструкциям, зданиям и сооружениям их механическая безопасность считается обеспеченной. Фактически получается, что для обеспечения механической безопасности строительных конструкций здания или сооружения должны быть проведены расчеты по двум группам предельных состояний (прочности, устойчивости, несущей способности, трещиностойкости, трещинообразования и образования прогибов), доказывающие выполнение всех требований действующей системы нормативно-технических документов в строительстве, в части обеспечения работоспособности несущих строительных конструкций.

При разработке проектной и рабочей документации на новые объекты, или подлежащие капитальному ремонту и реконструкции, в части, касающейся проекта, расчеты несущих строительных конструкций выполняются, предусматривая их усиление в случае необходимости и соответственно требования, изложенные в статье 7 Федерального закона от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» по большей части выполняются. Правда при этом не учитывается обеспеченность требований механической безопасности несущих строительных конструкций и объекта в целом.

В научной литературе последних лет [1...5] и в практической деятельности специалистов по обследованию и оценке фактического текущего технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений термин «механическая безопасность» используется без оглядки на текст определения и требования по обеспечению механической безопасности, приведенный в Федеральном законе от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Такой вывод сделан авторами на основании детального изучения научных статей большого количества авторов, работ по рецензированию результатов обследования зданий в рамках судебных процессов и при работе в качестве независимого строительного эксперта «Межведомственной комиссии по рассмотрению вопросов о пригодности (непригодности) жилого помещения для проживания и признании многоквартирного дома аварийным и подлежащим сносу или реконструкции» (г. Воронеж).

Так, например, в работах [1, 3, 4, 7...9] приводится описание конкретных объектов, их техническое состояние, а о механической безопасности объекта упоминается вскользь. В работах [2, 5, 6, 10] вывод о механической безопасности сооружений делается на основании расчета или исследования динамических характеристик здания. Анализ статей других авторов, в названии или аннотации которых встречается словосочетание «механическая безопасность», показал те же результаты.

При этом, исходя из определения термина «механическая безопасность» и недопустимости разрушения конструкций, развития различных деформаций

недопустимой величины, в том числе, приводящих к разрушению отдельных строительных конструкций и здания (сооружения) в целом для утверждения, что исследуемый объект и составляющие его конструктивные элементы соответствуют требованиям механической безопасности, эти конструкции должны быть рассчитаны по двум группам предельных состояний, с учетом фактических размеров и прочностных параметров, а также проведена оценка степени риска. Кроме того, полученные в результате расчетов величины необходимо сравнить с внутренними усилиями от действующих нагрузок, предельно допустимыми по действующим нормам деформациями; оценить вероятность разрушения здания на момент проведения обследования; рассчитать уровень технического риска и риска для людей, находящихся на исследуемом объекте. Полученные уровни технического риска и риска для людей необходимо сравнить с недопустимым (предельным) уровнем риска.

В рамках настоящей статьи ниже рассмотрены вопросы оценки вероятности аварии строительных конструкций, а также расчета технического риска аварии несущих и самонесущих строительных конструкций и учет риска для людей, находящихся на исследуемом эксплуатируемом объекте.

Для оценки вероятности аварии многими специалистами используется экспоненциальная модель вероятности безотказной работы:

$$P(t) = 1 - Q(t), \quad (1)$$

где $P(t) = \exp(-\lambda t)$ – вероятность безотказной работы, $\lambda = 1/T$ – постоянная отказов; t – текущее время; T – предельный срок эксплуатации или срок эксплуатации на протяжении которого проводилось наблюдение за объектом; $Q(t)$ – вероятность отказа.

При этом вероятность отказа может быть вычислена по формуле:

$$Q(t) = 1 - \exp(-\lambda t). \quad (2)$$

В работе [11] авторами графически и математически доказано, в том числе со ссылками на работы других авторов, что использование экспоненциальной модели (2) допустимо только в случае внезапных отказов. В случаях же, когда в исследуемой сложной системе (в здании или сооружении) преобладают постепенные износовые отказы, применение этой модели недопустимо.

В работах [12...13] была сделана попытка оценить вероятность отказа на основе рекомендаций нормативно-технических документов. При этом со ссылками на работы других авторов показано, что вероятность отказа для строительных конструкций, зданий и сооружений, на момент достижения аварийного технического состояния должна быть равна 8.333×10^{-5} .

Исходя из приведенного выше обоснования в качестве экспоненциальной модели предлагается модель:

$$Q(t) = 1 - \exp(-8.333 \times 10^{-5} \times t/T), \quad (3)$$

а в качестве линейной – модель

$$Q(t) = 8.333 \times 10^{-5} \times t/T. \quad (4)$$

Все обозначения в формулах (3) и (4) те же, что и в формулах (1) и (2).

Ниже рассмотрим, насколько отличаются результаты линейной (4) и экспоненциальной (3) моделей развития вероятности отказа. Для примера рассмотрим модельные объекты со сроками службы 100, 125 и 150 лет. Результаты сравнения приведены в табл. 1.

Анализ данных, приведенных в табл. 1 по вероятностям отказов, показывает, что расхождения в численных значениях по формулам (3) и (4), описывающих соответственно экспоненциальную и линейную регрессионные модели вероятности отказов, различаются только начиная с 8 знака после запятой. Такое расхождение для моделей прогноза на интервале эксплуатации 100...150 лет можно считать несущественным, что доказывает применимость линейной модели регрессии для вероятности отказов (аварий) строительных конструкций зданий и сооружений. В то же время, результаты, полученные

по общепринятой формуле (2), дают разительно отличающиеся значения. Расхождение по отдельным значениям достигает 10^4 , что явно недопустимо для выполнения любых расчетов. Результаты, приведенные в табл. 1, подтверждают неприемлемость формулы (1) и формулы (2) в их общепринятом виде для построения прогнозов строительных конструкций по развитию износовых повреждений и процессов, связанных со старением строительных материалов и конструкций.

Таблица 1

Результаты сравнения вероятности отказа по двум моделям

Годы эксплуатации	Экспоненциальная модель по формуле (2)	Вероятности отказа для объектов со сроком службы до аварийного состояния по регрессионным моделям					
		100 лет		125 лет		150 лет	
		Линейная (4)	Экспоненциальная (3)	Линейная (4)	Экспоненциальная (3)	Линейная (4)	Экспоненциальная (3)
0	0	0	0	0	0	0	0
25	0,221	$2,083 \times 10^{-5}$	$2,082 \times 10^{-5}$	$1,667 \times 10^{-5}$	$1,666 \times 10^{-5}$	$1,389 \times 10^{-5}$	$1,388 \times 10^{-5}$
50	0,393	$4,167 \times 10^{-5}$	$4,165 \times 10^{-5}$	$3,333 \times 10^{-5}$	$3,332 \times 10^{-5}$	$2,778 \times 10^{-5}$	$2,777 \times 10^{-5}$
75	0,528	$6,249 \times 10^{-5}$	$6,248 \times 10^{-5}$	$4,999 \times 10^{-5}$	$4,998 \times 10^{-5}$	$4,167 \times 10^{-5}$	$4,165 \times 10^{-5}$
100	0,632	$8,333 \times 10^{-5}$	$8,33 \times 10^{-5}$	$6,667 \times 10^{-5}$	$6,664 \times 10^{-5}$	$5,556 \times 10^{-5}$	$5,553 \times 10^{-5}$
125	0,713	$1,042 \times 10^{-4}$	$1,041 \times 10^{-4}$	$8,333 \times 10^{-5}$	$8,33 \times 10^{-5}$	$6,944 \times 10^{-5}$	$6,942 \times 10^{-5}$
150	0,777	$1,249 \times 10^{-4}$	$1,249 \times 10^{-4}$	$9,999 \times 10^{-5}$	$9,996 \times 10^{-5}$	$8,333 \times 10^{-5}$	$8,33 \times 10^{-5}$

Сравнительный анализ формул (1), (2) и (3) показывает, что для выполнения прогнозов вероятности отказов строительных конструкций формулами (1) и (2) можно пользоваться, если значение постоянной отказов определять не по формуле $\lambda=1/T$, а по формуле $\lambda=8,333 \times 10^{-5}/T$.

Рассмотрим далее расчет и обоснование технических рисков аварии строительных конструкций зданий и сооружений. Один из подходов к оценке технического риска аварии строительных конструкций рассмотрен в работах [14...16] и ряде других. В основу оценки технического риска принята формула приложения Ф ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» (ныне заменен на ГОСТ 31937-2024, без соответствующего приложения). При этом авторами в работах [14, 16] предложено в качестве относительной стоимости отказа или аварии строительной конструкции использовать показатель физического износа на уровне 60 %. В упрощенном виде для оценки технического риска аварии строительных конструкций может быть использована формула:

$$R(t) = Q(t) \times C, \quad (5)$$

где $Q(t)$ – вероятность аварии, C – относительная стоимость аварии.

В соответствии с приведенным в начале статьи определением термина «механическая безопасность», последняя обеспечена тогда, когда уровень риска не превышает недопустимого уровня риска.

В работах [14...16], со ссылкой на приложение Ф ГОСТ 31937-2011, в качестве нижнего уровня недопустимого риска принято значение 5×10^{-5} . Риск на уровне до значения 5×10^{-6} , принято считать приемлемым.

В ранее опубликованных работах авторов, в частности в работе [12], предложен подход к оценке предельного срока службы строительных конструкций и прогнозированию нелинейного развития физического износа на всем протяжении времени эксплуатации строительных конструкций до наступления аварийного состояния.

Так, в работе [12] предлагается для оценки полного срока службы строительной конструкции до предельного физического износа (70 или 80 %, в зависимости от вида конструкций) воспользоваться формулой:

$$T = \frac{t \times (\exp(0.125 \times f) + F)}{\exp(0.125 \times f) - 1}, \quad (6)$$

где T – полный срок эксплуатации строительной конструкции до наступления предельного физического износа (70 или 80 %), годы; t – текущее время, зафиксированное на момент проведения обследования и (или) прогноза, годы; f – текущее значение физического износа строительной конструкции, зафиксированное на момент проведения обследования и (или) прогноза, в %; F – предельное значение физического износа (70 или 80 % в зависимости от вида конструкций, в %).

Значения физического износа f и F следует определять по соответствующим таблицам документа «Методические рекомендации. Правила оценки физического износа многоквартирных домов», разработанного Федеральным автономным учреждением «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве», изданного в 2018 году.

Преобразование формулы (6) для нахождения текущего износа во времени дает следующий результат [12]:

$$f = \frac{\ln\left(\frac{1+F \times \frac{t}{T}}{\frac{t}{T}}\right)}{0,125}, \quad (7)$$

Подставляя формулы (4) и (7) в формулу (5) и понимая, что $f = C$, получаем следующую формулу риска технической аварии:

$$R(t) = T \times t \times 0.0000067 \times \ln \frac{1+F \times t/T}{1-t/T}. \quad (8)$$

Построим с использованием формулы (8) графики изменения технического риска во времени для объектов с полным сроком службы 100, 125 и 150 лет (рис. 1).

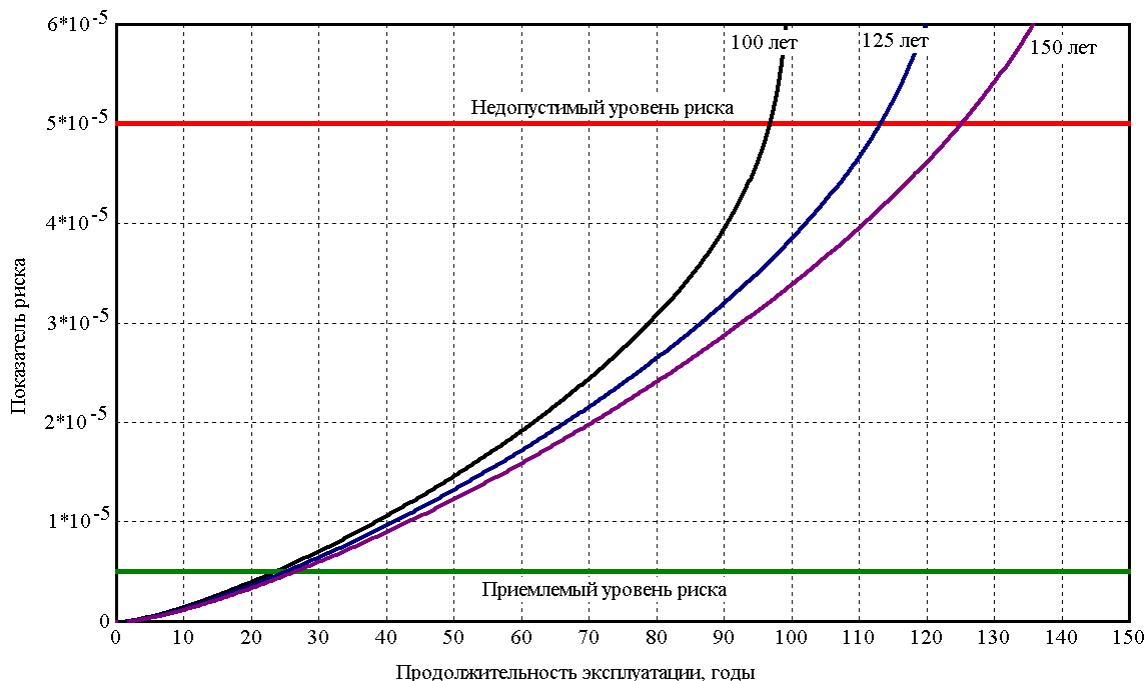


Рис. 1. Графики роста риска аварии для зданий с полным сроком службы 100, 125 и 150 лет

Анализ графиков, приведенных на рис. 1, показывает, что приемлемый уровень риска, при котором нет необходимости в ремонтных мероприятиях, соответствует продолжительности эксплуатации строительных конструкций и здания (сооружения) 20...30 лет или 1/5 от полного срока эксплуатации. Предлагается рассматривать этот интервал времени, как период приработки. Недопустимый уровень риска достигается на сроках, близких к полному сроку эксплуатации здания. Так, для здания с полным сроком эксплуатации 100 лет, недопустимый уровень технического риска наступает в возрасте 96...97 лет. Для объектов с полным сроком службы 125 лет, недопустимый уровень

технического риска наступает к 113 годам эксплуатации. Для объектов с полным сроком службы в 150 лет, недопустимый уровень технического риска наступает к 125 годам эксплуатации.

Для практического применения описанной методики определения недопустимого уровня технического риска можно рекомендовать следующую последовательность шагов:

✓ по формуле (6) определяем предельный срок службы T строительной конструкции, исходя из максимального значения текущего физического износа f и предельного значения физического износа F , определенного на момент времени t по соответствующим таблицам документа «Методические рекомендации. Правила оценки физического износа многоквартирных домов».

✓ по формуле (8) определяем $R(t)$ для любого момента времени t или строим соответствующий график в любой программе, предназначеннной для построения графиков по математическим формулам.

✓ те же шаги выполняем для всех несущих и ограждающих конструкций здания, обрушение которых может привести к человеческим жертвам или жертвам животных (исходя из определения механической безопасности).

✓ по максимальному значению технического риска аварии одного типа из исследованных конструкций определяем уровень технического риска для всего здания (сооружения) в целом.

В случае оценки риска для сооружений, предназначенных для содержания животных, расчет на этом может быть закончен.

В случае, если в здании или в непосредственной близости от здания (сооружения) могут находиться люди, следует произвести оценку социального и (или) индивидуального риска. В соответствии с указаниями ГОСТ 22.10.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Допустимый риск чрезвычайных ситуаций» под социальным риском понимают «количественный показатель риска чрезвычайной ситуации, определяемый как вероятность гибели на рассматриваемой территории за год одновременно более десяти человек в результате возможного воздействия всей совокупности поражающих факторов источников чрезвычайной ситуации». При этом, в качестве допустимого уровня социального риска для территории Российской Федерации принято значение 10^{-5} год $^{-1}$. Значение недопустимого социального риска оценивается на уровне 10^{-4} год $^{-1}$.

Для оценки текущего уровня социального риска предлагается использовать линейную модель. При этом, недопустимому значению социального риска следует сопоставить момент времени достижения недопустимого уровня технического риска, а допустимому уровню социального риска сопоставить момент времени достижения значения приемлемого уровня технического риска аварии.

Аналогичный подход предлагается и для индивидуального риска, под которым следует понимать «количественный показатель риска чрезвычайной ситуации, определяемый как вероятность гибели на рассматриваемой территории за год отдельного человека результате воздействия всей совокупности поражающих факторов источников чрезвычайной ситуации» (по ГОСТ 22.10.02-2016). При этом, в качестве допустимого уровня индивидуального риска для территории Воронежской области принято значение $5,72 \cdot 10^{-6}$ год $^{-1}$, значение недопустимого индивидуального риска оценивается на уровне $5,72 \cdot 10^{-5}$ год $^{-1}$ (по ГОСТ 22.10.02-2016). Для других регионов Российской Федерации в ГОСТ 22.10.02-2016 установлены свои значения уровней индивидуального риска.

Для получения более полного представления описанный подход с сопоставлениями значений социального и индивидуального рисков соответствующим уровням технического риска представлены в табл. 2 и на рис. 2 для здания с полным сроком службы – 100 лет.

Таблица 2

Сопоставление технического, социального и индивидуального рисков

Уровни риска	Технический риск	Срок эксплуатации, годы	Социальный риск	Индивидуальный риск
Приемлемый (допустимый)	5×10^{-6}	23	10^{-5}	$5,72 \times 10^{-6}$
Недопустимый	5×10^{-5}	96	10^{-4}	$5,72 \times 10^{-5}$

На рис. 2 точками отмечены допустимый (нижние точки) и недопустимые уровни (верхние точки) социального и индивидуального рисков. Математическое описание представленных на рис. 2 линейных моделей представлено в виде формул (9) и (10):

✓ для социального риска:

$$R(t) = 1,23 \times 10^{-6} \times t - 1,84 \times 10^{-5}, \quad (9)$$

✓ для индивидуального риска:

$$R(t) = 7,05 \times 10^{-7} \times t - 1,05 \times 10^{-5}. \quad (10)$$

По такому же алгоритму можно построить линейные математические модели для любых других объектов полный срок службы и технический риск которых определяется по формулам (6) и (8).

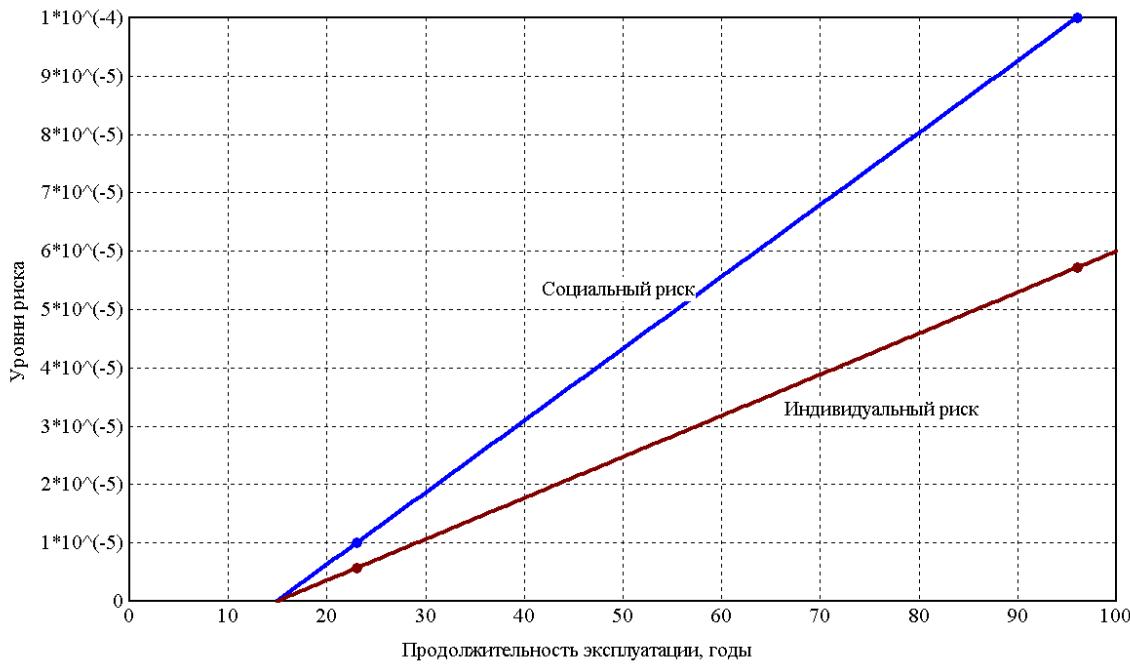


Рис. 2. Линейные модели социального и индивидуального рисков

Поскольку индивидуальный риск рассчитывается, исходя из вероятности гибели одного человека, то при нахождении в области аварии нескольких человек индивидуальный риск следует умножать на количество людей, находящихся в области аварии. При количестве людей в области аварии 10 и более следует учитывать только социальный риск.

Для принятия окончательного решения об уровне риска аварии следует учитывать все типы рисков: технический и социальный или индивидуальный. Наибольшее значение из всех полученных и следует принимать за окончательный уровень риска аварии.

После выполнения расчетов по оценке уровней риска можно будет сделать вывод о том обеспечена или нет механическая безопасность исследуемого объекта. При этом следует понимать, что приведенный подход дает только качественную оценку как уровней

риска, так и механической безопасности объекта. Для получения количественных значений необходимо выполнить все расчеты поврежденных конструкций здания (сооружения) по двум группам предельных состояний, предусмотренные как недопустимые состояния в статье 7 Федерального закона от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Расчеты конструкций следует выполнять в тех случаях, когда имеется технический риск близкий к недопустимому уровню риска или превышающий его.

Заключение.

Проведен анализ термина «механическая безопасность» с точки зрения увязки его с техническим риском аварии строительных конструкций эксплуатируемых зданий (сооружений), а также социальным и индивидуальным рисками.

Предложен подход к оценке вероятности аварии строительных конструкций. Доказана возможность использования вместо экспоненциальной модели изменения вероятности аварии линейной модели, без потери точности полученных значений.

Показана возможность определения текущих значений и уровней технического, социального и индивидуального риска аварии с учетом прогнозирования полного срока эксплуатации строительных конструкций, зданий и сооружений.

Осуществлена увязка социального и индивидуального риска при аварии строительных конструкций с соответствующими уровнями технического риска аварии. Представлен подход к построению математических моделей социального и индивидуального риска в зависимости от сроков эксплуатации здания (сооружения).

Рассмотренный подход к оценке риска аварии строительных конструкций здания, связанных с их обрушением, может рассматриваться как качественная оценка риска и обеспеченности механической безопасности здания (сооружения) и составляющих его несущих и самонесущих строительных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. Ильичев, В. А.** Определение эксплуатационной надежности и механической безопасности строительных конструкций колокольни / В. А. Ильичев, Д. Ю. Пикин, П. А. Шаныкин // В сборнике: Инновации в строительстве. материалы международной научно-практической конференции. – Брянск, 2024. – С. 226-232.
- 2. Патрикеев, А. В.** Основные принципы контроля механической безопасности несущих конструкций высотных зданий и сооружений как элемента ТИМ-модели / А. В. Патрикеев, К. В. Першина // Вестник Московского информационно-технологического университета – Московского архитектурно-строительного института. – 2023. – № 1. – С. 43-46.
- 3. Шашкин, В. А.** Концепция обеспечения механической безопасности памятников архитектуры / В. А. Шашкин // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 5. – С. 32-39.
- 4. Вышеславова, Н. А.** Объективная характеристика конструктивной (механической) безопасности зданий и сооружений / Н. А. Вышеславова // В сборнике: VII Международный студенческий строительный форум – 2022. Сборник докладов VII Международного студенческого форума. – Белгород, 2022. – С. 28-33.
- 5. Патрикеев, А. В.** Об оптимальном интервале между смежными актами определения частоты собственных колебаний при мониторинге механической безопасности зданий и сооружений / А. В. Патрикеев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 1-1(103). – С. 105-110.
- 6. Расчетная оценка влияния геометрических отклонений от проекта на параметры механической безопасности многоярусных промышленных металлоконструкций**

(этажерок) в рамках научно-технического сопровождения строительства / А. М. Белостоцкий, Д. С. Дмитриев, С. О. Петряшев, Т. Е. Нагибович // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2021. – Т. 17. – № 1. – С. 19-29.

7. **Молостова, И. Е.** Увеличение механической безопасности и долговечности строительных конструкций при эксплуатации зданий и сооружений / И. Е. Молостова // В сборнике: Безопасный и комфортный город. Сборник научных трудов по материалам IV международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 247-248.

8. **Курамшин, Р. Х.** Обеспечение параметров механической безопасности строительных конструкций реконструируемого здания / Р. Х. Курамшин, Н. М. Кривчиков, Д. А. Голендейев // В сборнике: Перспективы развития строительного комплекса. Материалы XIV Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. – 2020. – С. 342-345.

9. **Патрикеев, А. В.** Практическое применение методов и оборудования периодического динамического контроля (мониторинга) для обеспечения механической безопасности зданий и сооружений транспортной инфраструктуры / А. В. Патрикеев // Студент-инновации России. – 2019. – Т. 1. – № 5. – С. 11-19.

10. **Данилов, И. Л.** Сервис безопасности зданий и сооружений при повышенных механических нагрузках / И. Л. Данилов, С. Н. Савин // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). – 2015. – № 3(15). – С. 24-29.

11. Анализ методики расчета сроков службы строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений / Г. Д. Шмелев, А. В. Жукова, Е. Э. Бурак, Э. В. Сазонов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 9-18.

12. **Шмелев, Г. Д.** Использование показателей физического износа для оценки вероятности и риска наступления аварийного технического состояния строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений / Г. Д. Шмелев // Инженерные решения. – 2019. – № 1(2). – С. 36-39.

13. **Шмелев, Г. Д.** Методика экспертной оценки и прогноза фактической надежности строительных конструкций эксплуатируемых зданий и инженерных сооружений / Г. Д. Шмелев, К. В. Макарычев // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2011. – № 1(21). – С. 7-14.

14. **Шмелев, Г. Д.** Теоретические предпосылки оценки технического риска для строительных конструкций эксплуатируемых объектов / Г. Д. Шмелев, Э. В. Сазонов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 3(26). – С. 9-16.

15. **Шмелев, Г. Д.** Оценка технического риска по устойчивости на опрокидывание зданий и сооружений / Г. Д. Шмелев, А. Н. Ишков, Ю. А. Воробьева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 4(31). – С. 9-17.

16. **Федотова, М. И.** Оценка риска обрушения здания или его части по величинам контролируемых кренов и осадок / М. И. Федотова, Г. Д. Шмелев, А. В. Жукова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 1(24). – С. 9-17.

Поступила в редакцию 29 июня 2025

CONSIDERATION OF TECHNICAL, SOCIAL AND INDIVIDUAL ACCIDENT RISKS IN DETERMINING THE MECHANICAL SAFETY OF STRUCTURAL UNITS

G. D. Shmelev, D. A. Drapalyuk, I. V. Popova

Gennady Dmitrievich Shmelev, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-52-49; e-mail: shmelev8@mail.ru

Dmitry Alexandrovich Drapalyuk, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-28-92; e-mail: drapaluyk@yandex.ru

Irina Vladimirovna Popova, Cand. Sc. (Geogr.), Associate Professor, Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-52-49; e-mail: iradobr@yandex.ru

The article considers the author's approach to determining the mechanical safety of structural units, buildings and structures, taking into account several factors. The first is a change in the probability of failure of the main load-bearing structural units that make up the supporting skeleton of the building (foundations, walls, floors, roof), the failure of which can lead to emergency situations or collapse of part of the building or the entire building (structure) during prolonged operation. The second factor is an increase in the indicators of the risk of an accident of structural units over time to the values of unacceptable technical risk of an accident. The third factor is the appearance of an additional social risk from people being in the building if there are structural units that are on the verge of reaching an unacceptable technical risk of an accident. We propose an approach to assess the levels of social and individual risk for people located at a facility where an emergency situation may occur due to the collapse of structural units. We consider an approach to replacing the exponential model for predicting the probability of failure (accident). The structural unit is based on a linear model. It is proved that in the considered range of failure probabilities between the values of acceptable and unacceptable accident risks, linear and exponential models give almost identical results, differing in the eighth decimal place. To predict social and individual risks in the case of an accident related to the collapse of structural units, we propose linear models that are linked to a nonlinear model of the technical accident risk in structural units.

Keywords: structural units; buildings and structures; technical risk; social risk; individual risk; mechanical safety.

REFERENCES

1. **Ilyichev V. A., Pikin D. Y., Shanykin P. A.** *Determination of operational reliability and mechanical safety of bell tower building structures.* In the collection: Innovations in construction. Materials of the international scientific and practical conference. Bryansk. 2024. Pp. 226-232. (in Russian)
2. **Patrikeev A.V., Pershina K. V.** *Basic principles of control of mechanical safety of load-bearing structures of high-rise buildings and structures as an element of the TIM model.* Bulletin of the Moscow Information Technology University – Moscow Institute of Architecture and Civil Engineering. 2023. No. 1. Pp. 43-46. (in Russian)
3. **Shashkin V. A.** *The concept of ensuring the mechanical safety of architectural monuments.* Industrial and civil engineering. 2023. No. 5. Pp. 32-39. (in Russian)
4. **Vysheslavova N. A.** *Objective characteristics of structural (mechanical) safety of buildings and structures.* In the collection: The VII International Student Construction Forum - 2022. Collection of reports of the VII International Student Construction Forum. Belgorod. 2022. Pp. 28-33. (in Russian)
5. **Patrikeev A.V.** *On the optimal interval between related acts of determining the frequency of natural vibrations in monitoring the mechanical safety of buildings and structures.* International Scientific Research Journal. 2021. No. 1-1(103). Pp. 105-110. (in Russian)
6. **Belostotsky A. M., Dmitriev D. S., Petryashev S. O., Nagibovich T. E.** *Calculated assessment of the influence of geometric deviations from the design on the parameters of mechanical safety of multi-tiered industrial metal structures (bookcases) in the framework of*

scientific and technical support for construction. Construction mechanics of engineering structures and structures. 2021. Vol. 17. No. 1. Pp. 19-29. (in Russian)

7. **Molostova I. E.** *Increasing the mechanical safety and durability of building structures during the operation of buildings and structures.* In the collection: A safe and comfortable city. Collection of scientific papers based on the materials of the IV International scientific and practical conference. 2020. Pp. 247-248. (in Russian)

8. **Kuramshin R. H., Krivchikov N. M., Golendyaev D. A.** *Ensuring the parameters of mechanical safety of building structures of the reconstructed building.* In the collection: Prospects for the development of the building complex. Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference of Faculty, Young Scientists and Students. 2020. Pp. 342-345. (in Russian)

9. **Patrikeev A. V.** *Practical application of methods and equipment of periodic dynamic control (monitoring) to ensure the mechanical safety of buildings and structures of transport infrastructure.* Student-innovations of Russia. 2019. Vol. 1. No. 5. Pp. 11-19.

10. **Danilov I. L., Savin S. N.** *Safety service of buildings and structures under increased mechanical loads.* Natural and fabricated risks (physico-mathematical and applied aspects). 2015. No. 3(15). Pp. 24-29. (in Russian)

11. **Shmelev G. D., Zhukova A. V., Burak E. E., Sazonov E. V.** *Analysis of the methodology for calculating the service life of building structures of operated buildings and structures.* Housing and communal infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 9-18. (in Russian)

12. **Shmelev G. D.** *The use of physical wear indicators to assess the probability and risk of an emergency technical condition of building structures of operated buildings and structures.* Engineering solutions. 2019. No. 1(2). Pp. 36-39. (in Russian)

13. **Shmelev G. D., Makarichev K. V.** *Methodology of expert assessment and prediction of the actual reliability of building structures of operated buildings and engineering structures.* Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. 2011. No. 1(21). Pp. 7-14.

14. **Shmelev G. D., Sazonov E. V.** *Theoretical prerequisites for assessing technical risk for building structures of operated facilities.* Housing and communal infrastructure. 2023. No. 3(26). Pp. 9-16. (in Russian)

15. **Shmelev G. D., Ishkov A. N., Vorobyova Yu. A.** *Assessment of technical risk for stability in overturning buildings and structures.* Housing and communal infrastructure. 2024. No. 4(31). Pp. 9-17. (in Russian)

16. **Fedotova M. I., Shmelev G. D., Zhukova A. V.** *Assessment of the risk of collapse of a building or its part by the values of controlled rolls and precipitation.* Housing and communal infrastructure. 2023. No. 1(24). Pp. 9-17. (in Russian)

Received 25 June 2025

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Шмелев, Г. Д. Учет технического, социального и индивидуального рисков аварии при определении механической безопасности строительных конструкций / Г. Д. Шмелев, Д. А. Драпалюк, И. В. Попова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 9-19. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.001.

FOR CITATION:

Shmelev G. D., Drapalyuk D. A., Popova I. V. *Consideration of technical, social and individual accident risks in determining the mechanical safety of structural units.* Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 9-19. DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.001. (in Russian)

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ **ENGINEERING SYSTEMS AND SERVICES**

DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.002

УДК 66.045.126

АНАЛИЗ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ПЛАСТИН ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

А. С. Капустина, Н. В. Колосова

Капустина Анна Сергеевна, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(905)673-34-13; e-mail: ankapystina01@mail.ru

Колосова Нелля Викторовна, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(952)555-56-90; e-mail: nkolosova@cchgeu.ru

В целях увеличения теплопередачи теплообменных аппаратов конструкция пластин должна иметь элементы гофрированной поверхности. При этом возникает пульсация скорости в межпластинчатом канале, нарушение пограничного слоя и его интенсивное перемешивание, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления. Для сокращения этих величин и повышения эффективности теплоотдачи необходимо конструкционно улучшать условия движения рабочих сред. Проанализированы широко распространенные конструкции теплопередающих пластин с целью выявления наиболее оптимально работающей модели с высоким коэффициентом теплоотдачи. Приведены результаты расчета основных теплоэнергетических и гидравлических параметров для семи вариантов теплообменных пластин различной формы. Представлены графические зависимости, иллюстрирующие результаты расчетов.

Ключевые слова: интенсификация теплоотдачи; пластины теплообменного аппарата; режим движения рабочей среды; теплофизические параметры жидкости.

Задачи исследования теплоэнергетической эффективности в каналах различной конструкции связаны с турбулентным движением жидкости [1, 2]. Такое движение характеризуется сложными траекториями, множеством завихрений и отрывных течений у теплопередающей поверхности, непрерывно возникающих и исчезающих. Исключительная сложность тепловых и гидромеханических явлений в непрерывно дестабилизируемом турбулентном потоке, создаваемом при процессах теплообмена, не позволяет получить надежные и стабильные аналитические решения задач теплоэнергетической эффективности. Наиболее точные сведения о теплоотдаче получают либо экспериментальными исследованиями, либо законами, построенными на основе теории подобия из фундаментальных наук.

Исследование теплоотдачи с использованием сложных форм теплообменной поверхности. Моделирование сложных форм щелевидных извилистых каналов и особенно гидродинамических условий входа, обтекания профиля поверхности и выхода из каналов сопряжено с большими трудностями, так как реальные поверхности теплообмена сложно изготовить для экспериментального исследования, поэтому используют промышленные поверхности (пластины), которые изготавливают конвейерным способом [3]. Они могут иметь отклонения от расчетных условий движения рабочих сред. Критерием правильности считается совпадение расчетных, промышленных и экспериментальных значений.

Пластинчатые теплообменные аппараты конструкционно имеют обычно одинаков-

ые геометрические размеры пластин, которые отличаются лишь формой и площадью по-перечного сечения каналов [4]. Для выявления наиболее эффективных моделей рассмотрим семь пластин отличающихся друг от друга формой, размерами и расположением гофр на поверхности. Внешний вид каждой пластины представлен на рис. 1.

Одним из наиболее важных в практическом отношении вопросов при оценке относительных достоинств и недостатков различных форм, размеров и расположения гофр и конструкций каналов теплообменного аппарата является правильная оценка энергоемкости процесса конвективного теплообмена. Очевидно, что более совершенным в отношении энергозатрат процесса теплообмена будет та пластина, использование которой позволит определить для заданного расхода и температур рабочих сред при одинаковых гидравлических сопротивлениях наибольшее значение коэффициента теплопередачи с наименьшей площадью теплообмена.

Методика сопоставления теплоэнергетической эффективности различных форм и поверхностей требует соблюдения условия сравнимости. Важным условием является сопоставление процесса теплоотдачи при полном равенстве теплофизических свойств. Однако, для выявления оптимальной модели переменными будут являться скорость и температура греющей среды.

За определяющий размер принимался эквивалентный диаметр межпластинчатого канала для промышленных теплообменных аппаратов. Значения для выбранных пластин составляют $d_3^1 = 0,0092$ м; $d_3^2 = 0,0079$ м; $d_3^3 = 0,0092$ м; $d_3^4 = 0,0097$ м; $d_3^5 = 0,007$ м; $d_3^6 = 0,013$ м; $d_3^7 = 0,0096$ м.

Режим движения жидкости зависит от отношения сил инерции и вязкости в движущемся потоке. Для каждой конкретной формы поверхности теплообмена и образуемых пластинами каналов из гофр существует некоторый диапазон критических значений Re , значение которого определяется по известному выражению [5]:

$$Re = \frac{W \times d_3}{n}, \quad (1)$$

где v – коэффициент кинематической вязкости движущейся жидкости; W – скорость движения греющей среды, м/с.

Для определения интенсивности теплоотдачи значения скорости в первом случае будем изменять в диапазоне движения в каналах от 0,05 до 1 м/с. Во втором случае будем варьировать величины средних температур рабочей среды в пределах от 70 °C до 100 °C.

Процесс теплоотдачи для каждой модели при турбулентном движении жидкости выражается известной зависимостью [5]:

$$Nu = c \times Re^{0.73} \times Pr^{0.43} \times \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0.25}, \quad (2)$$

где c – коэффициент, зависящий от форм, размеров и расположения гофр каналов.

Для сложных пластин при ламинарном режиме движения критерий Нуссельта определяется по выражению [5]:

$$Nu = c \times (Re \times Pr)^{0.33}. \quad (3)$$

Имея значения средних температур рассматриваемых сред легко вычисляются коэффициенты теплоотдачи и критерии подобия Re , Pr , Nu . Далее результаты вычислений предоставим в графическом виде в виде зависимости комплекса K_o от Re . $K_o = f(Re)$, где [6]:

$$K_o = \frac{Nu}{Pr^{0.43} \times \left(\frac{Pr}{Pr_{cr}} \right)^{0.25}}. \quad (4)$$

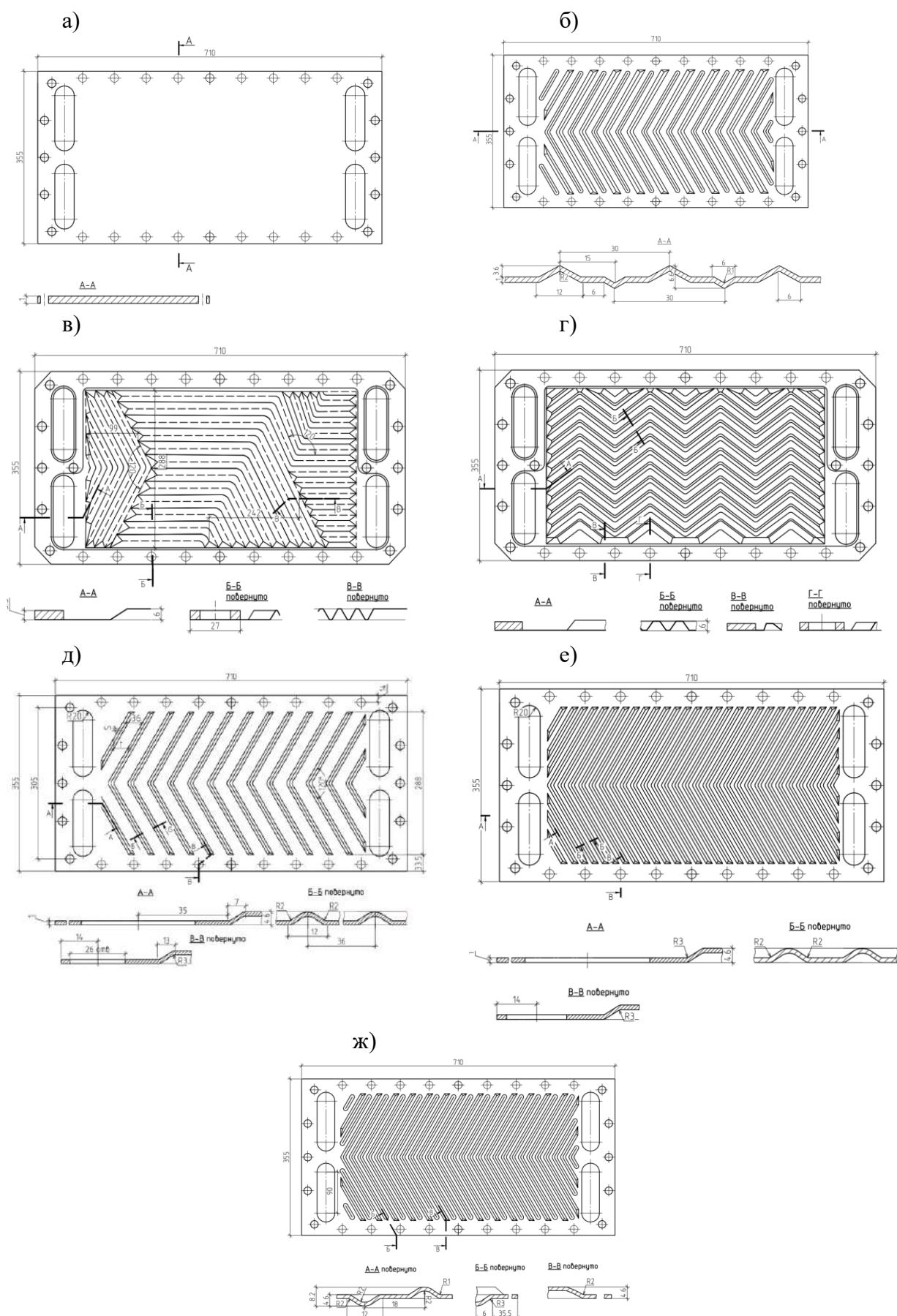


Рис. 1. Вид сверху и разрезы гофр рассматриваемых моделей пластин:
 а – пластина 1; б – пластина 2; в – пластина 3; г – пластина 4;
 д – пластина 5; е – пластина 6; ж – пластина 7

Энергоемкость процесса конвективной теплоотдачи при вынужденном движении рабочей среды характеризуется затратами мощности на единицу площади поверхности теплообмена по выражению:

$$N_o = \frac{N}{F}, \quad (5)$$

где N – мощность, расходуемая на преодоление общего гидравлического сопротивления ΔP в теплообменном аппарате, Вт.

При вынужденном движении жидкости в каналах любой формы и размеров мощность может быть определена по выражению [7]:

$$N = \Delta P \cdot V, \quad (6)$$

где V – объемный расход среды.

Затраты мощности на единицу поверхности являются универсальной характеристикой для оценки энергетической эффективности и энергоемкости любой поверхности теплообмена [8].

Формирование качественных математических, статистических, и аналитических прогнозов помогает инженеру усовершенствовать опытно-конструкторские разработки в области теплоснабжения [9].

На сегодняшний день пластинчатые теплообменные аппараты являются самыми популярными для использования. На их примерах инженеры определяют оптимальный режим работы оборудования для достижения наилучших показателей теплоотдачи [10].

Результаты вычислений интенсивности теплоотдачи.

В ходе расчетов определялись зависимости $Nu = f(Re, Pr)$; $\xi = f(Re)$ в широком диапазоне скоростей движения жидкости в каналах. Математическая обработка вышеизложенных выражений для пластин различной формы представлена в таблице.

Результаты вычислений для пластин различной формы

	$t_{ct}, ^\circ C$	W, м/с	Re	Pr	Nu	K_o	$N_o, Bt/m^2$
Пластина 1	70	0,5	11084,34	2,58	40,95244	29,59048	21,1
	80	0,5	12602,74	2,23	42,49521	32,49776	
	90	0,5	14110,43	1,97	44,1581	35,29217	
	100	0,5	15593,22	1,75	45,45135	37,9627	
	80	0,3	7561,644	2,23	29,26782	22,38225	
	80	0,4	10082,19	2,23	36,10736	27,61271	
	80	0,5	12602,74	2,23	42,49521	32,49776	
	80	0,6	15123,29	2,23	48,54476	37,12408	
Пластина 2	70	0,5	9518,072	2,58	111,0372	80,23073	35,1
	80	0,5	10821,92	2,23	115,2202	88,11343	
	90	0,5	12116,56	1,97	119,7289	95,69011	
	100	0,5	13389,83	1,75	123,2354	102,9309	
	80	0,3	6493,151	2,23	79,35589	60,68656	
	80	0,4	8657,534	2,23	97,90039	74,86827	
	80	0,5	10821,92	2,23	115,2202	88,11343	
	80	0,6	12986,3	2,23	131,6228	100,6571	

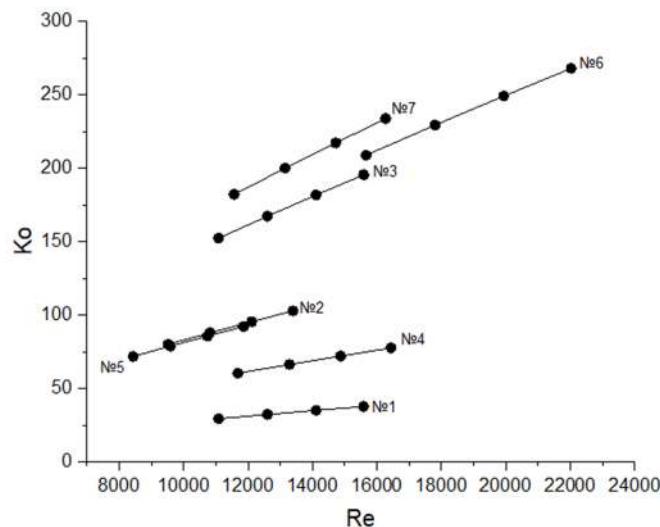
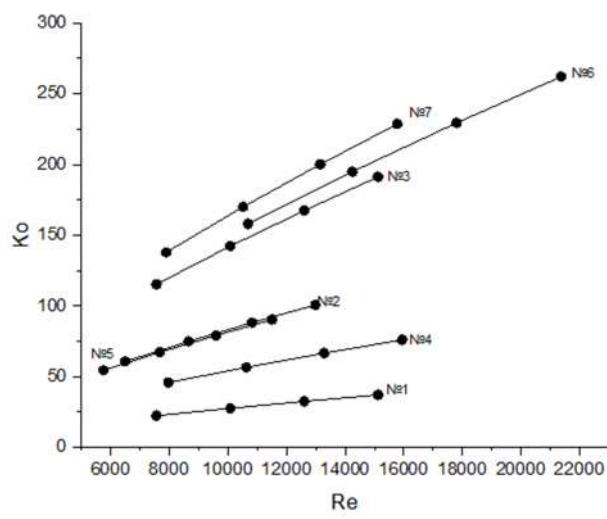
Продолжение таблицы

	$t_{cr}, ^\circ C$	W, м/с	Re	Pr	Nu	K_o	$N_0, Bt/m^2$
Пластина 2	90	0,5	12116,56	1,97	119,7289	95,69011	
	100	0,5	13389,83	1,75	123,2354	102,9309	
	80	0,3	6493,151	2,23	79,35589	60,68656	
	80	0,4	8657,534	2,23	97,90039	74,86827	
	80	0,5	10821,92	2,23	115,2202	88,11343	
	80	0,6	12986,3	2,23	131,6228	100,6571	
Пластина 3	70	0,5	11084,34	2,58	210,9671	152,4358	30,3
	80	0,5	12602,74	2,23	218,9147	167,4127	
	90	0,5	14110,43	1,97	227,4811	181,8081	
	100	0,5	15593,22	1,75	234,1433	195,5654	
	80	0,3	7561,644	2,23	150,7736	115,3025	
	80	0,4	10082,19	2,23	186,0076	142,2473	
	80	0,5	12602,74	2,23	218,9147	167,4127	
	80	0,6	15123,29	2,23	250,0791	191,2453	
Пластина 4	70	0,5	11686,75	2,58	83,8412	60,58006	30,9
	80	0,5	13287,67	2,23	86,99969	66,53207	
	90	0,5	14877,3	1,97	90,40409	72,25302	
	100	0,5	16440,68	1,75	93,05172	77,72035	
	80	0,3	7972,603	2,23	59,91949	45,82278	
	80	0,4	10630,14	2,23	73,92194	56,53101	
	80	0,5	13287,67	2,23	86,99969	66,53207	
	80	0,6	15945,21	2,23	99,38481	76,00346	
Пластина 5	70	0,5	8433,735	2,58	99,62043	71,98146	119
	80	0,5	9589,041	2,23	103,3734	79,05366	
	90	0,5	10736,2	1,97	107,4185	85,8513	
	100	0,5	11864,41	1,75	110,5644	92,34761	
	80	0,3	5753,425	2,23	71,19656	54,4468	
	80	0,4	7671,233	2,23	87,83433	67,17036	
	80	0,5	9589,041	2,23	103,3734	79,05366	
	80	0,6	11506,85	2,23	118,0894	90,30759	
Пластина 6	70	0,5	15662,65	2,58	289,1066	208,896	189,3
	80	0,5	17808,22	2,23	299,9979	229,4201	
	90	0,5	19938,65	1,97	311,7372	249,1475	
	100	0,5	22033,9	1,75	320,8669	268,0003	
	80	0,3	10684,93	2,23	206,6182	158,009	
	80	0,4	14246,58	2,23	254,9024	194,9338	
	80	0,5	17808,22	2,23	299,9979	229,4201	
	80	0,6	21369,86	2,23	342,705	262,08	

Окончание таблицы

	$t_{cr}, ^\circ C$	$W, m/c$	Re	Pr	Nu	K_o	$N_0, Bt/m^2$
Пластина 7	70	0,5	11566,27	2,58	252,1883	182,2205	66,6
	80	0,5	13150,68	2,23	261,6888	200,1237	
	90	0,5	14723,93	1,97	271,929	217,3319	
	100	0,5	16271,19	1,75	279,8929	233,7773	
	80	0,3	7890,411	2,23	180,2335	137,8317	
	80	0,4	10520,55	2,23	222,3519	170,0412	
	80	0,5	13150,68	2,23	261,6888	200,1237	
	80	0,6	15780,82	2,23	298,9424	228,613	

По результатам расчетов в широком диапазоне скоростей движения жидкости в каналах и температур теплопередающих стенок выполнены графические зависимости, представленные на рис. 2 и рис. 3.

Рис. 2. Результаты математической обработки ($w=const$)Рис. 3. Результаты математической обработки ($t_{cr}=const$)

На основании вышеизложенного видим, что пластина 6 имеет наибольшую теплоэнергетическую эффективность. Это объясняется тем, что при равных энергозатратах до-

стигается наибольшее значение коэффициента теплоотдачи. Наибольшее значение комплекса K_o выявлено у пластины 7, причем это значение не снижается при изменении скорости движения или температуры стенки. Это объясняется увеличенным значением эквивалентного диаметра по сравнению с другими пластинами и характерными особенностями каналов. Канал выполнен виде разреженной гофрировки, расположенной по обе стороны от плоскости пластины. Наименьшую интенсивность теплоотдачи имеет пластина 1, что объясняется гладкостью ее поверхности. По сравнению с пластиной 1 энергоэффективность пластины 6 выше в 3,3 раза, а пластины 4 выше в 1,2 раза.

Заключение.

Проведено сопоставление теплоэнергетической эффективности различных форм пластин теплообменных аппаратов. Сравнительный анализ проводился при равенстве теплофизических свойств, но при переменных значениях скорости и температуры греющей среды.

Показано, что форма пластины значительно влияет на интенсивность теплообмена. Существенное значение имеет значение эквивалентного диаметра межпластинчатого канала и характерные особенности формы каналов

Проведенное исследование процесса теплоэнергетической эффективности на моделях теплообменных пластин позволило получить необходимые параметры для разработки более эффективных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Шапошников, В. В.** Теплотехника: учебное пособие / В. В. Шапошников, Ю. В. Королева, Б. П. Колесников. – Краснодар: КубГТУ, 2022. – 291 с.
2. **Давлетбаев, В. А.** Основы трансформации теплоты: учебное пособие для вузов / В. А. Давлетбаев, С. О. Захаренко, О. А. Степанов. – Санкт-Петербург: Издательство Лань, 2025. – 212 с.
3. **Теплообменные аппараты энергоустановок** / А. В. Делков [и др.]. – Красноярск: СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2021. – 96 с.
4. **Золотоносов, Я. Д.** Трубчатые теплообменники. Моделирование, расчет: монография / Я. Д. Золотоносов, А. Г. Багоутдинова, А. Я. Золотоносов. – Санкт-Петербург: Издательство Лань, 2022. – 272 с.
5. **Таранова, Л. В.** Теплообменные аппараты и методы их расчета: учебное пособие / Л. В. Таранова. – Тюмень: ТИУ, 2009. – 152 с.
6. **Цирельман, Н. М.** Конвективный тепломассоперенос: моделирование, идентификация, интенсификация: монография / Н. М. Цирельман. – Санкт-Петербург: Издательство Лань, 2022. – 472 с.
7. Проектный расчёт теплообменного аппарата: учебное пособие / Е. М. Герлиман, А. В. Ефремов, В. В. Сахин, И. В. Тетерина. – Санкт-Петербург: БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова, 2022. – 175 с.
8. **Ищенко, А. С.** Повышение энергоэффективности тепловых пунктов / А. С. Ищенко, Н. Е. Сафонов, Н. В. Колосова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2021. – № 3(24). – С. 6-10.
9. **Тарасевич, Ю. Г.** Основы расчёта теплообмена в поверхностных установках: учебное пособие / Ю. Г. Тарасевич. – Гродно: ГрГУ им. Янки Купалы, 2022. – 59 с.
10. **Нигматзянов, А. Р.** Численное моделирование кожухотрубчатого теплообменника в программном комплексе ANSYS CFX / А. Р. Нигматзянов, А. А. Салин // Вестник Технологического университета. – 2024. – № 3. – С. 96-100.

Поступила в редакцию 6 ноября 2025

ANALYSIS OF HEAT AND ENERGY EFFICIENCY OF VARIOUS FORMS OF HEAT EXCHANGER PLATES

A. S. Kapystina, N. V. Kolosova

Anna Sergeevna Kapustina, student of the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(905)673-34-13; e-mail: ankapystina01@mail.ru

Nella Viktorovna Kolosova, Associate Professor at the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(952)555-56-90; e-mail: nkolosova@cchgeu.ru

In order to increase heat transfer in the design of heat exchanger plates, it is necessary to have elements of a corrugated surface that cause velocity pulsation in the inter-plate channel, violation of the boundary layer and its intensive mixing, which leads to an increase in hydraulic resistance. To reduce these values and increase the efficiency of heat transfer, it is necessary to structurally improve the conditions of movement of working fluid. We have analyzed widely used designs of heat transfer plates in order to identify the most optimally operating model with a high heat transfer coefficient. Here we present the results of calculations of the main thermal energy and hydraulic parameters for seven heat exchange plate designs of varying shapes. We also provide graphical dependencies illustrating the calculation results.

Keywords: intensification of heat transfer; plates of the heat exchanger; mode of movement of the working fluid; thermophysical parameters of the liquid.

REFERENCES

1. **Shaposhnikov V. V.** *Heat engineering: a textbook*. Krasnodar, Kuban State Technological University. 2022. 291 p. (in Russian)
2. **Davletbaev V. A.** *Fundamentals of heat transformation: a textbook for universities*. St. Petersburg, Publishing House of Lan. 2025. 212 p. (in Russian)
3. **Delkov A. V.** *Heat exchangers of power plants*. Krasnoyarsk, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. 2021. 96 p. (in Russian)
4. **Zolotonosov Ya. D.** *Tubular heat exchangers. Modeling, calculation: monograph*. St. Petersburg, Publishing House of Lan. 2022. 272 p. (in Russian)
5. **Taranova L. V.** *Heat exchangers and methods of their calculation: a textbook*. Tyumen, Tyumen Industrial University. 2009. 152 p. (in Russian)
6. **Tsirelman N. M.** *Convective heat and mass transfer: modeling, identification, intensification: monograph*. St. Petersburg, Publishing House of Lan. 2022. 472 p. (in Russian)
7. **Gerliman E. M.** *Design calculation of a heat exchanger: a textbook*. St. Petersburg, Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov. 2022. 175 p. (in Russian)
8. **Ishchenko A. S., Safonov N. E., Kolosova N. V.** *Improving the energy efficiency of heating facilities*. Urban planning. Infrastructure. Communications. 2021. No. 3(24). Pp. 6-10. (in Russian)
9. **Tarasevich Yu. G.** *Fundamentals of calculating heat exchange in surface installations: a textbook*. Grodno, Yanka Kupala State University of Grodno. 2022. 59 p.
10. **Nigmatzyanov A. R., Salin A. A.** *Numerical modeling of a shell-and-tube heat exchanger in the ANSYS CFX software package*. Bulletin of the Technological University. 2024. No. 3. Pp. 96-100. (in Russian)

Received 6 November 2025

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Капустина, А. С. Анализ теплоэнергетической эффективности различных форм пластин теплообменного аппарата / А. С. Капустина, Н. В. Колосова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 20-28. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.002.

FOR CITATION:

Kapystina A. S., Kolosova N. V. *Analysis of heat and energy efficiency of various forms of heat exchanger plates.* Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 20-28. DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.002. (in Russian)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПАССИВНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕДАВАРИЙНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Е. С. Аралов, Н. Я. Марчуков, А. А. Михайлов

Аралов Егор Сергеевич, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-53-21; e-mail: vgtu.aralov@yandex.ru

Марчуков Никита Ярославович, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-53-21; e-mail: marchukovnikita7@gmail.com

Михайлов Александр Андреевич, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-53-21; e-mail: alexander.alexander-student@mail.ru

Разработана теоретическая модель применения метода пассивной акустической эмиссии для обнаружения скрытых течей в системах центрального отопления. Основное внимание уделено анализу физических процессов генерации акустических сигналов при истечении теплоносителя через микротрешины, включая турбулизацию струи, кавитацию и ударное взаимодействие. Модель позволяет учесть ключевые параметры систем отопления: рабочее давление, диаметр труб, а также свойства гетерогенных сред распространения сигнала. Проведенное математическое моделирование включало расчет скорости истечения теплоносителя, частоты вихреобразования, затухания сигнала в строительных конструкциях и энергии акустической эмиссии. На основе анализа полученных зависимостей определен оптимальный частотный диапазон 30...80 кГц, обеспечивающий компромисс между помехозащищенностью и затуханием сигнала. Установлено, что метод позволяет обнаруживать дефекты размером от 0,2 мм с точностью локализации 10...15 см. Сравнительный анализ с традиционными методами диагностики (тепловизионный контроль, влагометрия, акустический стетоскоп) подтвердил преимущества метода акустической эмиссии по точности локализации, глубине контроля и возможности раннего обнаружения дефектов. Результаты исследования могут быть использованы для создания систем диагностики скрытых течей в системах центрального отопления жилых зданий, что позволит перейти от реагирования на аварии к практике прогнозирования и предупреждения повреждений.

Ключевые слова: акустическая эмиссия; неразрушающий контроль; диагностика трубопроводов; локализация дефектов; частотный диапазон; микротрешины.

В настоящее время обнаружение и ремонт течей в системах центрального отопления, проложенных в стенах и других конструкциях, является существенной проблемой, так как влечёт за собой не только ремонт трубопроводов, но и конструкций, в которые трубы вмонтированы. Из-за неисправности труб верхние этажи могут остаться без отопления, а нижние этажи будут подтапливаться, что приведёт к повреждению отделки и имущества граждан. Традиционные методы обнаружения скрытых течей обладают рядом существенных недостатков:

✓ тепловизионный контроль: эффективность резко падает при малой разнице температур между трубой и окружающей средой, а также при значительной толщине и материале ограждающей конструкции. Метод часто указывает на область намокания, в связи с этим отсутствует точность обнаружения.

✓ влагометрия: позволяет определить зону повышенной влажности, но не локализо-

вать источник течи. Требует множества точечных замеров и деструктивного вмешательства (вскрытия штукатурки) для точного определения эпицентра протечки.

✓ акустический метод: использование стетоскопов малоэффективно из-за низкой чувствительности и сильного влияния фоновых шумов в здании.

✓ вскрытие конструкций: является крайней, дорогостоящей и наименее эффективной мерой, приводящей к значительным разрушениям и не гарантирующей успешного обнаружения дефекта с первой попытки.

Таким образом, существует устойчивый технологический разрыв между масштабом проблемы скрытых течей и возможностями существующих диагностических систем. Разработка новых, высокоточных и неразрушающих методов контроля является не просто научной задачей, а насущной практической необходимостью для повышения надёжности, энергоэффективности и экономической устойчивости систем жилищно-коммунального хозяйства, данное положение регламентируется Приказом Ростехнадзора от 15.12.2020 N 536 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением». Внедрение технологии акустической эмиссии позволяет перейти от реагирования на уже произошедшие аварии к практике прогнозирования и предупреждения, минимизируя социальные и финансовые издержки.

Целью работы является разработка теоретически обоснованной и методически завершённой концепции применения метода пассивной акустической эмиссии для дистанционного, высокоточного, неразрушающего обнаружения и локализации скрытых течей в системах центрального отопления, адаптированной к специфическим условиям эксплуатации в жилищном фонде, а также создание комплексного научно-методического задела для последующей разработки на его основе практического инструмента, способного кардинально повысить эффективность обслуживания систем отопления в ЖКХ.

Метод пассивной акустической эмиссии основан на регистрации и анализе упругих волн, самопроизвольно возникающих в материалах и конструкциях при их деформации и разрушении [1]. В контексте обнаружения течей физическая природа явления заключается в следующем:

При истечении теплоносителя под давлением через микротрещину или свищ происходит быстрое высвобождение энергии, обусловленное тремя процессами [2]:

1) турбулизация струи: формирование вихрей при прохождении жидкости через дефект.

2) кавитация: образование и схлопывание пузырьков газа в зоне перепада давления.

3) ударное взаимодействие: струя жидкости воздействует на материал трубы и окружающую среду за дефектом.

Эти процессы генерируют широкополосный акустический сигнал (в диапазоне примерно от 1 кГц до 1 МГц), который распространяется в виде упругих волн по материалу трубы и через окружающую среду. Параметры сигнала (амплитуда, частота, энергия, количество импульсов) несут информацию об интенсивности и характере течи [1, 3].

Метод акустической эмиссии является хорошо зарекомендовавшей себя технологией неразрушающего контроля в нефтегазовом комплексе [3, 4]. Данным методом осуществляется контроль протяжных участков, позволяя определить утечки продукта, развитие трещин и акты несанкционированных врезок, также метод применяется для проведения испытаний оценки целостности сварных швов и выявления зон активной коррозии под напряжением.

В системе центрального отопления можно выделить несколько типов источников акустической эмиссии, которые необходимо дифференцировать:

✓ истечение теплоносителя через дефект. Его сигнал характеризуется непрерывным характером, а параметры будут напрямую зависеть от давления в системе и геометрии дефекта.

✓ мешающие источники: трение о строительные конструкции при тепловом расширении, вибрация труб в крепёжных элементах (сигнал этих источников, как правило, более низкочастотный и менее энергичный), кавитация в циркуляционных насосах и арматуре (создаёт мощный высокочастотный сигнал, схожий с сигналом течи), турбулентность потока (образуется в местах сужений, поворотов и ответвлений и создаёт фоновый шум), внешние шумы (вибрация от работы лифтов, бытовая деятельность, уличный шум) [1, 5, 6].

Задача применения метода акустической эмиссии для диагностики течей сводится не только к регистрации сигнала, но и к его корректной фильтрации и идентификации, позволяющей выделить полезный сигнал на фоне многочисленных помех [1, 3].

Для успешной адаптации метода акустической эмиссии из нефтегазовой отрасли в сферу ЖКХ необходим детальный анализ объектов контроля (табл. 1.).

Таблица 1

Сравнительная характеристика объектов контроля

Параметр	Магистральный трубопровод (нефтегазовая отрасль)	Система отопления (ЖКХ)
Диаметр труб	500-1400 мм	15-100 мм
Толщина стенки	8-40 мм	2-5 мм
Рабочее давление	5-10 МПа	0,2-1,5 МПа
Температура	До +80 °C	До +95 °C
Среда распространения сигнала	Однородная (металл, грунт)	Гетерогенная (металл-бетон-кирпич)
Уровень помех	Умеренный	Высокий (бытовые шумы, вибрации)
Доступность для контроля	Ограниченнная (подземная прокладка)	Крайне ограниченная (в конструкциях)

Ключевые выводы по адаптации:

В системах отопления ожидаются сигналы значительно меньшей амплитуды из-за низкого давления. Гетерогенность сред требует коррекции моделей затухания сигнала [3, 5]. Высокий уровень помех требует необходимости изменения алгоритмов фильтрации.

Теоретическая модель генерации сигнала акустической эмиссии от течи в системе отопления основана на анализе физических процессов истечения жидкости через дефект [1, 2].

Рассмотрим основные уравнения модели применительно к утечкам в системах отопления:

Скорость истечения определяется формулой:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}}, \quad (1)$$

где ΔP – перепад давления между давлением в трубе и атмосферным, принимается $\Delta P = 0,6 \text{ МПа} = 600000 \text{ Па}$, т.к. типовое рабочее давление в системах центрального отопления равно 0,6 МПа; ρ – плотность жидкости (плотность воды приблизительно равна $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$).

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 600000}{1000}} \approx 34,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Частота вихреобразования рассчитывается по формуле

$$f_{\max} = Sh \cdot \frac{v}{d}, \quad (2)$$

где Sh – число Струхала (один из критериев подобия нестационарных течений жидкостей и газов), d – диаметр дефекта.

Формула (2) описывает частоту отрыва вихрей в турбулентной струе, являющейся основным источником акустической эмиссии при течи.

Число Струхала колеблется в пределах от 0,19 до 0,21; примем среднее значение $Sh \approx 0,2$, диаметр трещины примем равным 1 мм.

$$f_{\max} = 0,2 \cdot \frac{34,6}{0,001} = 6920 \text{ Гц}.$$

Верхний частотный предел обнаружения течи находится в пределах $10 \dots 15 f_{\max}$, при этом затухание сигнала через 2 м не должно превышать 50 дБ.

Нижний частотный предел обнаружения течи зависит от нескольких факторов:

✓ подавление низкочастотных помех, верхний предел которых находится на частоте 25 кГц.

✓ сохранение полезного сигнала (уровень сигнала после усиления должен быть уловлен датчиком).

✓ наличие гармоник сигнала $f_{\max} \times x$, где x – целое число.

Распространение сигнала акустической эмиссии в гетерогенной среде «труба-бетон» описывается с учётом затухания в различным материалах [3, 5].

Коэффициенты затухания для различных сред:

$$\text{Сталь (труба): } \alpha_{cm} \approx 0,01 \frac{\partial B}{m} \text{ (при 10 кГц).}$$

$$\text{Бетон: } \alpha_{bem} \approx 1 \frac{\partial B}{m} \text{ (при 10 кГц).}$$

$$\text{Кирпич: } \alpha_{kip} \approx 1,5 \frac{\partial B}{m} \text{ (при 10 кГц).}$$

Уравнение затухания сигнала имеет вид:

$$A(x) = A_0 \cdot e^{-\alpha x} \cdot e^{-\beta x^2}, \quad (3)$$

где A_0 – начальная амплитуда, α – коэффициент поглощения (обусловлен внутренним трением в материале), β – коэффициент рассеяния (обусловлен неоднородностью структуры материала), x – расстояние от течи.

Зависимость коэффициента затухания от частоты звука описывается законом:

$$\alpha \sim f^n, \quad (4)$$

Для бетонов $n = 1,5$

Затухание в бетоне растёт с частотой по закону:

$$\alpha(f) = \alpha_0 \cdot \left(\frac{f}{f_0} \right)^{1,5}. \quad (5)$$

Допустим, что верхний частотный предел находится на частоте 90 кГц, тогда:

$$\alpha(90) = 1 \cdot \left(\frac{90}{10} \right)^{1,5} = 27 \frac{\partial B}{m}.$$

Через 2 метра затухание сигнала составит 54 дБ, что является неприемлемым для определения, поэтому верхний предел находится на более низких частотах.

Допустим, что верхний предел находится на одной из гармоник сигнала, ближайшая гармоника 12, т.е. частота равна 84 кГц.

$$\alpha(84) = 1 \cdot \left(\frac{84}{10} \right)^{1,5} = 24,35 \frac{\partial B}{m}.$$

Через 2 метра затухание сигнала составит 48,7 дБ, что является приемлемым для определения, поэтому верхний предел находится на частоте 84 кГц.

Нижний предел можно также определить как одну из гармоник сигнала, ближайшая гармоника после подавления низкочастотных помех, это 4, т.е. частота равна 28 кГц.

Энергия акустической эмиссии рассчитывается по формуле:

$$E_{A\vartheta} = k \cdot \frac{\rho \cdot v^3 \cdot d^2}{2}, \quad (6)$$

где k – коэффициент эффективности преобразования сигнала (экспериментальный), v – скорость истечения жидкости из дефекта.

Формула (6) позволяет определить порог размеров дефекта для точного определения течи [1, 6]. Основываясь на данной формуле и используя экспериментальные данные из других источников, можно определить, что минимальная величина обнаруживаемой течи равна 0,2 мм.

$$E_{A\vartheta} = 10^{-6} \cdot \frac{1000 \cdot 34,6^3 \cdot 0,0002^2}{2} = 8,28 \cdot 10^{-7} \text{ Bm}$$

Уровень сигнала источника: $10 \cdot \log_{10}(E_{A\vartheta}) = 10 \cdot \log_{10}(8,28 \cdot 10^{-7}) = -60,8 \text{ дБ}$

После прохождения всех усилителей уровень сигнала будет находиться в положительном значении децибел, но будет практически не отличен от нуля, что позволяет сделать вывод, что 0,2 мм является минимальной величиной обнаруживаемой течи.

Зависимость амплитуды от давления определяется выражением:

$$A = K \cdot \sqrt{\Delta P}, \quad (7)$$

где K – коэффициент, учитывающий свойства среды, ΔP – перепад давления.

Качественные характеристики зависимости:

- ✓ при увеличении давления с 0,3 до 0,8 МПа амплитуда сигнала возрастает примерно в 1,6 раза.
- ✓ увеличение диаметра дефекта с 0,5 до 2 мм смещает частотный диапазон в низкочастотную зону.
- ✓ наличие кавитации дополнительно генерирует высокочастотные компоненты (50-150 кГц).

Серийный датчики сигналов акустической эмиссии имеют оптимальный частотный диапазон в пределах от 30 до 80 кГц (регламентируется ГОСТ Р 52727-2007 и ГОСТ Р 55045-2012), что полностью удовлетворяет вычисленным параметрам.

На основе анализа моделей распространения установлено, что для систем отопления оптимальным является диапазон 30...80 кГц, поскольку эта частота обеспечивает достаточную помехозащищённость от низкочастотных шумов и имеет приемлемое затухание в бетонных конструкциях (не более 50 дБ на 2 метра) [3, 5].

Оборудование для метода акустической эмиссии при обнаружении течи состоит из трёх основных элементов: датчики, предусилители и электронный блок сбора данных [1].

Датчики должны обладать следующими параметрами: диапазон рабочих температур должен находиться в пределах от -20 °C (при работе в неотапливаемых помещениях) до +120 °C (при непосредственном нахождении в зоне нагрева трубы отопления), чувствительность должна быть не менее 60 дБ в диапазоне 30-80 кГц, собственный шум не должен превышать 35 мкВ в рабочем диапазоне частот (регламентируется ГОСТ Р 52727-2007).

Предусилители выполняют первичное усиление слабых сигналов от датчиков перед их передачей по кабелю к основному блоку обработки. Это необходимо для минимизации влияния помех в линии связи. Параметры предусилителя: коэффициент усиления должен составлять 20...60 дБ с программируемым шагом 5 дБ, частотный диапазон должен наход-

диться в пределах от 10 кГц (для отсечения низкочастотных помех) до 300 кГц (для сохранения гармоник сигнала) [1].

Основные функции блока сбора данных состоят в управлении усиливанием сигналов, синхронном сборе данных, цифровой обработке сигналов и локализации источников.

Управление усиливанием сигналов представляет из себя регулирование коэффициентом усиления предусилителей, подстраивание чувствительности под уровень сигнала и защиту от перегрузки при сильных сигналах.

Синхронный сбор данных обеспечивает одновременный опрос всех каналов сбора данных с датчиков, поддерживает синхронизацию датчик-усилитель-блок сбора данных, реализует временную привязку событий.

При цифровой обработке сигналов выполняется первичная фильтрация. Определяется выделение полезного сигнала на фоне помех и проводится спектральный анализ.

Локализация источников позволяет вычислить координаты течи методом триангуляции, определить временные задержки между каналами сбора данных с датчиков, построить карту расположения дефектов [1, 3, 6].

На основе разработанной теоретической модели проведена количественная оценка эффективности метода акустической эмиссии для обнаружения скрытых течей в системах отопления (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ методов диагностики

Параметр сравнения	Метод акустической эмиссии	Тепловизионный контроль	Влагометрия (капацитивный метод)	Акустический стетоскоп
Физический принцип работы	Регистрация упругих волн от турбулентного течения через дефект	Измерение инфракрасного излучения	Измерение диэлектрической проницаемости материала	Прослушивание звуковых колебаний
Точность локализации, см	10...15	50...100	30...50	20...40
Глубина контроля, м	До 3	До 0,1	До 0,05	До 1
Минимальный обнаруживаемый дефект, мм	0,2	1	Не определяет размер	0,5
Необходимость вскрытия конструкций	Отсутствует	Отсутствует	Частично требуется	Отсутствует
Влияние условий эксплуатации				
Температурные колебания	Минимальное	Критическое	Минимальное	Минимальное
Влажность воздуха	Не влияет	Влияет существенно	Влияет на точность	Не влияет
Фоновые шумы	Компенсируется фильтрацией	Не влияет	Не влияет	Критическое
Сравнение качеств				
Преимущества	Высокая точность, раннее обнаружение, количественная оценка	Быстрота обследования, наглядность	Простота использования	Низкая стоимость, быстрота
Недостатки	Высокая стоимость, сложность обработки	Зависимость от условий определения	Низкая точность	Субъективность, зависимость от опыта

Точность локализации: теоретическая погрешность определения координат 10-15 см (расчёт основан на скорости звука в бетоне и точности измерения времени прихода сигнала с датчика в блок сбора данных) [3, 6].

Чувствительность метода: минимально обнаруживаемый дефект от 0,2 мм при давлении от 0,3 МПа; дистанция обнаружения до 3...5 м в железобетонных конструкциях, улавливаются сигналы амплитудой от 40 дБ [1, 6].

Влияние высокого уровня шумов не полностью устраняется полосовыми фильтрами. Сложность диагностики в панельных домах из-за высокой неоднородности панельных конструкций и наличия пустот и арматуры. Необходимость калибровки системы: требуется предварительное определение параметров материалов внутреннего фасада помещений. Также существуют дополнительные ограничения, а именно: эффективность снижается при наличии водонасыщенных конструкций, требуется прямой контакт с элементами системы отопления и ограниченная дальность действия в многослойных конструкциях.

К ключевым преимуществам метода акустической эмиссии можно отнести высокую точность (прямое определение координат дефекта), ранняя диагностика (обнаружение дефекта до появления видимых повреждений), неразрушающий контроль (сохранение целостности конструкции) [7, 8].

Области наилучшего применения – это критически важные объекты с скрытой разводкой систем отопления; исторические здания, где недопустимо вскрытие конструкций; объекты с высокими требованиями к надёжности систем отопления.

Экономическая целесообразность внедрения метода акустической эмиссии определяется снижением затрат на восстановительные работы и минимизацией ущерба от аварийных ситуаций [9, 10].

Заключение.

Проведённый анализ физических основ метода акустической эмиссии и успешного опыта его применения в нефтегазовой отрасли показал, что метод обладает значительным потенциалом для решения задач диагностики скрытых течей в системах центрального отопления. Установлено, что спектральный состав сигнала позволяет выделить полезный сигнал на фоне помех и зависимость амплитуды сигнала обеспечивает возможность количественной оценки параметров течи.

Создана теоретическая модель, адекватно описывающая особенности генерации и распространения акустических сигналов в специфических условиях систем отопления. Определён оптимальный частотный диапазон 30...80 кГц, обеспечивающий компромисс между затуханием сигнала и уровнем помех. Установлены количественные зависимости параметров сигнала от характеристик течи и свойств материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бехер, С. А.** Основы неразрушающего контроля методом акустической эмиссии: учеб. пособие / С. А. Бехер, А. Л. Бобров. – Новосибирск: Издательство СГУПСа, 2013. – 145 с.
2. **Ландау, Л. Д.** Теоретическая физика. Т. 6. Гидродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – Москва: Физматлит, 2019. – 736 с.
3. **Клюев, В. В.** Неразрушающий контроль: Справочник. Т. 7. Кн. 1. Метод акустической эмиссии / В. В. Клюев, В. И., Иванов И. Э Власов.. – Москва: Машиностроение, 2006. – 829 с.
4. **Борейко, Д. А.** Анализ опыта лабораторных исследований металлов при помощи пассивных методов неразрушающего контроля / Д. А. Борейко, И. Ю. Быков, Д. Ю. Сериков // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 5. – С. 19-23.

5. Fundamentals of Acoustics / L. E. Kinsler, A. R. Frey, A. B. Coppens, J. V. Sanders. – 4th ed. – New York: John Wiley & Sons, 2000. – 548 p.
6. Miller, R. K. Acoustic Emission Testing / R. K. Miller, P. McIntire. – Columbus: American Society for Nondestructive Testing, 2005. – 289 p.
7. Салиева, А. С. Методы расчета и контроля показателей надежности магистральных трубопроводов / А. С. Салиева, Е. С. Арапов, К. В. Гармонов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 1(32). – С. 55-62. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.32.1.006.
8. Григорьева, А. В. Метод обработки данных акустико-эмиссионного контроля для определения скорости и локации каждого сигнала / А. В. Григорьева, М. В. Максименко // Компьютерные исследования и моделирование. – 2022. – Т. 14. – № 5. – С. 1029-1040. – DOI 10.20537/2076-7633-2022-14-5-1029-1040.
9. Мерсон, Д. Л. Применение спектрального анализа сигналов акустической эмиссии для оценки состояния стали 20 / Д. Л. Мерсон, Е. В. Черняева, Д. Е. Мещеряков // Деформация и разрушение материалов. – 2009. – № 1. – С. 44-48.
10. Борейко, Д. А. Анализ опыта лабораторных исследований металлов при помощи пассивных методов неразрушающего контроля / Д. А. Борейко, И. Ю. Быков, Д. Ю. Сериков // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 5(341). – С. 19-23. – DOI 10.33285/0130-3872-2021-5(341)-19-23.

Поступила в редакцию 17 ноября 2025

APPLICATION OF PASSIVE ACOUSTIC EMISSION METHODS TO DETECT PRE-EMERGENCY CONDITIONS IN CENTRAL HEATING SYSTEMS

E. S. Aralov, N. Ja. Marchukov, A. A. Mikhailov

Egor Sergeevich Aralov, Senior Lecturer at the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-53-21; e-mail: vgtu.aralov@yandex.ru
 Nikita Jaroslavovich Marchukov, student of the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-53-21; e-mail: marchukovnikita7@gmail.com

Alexander Andreevich Mikhailov, student of the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-53-21; e-mail: alexander.alexander-student@mail.ru

In this work we develop a theoretical model of the application of the passive acoustic emission method for detecting hidden leaks in central heating systems. The main focus is on analyzing the physical processes of acoustic signal generation during the flow of heat transfer fluid through microcracks, including jet turbulence, cavitation, and impact interaction. The model takes into account key parameters of heating systems, such as working pressure, pipe diameter, and the properties of heterogeneous signal propagation media. The mathematical modeling includes calculations of heat transfer fluid flow rate, vortex formation frequency, signal attenuation in building structures, and acoustic emission energy. Based on the analysis of the obtained dependencies, we determined the optimal frequency range of 30...80 kHz, which provides a compromise between noise immunity and signal attenuation. It was found that the method allows for the detection of defects as small as 0,2 mm with an accuracy of 10...15 cm. A comparative analysis with traditional diagnostic methods (thermal imaging control, moisture measurement, acoustic stethoscope) confirmed the advantages of the acoustic emission method in terms of localization accuracy, depth of control, and the possibility of early detection of defects. The results of the study can be used to create systems for diagnosing hidden leaks in residential buildings' central heating systems, which will allow for a shift from responding to accidents to predicting and preventing damage.

Keywords: acoustic emission; non-destructive testing; pipeline diagnostics; defect localization; frequency range; microcracks.

REFERENCES

1. **Bekher S. A., Bobrov A. L.** *Fundamentals of Non-Destructive Testing by the Acoustic Emission Method*. Textbook. Novosibirsk. SGUPS Publishing House. 2013. 145 p. (in Russian)
2. **Landau L. D., Lifshitz E. M.** Theoretical Physics. Vol. 6. Fluid Mechanics. Moscow, Fizmatlit. 2019. 736 p. (in Russian)
3. **Klyuev V. V., Ivanov V. I., Vlasov I. E.** *Non-destructive testing*. Handbook. Vol. 7. Book 1. Acoustic emission method. Moscow, Mashinostroenie Publ. 2006. 829 p. (in Russian)
4. **Boreyko D. A., Bykov I. Y., Serikov D. Y.** *Analysis of the Experience of Laboratory Studies of Metals Using Passive Non-Destructive Testing Methods*. Construction of Oil and Gas Wells on Land and Sea. 2021. No. 5. Pp. 19-23. (in Russian)
5. **Kinsler L. E. Frey A. R., Coppens A. B., Sanders J. V.** *Fundamentals of Acoustics*. New York: John Wiley & Sons. 2000. 548 p.
6. **Miller R. K., McIntire P.** *Acoustic Emission Testing*. Columbus. Ohio. American Society for Nondestructive Testing. 2005. 289 p.
7. **Salieva A. S., Aralov E. S., Garmonov K. V.** *Methods for calculating and monitoring the reliability indicators of main pipelines*. Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 1(32). Pp. 55-62. DOI: 10.36622/2541-9110.2025.32.1.006. (in Russian)
8. **Grigorieva A. V., Maksimenko M. V.** *A data processing method of acoustic-emission monitoring for determining the velocity and location of each signal*. Computer Research and Modeling. 2022. Vol. 14. No. 5. Pp. 1029-1040. DOI: 10.20537/2076-7633-2022-14-5-1029-1040. (in Russian)
9. **Merson D. L., Chernyaeva E. V., Meshcheryakov D. E.** *Application of spectral analysis of acoustic emission signals for assessing the condition of steel* 20. Deformation and Fracture of Materials. 2009. No. 1. Pp. 44-48. (in Russian)
10. **Boreyko D. A., Bykov I. Yu., Serikov D. Yu.** *Analysis of laboratory studies of metals using passive non-destructive testing methods*. Construction of Oil and Gas Wells on Land and at Sea. 2021. No. 5(341). Pp. 19-23. DOI: 10.33285/0130-3872-2021-5(341)-19-23. (in Russian)

Received 17 November 2025

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Аралов, Е. С. Применение методов пассивной акустической эмиссии для обнаружения предаварийного состояния систем центрального отопления / Е. С. Аралов, Н. Я. Марчуков, А. А. Михайлов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 29-37. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.003.

FOR CITATION:

Aralov E. S., Marchukov N. Ja., Mikhaylov A. A. *Application of passive acoustic emission methods to detect pre-emergency conditions in central heating systems*. Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 29-37 DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.003. (in Russian)

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ Г. БИЙСКА ЗА ОТОПИТЕЛЬНЫЙ СЕЗОН 2024...2025 ГГ.

А. В. Руколеев

Руколеев Андрей Владимирович, канд. ист. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, процессов и аппаратов химической технологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», Бийск, Российская Федерация, тел.: +7(961)243-03-68; e-mail: rukoleev.av@yandex.ru

Представлено комплексное исследование технического состояния и эксплуатационных характеристик системы централизованного теплоснабжения города Бийска по итогам отопительного сезона 2024...2025 гг. Работа основана на анализе параметров теплоносителя, величины тепловых потерь, динамики аварийности, степени физического износа трубопроводов, а также эффективности проведённых ремонтно-модернизационных мероприятий. Показано, что эксплуатация в условиях резко континентального климата и высокой степени износа инженерной инфраструктуры формирует значительные нагрузки на теплосетевой комплекс: в течение сезона зарегистрировано 312 повреждений, а тепловые потери достигали 9...10 %. Несмотря на соблюдение температурных графиков, отмечено повышение температуры подачи и расхода теплоносителя в наиболее холодные месяцы, что указывает на возможные скрытые утечки и неравномерность распределения тепловых потоков. Особое внимание уделено оценке износа трубопроводов по экспоненциальной модели старения. Установлено, что применение противокоррозионных технологий снижает скорость деградации металла более чем в два раза и обеспечивает экономическую эффективность до 70...75 % по сравнению с полной заменой труб. Приведены результаты моделирования ремонтных работ методом критического пути, позволившего оптимизировать длительность отопительной кампании и определить критические операции. Результаты исследования могут быть использованы при разработке программ модернизации тепловых сетей, повышении надёжности теплоснабжения, совершенствовании тарифной политики и формировании стратегий энергоэффективного развития коммунальной инфраструктуры.

Ключевые слова: теплоснабжение; эксплуатация; аварийность; тариф; износ; противокоррозионная защита; сетевое планирование.

Системы теплоснабжения представляют собой ключевой элемент городской инженерной инфраструктуры, обеспечивая стабильное функционирование жилищного фонда, социальных и промышленных объектов. В условиях резко континентального климата Алтайского края надёжность и эффективность теплосетевого комплекса города Бийска приобретают первостепенное значение, поскольку отопительный сезон здесь продолжается до 7...8 месяцев в году, а среднесуточные зимние температуры достигают экстремальных значений. Для муниципальной системы жизненно важно поддерживать устойчивое функционирование тепловых сетей при минимальных потерях тепловой энергии и высокой эксплуатационной надёжности.

Большая часть тепловых сетей Бийска была построена в 1970...1990-е годы, вследствие чего уровень физического износа магистралей достигает в среднем 60 %, а на отдельных участках – более 80 % [1]. Значительная доля трубопроводов эксплуатируется за пределами нормативного срока службы, что приводит к росту количества аварий, увели-

чению утечек теплоносителя, нарушению гидравлических режимов и повышению затрат на эксплуатацию. При таких условиях приоритетом муниципальной политики становится проведение регулярных ремонтов и модернизаций, направленных на повышение надёжности, снижение тепловых потерь и продление ресурса оборудования.

Тепловые сети обеспечивают доставку тепловой энергии от ТЭЦ и муниципальных котельных до многоквартирных домов, социальных учреждений и промышленных предприятий. По данным филиала «БийскэнергоТеплоТранзит» АО «СГК-Алтай», отопительный сезон 2024...2025 гг. длился 225 суток (16.09.2024–28.04.2025), что соответствует требованиям СП 131.13330.2025. За указанный период отпуск тепловой энергии составил около 1467 тыс. Гкал. Для комплексной оценки работы системы теплоснабжения необходим анализ совокупности технико-эксплуатационных показателей, к которым относятся: величина тепловых потерь, количество дефектов и отказов, степень износа трубопроводов и арматуры, динамика аварийности, фактические параметры теплоносителя (температура и давление) и их отклонения от нормативных значений.

Дополнительную актуальность исследованию придаёт рост стоимости энергоресурсов и ужесточение требований к энергоэффективности. По данным эксплуатационной организации в отдельных районах города тепловые потери достигают 25...30 %, что приводит к увеличению расхода топлива, снижению экономичности теплоснабжения и росту тарифной нагрузки на население. Современные тенденции в сфере ЖКХ требуют перехода от ремонтной эксплуатации к стратегическому управлению на основе инструментальной диагностики, цифровых технологий мониторинга, теплового моделирования, а также оптимизации схемы теплоснабжения.

Кроме того, актуальным является вопрос анализа и корректировки тарифной политики. Уровень тарифа должен отражать фактические затраты на производство и передачу тепловой энергии, при этом не приводя к необоснованной финансовой нагрузке на потребителей. В таких условиях органам местного самоуправления, теплоснабжающим организациям и проектным институтам необходимы объективные данные о текущем техническом состоянии сетей и эффективности ремонтных мероприятий.

В совокупности перечисленные обстоятельства формируют объективную необходимость проведения комплексного исследования теплосетевого хозяйства города Бийска в условиях современного отопительного периода, учитывающего как эксплуатационные показатели, так и экономические параметры деятельности теплоснабжающих организаций.

Целью данной статьи является анализ технических показателей эксплуатации тепловых сетей г. Бийска за отопительный сезон 2024...2025 гг., оценка эффективности проведённых ремонтных мероприятий, анализ тарифной политики и разработка алгоритма планирования модернизационных работ с использованием метода сетевого графика.

За последние годы заметно возрос интерес к вопросам надёжности, энергоэффективности и цифровой трансформации систем теплоснабжения. В работе Ахметовой И. Г. [2] и др. рассматриваются статистические закономерности отказов тепловых сетей и предложены модели прогнозирования аварийности с учётом возраста трубопроводов, условий эксплуатации и параметров сетевой воды. Авторы подчёркивают, что совмещение данных о дефектах и параметрических отклонениях теплоносителя позволяет значительно повысить точность оценок риска. Похожие выводы представлены в исследовании Гавриловой А. В. [3], где проанализированы типовые сценарии развития отказов и даны рекомендации по переходу к проактивному обслуживанию теплосетевого хозяйства.

Большое внимание уделяется внедрению автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) и интеллектуальных систем регулирования. В работе Ю. А. Горинова и его коллег [4] показано, что автоматизация процессов управления теплопотреблением на уровне зданий позволяет сократить расход теплоносителя и повысить качество регулирования температурного графика. Авторы рассматривают алгоритмы погодозависимого

управления и их влияние на устойчивость гидравлического режима сети, что делает эту работу значимой для модернизации систем теплоснабжения малых и средних городов.

По данным Минстроя РФ и анализа тарифной политики [5], высокий износ основных фондов теплоснабжающих систем в России превышает 60 %, при этом требуемый объём инвестиций в реконструкцию теплосетевого комплекса оценивается в 200 млрд руб. в год, тогда как фактическое финансирование не превышает 100...115 млрд руб. Это означает, что темпы замены и модернизации изношенных теплосетей существенно отстают от нормативных, что коррелирует с выводами о системном кризисе ЖКХ, изложенными в работе Ю. И. Соколова [6].

Экономические аспекты работы теплосетевого комплекса подробно рассмотрены в исследовании В. А. Семикашева [7], где анализируются механизмы тарифного регулирования и их влияние на рентабельность ремонтных и модернизационных мероприятий. Автор приходит к выводу, что существующие тарифные модели зачастую не стимулируют обновление инфраструктуры, поскольку в тариф не заложены достаточные инвестиционные составляющие. Это вызывает необходимость реформирования механизмов финансирования ремонтов и реконструкции теплосетей.

Ряд исследований последних лет посвящён внедрению интеллектуальных систем мониторинга, цифровых двойников тепловых сетей, оперативных моделей теплопередачи и автоматизированных систем диагностики. Современные модели погодозависимого регулирования показывают возможность энергосбережения без нарушения комфорtnости отопления благодаря корректировке параметров температуры подачи и управлению динамикой тепловых потоков. Цифровые методы, в том числе кластеризация режимных параметров и теплогидравлическое моделирование, позволяют заранее выявлять предаварийные состояния, прогнозировать температурные и гидравлические отклонения, а также оптимизировать схемы теплоснабжения при сезонных изменениях нагрузки.

Таким образом, анализ исследований показывает, что проблема повышения эффективности и надежности теплоснабжения рассматривается комплексно – от анализа аварийности и разработки методов прогнозирования дефектов до внедрения автоматизированных ИТП, цифровых систем мониторинга и реформирования тарифной политики. Современная научная литература подчёркивает, что ключевыми направлениями развития отрасли являются: снижение тепловых потерь, модернизация оборудования, внедрение интеллектуальных систем управления, цифровизация диагностики, а также переход к долгосрочному планированию ремонтов на основе методов сетевого моделирования и технико-экономической оптимизации.

При этом в научной сфере сохраняется дефицит прикладных исследований, ориентированных на конкретные города Сибири и Алтайского края, где климатические особенности, протяжённость тепловых сетей и высокий уровень износа формируют уникальные условия эксплуатации. Это определяет актуальность выполнения исследования на примере тепловых сетей г. Бийска, учитывающего реальные параметры работы системы и особенности текущего отопительного сезона.

Несмотря на наличие широкой теоретической базы, накопленной в исследованиях последних лет, практический аспект комплексной оценки теплосетевых систем на уровне отдельного муниципального образования по-прежнему остаётся недостаточно разработанным. Особенno это актуально для регионов с резко континентальным климатом и высокой степенью износа инженерной инфраструктуры, таких как Алтайский край. В этих условиях комплексная диагностика и анализ эксплуатационных характеристик теплосетевого комплекса приобретают ключевое значение для обеспечения надёжности теплоснабжения. Именно поэтому данное исследование направлено на всесторонний анализ технического состояния и режимов работы тепловых сетей города Бийска в отопительном сезоне 2024...2025 гг., а также на разработку практического алгоритма планирования ремонтно-модернизационных мероприятий.

Отопительный сезон 2024...2025 гг. в городе Бийске прошёл без серьёзных технологических сбоев, однако сохранил характерную для стареющей инфраструктуры напряжённость. Зафиксировано 312 повреждений (+13 % по сравнению с предыдущим годом), а среднее время устранения составило 3 часа 13 минут (рис.1). Тепловые потери при транспортировке составили 9...10 %, что согласуется с высокой долей трубопроводов, выработавших нормативный срок службы. Сравнение с отопительным сезоном 2023...2024 гг. показывает отрицательную динамику: увеличение аварийности, но уменьшение времени простоя и более стабильные температурные режимы. Наиболее типичными причинами повреждений стали коррозионные утечки, потеря эксплуатационных свойств теплоизоляции и нарушения сварных стыков.

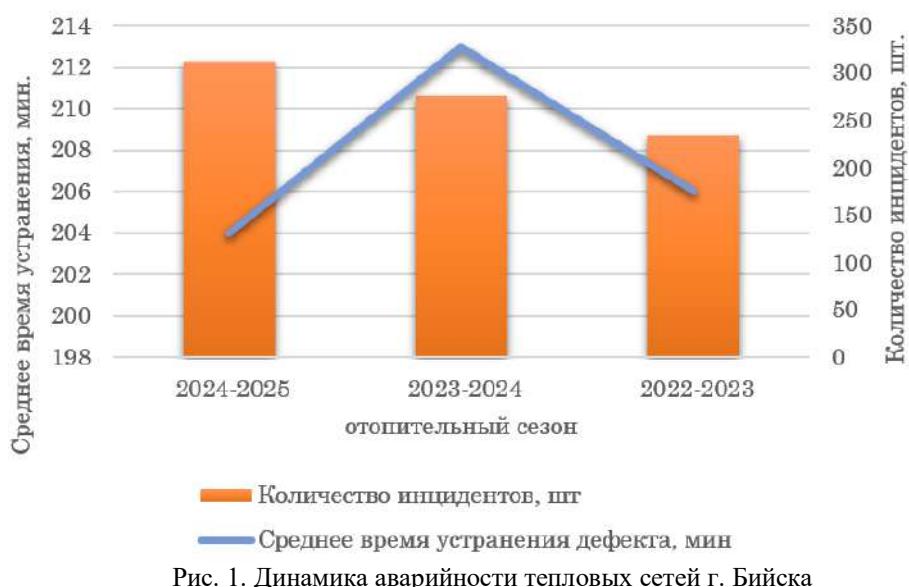


Рис. 1. Динамика аварийности тепловых сетей г. Бийска

График отражает устойчивый рост количества повреждений в тепловых сетях города Бийска за анализируемый трёхлетний период. Если в отопительном сезоне 2022...2023 гг. было зарегистрировано 235 случаев аварий, то в 2023...2024 гг. их количество увеличилось до 276, а в 2024...2025 гг. достигло 312. Такая динамика подтверждает нарастающее влияние износа трубопроводов, старения изоляции и деградации сварных соединений. Несмотря на соблюдение регламентов и относительно быстрое устранение неисправностей, частота аварийных ситуаций продолжает увеличиваться, что свидетельствует о системном характере проблемы и необходимости ускоренного обновления наиболее критичных участков тепловых сетей.

Для количественной оценки фактического состояния тепловых сетей использовалась модель расчёта степени физического износа:

$$I = (1 - e^{-k \cdot t}) \cdot 100, \quad (1)$$

где I – степень износа, %; t – срок службы, лет; k – коэффициент старения: 0,05 – при отсутствии защиты, 0,025 – при наличии катодной или комбинированной защиты.

Результаты расчета по формуле (1) представлены на рис. 2.

Для трубопровода со сроком службы $t = 25$ лет расчёт даёт:

- ✓ $\approx 71\%$ износа без защиты;
- ✓ $\approx 47\%$ при использовании антикоррозионных технологий.

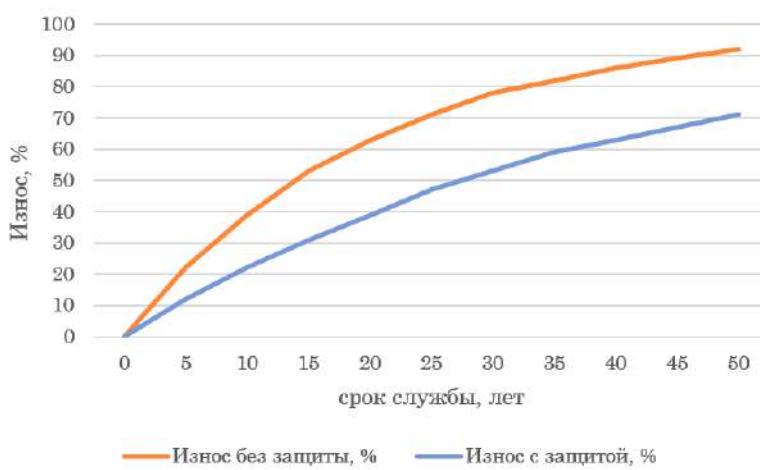


Рис. 2. Зависимость степени физического износа тепловых сетей от срока службы при наличии и отсутствии противокоррозионной защиты

Кривая показывает, что при отсутствии защитных мероприятий степень износа достигает 70 % уже к 25-му году эксплуатации, тогда как при применении анткоррозионной защиты аналогичный уровень износа достигается лишь после 40...45 лет, что подтверждает снижение скорости деградации более чем в два раза и обосновывает экономическую целесообразность защитных мероприятий.

Таким образом, современные методы защиты позволяют снизить темп деградации более чем в два раза и увеличить ресурс трубопровода до 40...45 лет.

Значительную роль в формировании эксплуатационной нагрузки играют климатические условия. Температурный анализ отопительного сезона показал, что январь и февраль 2024...2025 гг. характеризовались более низкими температурами наружного воздуха, чем в предшествующие годы, что привело к увеличению подачи тепла и росту гидравлического давления в сети. Такие нагрузки создают дополнительное напряжение на участках с высокой степенью износа, повышая вероятность аварий. Наоборот, более мягкие периоды осени и весны открывали возможности для оптимизации температурных графиков и снижения расхода теплоносителя.

Проведён анализ технологических параметров эксплуатации: средний перепад температур подающего и обратного трубопроводов составил 48 °C, рабочее давление – 0,78 МПа, утечки теплоносителя – до 1,1 % от объёма циркуляции. Полученные значения в целом соответствуют нормативным режимам, однако фиксируют повышенную нагрузку в пиковые зимние месяцы и указывают на неравномерность распределения тепловых потоков в отдельных участках сети.

Для оптимизации организации ремонтных и восстановительных работ был разработан алгоритм планирования на основе метода критического пути – Critical Path Method (CPM). Метод CPM применяется в случаях, когда длительность операций известна заранее, и позволяет выявить критические этапы, определяющие общий срок выполнения работ.

В рамках ремонтной кампании была сформирована последовательность работ, включающая полный цикл от диагностики до ввода объекта в эксплуатацию. Сначала проводилась диагностика и техническое обследование участков, на что требовалось около 15 дней. После этого приступали к проектированию и согласованию проектной документации, продолжительность которого составляла 20 дней. Далее выполнялась закупка необходимых материалов, занимавшая ещё 10 дней.

Затем начинался демонтаж изношенных участков трубопроводов, рассчитанный на 12 дней, после чего выполнялись работы по монтажу новых труб, которые продолжались в среднем 15 дней. По завершении монтажных операций проводились гидравлические и

теплотехнические испытания системы, требовавшие 5 дней. Последующим этапом было восстановление благоустройства территорий, что занимало около 8 дней. Завершался цикл работ вводом обновлённого участка теплосети в эксплуатацию, на который отводилось 3 дня. Суммарная продолжительность критического пути составила 88 дней, а временной резерв – 7...10 дней. Диаграмма Ганта (рис. 3) демонстрирует последовательность работ и наглядно выделяет критическую цепочку, определяющую возможность своевременного завершения ремонтной кампании до начала отопительного сезона.

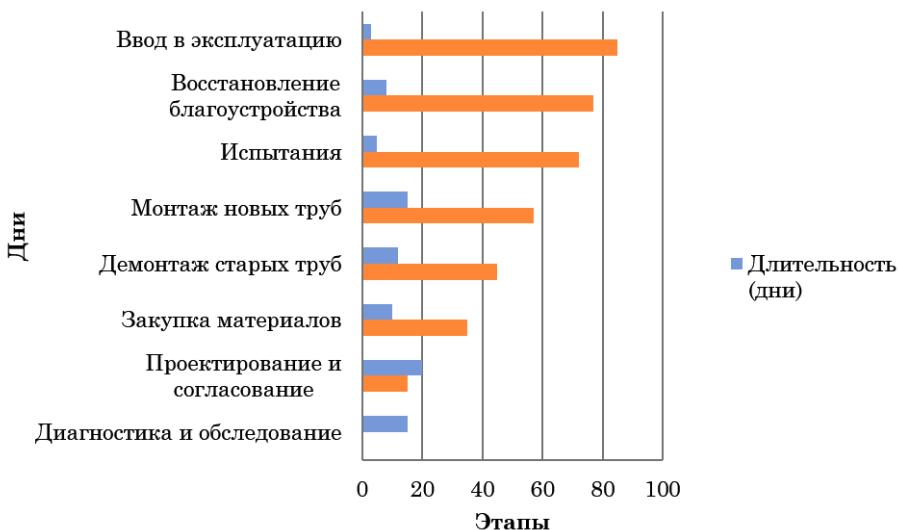


Рис. 3. Диаграмма ремонтов тепловых сетей

Алгоритм, построенный на основе СРМ, обеспечил прозрачное управление сроками, позволил выявить потенциальные узкие места и снизить риски выхода за регламентированные сроки проведения ремонтов.

В 2024 году было заменено 3,2 км трубопроводов, модернизировано 14 индивидуальных тепловых пунктов, отремонтировано 8 тепловых камер и внедрена система внутритрубной диагностики. Использование предизолированных труб ППУ с системой оперативного дистанционного контроля (ОДК) повысило надёжность теплопроводов и обеспечило возможность непрерывного мониторинга состояния изоляции.

Методологическая основа исследования включала сбор эксплуатационных данных, статистический анализ повреждений, моделирование ремонтного графика методом СРМ, расчёт тепловых потерь по температурному балансу, а также технико-экономическую оценку эффективности выполненных работ. Итоговые результаты показали: тепловые потери составили 9,4 % (-0,6 п.п. к 2023 г.), средний износ сетей – 58 %, а 34 % трубопроводов требуют замены в краткосрочной перспективе.

Оптимизация последовательности ремонтных работ позволила сократить ремонтную кампанию на 10...12 дней без снижения качества. Это подтверждает, что применение сетевых методов планирования является эффективным инструментом для управления теплосетевым хозяйством в условиях высокой степени износа и значительной климатической нагрузки.

Согласно Федеральному закону № 190-ФЗ «О теплоснабжении» и Постановлению Правительства РФ № 1075, тарифы на тепловую энергию в России формируются по принципу экономически обоснованных затрат. В Алтайском крае тарифы на 2025 год утверждены приказом РСТ № 208 от 25.11.2024 г. и имеют двухкомпонентную структуру, включающую плату за мощность и плату за потреблённую тепловую энергию. Такая система создаёт предпосылки для включения инвестиционной составляющей, позволяющей направлять средства на обновление тепловых сетей.

Однако, как показывают результаты исследований В. В. Семикашева и А. С. Терентьевой, развитие сектора централизованного теплоснабжения в России сдерживается недостаточностью инвестиционных ресурсов: авторы отмечают, что «существующие тарифные механизмы не обеспечивают необходимого уровня финансирования инфраструктуры, вследствие чего темпы замены трубопроводов остаются существенно ниже нормативных» [7]. В муниципальных теплосетевых системах эта проблема проявляется ещё острее. По данным А. С. Терентьевой, в городах Чебоксары и Новочебоксарск наблюдается «значительный износ тепловых сетей при ограниченном объёме инвестиций, что не позволяет проводить своевременную модернизацию и приводит к росту аварийности» [8]. Таким образом, оба исследования подчёркивают системный характер недофинансирования отрасли и необходимость корректировки тарифной политики для обеспечения нормативных темпов обновления тепловой инфраструктуры.

По мнению Е. А. Майер [9], существующая модель тарифного регулирования в сфере теплоснабжения не обеспечивает необходимого уровня инвестиционной активности: экономия затрат в текущем периоде приводит к снижению тарифа в следующем, а не к накоплению ресурсов на модернизацию. Это усиливает проблему износа тепловых сетей и делает невозможной реализацию долгосрочных инвестиционных программ. Для города Бийска целесообразно рассматривать следующие меры: увеличение инвестиционной части тарифа до 15...20 %, применение механизмов концессионных соглашений (Постановление № 1547), а также компенсацию затрат на противокоррозионную защиту за счёт региональных программ. Такие меры позволяют сформировать устойчивую финансовую базу для обновления тепловых сетей.

Исследование А. Р. Заяловой [10] подтверждает, что ключевой причиной ухудшения технического состояния тепловых сетей в России является хроническое недофинансирование ремонтных мероприятий, включаемых в тариф на тепловую энергию. По данным Минэнерго РФ, приведённым автором, при общей протяжённости тепловых сетей 167,4 тыс. км замены требуют 51,51 тыс. км (30,77 %), а 38,8 тыс. км (23,18 %) находятся в ветхом состоянии, причём за последние пять лет доля ветхих трубопроводов увеличилась на 2,04 тыс. км. Выполнение перекладки составляет лишь 6,7 % от необходимого объёма, что не позволяет стабилизировать уровень износа и приводит к дальнейшему росту аварийности. Автор подчёркивает, что нормативная база не содержит методики определения требуемых затрат на ремонт, вследствие чего эта статья расходов становится наиболее уязвимой при тарифном регулировании. Полученные результаты демонстрируют, что недофинансирование ремонтных работ является системным фактором, усиливающим износ тепловых сетей и ограничивающим возможности модернизации инфраструктуры.

Экономическое сравнение показывает, что замена 1 км тепловых сетей – 25...30 млн руб., а устройство противокоррозионной защиты – 5...7 млн. руб. (рис. 4).

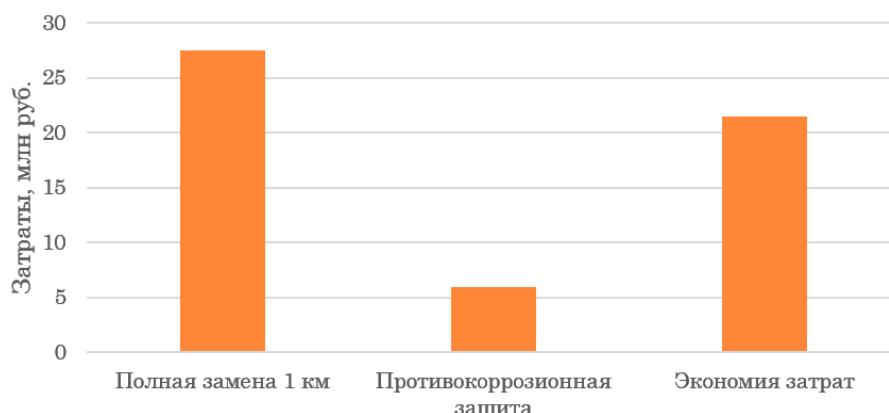


Рис. 4. Сравнение затрат на замену и противокоррозионную защиту 1 км тепловых сетей

При этом обеспечивается продление ресурса на 15 лет и экономия капитальных вложений до 75 %. Полученные данные, в сочетании с сокращением аварийности на 45 % на защищённых участках, подтверждают высокую целесообразность включения антикоррозионных мероприятий в долгосрочные программы модернизации.

Заключение.

Анализ работы системы теплоснабжения г. Бийска в отопительном сезоне 2024...2025 гг. показал, что существенная часть тепловых сетей эксплуатируется за пределами нормативного срока службы, а средний износ около 58 % остаётся ключевой причиной роста аварийности.

Исследование параметров теплоносителя показало выполнение температурных графиков, однако пиковые зимние нагрузки выявили неравномерность распределения тепловых потоков и возможные скрытые утечки. Климатические условия января...февраля 2025 г. создали повышенную нагрузку на трубопроводы, усилив тепловые потери.

Экономическая оценка мероприятий показала эффективность антикоррозионных технологий, позволяющих снизить скорость старения металла и сократить капитальные затраты на 70...75 % по сравнению с полной заменой труб. Дальнейшая реализация таких подходов требует корректировки тарифной политики и увеличения инвестиционной составляющей.

Применение метода критического пути подтвердило возможность оптимизации ремонтной кампании и сокращения её продолжительности на 10...12 дней. В целом результаты исследования демонстрируют необходимость перехода к стратегическому управлению теплосетевым хозяйством, основанному на цифровом мониторинге, модернизации инфраструктуры и системном повышении надёжности теплоснабжения в условиях сухого климата Алтайского края.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Руколеев, А. В.** Состояние и перспективы модернизации системы теплоснабжения Бийска / А. В. Руколеев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 3(34). – С. 37-45.
2. Совершенствование системы централизованного теплоснабжения: анализ и предложения по повышению надёжности / И. Г. Ахметова, А. Я. Сабирзанов, А. Р. Нурисламова, Д. Т. Ахметов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2025. – Т. 17. – № 1(65). – С. 71-79.
3. **Иванов, Д. С.** Анализ надёжности системы теплоснабжения на примере теплосети п. аэропорт г. Волгограда / Д. С. Иванов, Т. В. Ефремова // ИВД. – 2022. – № 6(90).
4. **Горинов, Ю. А.** Модернизация городских индивидуальных тепловых пунктов / Ю. А. Горинов, П. Н. Анисимов, Е. В. Егошин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2023. – № 25(6). – С. 43-53.
5. **Стенников, В. А.** Методы тарифного регулирования в теплоснабжении и возможные последствия перехода в ценовую зону «альтернативная котельная» / В. А. Стенников, А. В. Пеньковский // Энергетическая политика. – 2023. – № 11(190). – С. 92-107.
6. **Соколов, Ю. И.** Системный кризис жилищно-коммунального хозяйства России / Ю. И. Соколов // Проблемы анализа риска. – 2020. – Т. 17. – № 5. – С. 10-25.
7. **Семикашев, В. В.** Прогноз развития сектора централизованного теплоснабжения до 2030 г / В. В. Семикашев, А. С. Терентьева // Проблемы прогнозирования. – 2024. – № 3(204). – С. 43-55.
8. **Терентьева, А. С.** Оценка состояния и перспектив развития систем теплоснабжения в городах Чебоксары и Новочебоксарск в Чувашской Республике / А. С. Терентьева // Проблемы развития территории. – 2024. – Т. 28. – № 2. – С. 24-39.

9. **Майер, Е. А.** Проблемы регулирования тарифов в сфере теплоснабжения / Е. А. Майер // Молодой ученый. – 2019. – № 23(261). – С. 499-501.

10. **Залилова, А. Р.** Затраты на ремонт в структуре тарифа на тепловую энергию / А. Р. Залилова // XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика: материалы докладов: в 3 т., Казань, 06...07 декабря 2022 года. Том 3. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 282-285.

Поступила в редакцию 24 ноября 2025

ANALYSIS OF THE RELIABILITY AND ENERGY EFFICIENCY OF HEATING SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF HEATING NETWORKS IN BIYSK-CITY FOR THE 2024–2025 HEATING SEASON

A. V. Rukoleev

Andrey Vladimirovich Rukoleev, Cand. Sc. (History), Associate Professor at the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Processes and Apparatuses of Chemical Technology, Biysk Technological Institute (branch) of the Altai State Technical University named after I. I. Polzunov, Biysk, Russia, tel.: +7(961)243-03-68; e-mail: rukoleev.av@yandex.ru

The article presents a comprehensive study of the technical condition and operational characteristics of the centralized heating system in the city of Biysk-city based on the results of the 2024...2025 heating season. The study is based on an analysis of the parameters of the heat carrier, the amount of heat loss, the dynamics of accidents, the degree of physical deterioration of the pipelines, and the effectiveness of the repair and modernization measures implemented. The study shows that the harsh continental climate and high degree of deterioration of the engineering infrastructure create significant challenges for the heating network, with 312 reported damage cases and heat loss reaching 9...10 %. Despite compliance with temperature schedules, there has been an increase in the supply temperature and flow rate of the heat carrier during the coldest months, indicating possible hidden leaks and uneven distribution of heat flows. Special attention was paid to assessing the wear and tear of pipelines using an exponential aging model. It was found that the use of anti-corrosion technologies reduces the rate of metal degradation by more than two times and provides economic efficiency of up to 70...75 % compared to the complete replacement of pipes. I present the results of modeling repair work using the critical path method, which made it possible to optimize the duration of the heating campaign and identify critical operations. The results of this study can be used in the development of programs for the modernization of heating networks, improving the reliability of heat supply, improving tariff policies, and formulating strategies for the energy-efficient development of municipal infrastructure.

Keywords: heat supply; operation; accidents; tariff; wear and tear; anti-corrosion protection; network planning.

REFERENCES

1. **Rukoleev A. V.** *The State and Prospects of Modernization of the Biysk Heat Supply System*. Housing and Public Utilities. 2025. No. 3(34). Pp. 37-45. (in Russian)
2. **Akhmetova I. G., Sabirzanov A. Ya., Nurislamova A. R., Akhmetov D. T.** *Improvement of the Centralized Heat Supply System: Analysis and Proposals for Increasing Reliability*. Bulletin of Kazan State Power Engineering University. 2025. Vol. 17. No. 1(65). Pp. 71-79. (in Russian)
3. **Ivanov D. S., Efremova T. V.** *Analysis of the reliability of the heat supply system on the example of the heating network of Volgograd airport*. IVD. 2022. No. 6(90). (in Russian)

4. Gorinov Yu. A., Anisimov P. N., Egoshin E. V. *Modernization of urban individual heating points*. News of higher educational institutions. Energy Problems.2023. No. 25(6). Pp. 43-53. (in Russian)
5. Stennikov V. A., Penkovsky A. V. *Methods of tariff regulation in heat supply and possible consequences of transition to the price zone “alternative boiler house”*. Energeticheskaya politika. 2023. No. 11(190). Pp. 92-107. (in Russian)
6. Sokolov Yu. I. *Systemic crisis of housing and communal services in Russia*. Problems of risk analysis. 2020. Vol. 17. No. 5. Pp. 10-25. (in Russian)
7. Semikashev V. V., Terentyeva A. S. *Forecast of the Development of the Centralized Heat Supply Sector until 2030*. Problems of Forecasting. 2024. No. 3(204). Pp. 43-55. (in Russian)
8. Terentyeva A. S. *Assessment of the State and Prospects for the Development of Heat Supply Systems in the Cities of Cheboksary and Novocheboksarsk in the Chuvash Republic*. Problems of Territory Development. 2024. Vol. 28, No. 2. Pp. 24-39. (in Russian)
9. Mayer E. A. *Problems of Tariff Regulation in the Sphere of Heat Supply*. Young Scientist. 2019. No. 23(261). Pp. 499-501. (in Russian)
10. Zalyalova A. R. *Repair Costs in the Structure of the Heat Energy Tariff*. XXVI All-Russian Postgraduate and Master's Scientific Seminar Dedicated to the Day of the Power Engineer: Proceedings in 3 Volumes, Kazan, December 6...7, 2022. Volume 3. Kazan, Kazan State Power Engineering University. 2023. Pp. 282-285. (in Russian)

Received 24 November 2025

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Руколеев, А. В. Анализ показателей надёжности и энергоэффективности систем теплоснабжения на примере тепловых сетей г. Бийска за отопительный сезон 2024...2025 гг. / А. В. Руколеев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 38-47. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.004.

FOR CITATION:

Rukoleev A. V. *Analysis of the reliability and energy efficiency of heating systems on the example of heating networks in Biysk-city for the 2024...2025 heating season*. Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 38-47. DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.004. (in Russian)

ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ВЗРЫВОЗАЩИТНОГО КЛАПАНА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

С. А. Яременко, О. И. Гайдаш, К. В. Гармонов, М. Н. Жерлыкина

Яременко Сергей Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)207-22-20; e-mail: iaremenko@cchgeu.ru

Гайдаш Олег Игоревич, аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)207-22-20; e-mail: gkh.kaf@cchgeu.ru

Гармонов Кирилл Валерьевич, канд. техн. наук, и.о. декана факультета инженерных систем и сооружений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)207-22-20; e-mail: kgarmonov@cchgeu.ru

Жерлыкина Мария Николаевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: mzherlykina@cchgeu.ru

Представлено описание назначения взрывозащитных клапанов в системах вентиляции. Акцентировано внимание на прочностных характеристиках конструкции клапанов и их влияние на надежность и долговечность систем вентиляции энергоресурсоснабжающих объектов жилищно-коммунального хозяйства. Выявлено, что основными элементами устройства перекрытия вентиляционных каналов, на которые приходится максимальная нагрузка при его срабатывании, являются горизонтальные трубы. Представлена 3-D задача определения максимального давления при допустимых значениях остаточной деформации трубы клапана, выполненная в среде численного моделирования ANSYS LS-DYNA. Установлены значения давления на входе и выходе из взрывозащитного клапана, при которых остаточная деформация не превышает заданных значений. В результате установлено, что при данной нагрузке конструкция взрывозащитного клапана сохранит свою изначальную геометрию. Представлены результаты 3D-моделирования нагружения трубы и расчет давления фронта ударной волны в разные моменты времени. Установлено, что при установке взрывозащитного клапана, фиксированном максимальном давлении ударной волны при подходе к первому датчику, пиковом давлении на втором датчике падение давления составляет более 90 %. Выполнено исследование для случая взрывопожарной ситуации и отсутствия в системе вентиляции взрывозащитного клапана. В результате установлено падение давления в трубе не более 10 %. Подтверждена целесообразность применения взрывозащитного клапана для повышения надежности системы в случае возникновения взрывоопасной ситуации и исключения разрушения элементов от воздействия ударной волны.

Ключевые слова: вентиляция; взрывозащищенный клапан; безопасность; датчик; труба; давление.

Взрывозащищённый клапан в системах вентиляции является модернизированной версией стандартного противопожарного клапана, предназначенного для использования в помещениях с повышенной взрывоопасностью. Такие клапаны применяются в общеобменной и приточно-вытяжной вентиляции производственных предприятий, в помещениях которых осуществляется изготовление, хранение или переработка взрывоопасных веществ.

Прочностные характеристики элементов взрывозащитного клапана вентиляционных систем включают требования к конструкции, материалам и методам испытаний. Эти характеристики важны, так как клапаны предназначены для эксплуатации во взрывоопасных

средах и должны обеспечивать надёжность и долговечность, особенно в условиях агрессивных сред или при высоких температурах.

В [1] представлены результаты аналитического исследования по выявлению опасных ситуаций, в результате которых возможны аварии на энергоресурсоснабжающих объектах жилищно-коммунального хозяйства. В результате численного моделирования нагружения вентиляционного универсального взрывозащитного клапана ударной волной установлена целесообразность его применения. Для совершенствования существующих устройств в соответствии с федеральными нормами и правилами и учетом внешних воздействий природного и техногенного происхождения представлена рекомендация по модернизации современных конструкций универсальных взрывозащитных клапанов [2...6].

Основными элементами устройства перекрытия вентиляционных каналов, на которые приходится максимальная нагрузка при его срабатывании, являются горизонтальные трубы. В них возникают наибольшие напряжения от воздействия ударной волны, поэтому необходимо выполнить аналитические исследования и произвести расчет на прочность данного элемента конструкции [5...10].

В среде численного моделирования ANSYS LS-DYNA поставлена 3-Д задача, цель которой определить максимальное давление, при котором остаточная деформация трубы клапана, диаметром 60 мм, длинной 500 мм и толщиной стенки 3 мм, не будет превышать допустимого $\varepsilon_{ост} \leq 0,02D$, где D – диаметр трубы, $\varepsilon_{ост} \leq 1,2$ мм. Труба жестко закреплена с обоих концов, как показано на рис. 1.

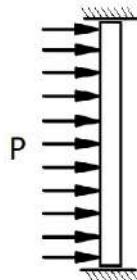


Рис. 1. Принципиальная схема нагружения трубы

Получено, что при давлении $P_\varepsilon = 230$ МПа остаточная деформация не превышает 0,25 мм, следовательно, при такой нагрузке конструкция взрывозащитного клапана сохранит свою изначальную геометрию. Результаты 3D-моделирования нагружения трубы и распределения нагрузок по поверхности представлены на рис. 2.

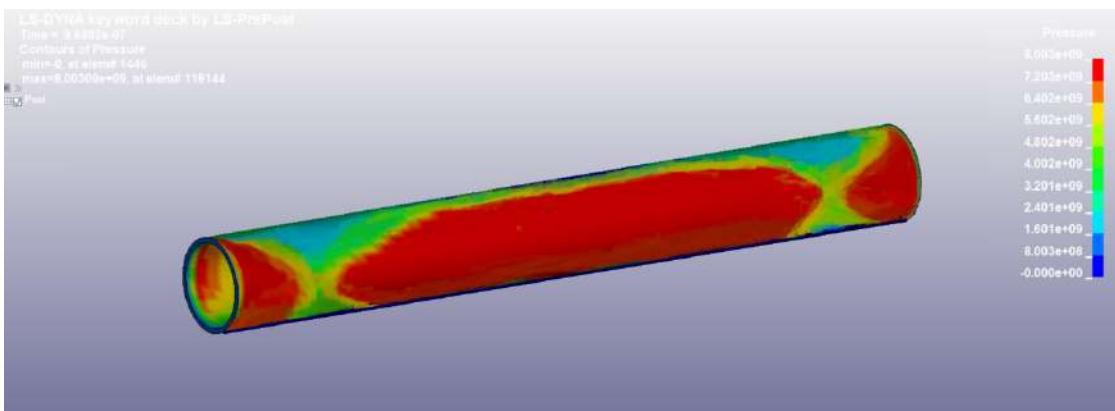


Рис. 2. Нагружение трубы давлением $P_\varepsilon = 230$ МПа

На рис. 3 представлены результаты расчета зависимости остаточной деформации трубы от времени. Таким образом, процесс идет с затуханием явления деформации по об-

ратно пропорциональной зависимости и определяется величиной давления нагружения трубы.

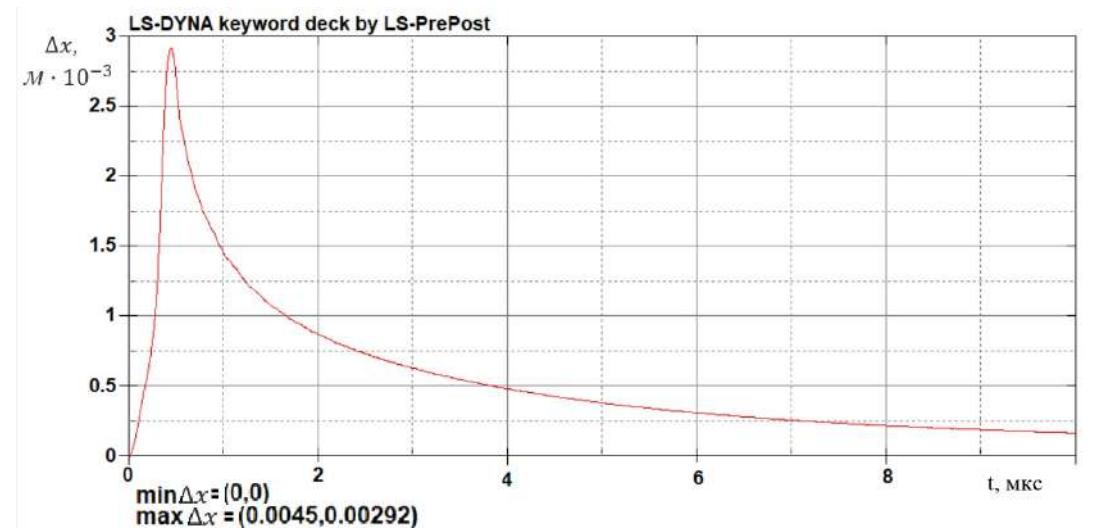
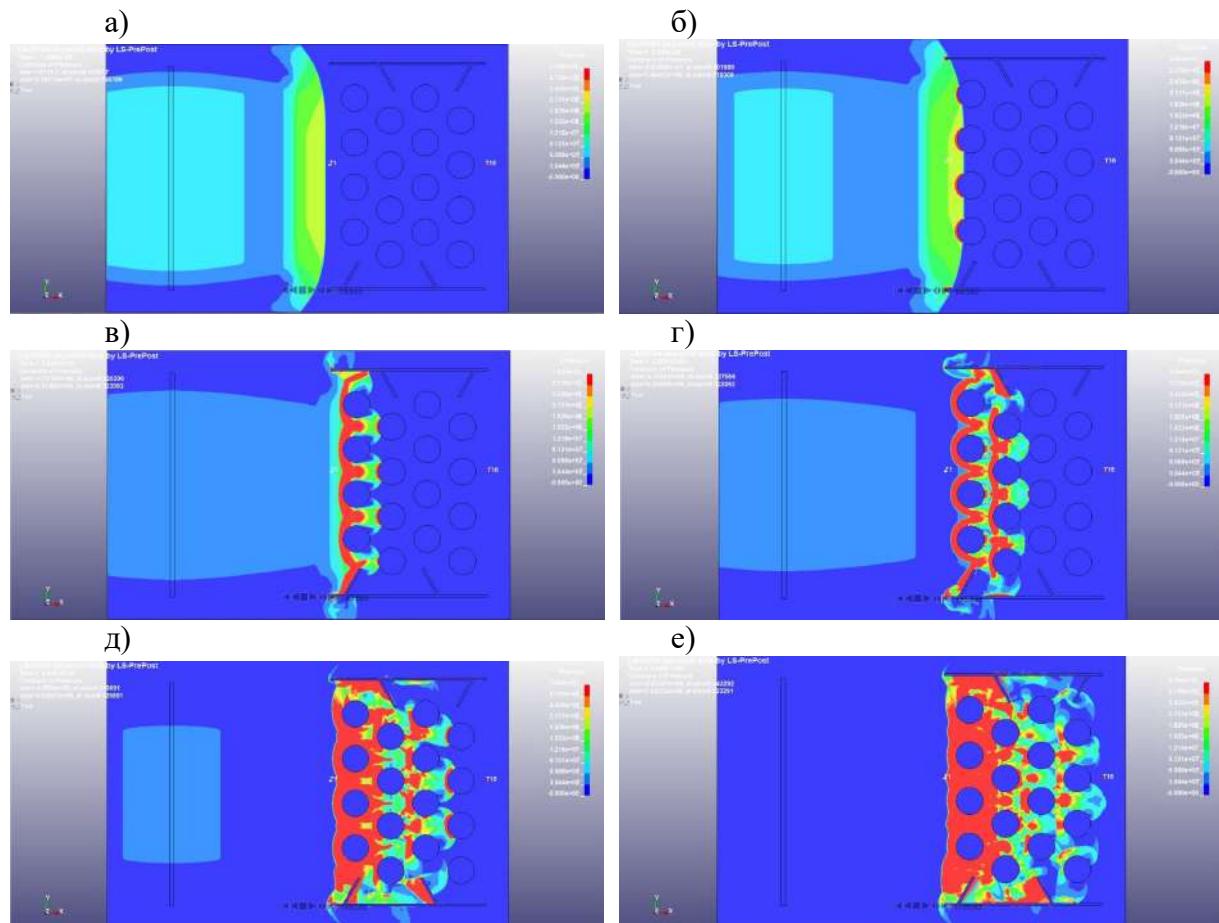


Рис. 3. График зависимости остаточной деформации трубы от времени

Расчет давления на выходе из УПВК при начальном $P=230$ МПа

Целью задачи является определение значения давления на выходе из клапана в случае нагружения конструкции давлением $P_e = 230$ МПа, при котором не будет наблюдаться остаточных деформаций. Результаты 3D-моделирования нагружение трубы и расчет давления фронта ударной волны в разные моменты времени представлено на рис. 4.



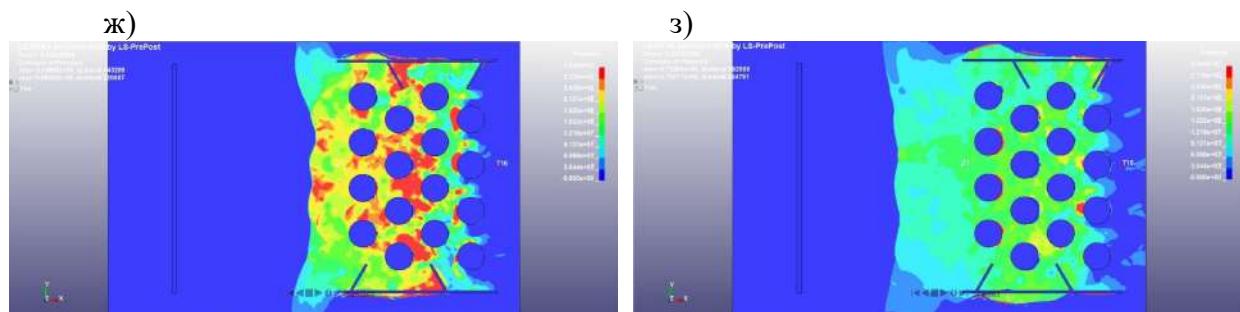


Рис. 4. Распределение давления фронта ударной волны на выходе из взрывозащитного клапана в момент времени:

а – 74 мкс; б – 85 мкс; в – 100 мкс; г – 120 мкс; д – 150 мкс; е – 170 мкс; ж – 280 мкс; з – 375 мкс

Таким образом, установлено, что максимальное давление ударной волны при подходе к первому датчику составляет $P_h = 227$ МПа, а пиковое давление на втором датчике $P_k = 17,7$ МПа. Падение давления составило 92 %. Результаты расчета зависимости давления от времени на входе и на выходе клапана представлены на рис. 5 и рис. 6.

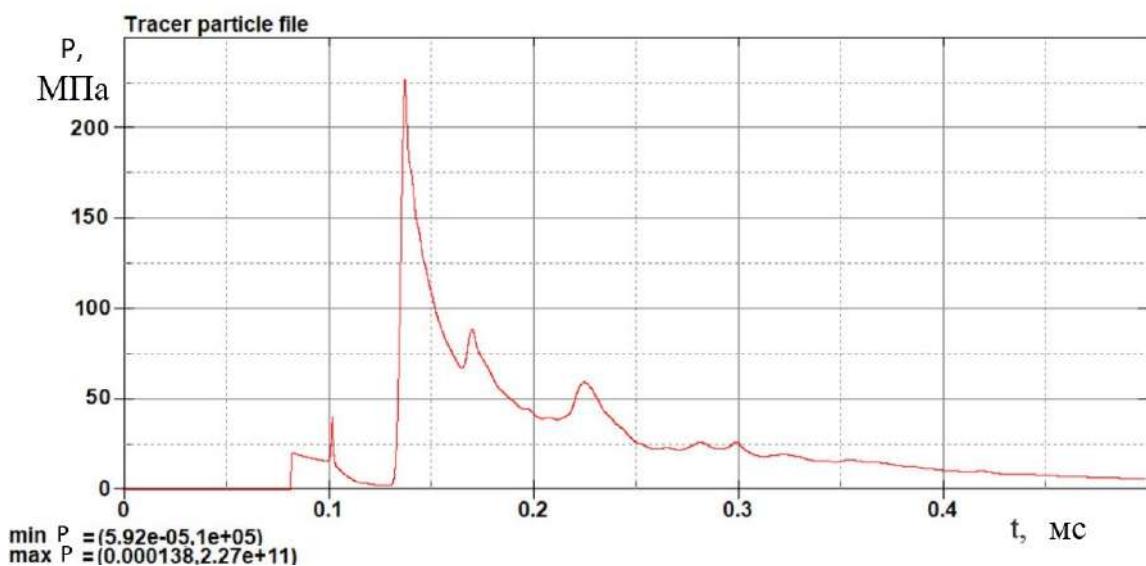


Рис. 5. График зависимости давления от времени на входе в клапан

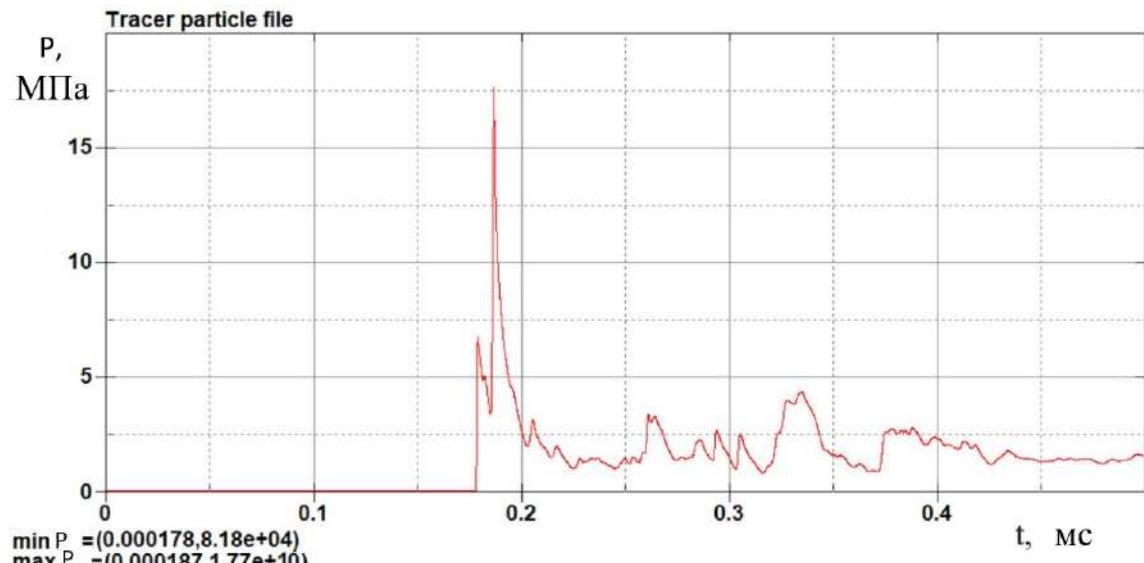


Рис. 6. График зависимости давления от времени на выходе из клапана

Для сравнительного анализа была поставлена задача, в которой взрывозащитный клапан отсутствовал. В этом случае датчик, определяющий давление на выходе, зарегистрировал давление $P = 227$ МПа, а давление на выходе составило $P = 210,8$ МПа. Падение давления в данном случае составило 7 %.

Результаты численного моделирования распределение давления фронта ударной волны в трубе при отсутствии взрывозащитного клапана представлены на рис. 7, расчет зависимости давления от времени на датчиках давления, установленных на входе и на выходе трубы представлен на рис. 8.

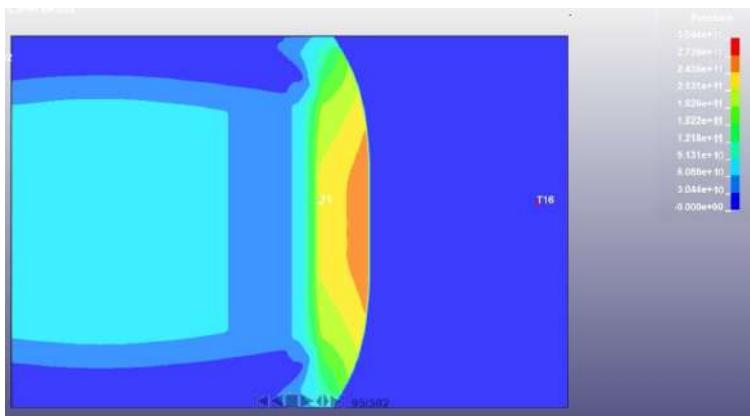


Рис. 7. Распространение ударной волны в трубе при отсутствии взрывозащитного клапана

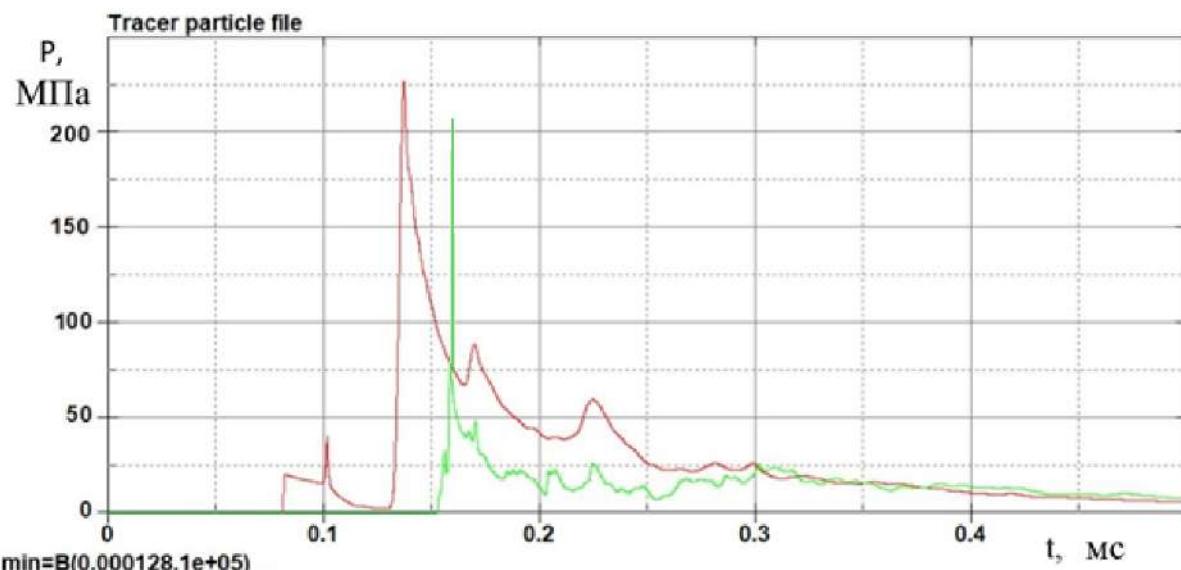


Рис. 8. График зависимости давления от времени на датчиках давления:
красная линия – на входе в трубу; зеленая линия – на выходе из трубы

Таким образом, применение взрывозащитного клапана повышает надежность системы в случае возникновения взрывоопасной ситуации и исключает разрушение элементов от воздействия ударной волны.

Заключение.

В ходе численно-аналитических исследований доказана целесообразность применения взрывозащитных клапанов в системах вентиляции промышленных предприятий и объектов топливно-энергетического комплекса.

Установлено, что их использование значительно повышает надёжность системы вентиляции при возникновении взрывоопасной ситуации и предотвращает разрушение элементов, в том числе труб от воздействия ударной волны.

Результаты исследований предназначены для модернизации современных конструкций универсальных взрывозащитных клапанов в системах вентиляции на взрывопожароопасных производствах и энергоресурсоснабжающих объектах жилищно-коммунального хозяйства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Яременко, С. А.** Математическое моделирование нагружения взрывозащитного клапана в системах вентиляции / С. А. Яременко, О. И. Гайдаш, М. Н. Жерлыкина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 3(30). – С. 37-45. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.30.3.004
2. **Эльтерман, В. М.** Вентиляция химических производств / В.М. Эльтерман. – Москва: Химия, 1980. – 288 с.
3. **Полосин, И. И.** Динамика процессов промышленной вентиляции // Автореферат диссертации доктора технических наук. – Воронеж, 2001.
4. **Жерлыкина, М. Н.** Повышение эффективности аварийной вентиляции производственного помещения для обеспечения взрывобезопасности при выбросах химических веществ/ диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Воронеж, 2006. – 166 с.
5. Numerical study of the non-azeotropic mixture outflow in event accident in the building cooling system / M. N. Zherlykina, Yu. A. Vorobieva, M. S. Kononova, S. A. Yaremenko / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сеп. "International Science and Technology Conference "Earth Science", ISTC EarthScience 2022 – Chapter 4." 2022.
6. Реализация математической модели для оценки эффективности схем организации воздухообмена в цехах гальванопокрытий / И. И. Полосин, С. Н. Кузнецов, А. В. Портянников, А. В. Дерепасов // Приволжский научный журнал. – 2009. – № 2(10). – С.42-47.
7. **Гримитлин, А. М.** Отопление и вентиляция производственных помещений / А. М. Гримитлин, Т. А. Дацюк. – Санкт-Петербург: АВОК Северо-Запад, 2007. – 399 с.
8. Энергетические спектры пульсационной скорости в свободных турбулентных вентиляционных потоках / С. А. Яременко, И. И. Переславцева, Н. А. Руднева, В. А. Малин // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – № 3 (8). – С. 32-38.
9. **Скрыпник, А. И.** Расчетная модель определения наиболее вероятной величины вентиляционного выброса химических веществ при аварийной ситуации / А. И. Скрыпник, М.Н. Жерлыкина // Известия ВУЗов. Строительство. –Новосибирск, 2004. – № 5. – С.72-75.
10. **Zherlykina, M. N., Kononova, M. S., Vorobeva, Y. A.** Emergency ventilation industrial premises of chemical industry enterprises / M. N. Zherlykina, M. S. Kononova, Y. A., Vorobeva / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сеп. «International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety – 4. Construction Technology and Organization» 2019. С. 044016.

Поступила в редакцию 6 декабря 2025

NUMERICAL AND ANALYTICAL STUDIES OF THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE EXPLOSION-PROOF VALVE ELEMENTS OF VENTILATION SYSTEMS

S. A. Yaremenko, O. I. Gaidash, R. V. Garmonov, M. N. Zherlykina

Sergey Anatolevich Yaremenko, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)207-22-20; e-mail: iaremenko@cchgeu.ru

Oleg Igorevich Gaidash, post-graduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)207-22-20; e-mail: gkh.kaf@cchgeu.ru

Kirill Valerievich Garmonov, Cand. Sc. (Tech.), Dean of the Faculty of Engineering Systems and Sanitary Constructions, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)207-22-20; e-mail: kgarmonov@cchgeu.ru

Marya Nikolaevna Zherlykina, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)207-22-20; e-mail: mzherlykina@cchgeu.ru

The article presents a description of the purpose of explosion-proof valves in ventilation systems. It focuses on the strength characteristics of the valve design and their impact on the reliability and durability of ventilation systems in energy- and resource-supplying facilities in the housing and communal services sector. It was revealed that the main elements of the ventilation duct closure device that bear the maximum load during its activation are the horizontal pipes. The article presents a 3-D problem of determining the maximum pressure at acceptable values of the residual deformation of the valve pipe, which was solved using the ANSYS LS-DYNA numerical simulation software. We determined the values of the pressure at the inlet and outlet of the explosion-proof valve, at which the residual deformation does not exceed the specified values. As a result, it is established that under this load, the structure of the explosion-proof valve will retain its original geometry. We present the results of 3D modeling of the pipe loading and the calculation of the shock wave front pressure at different points in time. It was established that when an explosion-proof valve is installed, the maximum shock wave pressure is fixed when approaching the first sensor, and the peak pressure at the second sensor drops by more than 90 %. We also analyzed the case of an explosive fire incident and the absence of an explosion-proof valve in the ventilation system. As a result, the pressure drop in the pipe was no more than 10 %. So we confirmed the necessity of use of an explosion-proof valve to increase the system's reliability in the event of an explosive situation and prevent damage to the system components caused by the shock wave.

Keywords: ventilation; explosion-proof valve; safety; sensor; pipe; pressure.

REFERENCES

1. **Yaremenko S. A., Gaidash O. I., Zherlykina M. N.** *Mathematical modeling of loading of an explosionproof valve in ventilation systems.* Housing and utilities infrastructure. 2024. No. 3(30). Pp. 37-45. DOI 10.36622/2541-9110.2024.30.3.004. (in Russian)
2. **Elterman V. M.** *Ventilation of chemical manufactures.* Moscow. Chemistry. 1980. 288 p. (in Russian)
3. **Polosin I. I.** *Dynamics of processes of industrial ventilation.* Voronezh. 2001. (in Russian)
4. **Zherlykina M. N.** *Increase of efficiency of emergency ventilation of industrial premises for maintenance of explosion safety at emissions of chemical substances.* The dissertation of the candidate of engineering sciences. Voronezh. 2006. 166 p.
5. **Zherlykina M. N., Vorobieva Yu. A., Kononova M. S., Yaremenko S. A.** *Numerical study of the non-azeotropic mixture outflow in event accident in the building cooling system.* IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. "International Scientific and Technology Conference "Earth Science". EarthScience. 2022. Chapter 4. 2022.
6. **Polosin I. I.** *Realisation of mathematical model for an estimation of efficiency of schemes of the organisation of air exchange in shops Galvanocoverings.* Privolzhsky scientific bulletin. 2009. No. 2(10). Pp.42-47. (in Russian)

7. **Grimitlin A. M.** *Heating and ventilation of industrial premises*. St.-Petersburg, the Northwest AVOK. 2007. 399 p. (in Russian)
8. **Yaremenko S. A.** *Energy spectra of the pulsation velocity in free turbulent ventilation flows*. Scientific journal. Engineering systems and facilities. 2012. No. 3(8). Pp. 32-38. (in Russian)
9. **Skrypnik A. I.** *Calculation model for determining the most probable value of venting of chemical substances in an emergency situation*. News of Universities. Building. Novosibirsk. 2004. No. 5. Pp.72-75. (in Russian)
10. **Zherlykina M. N., Kononova M. S., Vorobeva Y. A.** *Emergency ventilation industrial premises of chemical industry enterprises*. IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering. Issue. "International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety – 4. Construction Technology and Organization" 2019. Pp. 044016.

Received 6 December 2025

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Численно-аналитические исследования прочностных характеристик элементов взрывозащитного клапана вентиляционных систем / С. А. Яременко, О. И. Гайдаш, К. В. Гармонов, М. Н. Жерлыкина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 48-55. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.005.

FOR CITATION:

Yaremenko S. A., Gaidash O. I., Garmonov R. V., Zherlykina M. N. *Numerical and analytical studies of the strength characteristics of the explosion-proof valve elements of ventilation systems*. Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 48-55. DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.005. (in Russian)

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫВНЫХ ВОД И ОБРАБОТКА ОСАДКА СТАНЦИИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

А. В. Бахметьев, В. Ю. Хузин

Бахметьев Александр Викторович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(951)859-46-65; e-mail: bahmetev1970@mail.ru

Хузин Владимир Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(908)136-88-49; e-mail: v.huzin@mail.ru

Приведены качественные характеристики подземных вод, обозначена одна из основных проблем при их использовании, заключающаяся в повышенном содержании железа. Стандартные мероприятия по обезжелезиванию приводят к образованию осадка, ухудшающего экологическую обстановку в районе эксплуатации очистных сооружений. В работе представлен анализ вариантов утилизации осадка станции обезжелезивания и предложен наиболее эффективный метод утилизации в естественных условиях при отсутствии в районе эксплуатации устойчивого морозного или засушливого климата. Предложены конструктивные мероприятия по совершенствованию станций обезжелезивания, направленные на продление срока эксплуатации сооружений по обезвоживанию осадка.

Ключевые слова: обезжелезивание; песколовка; отстойник; осадконакопитель; дренаж; водовыпуск; влажность осадка; концентрация взвешенных веществ.

В настоящее время, при водоснабжении населенных мест, использующих, в качестве источника водоснабжения подземные воды, остро стоит вопрос удаления из воды повышенного содержания железа и марганца. При большом водопотреблении населенного пункта, проблема обезжелезивания решается, чаще всего, за счет эксплуатации станций обезжелезивания, которые состоят, как правило, из скрытых фильтров. Известно, что фильтрующую загрузку таких фильтров необходимо регулярно промывать большим количеством воды. Отработанные промывные воды затем направляются в отстойники промывных вод, песколовки или резервуары усреднители.

Количество промывных вод, поступающих в отстойник промывных вод от промывки одного фильтра

$$W_{\text{пр}} = \frac{q \cdot t \cdot 60}{1000}, \quad (1)$$

где q – расход на промывку одного фильтра, л/с; t – время промывки, мин.

Для повторного использования промывных вод требуются следующие сооружения [1]:

- ✓ резервуары-отстойники (не менее двух), объем каждого из которых должен принять промывную воду от одного фильтра.
- ✓ песколовки (не менее двух), предназначенные для задержания возможного, при промывке фильтров, выноса песка.
- ✓ насосы для перекачки отстоянной промывной воды на повторное использование (в головной узел станции водоподготовки – камеру переключения), насосы для удаления выпавшего осадка и насосы-дозаторы для дозированной подачи полиакриламида (ПАА).

Схема движения промывных вод при повторном использовании приведена на рис. 1.

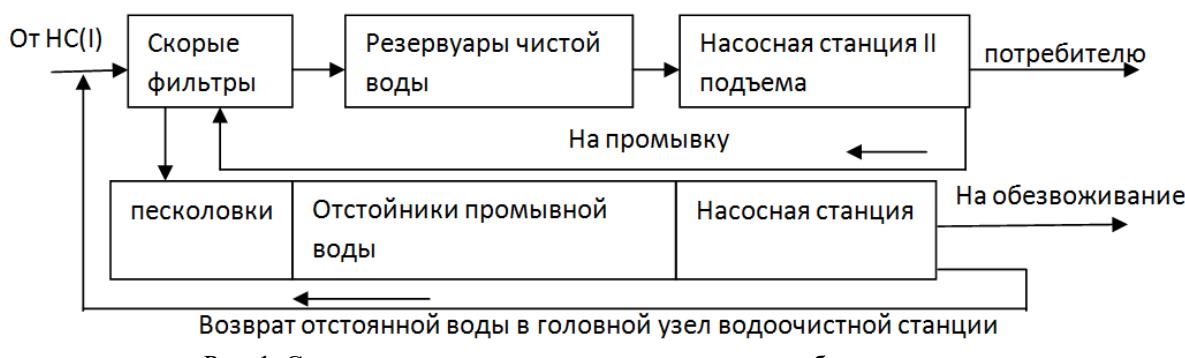


Рис. 1. Схема движения промывных вод на станции обезжелезивания

На станциях безреагентного обезжелезивания, при повторном использовании промывных вод, вода в отстойниках промывных вод осветляется 4 часа. С целью уменьшения времени отстаивания до одного часа, в трубопровод, подающий промывную воду в отстойник, вводится полиакриламид дозой 0,08...0,16 мг/л [СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» (Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*)]. Для приготовления полиакриламида рекомендуется установка растворения полиакриламида (УРП), на которой готовится полиакриламид нужной концентрации и затем насосами-дозаторами подается в трубопровод сброса промывных вод от станции обезжелезивания. Концентрация полиакриламида 0,1 % [2]. ПАА привозится в виде геля 10 % раствора [2].

Количество полиакриамида, необходимого для обработки промывной воды, определяется в зависимости от принятой дозы ПАА, объема воды необходимого на промывку одного фильтра, расчетного количества фильтров и числа промывок каждого из них.

Производительность дозирующего насоса рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{н.д.}} = \frac{Q_{\phi} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \right) \times D \left(\frac{\text{г}}{\text{м}^3} \right)}{\% \text{ПАА} \left(\frac{\text{г}}{\text{л}} \right)}, \quad (2)$$

где Q_{ϕ} – расход воды, необходимый для промывки, $\text{м}^3/\text{ч}$; $D(\text{мг/л})$ – доза ПАА, %; ПАА – концентрация водного раствора полиакриламида: равна 0,1 % или 1 г/л.

При расчете отстойников промывных вод следует иметь в виду, что по высоте различают зону осаждения и зону накопления осадка.

Высота зоны осаждения ($H_{\text{з.о.}}$) принимается в пределах 3...3,5 м. Исходя из этого, площадь отстойника ($F_{\text{отс.}}$) = $W_{\text{пр}}/H_{\text{з.о.}}$, а глубина воды при заполнении отстойника $H_{\text{в.}}$ = $W_{\text{пр}}/F_{\text{отс.}}$.

Для определения зоны накопления осадка необходимо проанализировать временные и количественные данные заполнения, пребывания и отбора воды и осадка из отстойника.

Расчеты производятся на содержание (в том числе в перспективе) железа, а также увеличение мутности. Таким образом, за цикл между промывками (12 часов, при количестве промывок 2 раза в сутки) можно найти количество, г, поданных загрязнений на каждый фильтр.:

$$M_{\phi} = C_{\text{взвеси}} \frac{Q_{\text{ст}}}{24 \times N_{\phi}} t_{\phi}, \quad (3)$$

где $C_{\text{взвеси}}$ – возможная концентрация взвеси, мг/л ; $Q_{\text{ст}}$ – расчетная производительность станции, $\text{м}^3/\text{сут.}$; N_{ϕ} – количество фильтров; t_{ϕ} – время фильтроцикла (чаще всего 12 часов).

Если считать, что вся взвесь удаляется при промывке, то концентрация взвеси в промывной воде составит $C_{\text{взвеси}} = M_{\phi}/W$.

Объем зоны накопления и уплотнения осадка, для непрерывно-заполняемых отстойников, определяется из формулы:

$$W_{3, \text{н.}} = \frac{24 Q_{\text{час}} (C_{\text{исх}} - m)}{N \delta} T, \quad (4)$$

где: $Q_{\text{час}}$ – расчетный расход воды, приходящий на отстаивание, $\text{м}^3/\text{ч.}$; $C_{\text{исх}}$ – концентрация взвеси в исходной воде, мг/л ; m – концентрация взвеси в отстоянной воде, мг/л ; T – продолжительность действия отстойника между чистками, сут.; δ – средняя по всей высоте осадочной части концентрация твердой фазы осадка, г/м^3 ; N – количество отстойников.

Следовательно, для циклично-заполняемых отстойников получим:

$$W_{\text{з.н}} = \frac{W_{\text{пр}} \times n(C_{\text{пр}} - m)}{N\delta}, \quad (5)$$

где: $W_{\text{пр}}$ – объем воды, необходимый на промывку одного фильтра, м^3 ; n – количество фильтров, промываемых за цикл работы отстойника (время между выгрузками осадка); $C_{\text{пр}}$ – концентрация взвеси в промывной воде после промывки фильтра, г/м^3 ; m – концентрация взвеси в отстоянной воде, г/м^3 ; N – количество отстойников; δ – средняя по всей высоте осадочной части концентрация твердой фазы осадка, г/м^3 , в зависимости от мутности воды и продолжительности интервалов между сбросами.

Чтобы избежать завихрения осадка и подсос его в трубопровод осветленной воды, этот трубопровод располагают в нижней части зоны осветления на расстоянии не менее 0,2 м от верхней границы осадка [3].

Таким образом, количество возвращаемой воды, м^3 , составляет:

$$W_{\text{в.в.}} = (H_{\text{в}} - (H_{\text{ос}} + 0,2)) \cdot F_{\text{отс.}} \quad (6)$$

Эту воду в течение часа необходимо возвратить в головной узел станции обезжелезивания. Для этого подбирается насос с необходимой подачей и напором, который должен быть на 1,5...2 м больше напора насосов, подающих исходную воду (от скважин).

Песковки следует предусматривать перед отстойниками. Они могут представлять собой пирамидальный бункер, шириной 2 м, длиной – во всю ширину отстойника и глубиной в центральной части 0,4...0,5 м. Для гашения напора (скорости) в трубе, подающей промывную воду, в начале песковки устраивается водобойная стенка высотой 0,8 м. На границе с отстойником устанавливается перфорированная перегородка с диаметрами отверстий 0,08...0,1 м. Удаление задержанного песка из песковок следует предусмотреть: при его количестве до 0,1 $\text{м}^3/\text{сут.}$ – вручную; при большем количестве – гидромеханическим способом с отводом песка за пределы песковки гидроэлеваторами или песковыми насосами.

Сброс осадка, осуществляется канализационными насосами на сооружения по обработки осадка. Наиболее перспективным и широко применяемым за рубежом способом обработки осадков станций водоподготовки является их механическое обезвоживание.

Механическое обезвоживание осадков природных вод на станциях водоподготовки может осуществляться на камерных и ленточных фильтр-прессах, вакуум-фильтрах [4, 5], нутч-фильтрах [6], а также на установках обработки осадка в поле центробежных сил (центрифуги и гидроциклоны). В нашей стране на станциях обезжелезивания большой производительности осадок подвергается механическому обезвоживанию крайне редко, главным образом, из-за значительной строительной и эксплуатационной стоимости этих работ.

При наличии вблизи станций водоподготовки свободных территорий чаще всего прибегают к обезвоживанию осадков в естественных условиях, когда осадок обезвоживается на площадках сушки, площадках замораживания и в осадконакопителях.

Площадки сушки эффективно эксплуатируются в регионах с устойчивым жарким, засушливым летом, что на территории России встречается редко.

Площадки замораживания для обезвоживания осадка могут устраиваться в северных и северо-восточных районах нашей страны с устойчивым зимним периодом (более 2 месяцев в году).

В других регионах, для обезвоживания осадка, чаще всего, предусматриваются накопители. В качестве накопителей используются хорошо спланированные площадки с

искусственным (бетонным) основанием, обвалованные по периметру (высота вала 2м.). (рис. 2 и рис. 3).

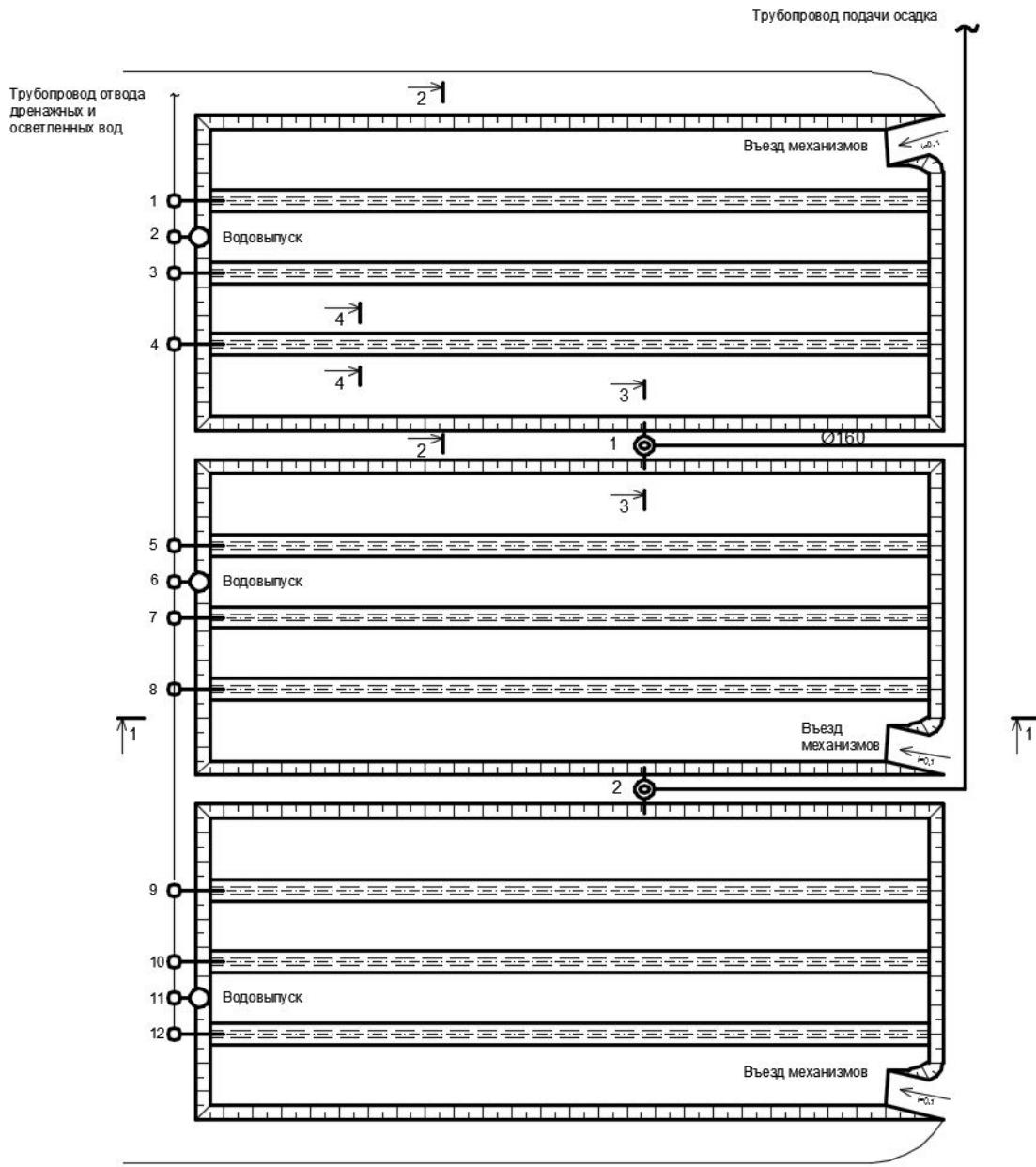


Рис. 2. Конструкция трехсекционного осадконакопителя (вид сверху)

Для ускорения процесса обезвоживания осадка и своевременного отвода дренажной воды, в днище накопителей устраиваются несколько дренажных траншей, с уклоном к водосборному колодцу, заполненных зернистым материалом, с постепенным увеличением крупности зерен сверху вниз (рис. 3, разрез 4-4).

По окончании срока эксплуатации накопителя обезвоженный осадок из него выбирается специализированной техникой (экскаваторы, бульдозеры, скреперы и т.д.) с частичным удалением верхних слоев зернистого материала заполняющего водоотводные (дренажные) траншеи. Далее железосодержащий осадок, может быть использовать повторно [7]. Одним из направлений в использовании такого осадка может служить его применение для изготовления жаростойких покрытий различных конструкций [8] или использование его как добавки в производстве портландцемента и керамзита, мастики и

шпатлёвок, заменяя им мел, а также в качестве вяжущего материала в кладочных растворах и бетонах [9]. Срок эксплуатации накопителя 10 лет.

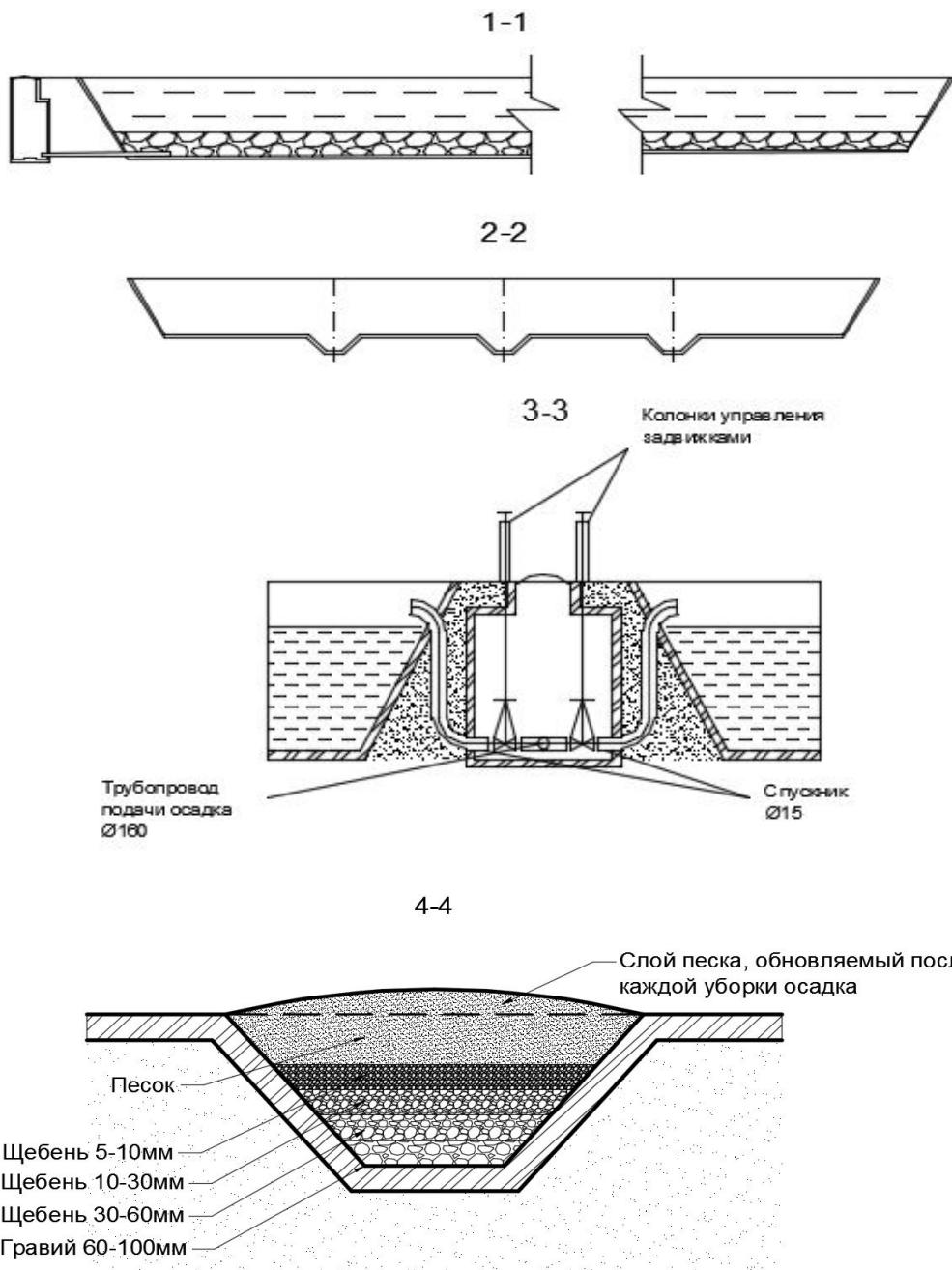


Рис. 3. Конструкция трехсекционного осадконакопителя (разрезы)

Осадок может быть применён для удаления сероводорода из газов [10]. Для отбора осветленной воды с разных уровней, в накопителе устраиваются водовыпуски (рис. 4).

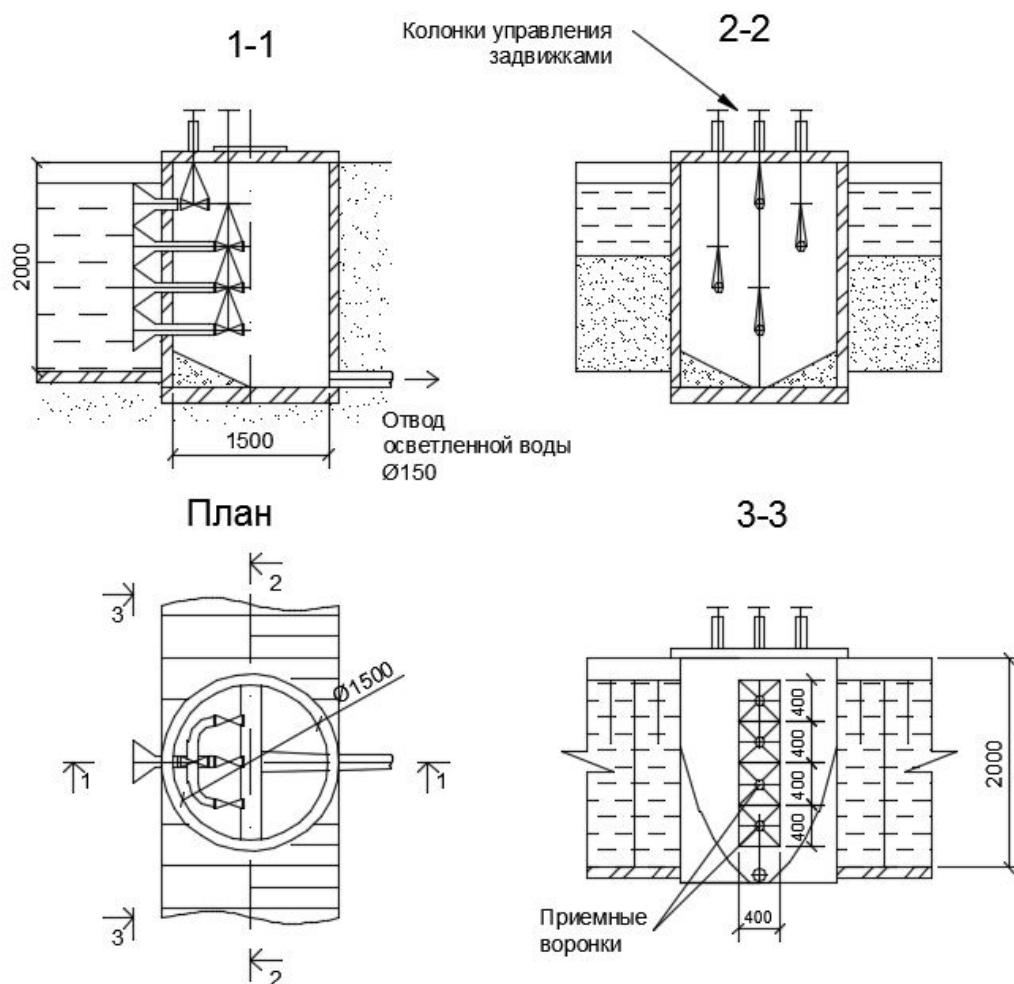


Рис. 4. Конструкция водовыпусков

По данным [Пособие к СНиП 2.04.02 – 84. Проектирование сооружений для обезвоживания осадков станций очистки природных вод. – Москва: Стройиздат, 1990] объем накопителя $W_{\text{нак}}$, м^3 , определяется по формуле:

$$W_{\text{нак}} = 10^{-4} Q T_n C_{\text{ср}} \left[\frac{1}{(100-P_1)\rho_1} + \frac{1}{(100-P_2)\rho_2} + \dots + \frac{1}{(100-P_{n-1})\rho_{n-1}} + \frac{1}{(100-P_n)\rho_n} \right], \quad (7)$$

где Q – расчетный расход исходной воды (промывной воды, поступающей на обработку), $\text{м}^3/\text{сут}$; $C_{\text{ср}}$ – среднегодовая концентрация взвешенных веществ в исходной воде (промывной воде, поступающей в отстойник после промывки фильтров), $\text{г}/\text{м}^3$; $T_n = 365$ сут – длительность подачи осадка в году; $P_1, P_2, P_3 \dots P_{(n-1)}$ и $\rho_1, \rho_2, \rho_3 \dots \rho_{(n-1)}$ – соответственно среднее значение влажности и плотности осадка первого, второго, третьего....($n - 1$) года эксплуатации накопителя, P_n и ρ_n – влажности и плотности для средней длительности уплотнения осадка в расчетном году или в характерный период года.

Зная объем накопителя, с наиболее распространенной глубиной 2 метра, определяются линейные размеры сооружения. Чаще всего длина (L) принимается 50 м, а установленная ширина, как правило, состоит из нескольких секций по 20 м. Каждая секция заполняется попеременно в течении года.

Заключение.

Рассмотрено текущее состояние и проблемы эксплуатации сооружений по обработке промывных вод водоочистных сооружений населенных пунктов с заборов воды из подземных источников. На основе проведенного обзора существующих сооружений обезжелезивания воды показано, что механическое обезвоживание осадков станций обезжелези-

вания, чаще всего требует высоких капитальных и эксплуатационных затрат, а традиционные сооружения обработки осадков в естественных условиях не дают нужного эффекта из-за отсутствия необходимых климатических условий.

Предложено использование модернизированных осадконакопителей с дренажными траншеями по днищу и устройством многоуровневых водовыпусков, обеспечивающих устойчивое и эффективное обезвоживание осадков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Житенев, Б. Н.** Очистка промывных вод станций обезжелезивания подземных вод коагулированием в присутствии фосфатов / Б. Н. Житенев, Л. Е. Йорданова // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 553-568. – DOI 10.22227/1997.
2. Реконструкция сооружений повторного использования промывной воды фильтров станции обезжелезивания / Г. Д. Мартыненко, А. Я. Найманов, А. А. Найманова, А. И. Кармалов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2020. – № 10. – С. 14-20.
3. **Шевелев, Ф. А.** Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Справочное пособие. – 8-е изд. / Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – Москва: ООО «Бастет», 2007. – 336 с.
4. **Курочкин, Е. Ю.** Вакуум-фильтрование – как альтернатива обработки осадков промывных вод станций обезжелезивания / Е. Ю. Курочкин // Вестник ТГАСУ. – 2000. – № 2. – С. 27-33.
5. **Курочкин, Е. Ю.** Вакуум-фильтрование на тонкой вертикальной фильтрующей перегородке / Е. Ю. Курочкин, Н. Ю. Курочкина // Современные строительные материалы и технологии. Сборник научных статей III Международной конференции. – Калининград, 2021. – С. 121-126.
6. **Мамошкин А. В., Уваров В. А.** Способ утилизации промывных вод станции обезжелезивания воды. Патент № 2757125 С1 Российская Федерация, МПК C02F 1/52, B01D 21/02, B01D 21/24. : № 2020139532 : заявл. 01.12.2020 : опубл. 11.10.2021 заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», общество с ограниченной ответственностью «Инновационный Центр «АВЕЛИТ».
7. **Колесник, А. С.** Обработка и утилизация осадка промывных вод станции обезжелезивания подземных вод / А. С. Колесник, Е. В. Устинова // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2024. – Т. 2. – С. 103-105.
8. Использование железосодержащих осадков водоочистных станций для производства красящих / Ю. С. Саркисов, В. В. Дзюбо, Л. И. Алферова, Е. Ю. Курочкин // Проблемы строительного материаловедения: Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции. – Томск, 1998. – С. 88-91.
9. **Янин, Е. П.** Осадок железосодержащих подземных питьевых вод (образование, особенности, проблемы утилизации) // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. – 2008. – № 4. – С. 26-57.
10. **Житенев, Б. Н.** Проблемы повторного использования промывных вод станций обезжелезивания воды / Б. Н. Житенев, Л. Е. Шеина // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2002. – № 2. – С. 31-32.

Поступила в редакцию 11 ноября 2025

REUSE OF WASH WATER AND SLUDGE TREATMENT AT THE IRON REMOVAL STATION

A. V. Bakhmetyev, V. Yu. Khuzin

Alexander Viktorovich Bakhmetyev, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(951)859-46-65; e-mail: bahmetev1970@mail.ru

Vladimir Yuryevich Khuzin, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(908)136-88-49; e-mail: v.huzin@mail.ru

In the article we present the qualitative characteristics of groundwater, highlight one of the main challenges associated with its use which is elevated iron content. Standard iron removal procedures result in the formation of sludge, which worsens the environmental situation in the area where treatment facilities operate. This paper presents an analysis of options for iron removal plant sludge disposal and proposes the most effective method for natural disposal in areas without a stable frost or arid climate. We propose some design measures to improve iron removal plants, aimed at extending the service life of sludge dewatering facilities.

Keywords: iron removal; sand trap; sump; sludge tank; drainage; water outlet; sludge humidity; suspended solids concentration.

REFERENCES

1. **Zhitenev B. N., Yordanova L. E.** *Purification of wash water from groundwater iron removal plants by coagulation in the presence of phosphates*. Bulletin of MGSU. 2020. Vol. 15. No. 4. Pp. 553-568. DOI 10.22227/1997-0935.2020.4.553-568. (in Russian)
2. **Martynenko G. D., Naimanov A. Ya., Naimanova A. A., Karmalov A. I.** *Reconstruction of facilities for the reuse of wash water from iron removal plant filters*. Water supply and sanitary engineering. 2020. No. 10. Pp. 14-20. (in Russian)
3. **Shevelev F. A., Shevelev A. F.** *Tables for Hydraulic Calculation of Water Pipes*. Reference Manual. Moscow. LLL Bastet. 2007. 336 p. (in Russian)
4. **Kurochkin E. Yu.** *Vacuum filtration as an alternative for treating sludge from wash waters of iron removal stations*. Bulletin of TSUACE. 2000. No. 2. Pp. 27-33. (in Russian)
5. **Kurochkin E. Yu.** *Vacuum filtration as an alternative to the treatment of sludge from washing water from de-icing station*. Bulletin of TSASU. 2000. No. 2. Pp. 27-33. (in Russian)
6. **Mamoshkin A. V., Uvarov V. A.** *Method for disposal of wash water from a water iron removal station*. Patent No. 2757125 C1 Russian Federation, IPC C02F 1/52, B01D 21/02, B01D 21/24.: No. 2020139532: declared 01.12.2020: published. 11.10.2021. The applicant is Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, LLL Innovation Center AVELIT. (in Russian)
7. **Kolesnik A. S., Ustinova E. V.** *Treatment and disposal of sludge from wash water of a groundwater iron removal plant*. Scientific, technical and economic cooperation of the Asia-Pacific countries in the 21st century. 2024. Vol. 2. Pp. 103-105. (in Russian)
8. **Sarkisov Yu. S., Dzyubo V. V., Alferova L. I., Kurochkin E. Yu.** *Use of Iron-Containing Sludge from Water Treatment Plants for the Production of Dyes*. Problems of Construction Materials Science: Collection of Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Tomsk. 1998. Pp. 88-91. (in Russian)
9. **Yanin E. P.** *Sediment of Iron-Containing Underground Drinking Water (Formation, Features, and Utilization Problems)*. Scientific and Technical Aspects of Environmental Protection. 2008. No. 4. Pp. 26-57. (in Russian)
10. **Zhitenev B. N., Sheina L. E.** *Problems of reuse of wash water from water iron removal plants*. Bulletin of the Brest State Technical University. 2002. No. 2. Pp. 31-32. (in Russian)

Received 11 November 2025

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Бахметьев, А. В. Повторное использование промывных вод и обработка осадка станции обезжелезивания / А. В. Бахметьев, В. Ю. Хузин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 56-64. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.006.

FOR CITATION:

Bakhmetyev A. V., Khuzin V. Yu. *Reuse of wash water and sludge treatment at the iron removal station.* Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 56-64. DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.006. (in Russian)

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПЕРВИЧНОГО ОТСТОЙНИКА

К. И. Чижик, И. Ю. Пурусова

Чижик Константин Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация, тел.: +7(958)565-3441; irkyt-44@yandex.ru

Пурусова Ирина Юрьевна, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(910)249-29-85; vps_na@list.ru

Проведён анализ повреждений радиального первичного отстойника формы на канализационных очистных сооружениях, вызванных длительным сроком эксплуатации. Габаритные размеры, материал несущих конструкций, полученные повреждения в процессе эксплуатации первичного отстойника взяты по техническим отчетам. В результате визуального обследования железобетонной конструкции первичного отстойника были выявлены повреждения и деформации, влияющие на эксплуатационную надежность резервуара. Установлено, что требуется восстановление герметичности и мероприятия для продления срока службы первичного отстойника. Определён порядок выполнения работ по бетонированию внутренней чаши отстойника. Приведены результаты моделирования в программном комплексе ЛИРА-САПР, показано распределение давления грунта на внешнюю стенку отстойника и распределение давления воды на внутренние стенки отстойника.

Ключевые слова: первичный отстойник; бетонирование; армирование.

В технологическом процессе очистки сточных вод первичные отстойники входят в блок механической очистки [1...3], где происходит процесс осветления подаваемой сточной воды от механических примесей и взвеси. В процессе эксплуатации происходит потеря герметичности чаши отстойника, связанная с процессами старения и износа.

Реконструкция монолитных железобетонных резервуаров сточных вод предполагает восстановление целостности и усиление конструкций ёмкости, согласно ГОСТ Р 72113-2025 «Канализационные очистные сооружения. Организация и проведение пусконаладочных работ. Общие требования» и СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции».

Целью работы является обоснование варианта реконструкции первичного отстойника радиальный формы [4...6], расположенного на Люберецких канализационных очистных сооружениях, АО «Мосводоканал» г. Москва (рис. 1).

Срок эксплуатации исследуемого железобетонного первичного отстойника составляет более 30 лет. Проведённый анализ его повреждений показал, что возникла необходимость в реконструкции отстойника по истечении срока службы [7...8], а также были выявлены значительны повреждения и деформации. На очистных сооружениях отсутствует проектная и исполнительная документация на строительство, не указаны габаритные размеры и материал несущих конструкций. Полученные повреждения в процессе эксплуатации первичного отстойника взяты по техническим отчетам эксплуатирующей организации.

Исходные данные по результатам обследования первичного отстойника приведены в (табл. 1).



Рис. 1. Внешний вид исследуемого первичного отстойника на канализационных очистных сооружениях, г. Москва

Таблица 1

Геометрические данные по результатам обследования первичного отстойника

Наименование параметра	Значение параметра
Высота стенок	$h = 4,32$ м
Толщина стенок	$t = 250$ мм
Внешний диаметр	$D = 40$ м
Высота вертикального откоса	$h_c = -1,21$ м

Резервуар первичного отстойника имеет уровень ответственности II (нормальный), среда условий эксплуатации на Люберецких очистных сооружениях химически-слабоагрессивная, отстойник на построен на песчаных грунтах.

В результате визуального обследования железобетонной конструкции первичного отстойника были выявлены следующие повреждения, влияющие на эксплуатационную надежность резервуара:

- ✓ газовая коррозия;
- ✓ разрыхление и разрушение защитного слоя бетона внутренних поверхностей;
- ✓ оголение арматуры;
- ✓ коррозия арматуры стен.

По результатам обследования состояние резервуара признано как с ограниченной работоспособностью. В ходе обследования установлено, что требуется восстановление герметичности и мероприятие для продления срока службы. Полная потеря несущей способности элементов отстойника отсутствует.

Для восстановления работоспособности первичного отстойника на очистных сооружениях выбран способ бетонирования внутренней чаши с дополнительным армированием чаши резервуара арматурой А500С. Такие конструктивные решения по восстановлению не требует больших материальных затрат, а также привлечения специалистов из подрядных организаций для выполнения работ.

Согласно Техническому регламенту эксплуатирующей организации с учётом сопротивляемости истиранию потоком воды для стенок канализационных камер класс бетона по прочности на сжатие принимается не ниже В35.

Реконструкция отстойника способом бетонирования внутренней чаши состоит из трёх этапов, порядок выполнения работ приведён в (табл. 2).

Конструкции резервуара воспринимают действующие на них нагрузки (табл. 3) с учётом пространственной работы и взаимодействия с песчаными грунтами, соответствующими условиям строительства.

Таблица 2

Порядок выполнения работ по бетонированию внутренней чаши отстойника

Этап	Наименование процесса по бетонированию внутренней чаши отстойника
1	откапывание котлована на 1,5 м с внешней стороны вокруг стен отстойника
2	отбивание бетона с сохранением армирования существующих конструкций стен на глубину откопки; армирование новых конструкций чаши отстойника с перевязкой стен резервуара
3	выставление опалубки с последующим бетонированием и вибрированием; заполнение пионерного котлована песком средней крупности, коэффициент уплотнения 0,95

Таблица 3

Расчетные параметры в результате обследования первичного отстойника

Наименование параметра	Значение параметра
Собственный вес конструкции (по плотности бетона)	$\rho = 2,5 \text{ т/м}^3$
Нагрузки от вращающейся фермы на железобетонный пояс отстойника	$F = 0,2 \text{ т/м}^2$
Сбор нагрузок на стенку первичного отстойника от давления грунта	
Равнодействующая активного давления	$P_a = 6,17 \text{ т}$
активное давления грунта по глубине:	
в верхней точке отстойника	
в уровне планировочной отметки грунта	$0,51 \text{ т/м}^2$
в нижней точке отстойника	
в уровне низа чаши по грани со стеной	$2,34 \text{ т/м}^2$
Коэффициент бокового активного давления грунта по Мюллер-Бреслау	$K_a = 0,217$

Проведено моделирование в программном комплексе ЛИРА-САПР по определению внешних и внутренних нагрузок на чашу отстойника. На (рис. 2) показано распределение давления грунта на внешнюю стенку исследуемого отстойника. На (рис. 3) показано распределение давления воды на внутренние стенки первичного отстойника.

С учетом определенных выше нагрузок проведены расчёты конструкции отстойника по восстановлению несущей способности. На (рис. 4) показано расчётное распределение давления воды в действующем первичном отстойнике с учетом загруженности резервуара, в соответствии с технологическим процессом очистки воды.

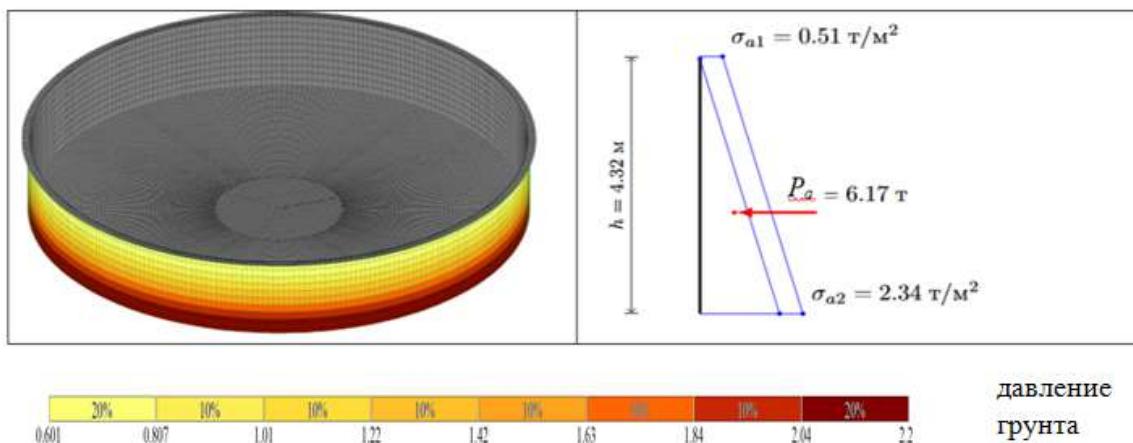


Рис. 2. Распределение давления грунта на внешнюю стенку отстойника

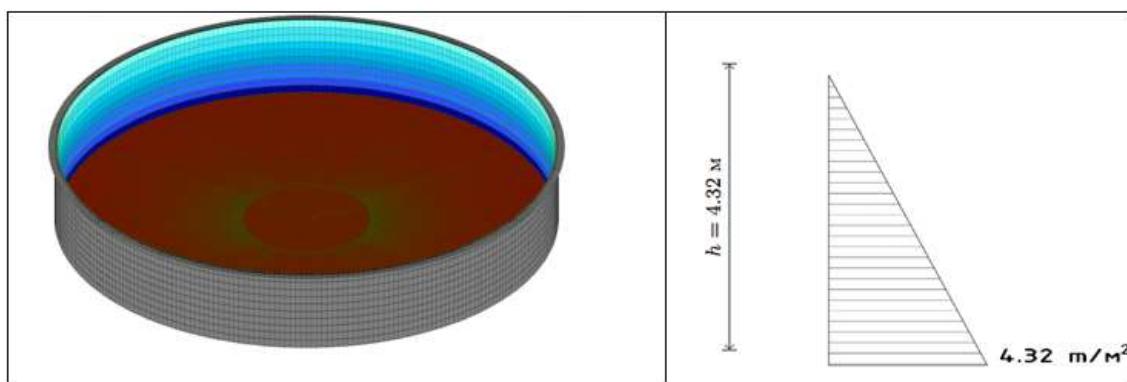


Рис. 3. Распределение давления воды на внутренние стенки отстойника

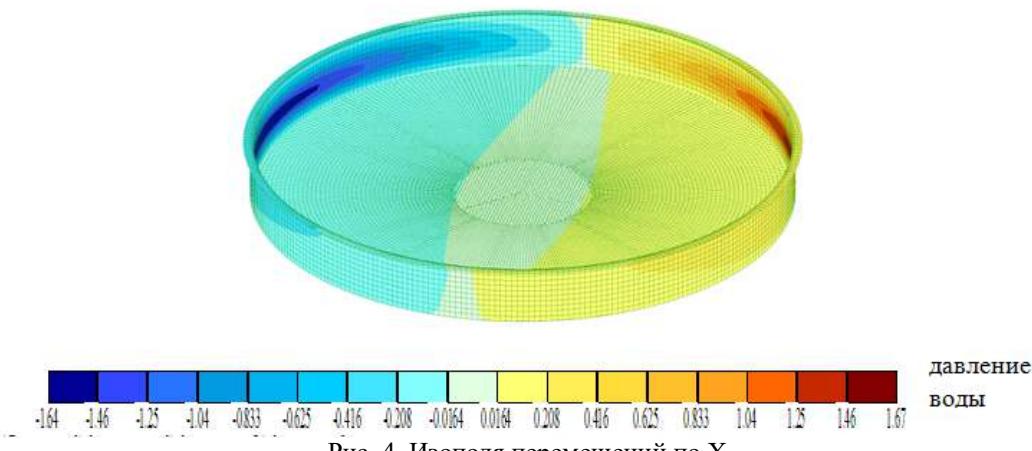


Рис. 4. Изополя перемещений по X

Результаты моделирования позволяют сделать вывод, что предложенные конструктивные решения по восстановлению резервуара обеспечивают достаточную прочность и позволяют продолжить выполнять технологические процессы по очистке сточных вод.

Заключение.

Определён порядок выполнения работ по реконструкции первичного отстойника способом бетонирования внутренней чаши отстойника с дополнительным армированием чаши, с разбивкой по этапам.

В результате программного моделирования показано расчётное распределение давления грунта на внешнюю стенку первичного отстойника, а также получено расчётное распределение давления воды для действующего отстойника после восстановления несущей способности, которое полностью соответствует требованиям технологического процесса очистки сточных вод на канализационных очистных сооружениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чупин, В. Р. Современное состояние, перспективы и пути развития систем водоснабжения и водоотведения, методы их расчета, построения и организации эксплуатации / В. Р. Чупин // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2023. – Т. 13, № 2(45). – С. 359-368.

2. Гурский, В. А. Опыт развития объектов водоотведения на примере города Тюмени / В. А. Гурский, Д. А. Бычков, М. В. Обухова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(23). – С. 82-90.

3. Пурусова, И. Ю. Эксплуатация действующих насосных станций: учебно-методическое пособие / И. Ю. Пурусова. – Воронеж, 2023. – С. 68.

4. Пурусова, И. Ю. Выбор насосных агрегатов для локальных очистных сооружений поверхностного стока при строительстве автодороги / И. Ю. Пурусова, К. И. Чижик // Яковлевские чтения – 2023. Системы водоснабжения и водоотведения. Современные проблемы и решения: сборник докладов участников XVIII Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева, Москва, 16...17 марта 2023 года / Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2023. – С. 71-77.

5. Реконструкция станции перекачки совместно уплотненных осадков из первичных отстойников / Ф. В. Кармазинов, В. И. Цветков, Ю. А. Ильин [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – № 5. – С. 21-24.

6. Янцен, О. В. Современные решения по реконструкции малых канализационных очистных сооружений: конструкции и расчет / О. В. Янцен // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 9. – С. 57-61.

7. Харькина, О. В. Техническое задание на реконструкцию очистных сооружений: как избежать ошибок / О. В. Харькина // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2021. – № 2. – С. 48-53.

8. Кевбрин, М. В. Внедрение современных технологий при строительстве и реконструкции очистных сооружений АО «Мосводоканал» / М. В. Кевбрин, А. М. Гаврилин, А. А. Пронин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2021. – № 6. – С. 36-45.

Поступила в редакцию 8 декабря 2025

GROUNDS OF CONSTRUCTIVE SOLUTIONS FOR RESTORATION OF PERFORMANCE AT THE PRIMARY SEDIMENTATION TANK

K. I. Chizhik, I. Yu. Purusova

Konstantin Ivanovich Chizhik, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Water Supply and Sanitation, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, tel.: +7(958)565-3441; e-mail: irkyt-44@yandex.ru

Irina Yurievna Purusova, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(910)249-29-85; e-mail: vps_na@list.ru

In the article we analyzed damage to the radial primary sedimentation tank at sewage treatment plants, caused by long-term operation. The overall dimensions, material of the supporting structures, and damage sustained during operation of the primary sedimentation tank were taken from technical reports. A visual inspection of the reinforced concrete structure of the primary sedimentation tank revealed damage and deformations affecting the tank's operational reliability. It was determined that the seal had to be restored, and some measures to extend the service life of the primary sedimentation tank were badly required. A procedure for concreting the inner bowl of the sedimentation tank was determined. In the article we present the results of modeling using the LIRA-ESCS software package, demonstrating the distribution of soil pressure on the outer wall of the sedimentation tank and the distribution of water pressure on the inner walls of the sedimentation tank.

Keywords: primary sedimentation tank; reconstruction; pressure on walls; concreting; reinforcement.

REFERENCES

1. **Chupin V. R.** *Current state, prospects and ways of development of water supply and sewerage systems, methods for their calculation, construction and organization of operation.* News of universities. Investments. Construction. Real estate. 2023. T. 13. No. 2(45). Pp. 359-368. (in Russian)
2. **Gursky V. A.** *Experience in the development of water disposal facilities on the example of the city of Tyumen.* Housing and communal infrastructure. 2023. No. 4(23). Pp. 82-90. (in Russian)
3. **Purusova I. Yu.** *Operation of existing pumping stations.* Training manual. Electronic resource. Voronezh. 2023. Pp.68. (in Russian)
4. **Purusova I. Yu., Chizhik K. I.** *Selection of pumping units for local surface runoff treatment facilities during road construction.* Yakovlevsky readings – 2023. Water supply and sewerage systems. Modern problems and solutions: collection of reports of participants of the XVIII International Scientific and Technical Conference dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences S.V. Yakovlev, Moscow, March 16-17, 2023/National Research Moscow State University of Civil Engineering. Moscow, National Research Moscow State University of Civil Engineering. 2023. Pp. 71-77. (in Russian)
5. **Karmazinov F. V., Tsvetkov V. I., Ilyin Yu. A.** *Reconstruction of the station for pumping jointly compacted sediments from primary settlers.* Water supply and sanitary equipment. 2004. No. 5. Pp. 21-24. (in Russian)
6. **Yantsen O. V.** *Modern solutions for the reconstruction of small sewage treatment plants: structures and calculation.* Water supply and sanitary equipment. 2019. No. 9. Pp. 57-61. (in Russian)
7. **Kharkina O. V.** *Terms of reference for the reconstruction of treatment facilities: how to avoid mistakes.* The best available technologies for water supply and sanitation. 2021. No. 2. Pp. 48-53. (in Russian)
8. **Kevbrina M. V., Gavrilin A. M., Pronin A. A.** *Introduction of modern technologies in the construction and reconstruction of treatment facilities of Mosvodokanal JSC.* Water supply and sanitary equipment. 2021. No. 6. Pp. 36-45. (in Russian)

Received 8 December 2025

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Чижик, К. И. Обоснование конструктивных решений по восстановлению работоспособности первичного отстойника / К. И. Чижик, И. Ю. Пурусова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 65-70. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.007.

FOR CITATION:

Chizhik K. I., Purusova I. Yu. *Grounds of constructive solutions for restoration of performance at the primary sedimentation tank.* Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 65-70. DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.007. (in Russian)

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ,
РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО**
**URBAN PLANNING. RECONSTRUCTION, RESTORATION
AND LANDSCAPING**

DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.008

УДК 692.433:712.4

**АНАЛИЗ СИСТЕМ ЗЕЛЁНЫХ КРОВЕЛЬ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА: ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ
И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ Г. ВОЛГОГРАДА**

Н. В. Коростелева, Д. А. Извеков

Коростелева Наталья Владимировна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры городского строительства, экономики и управления проектами, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(442)23-00-76; e-mail: korostelevanv@mail.ru

Извеков Дмитрий Алексеевич, магистрант института архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(442)23-00-76; e-mail: dizviekov@mail.ru.

Статья посвящена исследованию потенциала систем озеленённых кровель как инструмента экологической оптимизации городской среды в специфических климатических условиях Волгограда. Актуальность работы обусловлена необходимостью адаптации городской инфраструктуры к экстремальным климатическим проявлениям и дефициту озеленённых территорий в условиях высокой плотности застройки. Проведён сравнительный анализ трёх основных типов зелёных кровель – интенсивного, экстенсивного и полуинтенсивного. Установлены их функциональные, эксплуатационные и экономические характеристики, определяющие области рационального применения. Для каждого типа определены оптимальные сферы применения с учетом нагрузок на конструкции и требуемого уровня обслуживания. Особое внимание уделено адаптационному потенциалу различных фитоценозов к сложным климатическим условиям Волгоградского региона, характеризующимся резкими температурными перепадами, продолжительными засушливыми периодами и значительной ветровой нагрузкой. Рассмотрены дополнительные преимущества технологий, включая повышение биоразнообразия, шумопоглощение и улучшение эстетики городского пространства. Даны практические рекомендации по внедрению технологий озеленения кровель в Волгограде. Предложен перечень растительных видов и конструктивные решения, обеспечивающие долговечность и устойчивость зелёных кровель в условиях региона.

Ключевые слова: зелёная кровля; городская среда; экологическая инфраструктура; эксплуатируемая кровля; энергосбережение.

Согласно данным актуальных научных изысканий, зелёные насаждения выступают важным элементом в оптимизации параметров городской среды. Их влияние проявляется в нивелировании психоэмоциональных и физических нагрузок, очистке атмосферного воздуха за счёт абсорбции поллютантов, снижении шумового фона и формировании комфортного микроклимата [1...3]. Тем не менее, классические приёмы озеленения зачастую не применимы в условиях высокой плотности городской застройки ввиду пространственных и инфраструктурных ограничений.

Перспективной альтернативой признано обустройство зелёных крыш, которое позволяет расширить количество рекреационных зон, не требуя дополнительных земельных ресурсов. Данная технология обладает комплексом преимуществ, выходящих за рамки

экономии территории: она способствует оптимизации экологической обстановки, усиливает акустическую защиту и повышает энергоэффективность зданий.

Экологический эффект достигается за счёт реализации трёх ключевых функций: климатического регулирования, экологической фильтрации и поддержания биоразнообразия [4...6]. Климатический контроль осуществляется путём абсорбции солнечной радиации и процессов эвапотранспирации, что приводит к снижению температуры строительных конструкций и прилегающего воздушного пространства. Фильтрационный потенциал заключается в поглощении углекислого газа и взвешенных частиц с сопутствующей генерацией кислорода. Поддержка биоразнообразия обеспечивается созданием устойчивых экологических ниш для различных видов насекомых, птиц и микроорганизмов, что вносит вклад в стабилизацию локальных экосистем. Акустический комфорт улучшается благодаря шумопоглощающей способности многослойной структуры озеленённой кровли. Энергосберегающий эффект обусловлен высокими теплоизоляционными характеристиками «зелёного пирога», позволяющими минимизировать затраты на отопление в холодный период и кондиционирование – в тёплый [7...8]. Следует отметить, что интенсивность и специфика воздействия озеленённой крыши носят индивидуальный для каждого проекта характер и зависят от типа выбранной системы озеленения [9, 10].

Целью настоящей научной работы является разработка рекомендаций по внедрению и оптимизации систем зелёных кровель с учётом специфики города Волгограда.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: проведён анализ существующих типов и конструкции систем зелёных кровель; выполнена оценка их применимости в различных градостроительных условиях; проведён обзор зарубежного и отечественного опыта внедрения зелёных кровель; разработаны практические рекомендации по выбору типа озеленения и подбору растительного ассортимента для Волгограда.

Предметом исследования являются организационно-экономические и технологические аспекты внедрения систем зелёных кровель в условиях современного города. В качестве инструмента исследования был применён метод системного анализа.

Согласно ГОСТ 58875 «зелёная» крыша – это крыша, верхняя поверхность которой частично или полностью представлена живым растительным слоем, субстратом, а также специальными слоями, такими как дренажный слой, дренажно-водонакопительный слой, водоизоляционный слой и др.

На сегодняшний день озеленённые крыши со стационарным озеленением в зависимости от преобладающего типа применяемых растений подразделяют на три вида: интенсивный; полуинтенсивный; экстенсивный.

Интенсивное озеленение крыш – технология создания многофункциональных ландшафтных пространств на крышах зданий с возможностью регулярного использования территории людьми (рис. 1). Согласно исследованиям, интенсивные зелёные кровли представляют собой полноценные экосистемы, интегрированные в урбанизированную среду, выполняющие не только эстетическую, но и экологическую, терморегулирующую и социальную функции.

Экстенсивное озеленение крыш – это метод создания зелёных насаждений на крышах с минимальным вмешательством человека. Такой подход ориентирован на использование неприхотливых растений, способных выживать в условиях ограниченного питания и влаги без регулярного ухода (рис. 2) [11].

Полуинтенсивное озеленение крыш – промежуточный вариант между экстенсивным и интенсивным типами (рис. 3). Оно сочетает умеренные требования к уходу с расширенным ассортиментом растений и ограниченной возможностью эксплуатации пространства.

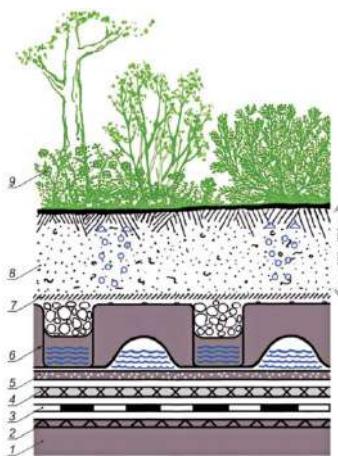


Рис. 1. Озеленение интенсивного типа:

- 1 – несущая конструкция крыши;
- 2 – водоизоляционный слой;
- 3 – защитный слой;
- 4 – корнезащитный слой;
- 5 – влагонакопительный слой;
- 6 – дренажный слой;
- 7 – фильтрующий слой;
- 8 – субстрат;
- 9 – растительный слой

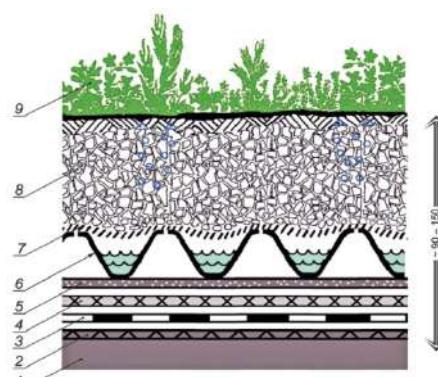


Рис. 2. Озеленение экстенсивного типа:

- 1 – несущая конструкция крыши;
- 2 – водоизоляционный слой;
- 3 – защитный слой;
- 4 – корнезащитный слой;
- 5 – влагонакопительный слой;
- 6 – дренажный слой;
- 7 – фильтрующий слой;
- 8 – субстрат;
- 9 – растительный слой

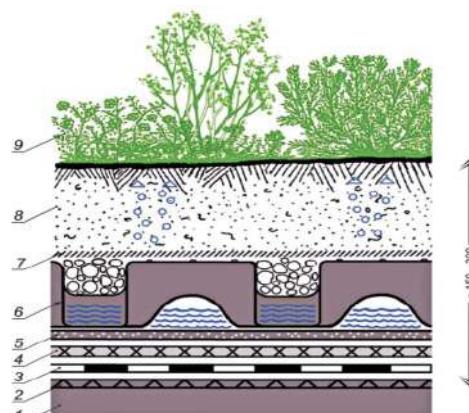


Рис. 3. Озеленение полуинтенсивного типа:

- 1 – несущая конструкция крыши;
- 2 – водоизоляционный слой;
- 3 – защитный слой;
- 4 – корнезащитный слой;
- 5 – влагонакопительный слой;
- 6 – дренажный слой;
- 7 – фильтрующий слой;
- 8 – субстрат;
- 9 – растительный слой

Полуинтенсивное озеленение является эффективным с точки зрения экологии и энергосбережения, так как задерживает дождевую воду, улучшает микроклимат, поглощает углекислый газ и очищает воздух, а также повышает шумоизоляцию здания.

Конструктивный состав озеленения крыш зависит от его типа. Каждый вариант имеет свои особенности, связанные с толщиной субстрата, ассортиментом растений, требованиями к уходу и несущей способности конструкции. Проанализировав особенности каждого варианта, можно говорить о том, что выбор типа озеленения для конкретных градостроительных условий будет зависеть от целей, бюджета, климатических характеристик и несущей способности зданий.

На сегодняшний день в мировой практике градостроительства существует достаточное количество примеров реализованного озеленения крыш. Так к интенсивным типам можно отнести озеленение торговый комплекс Namba-Naka Nichome в Осаке (Япония), сад Атлантик (Jardin Atlantique) на крыше вокзала Монпарнас в Париже (Франция), озеленение крыши в жилом комплексе «Лесная спираль» (Waldspirale) в Дармштадте (Германия). Экстенсивный тип озеленения применялся при озеленении жилых комплексов в Базеле (Швейцария) и Гамбурге (Германия), а также в Калифорнийской академии наук в Сан-Франциско (США). Что касается полуинтенсивного, то яркими примерами данного типа стали городская ферма ØsterGRO и завод «Амагер Бакке» Копенгаген, (Дания).

Анализ реализованных проектов позволил провести сравнение каждого типа озеленения по ряду критериев (таблица).

Сравнительный анализ существующих типов озеленения крыш

Критерий	Тип озеленения		
	интенсивный	экстенсивный	полуинтенсивный
Тип объекта	Торговые и развлекательные комплексы, бизнес-центры и офисные здания, гостиницы и отели, культурные и развлекательные учреждения, спортивные сооружения и арены, аэропорты и вокзалы. Многоэтажные многоквартирные дома, больницы и медицинские учреждения, школы и учебные заведения, административные здания.	Промышленные и складские здания. Общественные и инфраструктурные здания охватывают школы, детские сады, библиотеки, культурные центры, автовокзалы, железнодорожные станции, многоуровневые паркинги и гаражи. Жилые объекты включают многоквартирные дома. Объекты с наклонной кровлей включают дома с уклоном до 20...25° (при использовании георешеток и технологий фиксации субстрата) и мансардные крыши.	Торговые и развлекательные комплексы, бизнес-центры и офисные здания, гостиницы и отели, культурные и развлекательные учреждения, спортивные сооружения и арены, аэропорты и вокзалы. Многоэтажные многоквартирные дома, больницы и медицинские учреждения, школы и учебные заведения, административные здания. Объекты с плоской или слабонаклонной кровлей (уклон до 15...20°)
Градостроительные условия	преимущественно размещается в центральной части города при высокой плотности застройки	не привязано жестко к конкретной зоне города (центр/окраина) – его применяют там, где есть техническая возможность и экономическая целесообразность	занимает промежуточную позицию по локализации в городе и плотности застройки – оно гибко адаптируется к разным условиям, но имеет выраженные «зоны предпочтительного применения». Периферия центральных районов, спальные районы со средней плотностью застройки

Окончание табл.

Критерий	Тип озеленения		
	интенсивный	экстенсивный	полуинтенсивный
Площадь озеленения	Конкретных данных нет, так как площади могут различными.		
Климатические условия	Климатические условия могут исключить некоторые варианты из-за непреодолимых природных ограничений.		
Растительный состав	Деревья (сосна горная, каштан конский, клён, липа); крупные кустарники (сирень обыкновенная, ирга, шиповник, акация); многолетники и цветущие растения (очитки, эхинацея, шалфей, лаванда)	Суккуленты (очитки, молодило); злаковые травы; многолетники и цветущие растения; бобовые и почвопокровные; мхи и лишайники;	почвопокровные и низкорослые многолетники; травянистые многолетники; злаки и декоративные травы; низкие кустарники и полукустарники; луковичные и клубневые;
Экологические функции	Гидрологическая регуляция, снижение «эффекта теплового острова», повышение влажности воздуха, теплозащита здания, ветровая защита, воздухоочищение и углеродный цикл, биоразнообразие и экосистемные услуги, шумозащита, защита конструкций здания.	Регулирование водного баланса, улучшение микроклимата, воздухоочищение и углеродное регулирование, повышение биоразнообразия, шумозащита, защита конструкций здания	Регулирование водного баланса, улучшение микроклимата, воздухоочищение и углеродное регулирование, повышение биоразнообразия, шумозащита, защита конструкций здания
Социальные и эстетические функции	Создание рекреационных зон, улучшение психоэмоционального состояния, социализация и сообщество, повышение качества жизни, визуальное обогащение городской среды, формирование уникального облика здания, сезонные изменения и визуальная динамика, создание «зелёных оазисов»	Компенсация дефицита зелени, улучшение психоэмоционального состояния, повышение качества городской среды, смягчение архитектурного облика, сезонные изменения и динамика.	Доступное озеленение в плотной застройке, улучшение психоэмоционального фона, социализация и локальное сообщество, повышение стоимости и привлекательности объекта, смягчение городской среды, формирование узнаваемого облика, маскировка технических элементов
Экономическая эффективность	Снижение энергозатрат на климат-контроль, снижение нагрузки на ливневую канализацию, повышение стоимости недвижимости, компенсационное озеленение		

На основании проведённого сравнительного анализа можно сделать несколько выводов.

Во-первых, каждый тип озеленения характеризуется чёткой функциональной специализацией, определяющей его оптимальные сферы применения. Интенсивное озеленение, требующее значительных структурных нагрузок и сложного агротехнического обеспечения, демонстрирует максимальную эффективность при реализации на объектах общественно-делового и социального назначения в центральных районах городов. Такие системы позволяют создавать сложные многоярусные фитоценозы, включающие древесные,

кустарниковые и травянистые ярусы. В противоположность этому, экстенсивное озеленение характеризуется универсальностью применения и может быть реализовано на кровельных конструкциях различного назначения. Его отличительной особенностью является использование низкорослых, стрессоустойчивых видов растений (суккуленты, злаки, мхи), что обуславливает минимальные эксплуатационные расходы. Полуинтенсивный тип занимает промежуточное положение и наиболее целесообразен для переходных зон городской структуры, сочетая элементы декоративности с повышенной, по сравнению с экстенсивным типом, экологической эффективностью.

Во-вторых, анализ фитоценотической структуры выявил существенные различия между рассматриваемыми типами. Интенсивное озеленение формирует сложные растительные сообщества с полноценной ярусной организацией, включающей древесный, кустарниковый и травянистый компоненты. Экстенсивные системы ограничиваются использованием низкорослых, ксерофитных видов, адаптированных к экстремальным условиям кровельной среды. Полуинтенсивный тип характеризуется комбинацией низкорослых многолетников, травянистых видов и компактных кустарников, что обеспечивает повышенное структурное и визуальное разнообразие при сохранении относительной простоты обслуживания.

В-третьих, все три типа озеленения выполняют базовый комплекс экологических функций, включая регуляцию водного стока, улучшение микроклиматических параметров, фиторемедиацию воздушной среды, шумопоглощение и защиту кровельных конструкций. Однако интенсивное озеленение обладает расширенным функционалом, проявляющимся в значительном нивелировании эффекта теплового острова и создании рекреационных биотопов, способствующих повышению биоразнообразия в урбанизированной среде.

В-четвертых, в социально-экономическом контексте интенсивное озеленение характеризуется высоким рекреационным и эстетическим потенциалом, что позитивно влияет на капитализацию объектов недвижимости. Экстенсивные системы обеспечивают базовую экологизацию городской среды при минимальных эксплуатационных затратах. Полуинтенсивный тип представляет собой компромиссное решение, оптимизирующее соотношение декоративности, экологической эффективности и экономической целесообразности.

Таким образом, озеленение крыш представляет собой многофункциональный инструмент устойчивого городского развития, который решает экологические, социальные и экономические задачи. Оно улучшает качество жизни горожан, оптимизирует эксплуатацию зданий и усиливает идентичность городов через уникальную архитектуру и ландшафтный дизайн. Эти проекты доказывают, что зелёные крыши – это не просто декоративный элемент, а стратегическое решение для гармоничного существования природы и мегаполиса.

Целесообразность использования технологий озеленения крыш в Волгограде определяется целым рядом взаимосвязанных причин, лежащих в сферах градостроительства, экологии и климата. Волгоград, как крупный промышленный центр, сталкивается с проблемой загрязнения атмосферного воздуха, а существующая система озеленения часто не справляется с данной нагрузкой из-за высокой плотности застройки в центральных районах, больших площадей с искусственными покрытиями и сложностей с поливом и содержанием наземных насаждений в условиях дефицита воды. Озелененные крыши становятся стратегическим резервом для увеличения доли фотосинтезирующих поверхностей без изъятия земель под застройкой, выполняя функцию дополнительного фильтра для городского воздуха.

Проведённый анализ климатических условий Волгограда, характеризующихся резко континентальным климатом с экстремальными температурными колебаниями (от +40 °C до -30 °C), дефицитом атмосферных осадков в вегетационный период, повышенной солнечной радиацией и ветровой активностью, показал, что использование технологий озеленения крыш может существенно улучшить микроклимат города, снизить температуру воздуха в летний период и снизить риск образования теплового острова.

нечной инсоляцией и значительными ветровыми нагрузками, позволяет обосновать стратегическую целесообразность применения систем экстенсивного озеленения в качестве базового решения для данного региона. Такой подход отвечает современным принципам устойчивого градостроительства, обеспечивая оптимальное сочетание экологической эффективности и экономической целесообразности.

Выбор экстенсивного озеленения обусловлен рядом ключевых факторов. Прежде всего, это адаптивность к климатическим экстремумам. Использование засухоустойчивых видов растений – седумов, молодил, степных злаков – обеспечивает их выживаемость в условиях длительной атмосферной и почвенной засухи.

Следующим важным преимуществом является минимизация конструктивной нагрузки на несущие элементы здания. Слой субстрата толщиной 10…15 см обеспечивает статическую нагрузку на конструкцию в пределах 80…120 кг/м² (в насыщенном состоянии), что соответствует требованиям СП 17.13330.2017 «Кровли» для большинства типовых зданий. Это особенно актуально для Волгограда, где значительная часть застройки характеризуется ограниченной несущей способностью.

Существенным экологическим эффектом выступает энергоэффективность зелёных крыш. Растительный покров существенно снижает тепловое воздействие солнечной радиации на кровельные конструкции. Исследования показывают, что зелёные крыши способны уменьшать амплитуду температурных колебаний поверхности на 30…40 °С, что приводит к сокращению затрат на кондиционирование помещений в летний период.

Ветроустойчивость системы достигается за счёт использования низкорослого растительного покрова (высотой до 20 см), демонстрирующего повышенную резистентность к ветровым нагрузкам.

С экономической точки зрения экстенсивные системы обладают высокой эффективностью благодаря минимальным эксплуатационным затратам: достаточно проводить 1–2 подкормки в год и осуществлять эпизодический полив только в периоды экстремальных засух. Согласно данным [11] это позволяет снизить совокупную стоимость жизненного цикла зелёных крыш на 25…40 % по сравнению с интенсивными аналогами.

Помимо экстенсивного озеленения, в ряде случаев допустимо применение полуинтенсивного озеленения (с слоем субстрата 20…25 см и использованием засухоустойчивых кустарников), но только при соблюдении ряда условий: наличие повышенной несущей способности конструкций (характерно для общественных зданий и торговых центров); обеспечение ресурсов для регулярного ухода (полив, обрезка); функциональное назначение объекта, предполагающее рекреационное использование (например, обустройство зон отдыха).

В целом для успешной реализации проекта внедрения данного вида озеленения в Волгограде рекомендуется придерживаться следующих практических подходов:

✓ подбор растительного состава: целесообразно использовать комбинацию аборигенных степных видов (*Festuca valesiaca*, *Thymus serpyllum*) и адаптированных суккулентов (*Sedum spectabile*, *Sempervivum tectorum*).

✓ формирование субстрата: рекомендуется применять лёгкую смесь с добавлением перлита или керамзита (фракция 2…5 мм) в соотношении 70 : 30 для оптимизации водоудерживающей способности и дренажных характеристик.

✓ организация дренажной системы: рационально устраивать двухслойный дренаж из геотекстиля (плотность 200 г/м²) и гравия (фракция 10…20 мм), что позволит предотвратить заболачивание при ливневых осадках.

✓ система полива: для полуинтенсивных зон рекомендуется капельное орошение с резервным накопителем; экстенсивные участки могут обходиться естественной влагозащитой.

Таким образом, для климатических условий Волгограда экстенсивное озеленение представляется оптимальным решением, поскольку обеспечивает: устойчивость к темпе-

ратурным экстремумам и засушливым периодам; минимизацию нагрузки на строительные конструкции; снижение энергозатрат на поддержание микроклимата зданий; доказывает долгосрочную экономическую эффективность. Что касается полуинтенсивного типа, он может применяться как дополнение на объектах с усиленными кровлями и достаточными ресурсами для регулярного ухода.

При подборе растений для озеленения крыш в Волгограде необходимо учитывать следующие факторы:

Устойчивость к неблагоприятным условиям. Приоритет отдавать морозостойким и засухоустойчивым видам, адаптированным к суровому климату и ограниченному объему почвенного субстрата.

Декоративность. Растения должны обеспечивать эстетическую привлекательность, способствуя созданию комфортной визуальной среды и повышению качества жизни в городских условиях.

Специальные свойства. Ценятся виды с полезными характеристиками, такими как быстрая регенерация (дёрен белый) или ароматические качества (лаванда), что способствует оздоровлению атмосферы.

Практичность. Использование газонных смесей и почвопокровных растений (например, тимьян) для защиты от эрозии, повышения износостойкости покрытия и минимизации затрат на обслуживание.

Таким образом, озеленение крыш представляет собой многофункциональный подход к устойчивому развитию городов, который комплексно решает экологические, социально-функциональные и экономико-технические задачи. Экологические преимущества включают снижение эффекта «городского теплового острова», удержание ливневых стоков, улучшение качества воздуха и поддержку биоразнообразия. Социально-функциональные аспекты охватывают создание рекреационных зон, повышение комфорта проживания и работы, а также терапевтический эффект, особенно в медицинских учреждениях. Экономико-технические выгоды заключаются в сокращении энергозатрат, увеличении срока службы кровли, снижении эксплуатационных расходов и повышении коммерческой привлекательности объектов.

Современные тенденции в озеленении крыш включают гибкость типологий, адаптацию к местным климатическим условиям, интеграцию с передовыми технологиями и регуляторную поддержку на уровне норм, субсидий и налоговых льгот. Эти подходы делают озеленение крыш эффективным инструментом для устойчивого развития городской среды, способствуя улучшению качества жизни, снижению экологической нагрузки и оптимизации экономических ресурсов.

Заключение.

На основе комплексной оценки разработаны практические рекомендации по внедрению технологий озеленения кровель в Волгограде. Определён приоритет экстенсивных систем для массового применения, доказана их экономическая эффективность и экологическая результативность. Выявлено, что широкое внедрение таких систем способно компенсировать потерю природных территорий при активной урбанизации.

Для объектов общественного назначения с повышенными требованиями к рекреационному потенциалу обоснована целесообразность использования полуинтенсивного типа озеленения.

Предложен адаптированный ассортимент растительных видов и конструктивные решения, обеспечивающие долговечность и устойчивость зелёных кровель в условиях региона. Разработанные решения направлены на комплексное улучшение экологической обстановки и повышение комфортности городской среды для жителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чомаева, М. Н. Роль зелёных насаждений для городской среды / М. Н. Чомаева // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 4-3. – С. 12-14.
2. Озеленение как фактор улучшения экологической обстановки урбанизированных территорий (на примере города Саранска) / С. В. Меркулова, Б. И. Кочуров, П. И. Меркулов, И. В. Ивашкина // Экология урбанизированных территорий. – 2018. – № 3. – С. 13-18.
3. Korosteleva, M. V. Forest-park green belts as environment-forming element of urbanized territories / M. V. Korosteleva, N. V. Korosteleva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : материалы конференции, Челябинск, 26...28 сентября 2018 года. – Челябинск : Institute of Physics Publishing, 2018. – Vol. 451. – Pp. 012158. – DOI 10.1088/1757-899X/451/1/012158.
4. Чжан, Сюйцзе Функции зелёных крыш в процессе экологической трансформации городского ландшафта / Сюйцзе Чжан // Теория и практика современной науки. – 2025. – № 6(120). – С. 302-310.
5. Бенуж, А. А. Влияние озеленения кровли на энергоэффективность здания / А. А. Бенуж, А. В. Богачёв // Архитектура и строительство. – 2021. – № 2. – С. 117-122.
6. Жданова, И. В. Экологические и эстетические аспекты применения вертикального озеленения и зелёных крыш в жилых зданиях / И. В. Жданова, А. А. Кузнецова, Е. Д. Дорофеева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. – 2019. – № 64. – С. 53-59.
7. Chua, L. K. H. Integrating green infrastructure into urban planning: Lessons from Singapore's Parkroyal on Pickering / L. K. H. Chua // Journal of Environmental Management. – 2018. – Vol. 216. – Pp. 358-368.
8. Karabay, A. Thermal Performance of Green Roofs: A Review / A. Karabay, S. Mekhilef // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2014. – Vol. 37. – Pp. 345-364.
9. Король, Е. А. Особенности устройства различных вариантов кровельных покрытий с системами озеленения / Е. А. Король, Н. С. Шушунова // Архитектура и строительство. – 2019. – № 2. – С. 124-129.
10. Lee, J. J. Design and Performance Evaluation of Intensive Green Roof Systems in Tropical Climates: The Case of Parkroyal on Pickering / J. J. Lee, Y. T. Chow // Building and Environment. – 2015. – Vol. 83. – Pp. 113-123.
11. Бочкова, И. Ю. К вопросу об экстенсивном озеленении кровли / И. Ю. Бочкова, М. Д. Тулуш // Вестник МГУЛ. – Лесной вестник. – 2020. – № 5. – С. 5-11.

Поступила в редакцию 24 ноября 2025

ANALYSIS OF GREEN ROOF SYSTEMS IN MODERN URBAN PLANNING: ASSESSMENT OF EFFICIENCY AND OPPORTUNITIES FOR USE IN VOLGOGRAD-CITY

N. V. Korosteleva, D. A. Izvekov

Nataliya Vladimirovna Korosteleva, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Urban Construction, Economics and Project Management, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia; tel.: +7(442)23-00-76; e-mail: korostelevanv@mail.ru

Dmitry Alekseevich Izvekov, master student of the Institute of Architecture and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, tel.: +7(442)23-00-76; e-mail: dizviekov@mail.ru

The article is devoted to studying the potential of green roof systems as a tool for the ecological optimization of the urban environment in the specific climatic conditions of Volgograd-city. The relevance of the work is determined by the need to adapt urban infrastructure to ex-

treme climate events and the deficit of green spaces in conditions of high residential density. We conducted a comparative analysis of the three main types of green roofs: intensive, extensive, and semi-intensive. We established their functional, operational, and economic characteristics, which determine the areas of rational application. We identified optimal application spheres for each type, considering structural loads and the required maintenance level. A special attention is paid to the adaptation potential of various phytocenoses to the complex climatic conditions of the Volgograd region, characterized by sharp temperature fluctuations, prolonged drought periods, and significant wind load. We considered additional benefits of the technologies, including increased biodiversity, noise absorption, and improved urban aesthetics. We developed practical recommendations for the implementation of green roof technologies in Volgograd-city. As a result we propose an assortment of plant species and engineering-structural solutions ensuring the durability and stability of green roofs in the region's conditions.

Keywords: green roofs; urban environment; ecological infrastructure; exploited roofs; energy saving.

REFERENCES

1. Chomaeva M. N. *The role of green spaces in the urban environment*. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2020. No. 4-3. Pp. 12-14. (in Russian)
2. Merkulova S. V., Kochurov B. I., Merkulov P. I., Ivashkina I. V. *Landscaping as a factor in improving the ecological situation of urbanized territories (on the example of the city of Saransk)*. Ecology of urbanized territories. 2018. No. 3. Pp. 13-18. (in Russian)
3. Korosteleva M. V., Korosteleva N. V. *Forest-park green belts as environment-forming element of urbanized territories*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Proceedings of the conference, Chelyabinsk, September 26...28, 2018). Chelyabinsk. Institute of Physics Publishing, 2 gef51. Pp. 012158. DOI: 10.1088/1757-899X/451/1/012158. EDN: JTEBGO.
4. Zhang X. *Functions of green roofs in the process of ecological transformation of the urban landscape*. Theory and Practice of Modern Science. 2025. No. 6(120). Pp. 302-310. (in Russian)
5. Benuzh A. A., Bogachyov A. V. *The impact of roof greenery on the energy efficiency of buildings*. Architecture and Construction. 2021. No. 2. Pp. 117-122. (in Russian)
6. Zhdanova I. V., Kuznetsova A. A., Dorofeeva E. D. *Ecological and aesthetic aspects of applying vertical greenery and green roofs in residential buildings*. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Social, Humanitarian, Medical and Biological Sciences. 2019. No. 64. Pp. 53-59. (in Russian)
7. Chua L. K. H. *Integrating green infrastructure into urban planning: Lessons from Singapore's Parkroyal on Pickering*. Journal of Environmental Management. 2018. Vol. 216. Pp. 358–368.
8. Karabay A., Mekhilef S. *Thermal performance of green roofs*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. Vol. 37. Pp. 345-364.
9. Korol E. A., Shushunova N. S. *Features of constructing various types of roofing systems with greenery*. Architecture and Construction. 2019. No. 2. Pp. 124-129. (in Russian)
10. Lee J. J., Chow Y. T. *Design and performance evaluation of intensive green roof systems in tropical climates: The case of Parkroyal on Pickering*. Building and Environment. 2015. Vol. 83. Pp. 113-123.
11. Bochkova I. Yu., Tulush M. D. *On the issue of extensive roof greenery*. Bulletin of Moscow State University of Forests. Forest Bulletin. 2020. No. 5. Pp. 5-11. (in Russian)

Received 24 November 2025

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Коростелева, Н. В. Анализ систем зелёных кровель в условиях современного градостроительства: оценка эффективности и возможностей использования для г. Волгограда / Н. В. Коростелева, Д. А. Извеков // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 71-81. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.008.

FOR CITATION:

Korosteleva N. V., Izvekov D. A. *Analysis of green roof systems in modern urban planning: assessment of efficiency and opportunities for use in Volgograd-City.* Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 71-81. DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.008. (in Russian)

ВЛИЯНИЕ МОНУМЕНТАЛЬНОГО ИСКУССТВА НА ФОРМИРОВАНИЕ КОЛОРИСТИКИ, ОБРАЗНОЙ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТИ И ИДЕНТИЧНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

И. А. Миронова

Миронова Инна Александровна, канд. пед. наук, доцент кафедры архитектуры, и. о. заведующего кафедрой архитектуры, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева», Орел, Российская Федерация, тел.: +7(910)747-02-59; e-mail: hatshepsoote@yandex.ru

В статье рассматривается синтез монументального искусства и архитектуры через призму трансформации городского пространства, его цветовой среды, образной выразительности и идентичности. Кратко рассмотрены основные причины разрушения образной выразительности российских исторических городов и размывания их узнаваемых, характерных черт. Анализируются метаморфозы цветовой среды, как одной из базисных характеристик образной выразительности города. Исследуется роль монументального искусства в формировании идентичности города. Рассмотрены примеры современных колористических трансформаций городского пространства в контексте формирования его образных характеристик и идентичности. Сделаны выводы о непосредственном влиянии монументальной живописи на цветовую среду города, его образную выразительность и идентичность. Выделены два противоположных предельных состояния, в которых монументальная живопись либо участвует в создании уникальной цветовой среды, культурной идентичности и образных характеристик, либо разрушает их. Сделан акцент на необходимости внесения корректировок в нормативно-правовую базу в сфере архитектурно-градостроительного планирования и регулирования, а также на необходимости дальнейшего научно-теоретического осмысления формирования образной выразительности и идентичности городского пространства в современных условиях с позиций его колористических трансформаций.

Ключевые слова: монументальное искусство; колористические трансформации; образная выразительность; идентичность городской среды.

Рассматривая город с позиций эстетического осмысления, нельзя обойти стороной такой аспект, как образная выразительность. Именно за счет образной выразительности город становится узнаваемым, считывается его характер, акцентируются детали и самобытные черты и тем самым формируется его идентичность. Исследователи определяют узнаваемость, как один из основных критериев архитектурной идентичности городов [1]. Узнаваемость города во многом определяется характером архитектуры, наличием историко-архитектурных и природных достопримечательностей. Влияет на узнаваемость города и его географическое положение, поскольку климатические и природные параметры во многом определяют базисные характеристики цветовой среды городов. Социально-экономическое развитие и политическая обстановка также играют существенную качественную роль в формировании образных характеристик города. Например, непродолжительный период ярких колористических экспериментов авангардистов и конструктивистов в первые годы Советской власти постепенно сменился монохромностью, чему способствовало усиление и централизация власти [2].

Унификация и стандартизация в индустриальную эпоху, с одной стороны, стали ключевыми факторами развития производства, с другой – строгие стандарты подавляли творчество, что приводило к утрате самобытности в городской архитектуре. В частности, обратной стороной активного развития индустриального домостроения стало обезличива-

ние российских городов. В СССР с 1956 г. по 1991 г. были построены миллионы типовых панельных и кирпичных многоквартирных домов, что далеко не лучшим образом сказалось, как на цветовой среде российских городов, так и на их образной выразительности в целом. Необходимо отметить, что проблема постепенного разрушения образной выразительности и уникальности городов носит общемировой характер. Эпоха глобализма помимо технологического развития породила культурную универсализацию. Границы ареалов культурной идентичности между городами, странами и народами размываются, что, в свою очередь, приводит к утрате самобытности [3].

В девяностые годы прошлого века монохромность в России сменилась цветовым и стилевым хаосом. Города буквально покрылись вывесками и разнообразной рекламой. Выбор цветов и фактур для фасадных решений зачастую зависел от вкусов частных заказчиков. Градостроительная политика России находилась в глубочайшем кризисе и, ввиду имеющихся пробелов в российском законодательстве, весь этот хаос практически не контролировался. Вопрос сохранения образных характеристик и формирования идентичности цветовой среды городов на повестке дня даже не стоял. Однако восстановление экономических позиций страны, упорядочивание рынка проектных услуг и юридических взаимоотношений бизнеса и государства возродило интерес к научным подходам к формированию комфортной и эстетически привлекательной городской среды. В этой связи научные исследования в этом направлении становятся актуальными, как никогда.

Целью исследования является выявление путей и инструментов для формирования цветовой среды, образных характеристик и идентичности городских пространств в современных условиях. Для достижения поставленной цели необходимо проведение анализа цветовых трансформаций в городской среде и изучение роли монументального искусства в формировании их образной выразительности и идентичности.

К проблемам формирования образной выразительности и идентичности городов, в том числе и в колористическом аспекте обращались В. Л. Глазычев, А. Э. Гутнов, Ю. Р. Горелова, Т. Р. Закирова, Ю. Ю. Захарина, А. В. Ефимов, Н. Г. Панова – теоретики и историки архитектуры, искусствоведы. Рассматривая художественный образ города, В. Л. Глазычев и А. Э. Гутнов приходят к выводу, что образная выразительность города проявляется, как результат взаимодействия его пространственной структуры, истории и, что немаловажно, восприятия человека [4].

Ю. Р. Горелова, посвятившая свои исследования визуально-художественному образу города, также определяет образ, как способ взаимодействия человека и мира, визуальную декларацию действительности [5].

Рассматривая архитектурно-художественный облик Казани, Т. Р. Закирова выделяет следующие направления в поиске концепций национального своеобразия: региональное, национально-романтическое, структурно-пластическое, а также комплексное средообразование, для которого характерен охват пространственно-структурных, функционально-технологических и художественных компонентов среды. Такой комплексный подход находит, как социально-психологический, так и эстетический отклик у местного населения [6].

Ю. Ю. Захарина определяет архитектурный образ, как синтетическую категорию, объединяющую три основных аспекта:

1) феномен культуры общества определенной эпохи, в котором средствами символизации воплощены культурно-исторические смыслы;

2) культурно-историческое явление, сущность которого предопределена ходом эволюции, запросами и потребностями социума и уровнем научно-технического развития цивилизации, мыслимое в единстве возможного и действительного;

3) способ, форму и продукт освоения и отражения действительности, осознаваемые в контексте среды, пространства и времени [7].

Одним из таких способов отражения действительности в архитектуре является монументальная живопись, для создания которой художники-монументалисты используют издавна известное средство, способствующее визуальному восприятию образной выразительности – цвет. Для архитектуры симбиоз цвета и формы имеет особое значение поскольку они неразделимы. При этом сама по себе городская среда является собой пространственную структуру, образованную с помощью отдельных форм (зданий, сооружений, малых архитектурных форм и т. п.). Цвет придает городу характер и эмоциональную выразительность [8].

Н. Г. Панова отмечает, что цвет является активным средством формообразования, с помощью которого можно подчеркнуть своеобразие не только одного отдельного архитектурного сооружения, но и архитектурной среды в целом. Подчеркивается особая эффективность цвета, как инструмента для создания комфортной архитектурной среды [9]. Изучение роли цвета в городском пространстве в различные исторические периоды позволяет отметить определенную цикличность в цветовых предпочтениях, которую можно проследить в колористической культуре разных стран и народов на протяжении веков. Этот факт исследователи напрямую связывают с эволюционными процессами, захватывающими, как социум в целом, так и его культуру, проявляющуюся, в том числе, в колористических предпочтениях. [8].

Проблема синтеза архитектуры и монументального искусства вызывала научный интерес еще в 30-е годы. На первом творческом совещании архитекторов, скульпторов и живописцев, проходившем в Москве в 1936 году выдающийся советский искусствовед, историк и теоретик архитектуры и изобразительного искусства Д. Е. Аркин заявлял, что именно советское искусство выводит на передний план проблему синтеза искусств в архитектуре и определял ее одним из опорных пунктов созидающего творчества [10].

При этом Д. Е. Аркин полагал, что сам вопрос симбиоза архитектуры с живописью и скульптурой возникал не от бедности архитектуры, а, наоборот, от ее богатства. Именно широчайшие возможности решения таких больших архитектонических задач, как создание сложных ансамблей города, площади, улицы, индустриального комплекса и т. д., – новое, безмерно расширявшееся содержание архитектурного творчества – диктуют необходимость соединения всех художественных средств для того, чтобы суметь реализовать эти громадные задания с наибольшей выразительностью, с наибольшей полнотой [10].

В годы активной индустриализации в связи с широким распространением типовой застройки эстетическому своеобразию российских городов был нанесен существенный вред. Однако, можно с уверенностью говорить о том, что именно безликость и невыразительность городской среды в эпоху СССР вызвала волну всплеска интереса к синтезу искусств в архитектуре. В поисках образной выразительности и в попытках нивелировать негативное влияние монотонной застройки, преимущественно серых и коричневатых оттенков, на образность городской среды, архитекторы стали вносить смысловые акценты в пространственную структуру города, чему немало способствовала и сложившаяся политическая конъюнктура. Эпохе была свойственна монументальность, что нашло свое выражение в синтезе монументального искусства и архитектуры. Например, на фасадах и торцевых частях здания применялась мозаика, различного рода декоративные панно и композиции, создавались барельефы и т. п. Сюжеты варьировались в зависимости от вида использования зданий и сооружений. Так, на фасадах зданий, в которых осуществлялась деятельность партийной номенклатуры, можно было увидеть сюжеты из истории становления Советской России, на проходных заводов и фабрик прославлялся трудовой подвиг советского человека, фасады школ искусств украшали сценки, связанные с музенированием, художественным творчеством, хореографией и т. п. (рис. 1, рис. 2).



Рис. 1. Мозаичное панно над проходной завода «Малютка», г. Орел



Рис. 2. Орловская область, городское поселение Змиёвка. Сграффито на фасаде Детской школы искусств

Творческие возможности архитекторов советского периода ограничивали не только политические рамки. Уровень развития химической промышленности и технологий производства в этот исторический период не позволял получать широкий диапазон цветных пигментов. Цветовая гамма работ в технике сграффито ограничивается всеми же коричневато-бордовыми и бежевыми оттенками различной интенсивности, оттенками серого и умбры. Подобные панно в технике сграффито можно было обнаружить на улицах практически любого города России, и можно с уверенностью говорить о том, что и сами панно, и колористическая гамма, их составляющая, являются одним из активных визуальных компонентов узнаваемости. Однако при этом возникает парадоксальная ситуация – узнаваемость колористической гаммы, свойственной монументальной живописи в технике сграффито, можно трактовать скорее, как узнаваемость определенных черт эпохи, нежели узнаваемость какого-либо конкретного города. И здесь мы можем говорить об одинаковости, тождественности городской среды по этому признаку.

Не меньшую эстетическую проблему для современных городов представляют собой индустриальные объекты и промзоны, по разным причинам прекратившие свое существование, как активные производства, однако сохранившиеся в физическом выражении и уродующие городское пространство. Большинство подобных объектов возводились в эпоху развитого социализма и переход экономики на рыночные отношения стал губительным

для многих предприятий, они не смогли его пережить. Свою лепту внесли и технологии 21 века, с развитием которых, многие производства морально устарели.

Исследователи выделяют несколько научных методов, позволяющих приспособить здания промышленных объектов к современным условиям жизни города. Среди них можно выделить реорганизацию, как способ сохранить характерные черты и элементы промышленных зданий, объемно-пространственные, конструктивные решения [11]. Опыт переосмыслиния индустриального наследия позволяет сделать выводы о возможности деликатно встраивать в городскую среду производственные корпуса, придавая им новый событийный контекст и визуальное оформление. Удачным примером подобного переосмыслиния может служить Центр современного искусства (ЦСИ) Винзавод в Москве, история которого насчитывает более двухсот лет. ЦСИ Винзавод пережил трансформацию от княжеской усадьбы до пивоваренного завода, пережил войны и революции и в 21 веке стал первым частным центром современного искусства в России. На сегодняшний день Винзавод является самым большим комплексом, аккумулирующим в себе выставочные площадки, галереи, образовательные программы, студии, мастерские, артшколы, маркет современного искусства и архив.

Винзавод далеко не единственная арт-площадка, появившаяся в результате преобразования промышленной зоны в общественное пространство. Центр архитектуры и дизайна Artplay, дизайн-завод «Флакон», культурное пространство «Большевик», расположенные также в Москве, Лофт Проект ЭТАЖИ и Севкабель Порт в Санкт Петербурге, Винзавод в Воронеже, творческий индустриальный кластер «Октава» в Туле – успешность этих проектов позволяет говорить о том, что данный формат положительно воспринят и поддержан социумом. Однако, рассматривая подобные преобразования в контексте формирования образных характеристик градостроительного пространства, можно сделать однозначный вывод, что подобного рода трансформации оказывают серьезное влияние на колористическую среду исторического города и на его образные характеристики (рис. 3).



Рис. 3. Фрагмент пространства Центра архитектуры и дизайна Artplay:
а – до реконструкции; б – после реконструкции

Особую роль в таких преобразованиях играет цвет, который из общей, фоновой тональности, формируемой, как правило, за счет колористического диапазона традиционных, характерных для определенного региона строительных и отделочных материалов, трансформируется в акцент. Появление новых видов пигментов и развитие технологий производства цветных штукатурок позволило вдохнуть новую жизнь в монументальную живопись. Монументальная живопись, в частности, муралы, все активнее становятся неотъемлемой частью визуального образа не только определенного здания или сооружения, но и формируемой вокруг этого здания среды. Здесь можно также говорить об узнаваемости градостроительного пространства, однако уже в его новом, современном про-

чтении. «Непрерывность развития городской среды с сохранением в архитектурном контексте аутентичных компонентов прошлых исторических смыслов, традиций и культур является важным фактором для создания устойчивого и гармоничного городского пространства» [12]. Такого рода колористические трансформации придают новое звучание смысловой нагрузке городского пространства, сохраняя при этом формы, образующие его конфигурацию.

Нельзя забывать и о том, что современное городское пространство развивается не только по горизонтали, но и по вертикали. Это в первую очередь касается крупных и крупнейших городов, где этот процесс идет особенно активно. Следовательно, рассматривая формирование образных характеристик в колористическом аспекте, необходимо выстраивать акцентные пятна для восприятия в том числе и с высотных точек. В качестве примера такого пространственного колористического взаимодействия можно привести Центр архитектуры и дизайна Artpplay, геометрия контрастов черного и белого которого поддерживается черно-белой геометрией фасадного решения высотки ЖК «Chkalov» возле Курского вокзала (рис. 4).



Рис. 4. Центр архитектуры и дизайна Artpplay. г. Москва

Исследуя влияние монументальной живописи на цветовую среду города и на его образные характеристики в целом, помимо положительных примеров, нельзя не рассмотреть спорные, порой поспешно принятые художественные решения, ценность которых для цветовых и образных характеристик города остается под большим вопросом.

В качестве примера можно привести результаты международного фестиваля уличного искусства «Орёл – литературная столица России», проходившего в августе 2025 г. в городе Орле. В ходе подготовки к фестивалю художники-монументалисты создали пятнадцать муралов на фасадах зданий в историческом центре города. В их числе муралы с изображением Ивана Тургенева, Максима Горького, Леонида Андреева, Ивана Бунина и Бунинской эпохи, мурал по мотивам цикла рассказов «Записки охотника» и другие.

Однако, неожиданно захлестнувшая Орел, являющийся признанной литературной столицей России, колористическая волна вызвала немало споров и нареканий. Орлу, как и другим городам России, свойственны проблемы размывания идентичности, и, пожалуй, одним из самых стойких ее символов, остается литературная составляющая образа города.

И. С. Тургенев, И. А. Бунин, А. А. Фет, Н. С. Лесков, Л. Н. Андреев, М. М. Пришвин – имена и творчество этих классиков русской литературы навсегда вписаны в канву идентичности города, проявляясь, в том числе, и в виде визуальных кодов. Скульптуры, арт-объекты, литературные пространства, дома-музеи и т.п. Многие из этих объектов любимы жителями Орла и неизменно пользуются популярностью у гостей города. В качестве при-

мера можно привести скульптурную композицию, посвященную Н. С. Лескову и состоящую из памятника писателю и пяти бронзовых скульптурных групп, отображающих сценки с героями из его самых известных произведений. Место для памятника выбрано рядом с церковью Михаила Архангела (2-половина 19 века), в которой Лесков бывал со своими родителями, и которая упоминается в его произведениях. Рядом с памятником находится мост, по которому Лесков ходил на службу. Архитекторы помогли найти композиционное решение, благодаря которому скульптуры гармонично вписаны в городской ландшафт, а благородная бронза и гранит мягко сочетаются с колористической гаммой, исторически присущей Орлу (рис. 5).

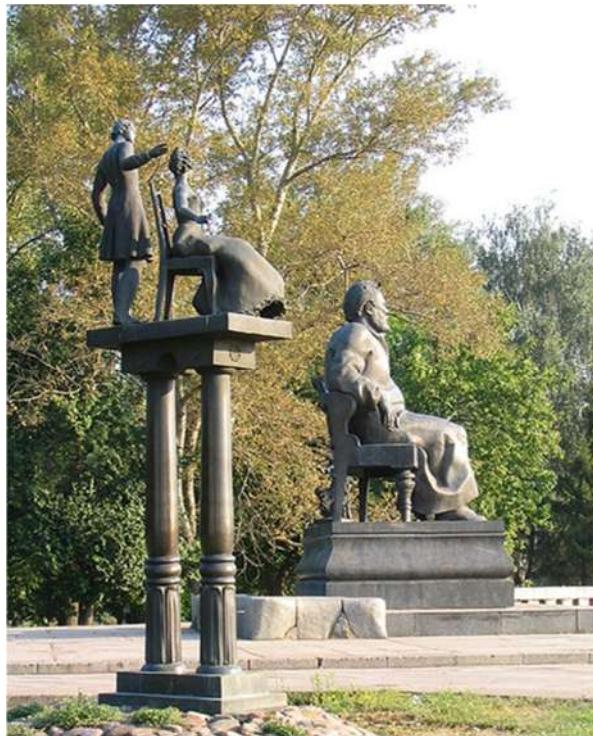


Рис. 5. Скульптурная группа «Очарованный странник».

Скульпторы Ю. Г. Орехов, Ю. Ю. Орехов, архитекторы А. В. Степанов, В. А. Петербуржцев

Скульптурная группа несмотря на то, что с момента ее открытия прошло уже почти полвека, по-прежнему остается одной из точек притяжения для жителей и туристов. Композиция воспринимается, как один из символов идентичности города и является уже не только его достопримечательностью, но стала одним из визуальных символов. Авторы скульптурного ансамбля по праву были удостоены Государственной премии СССР. Оценивая их вклад в формирование образных характеристик и идентичность города спустя десятилетия, можно смело утверждать, что такой результат стал возможен благодаря высокому профессиональному уровню авторов и активному участию орловцев, в том числе музеиных работников, в обсуждении идеи памятника.

Совершенно иная ситуация сложилась с муралами, выполненными в рамках уличного фестиваля «Орёл – литературная столица России». К сожалению, эти работы через процедуру широкого обсуждения с профессиональным сообществом не проходили. Ни сами здания, отобранные для выполнения росписей, ни места их расположения изначально не связаны смысловой нагрузкой с жизнью и творчеством писателей, выбор этих объектов не продиктован комплексным планом композиционного развития города или образной необходимостью. Если задачей монументального искусства советского периода была борьба с серостью и безликостью типовой застройки, то в противоположность этой логике для фестиваля были выбраны здания, уже играющие заметную роль в городском пространстве и расположенные, в основном, в центральной части города. Связи зданий-холстов с колори-

стическим характером города также не просматривается. Более того, яркие, порой кричащие цвета не только разрывают колористическую ткань исторического города, но и искашают восприятие пластики фасадов, визуально разрушая первоначальный авторский замысел проектировщика и нарушая композиционную согласованность со стелой-доминантой (рис. 6).



Рис. 6. Вид на три дома в Почтовом переулке г. Орел:
а – первоначальное состояние; б – после нанесения муралов

Необходимо отметить, что вышесказанное не означает, что в историческом городе со сложившимися образными характеристиками и признаками идентичности нельзя использовать яркие цвета. Однако, в таких случаях требуется особый, деликатный подход. Проектирование цветовой среды исторических городов невозможно без аналитического этапа проектирования, в ходе которого проводится сбор, изучение и систематизация данных не только в таком узком для полноценного колористического проектирования аспекте, как жизнь и творчество определенного писателя. Необходим комплексный подход, базирующийся на научных методах колористического проектирования [13].

Синтез архитектуры и монументального искусства не только не утратил своей актуальности, но переживает яркий ренессанс. Исследования колористических трансформаций городской среды, часть из которых представлена в настоящей статье, позволяют сделать следующие выводы:

✓ Монументальная живопись, находящаяся в тесном симбиозе с архитектурой, оказывает непосредственное влияние на цветовую среду города, на его образную выразительность и идентичность. При этом можно выделить два противоположных предельных состояния. В первом случае монументальная живопись является одним из аспектов создания уникальной цветовой среды, которая, в свою очередь, становится основой для формирования кода культурной идентичности и ярких образных характеристик. Во втором – монументальная живопись нарушает сложившуюся колористическую картину города и цельность его образных характеристик, код культурной идентичности разрушается вплоть до полной его утраты. Необходимо отметить, что при этом между двумя предельными состояниями лежит большой ряд промежуточных, с различной степенью превалирования одного состояния над другим.

✓ Колористическая среда любого города, как с большой историей, так и сравнительно недавно появившегося на карте, требует очень внимательного и бережного отношения. Любое непродуманное вмешательство может нанести непоправимый вред цветовому балансу города и привести к изменению его смысловой нагрузки, исказить образные характеристики городской среды, а в некоторых случаях привести к фактической утрате городом его идентичности.

✓ Значимые вмешательства в цвето-фактурные характеристики города следует осуществлять только после проведения подготовительных мероприятий, включающих архитектурно-градостроительный анализ, в том числе колористический, детальное проектирование с изучением и применением научных теорий и методик колористического проектирования и цветового конструирования и обсуждение предполагаемых результатов с профессиональным сообществом. В этой связи представляется необходимым внесение корректировок в нормативно-правовую базу в сфере архитектурно-градостроительного планирования и регулирования.

Монументальное искусство является неким связующим звеном между архитектурой и социумом, играя не только эстетическую роль, но и наполняя ее определенным смыслом, становясь неким визуальным кодом определенной эпохи или формируя городскую мифологию или туристические маршруты. Широкий спектр видов монументального искусства не позволяет в рамках настоящей статьи рассмотреть влияние каждого из них на колористическую среду города, его образные характеристики и идентичность. Однако, анализ такого влияния, проведенный в отношении монументальной живописи, показывает необходимость проведения дальнейших научных исследований в этом направлении.

Заключение.

Проанализированы особенности цветовой среды, как одной из базисных характеристик образной выразительности города. На примере колористических трансформаций городского пространства показана роль монументального искусства в формировании идентичности города.

Обоснована необходимость внесения корректировок в нормативно-правовую базу в сфере архитектурно-градостроительного планирования, направленных на формирование колористической среды города.

Результаты, полученные в ходе исследования, создают основу для дальнейшего научно-теоретического осмыслиения формирования образной выразительности и идентичности городского пространства в современных условиях с позиций его колористических трансформаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глебова, Н. М. Принципы сохранения и формирования архитектурной идентичности в уличной застройке исторической части г. Иркутска. / Н. М. Глебова, А. Г. Большаков // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2019. – 9(3). – С. 606-619. – DOI: 10.21285/2227-2917-2019-3-606-619.
2. Крохалев, В. С. Гуманизация колористики города средствами дизайна / В. С. Крохалев // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2019. – № 3(42). – С. 89-93. – DOI 10.25628/UNIIP.2019.42.3.016.
3. Цорик, А. В. Архитектурно-планировочная идентичность городской среды : автореферат дис. ... кандидата архитектуры: 2.1.11. / А. В. Цорик; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Н. Новгород, 2023. – 23 с.
4. Гутнов, А. Э. Мир архитектуры: Лицо города / А. Э. Гутнов, В. Л. Глазычев. – Москва: Молодая гвардия, 1990. – 350 с.
5. Горелова, Ю. Р. Образ города в восприятии горожан / Ю. Р. Горелова. – Москва: Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия им. Д. С. Лихачева, 2019. – 154 с. – ISBN 978-5-86443-282-2.
6. Закирова, Т. Р. Архитектурно-художественная жизнь Казани конца 1960-х – 1980-х годов, поиски образной выразительности и национального своеобразия в архитектуре общественных зданий города / Т. Р. Закирова //Архитектон: известия вузов. – 2023. – №1(81). URL: http://archvuz.ru/2023_1/16/. – DOI: 10.47055/19904126_2023_1(81)_16.

7. **Zakharyna, Yu.** Художественный образ в архитектуре в контексте сущности искусства: современная интерпретация / Yu. Zakharyna // Арт-платформа. – 2021. – Vol. 3, No. 1. – Pp. 294-324. – DOI:10.51209/platform.1.3.2021.294-324. – https://www.researchgate.net/publication/351954315_HUDOZESTVENNYJ_OBRAZ_V_ARHITEKTURE_V_KONTEKSTE_SUSNOSTI_ISKUSSTVA_SOVREMENNAA_INTERPRETACIA.
8. **Ефимов А. В.** Архитектурная колористика и пластические искусства / A.B. Ефимов, Н.Г. Панова – Москва: БуксМАрт, 2018. - 423 с.; ISBN 978-5-6040055-0-7.
9. **Панова, Н. Г.** Особенности формирования цветовой среды северных городов России / Н. Г. Панова, В. Д. Жиркова // Архитектура и современные информационные технологии. – 2021. – № 3(56). – С. 334-344. – DOI 10.24412/1998-4839-2021-3-334-344.
10. **Аркин, Д. Е.** Архитектура и проблема синтеза искусств / Д. Аркин // Вопросы синтеза искусств : Материалы первого творческого совещания архитекторов, скульпторов и живописцев. – Москва: ОГИЗ-ИЗОГИЗ, 1936. – С. 9-21.
11. **Фесенко, А. В.** Опыт адаптации индустриального наследия к жизни современного города / А. В. Фесенко // Современное строительство и архитектура. – 2025. – №5 (60). – URL: <https://modern-construction.ru/archive/5-60-2025-may/10.60797/mca.2025.60.1.> – DOI: 10.60797/mca.2025.60.1.
12. **Самогоров, В. А.** Образ города. Код культурной идентичности мегаполиса на основе архитектурного наследия / В. А. Самогоров, И. И. Зубкова // Градостроительство и архитектура. – 2024. – Т. 14. – № 2(55). – С. 149-154. – DOI 10.17673/Vestnik.2024.02.19.
13. **Миронова, И. А.** Особенности аналитического этапа проектирования и совершенствования цветовой среды исторических городов на примере ул. Ленина, г. Орёл / И. А. Миронова, О. И. Ширяева // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования 2023, Москва, 15.12.2023. – Москва: Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет), 2024. – С. 350-355. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=60049736&pff=1>.

Поступила в редакцию 25 ноября 2025

THE INFLUENCE OF MONUMENTAL ART ON THE FORMATION OF COLORISTICS, FIGURATIVE EXPRESSIVENESS AND IDENTITY OF THE URBAN ENVIRONMENT

I. A. Mironova

Inna Alexandrovna Mironova, Cand. Sc. (Pedagogy), Associate Professor at the Department of Architecture, Acting Head of the Department of Architecture, Orel State University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia, tel.: +7(910)747-02-59; e-mail: architect@oreluniver.ru

The article examines the synthesis of monumental art and architecture through the prism of the transformation of urban space, its colour environment, image-bearing expressiveness and identity. First, I consider the main reasons for the destruction of the image-bearing expressiveness of Russian historical cities and the blurring of their recognizable, characteristic features. The metamorphoses of the colour environment are analysed as one of the basic characteristics of the image-bearing expressiveness of the city. I as well investigate the role of monumental art in shaping the identity of the city. I also consider examples of modern coloristic transformations of urban space in the context of the formation of its image-bearing characteristics and identity. Conclusions are drawn about the direct influence of monumental painting on the colour environment of the city, its image-bearing expressiveness and identity. There are two opposite marginal states in which monumental painting either participates in the creation of a unique colour environment, cultural identity and image-bearing characteristics, or destroys them. The emphasis is placed on the need to make adjustments to the regula-

tory framework in the field of architectural and urban planning and regulation, as well as on the need for further scientific and theoretical understanding of the formation of image-bearing expressiveness and identity of urban space in modern conditions from the perspective of its coloristic transformations.

Keywords: monumental art; coloristic transformations; image-bearing expressiveness; identity of the urban environment.

REFERENCES

1. Glebova N. M., Bolshakov A. G. *Principles of preservation and formation of architectural identity in the street building of the historical part of Irkutsk*. Izvestiya vuzov. Investment. Construction. Realty. 2019. No. 9(3). (in Russian)
2. Kroxalev V. S. *Humanization of the coloristics of the city by means of design*. Academic Bulletin of UralNIIproekt RAASN. 2019. NO. 3(42). Pp. 89-93. (in Russian)
3. Tsorik A. V. *Architectural and planning identity of the urban environment*: abstract of the dissertation of the Candidate of Architecture: 2.1.11. Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering. Nizhniy Novgorod. 2023. 23 p. (in Russian)
4. Gutnov, A. E., Glazychev V. L. *The world of architecture: The Face of the city*. Moscow, Molodaya Gvardiya Publ. 1990. 350p. (in Russian)
5. Gorelova Yu. R. *The image of the city in the perception of citizens*. Moscow, D. S. Likhachev Russian Scientific Research Institute of Cultural and Natural Heritage. 2019. 154 p. (in Russian)
6. Zakirova T. R. *Architectural and artistic life of Kazan in the late 1960s – 1980s, the search for figurative expressiveness and national identity in the architecture of public buildings of the city*. Architecton: izvestiya vuzov. 2023. No. 1(81). URL: http://archvuz.ru/2023_1/16/. (in Russian)
7. Zakhariina Yu. *The state image in architecture in the context of modernity: a modern interpretation*. Art platform. 2021. Vol. 3. No. 1. Pp. 294-324. DOI:10.51209/platform.1.3.2021.294-324. https://www.researchgate.net/publication/351954315_HUDOZESTVENNYJ_OBRAZ_V_ARHITEKTURE_V_KONTEKSTE_SUSNOSTI_ISKUSSTVA_SOVREMENNAA_INTERPRETACIA. (in Russian)
8. Efimov A. V., Panova N. G. *Architectural coloristic and plastic arts*. Moscow. BuksMArt. 2018. 423 p. (in Russian)
9. Panova N. G., Zhirkova V. D. *Features of the formation of the color environment of the northern cities of Russia*. Architecture and modern information technologies. 2021. № 3(56). Pp. 334-344. (in Russian)
10. Arkin D. E. *Architecture and the problem of art synthesis. Issues of art synthesis: Materials of the first creative meeting of architects, sculptors and painters*. Moscow. OGIZ—IZOGIZ. 1936 Pp. 9-21. (in Russian)
11. Fesenko A. V. The experience of adapting industrial heritage to the life of a modern city. Modern construction and architecture. 2025. №5 (60). URL: <https://modern-construction.ru/archive/5-60-2025-may/10.60797/mca.2025.60.1>. (in Russian)
12. Samogorov, V. A., Zubkova I. I. The image of the city. The code of cultural identity of a megalopolis based on architectural heritage. Urban Planning and Architecture. 2024. Vol. 14. No. 2(55). Pp. 149-154. (in Russian)
13. Mironova, I. A., Shiryaeva O. I. *Features of the analytical stage of designing and improving the color environment of historical cities on the example of Lenin St., Orel*. Actual problems of the construction industry and education 2023. Moscow. 12/15/2023. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University). 2024. Pp. 350-355. <https://elibrary.ru/item.asp?id=60049736&pff=1>. (in Russian)

*Received 25 November 2025***ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

Миронова, И. А. Влияние монументального искусства на формирование колористики, образной выразительности и идентичности городской среды / И. А. Миронова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 82-93. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.009.

FOR CITATION:

Mironova I. A. *The influence of monumental art on the formation of coloristics, figurative expressiveness and identity of the urban environment.* Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 82-93. DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.009. (in Russian)

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.010

УДК 551.524.3

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Л. М. Акимов, Е. Л. Акимов

Акимов Леонид Мусамудинович, канд. геогр. наук, доцент, заведующий кафедрой природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(951)850-49-82; e-mail: akl63@bk.ru

Акимов Евгений Леонидович, канд. геогр. наук, доцент кафедры природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(473)266-56-54; e-mail: akimovvsu@gmail.com

Проведена комплексная оценка термического режима климатических сезонов г. Воронежа, с учетом тенденций к глобальному повышению температуры. Исследования основаны на анализе ежедневных данных со стационарных постов наблюдения атмосферы г. Воронежа. Исследования проводились с использованием графоаналитических и вероятностных методов анализа комплексных биоклиматических показателей, оценивающих эколого-климатические риски термического режима атмосферы. Оценка комфорtnости погодных условий в зимний период осуществлялась на основании индекса оценки сировости климата по методу Бодмана. Приведены графические зависимости, иллюстрирующие распределение основных биоклиматических показателей по сезонам года. Представлен анализ динамики и характера направленности изменений, происходящих с исследуемыми параметрами

Ключевые слова: погода; температура; комфортность; биоклиматический индекс.

Актуальность данного исследования базируется на большом количестве научных работ доказывающих, что наиболее существенное влияние на здоровье человека, его самочувствие и жизнедеятельность оказывают факторы, определяющие его тепловое состояние. При неблагоприятных сочетаниях эти факторы способствуют переохлаждению и обморожению, или наоборот, перегреву организма (тепловой или солнечный удар).

Для описания теплового состояния организма в количественном отношении используется переход от метеорологических параметров состояния атмосферы к показателям, которые выражают соответствующие физиологические реакции организма на воздействие окружающей среды и поддаются количественному учету [1, 2].

Для такого перехода используются «комплексные биоклиматические показатели» объединяющие метеорологические параметры: температуру воздуха, скорость ветра, влажность, атмосферное давление и т.д., в качестве оценки уровня тепловой нагрузки на человека, при которых он будет чувствовать себя комфортно или дискомфортно (индексы холодового стресса и теплового удара) [3, 4].

Поскольку основной составляющей индексов является температура воздуха, то эффект воздействия комплекса элементов выражается в виде поправки к температуре воздуха, учитывающей теплоощущение человека и состояние его комфортности [5...8].

Основные принципы государственной политики в области экологии и здравоохранения, сформулированы в стратегии Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) «Здоровье для всех» [5].

Здоровье человека определяется основной триадой, включающей: факторы наследственности, факторы качества жизни, а также факторы окружающей среды. Вклад каждого из этих факторов в этиологию развития заболеваний очень изменчив и зависит от анализируемого вида заболеваний, состояния здравоохранения и социально-экономического статуса общества [5, 9, 10].

В настоящее время наша планета сталкиваются с глобальными климатическими изменениями, особое значение приобретает изучение взаимодействия между климатическими условиями и качеством жизни населения. «Одним из последствий изменений климата является увеличение экологического риска связанного с аномально высокой или низкой температурой воздуха, т.е. волн жары и холода» [9].

В связи с этим значимую роль в настоящее время играет медико-географическая оценка климатических условий – важная составная часть комплексной характеристики природно-экологического потенциала территории, определяемая рядом биоклиматических показателей, отражающая климатическую комфортность среды обитания, влияющая на «региональный фон» общественного здоровья [11...14].

В рамках данного вопроса оценка биоклиматического режима густонаселенных городов приобретает особую актуальность. В нашем случае – это город Воронеж в первой четверти 21 века.

Источником метеорологической информации г. Воронежа (34122), за период наблюдений с 2000 по 2024 гг., послужили опубликованная информация Мирового центра данных (Научно-прикладной справочник «Климат России»), ежедневные данные по 8 основным трехчасовым срокам наблюдения, размещенным на сайте Гидрометцентра России (<http://meteocenter.net/raob.htm>). Также использовались фондовые данные «Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» – филиал ЦГМС (<http://www.cgms.ru>). Ежедневный анализ синоптической ситуации, определяющей погодные условия в Воронеже, проводился на основании материалов, представленных на сайте Гидрометцентра России (<https://meteoinfo.ru/mapsynop>).

Целью проводимых исследований является изучение особенностей биоклиматической комфортности и оценка эколого-климатических рисков термического режима сезонов года г. Воронежа в первой четверти 21 века на фоне глобального повышения температуры.

Показателем тепловой чувствительности является эффективная температура (ЭТ), характеризующая теплоощущение одетого человека. Формулой для расчета эффективной температуры, является формула Миссенарда [15]:

$$\text{ЭТ} = t - 0,4(t-10)(1-f/100), \quad (1)$$

где t – температура сухого термометра, $^{\circ}\text{C}$; f – относительная влажность, %.

Шкала биоклиматического индекса ЭТ для оценки комфортности среды, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Шкала биоклиматического индекса ЭТ (А. Миссенарда)

Эффективная температура, ЭТ, $^{\circ}\text{C}$	Ощущение	Нагрузка
>30	Очень жарко	Сильная
30...24	Жарко	Умеренная
24...18	Тепло	Комфортно
18...12	Умеренно тепло	Комфортно
12...6	Прохладно	Незначительная
6...0	Умеренно	Незначительная
0...(-12)	Холодно	Умеренная
-12...(-24)	Очень холодно	Сильная угроза обморожения
-24...(-30)	Крайне холодно	Очень сильная угроза обморожения
<-30	Крайне холодно	Чрезвычайно высокая вероятность обморожения

Результаты анализа и оценки ЭТ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Оценка ощущений и степени нагрузки на организм, исходя из значений эффективной температуры (А. Миссенарда) в городе Воронеже, °C

Месяц	ЭТ средняя	Ощущение	Нагрузка
Январь	-5,5	Холодно	Умеренная
Февраль	-3,8	Холодно	Умеренная
Март	1,5	Умеренно	Незначительная
Апрель	9,4	Прохладно	Незначительная
Май	14,9	Умеренно тепло	Комфортно
Июнь	18,5	Тепло	Комфортно
Июль	20,0	Тепло	Комфортно
Август	19,5	Тепло	Комфортно
Сентябрь	14,2	Умеренно тепло	Комфортно
Октябрь	8,2	Прохладно	Незначительная
Ноябрь	2,2	Умеренно	Незначительная
Декабрь	-1,4	Холодно	Умеренная

По данным табл. 2 был построен график распределения эффективных температур за многолетний период (2006...2024 гг.). График представлен на рис. 1.



Рис. 1. Распределение эффективных температур по средним значениям эффективной температуры за период с 2006 по 2024 гг. в городе Воронеже

Оценим степень нагрузки в городе Воронеже, согласно представленной в табл. 2 шкалы.

Из анализа табл. 2 и рис. 1 следует, что в Воронеже наблюдается комфортная нагрузка на организм с мая по сентябрь. Незначительная нагрузка действует в марте, апреле, октябре и ноябре. Умеренную нагрузку организм ощущает в зимние месяцы.

Тепловое состояние человека в холодный период года в основном определяется низкой температурой воздуха и скоростью ветра, которые особенно влияют на охлаждение незащищенных одеждой частей тела и органы дыхания.

Для оценки суховости погоды – фактора, ограничивающего пребывание человека на открытом воздухе и обуславливающего потребность в соответствующей одежде, разработаны показатели холодового воздействия метеофакторов на организм.

Одним из наиболее популярных индексов комфорта погодных условий в зимний период является индекс суровости по методу Бодмана [13...17]:

$$S = (1 - 0,04 T) \times (1 + 0,272 V) \quad (2)$$

где S – индекс суровости, баллы; T – температура воздуха, С; V – скорость ветра, м/сек.

Для удобства и быстроты расчетов, на основании формулы (2), Бодман предложил шкалу баллов, по которой в зависимости от температуры воздуха и скорости ветра определяется балл «суровости погоды». В соответствии со шкалой, при значениях которой считается:

- $S = 1$ – зима несуровая, мягкая;
- $S = 1\dots 2$ – зима мало суровая;
- $S = 2\dots 3$ – умеренно суровая;
- $S = 3\dots 4$ – суровая;
- $S = 4\dots 5$ – очень суровая;
- $S = 5\dots 6$ – жестко суровая;
- $S > 6$ – крайне суровая.

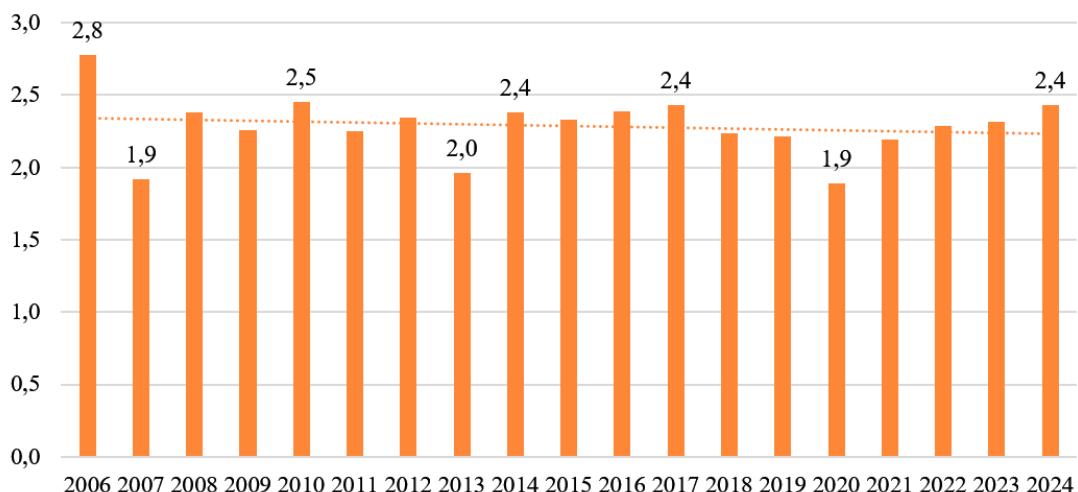
На основании формулы (2) проведём анализ жесткости погоды г. Воронежа за исследуемый период. Результаты анализа представлены в табл. 3.

Таблица 3

Рассчитанные значения индекса Бодмана (S) по январю с 2006 по 2024 гг.

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2,8	1,9	2,4	2,3	2,5	2,3	2,3	2,0	2,4	2,3	2,4	2,4	2,2	2,2	1,9	2,2	2,3	2,3	2,4

По данным табл. 3 была построена диаграмма многолетнего хода значений индекса жесткости погоды Бодмана (рис. 2), на которой четко видны колебания значений индекса в городе Воронеже с 2006 по 2024 годы.

Рис. 2. Многолетний ход значений индекса Бодмана (S) по январю в городе Воронеже

Исходя из данных табл. 3 и рис. 2, можно сделать вывод, что в холодный период года (январь) суровой погоды в г. Воронеже со значениями 3...4 не наблюдалось. Среднее многолетнее значение индекса 2,3 характеризует зиму как умеренно суровую. В основном в Воронеже наблюдается мало суровая погода со значениями индекса 1,9, который наблюдался в 2007, 2013 и 2020 гг. и умеренно суровая погода в зимнее время года (январь 2006 г. – 2,8).

В Наставлении по проведению метеорологических наблюдений на курортах [17], шкала суховости Бодмана рекомендована для характеристики погодных условий холодного времени года, в данном случае представлен январь.

Существует температурно-ветровой индекс Арнольди (T_v °C), согласно которому увеличение скорости ветра на 1 м/сек, ощущается человеком, как снижение температуры на 2 °C. Данный индекс, рассчитываемый по формуле (3), хорошо коррелирует с физиологическими данными человека, способствует определению степени потребности его в одежде и ограничения в пребывании на улице.

$$T = t - 2 \cdot v, \quad (3)$$

где t – температура воздуха, °C, V – скорость ветра, м/с.

По степени воздействия на терморегуляцию человека температурно-ветровой индекс (T_v °C) Арнольди разделен четыре класса:

- ✓ от 0 °C до -15 °C – «слабое» воздействие;
- ✓ от -16 °C до -29 °C – «среднее»;
- ✓ от -30 °C до -45 °C – «сильное»;
- ✓ ниже -45 °C – «чрезмерное».

При значениях условной температуры T_v (°C) от -30 °C до -45 °C считается необходимым ограничить время пребывания человека на открытом воздухе, а при значениях ниже -45 °C и вовсе исключить.

Результаты распределения среднего многолетнего индекса суховости погоды (по Арнольди T_v (°C)), за период 2006...2024 гг., в холодный период года (январь) представлены в табл. 4.

Таблица 4

Коэффициенты жесткости погоды по И.А. Арнольди в январе с 2006 по 2024 гг.

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
-18.0	-6.9	-14.2	-11.7	-18.8	-13.6	-13.0	-10	-14.4	-11.7
2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
-13.9	-13.3	-11.4	-12.2	-6.7	-10.5	-11.8	-12.2	-14.3	

Анализ табл. 4 свидетельствует о том, что в январе с 2006 по 2024 гг. в городе Воронеже отсутствуют значения коэффициента жесткости погоды по Арнольди, которые оказывают сильное или чрезмерное воздействие на терморегуляцию человека. Температурно-ветровой индекс Арнольди в Воронеже преимущественно оказывает слабое или среднее воздействие на физиологические данные человека.

Важной частью биоклиматической оценки территории является выявление и количественная характеристика лимитирующих факторов. В городской среде такими факторами являются экстремальные температуры, как в зимний период, так и в летний. Они оказывают значительное влияние на здоровье человека и комфортность его пребывания на открытом воздухе.

Температурой комфорта для легко одетого человека – зона термической нейтральности, в пределах которой поддерживается низкий уровень обмена веществ, принято считать 18...20 °C [14]. Повышение температуры воздуха выше 30 °C вызывает усиление активности терморегуляторных механизмов [15].

У людей существует физический предел толерантности к теплу до устойчивых температур выше 35 °C, который одинаков в разных климатических условиях. Когда температура достигает порогового значения 35 °C или превышает его, человеческое тело больше не может охлаждаться за счет потоотделения [15].

Для оценки экстремальных температурных условий был проанализирован массив данных по городу Воронежу за исследуемый период.

В табл. 5 представлены повторяемости количества дней в году, при фиксированных диапазонах экстремальных температур атмосферного воздуха: ($\leq -25^{\circ}\text{C}$), ($\leq -15^{\circ}\text{C}$), ($\geq +25^{\circ}\text{C}$), ($\geq +30^{\circ}\text{C}$).

Таблица 5

Количество дней в году с заданными температурами

Год	Число случаев за год при граничных значениях температуры, $^{\circ}\text{C}$			
	-25	-15	25	30
	зима		лето	
2006	5	22	4	0
2007	0	4	19	0
2008	0	10	11	0
2009	0	6	9	0
2010	3	20	48	11
2011	0	19	17	0
2012	0	23	10	0
2013	0	1	7	0
2014	1	14	15	0
2015	0	2	9	0
2016	0	8	11	1
2017	0	8	9	0
2018	0	2	5	0
2019	0	2	10	0
2020	0	0	9	0
2021	0	11	34	0
2022	0	1	10	0
2023	0	4	6	0
2024	0	7	21	0

На протяжении всего анализируемого периода отмечается устойчивая тенденция к снижению количества экстремально холодных дней (рис. 3).

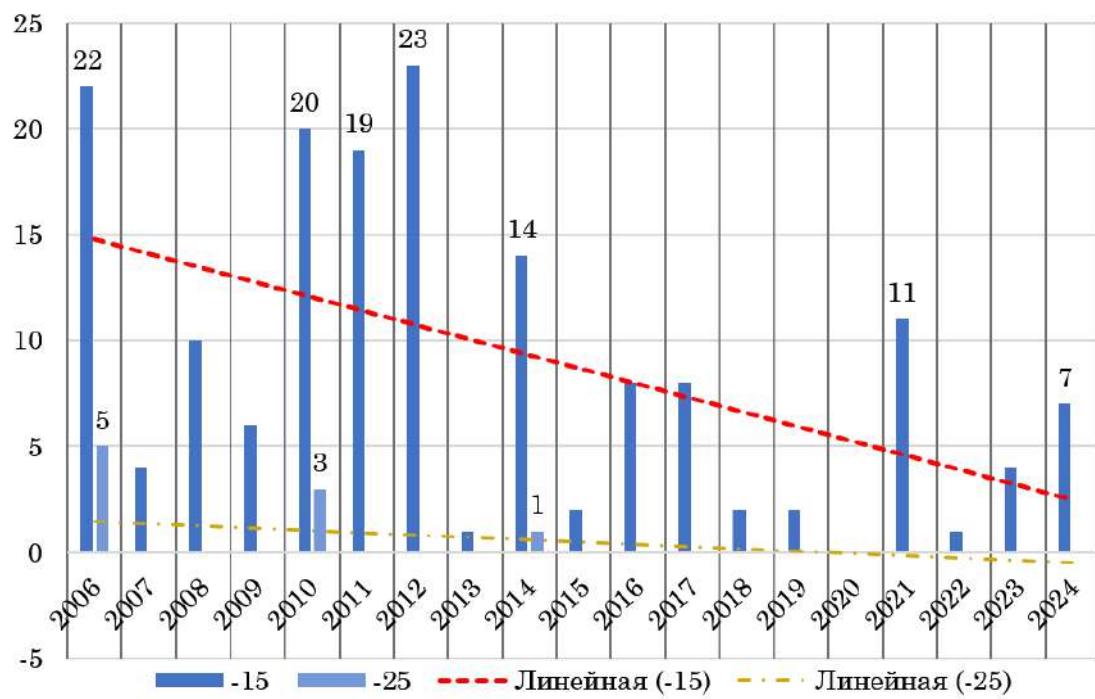


Рис. 3. Временной ход экстремально холодной погоды

Так, число дней с температурой ниже -25°C резко снизилось после 2010 года и в большинстве лет полностью отсутствует. Наибольшее число случаев с экстремально холодными значениями ниже -25°C за весь период наблюдений оказалось 2006 год, когда было зафиксировано 5 случаев. После 2014 года таких дней практически не наблюдается.

Температуры ниже -15°C , вызывающие умеренный холодовой стресс, также демонстрируют тенденцию к снижению. Например, в 2012 году было 23 таких дней, а к 2020-м годам количество редко превышает 10. Последние годы (2021...2024) показывают стабильно низкие значения, что может свидетельствовать о смягчении зимнего климата.

Ситуация с высокими температурами обратная. На рис. 4 наблюдается тенденция к увеличению количества дней с температурами выше $+25^{\circ}\text{C}$. Особенно аномальным оказался 2010 год, в котором было зафиксировано 48 таких дней. В 2021 году таких дней было 34, что также превышает средние показатели за период.

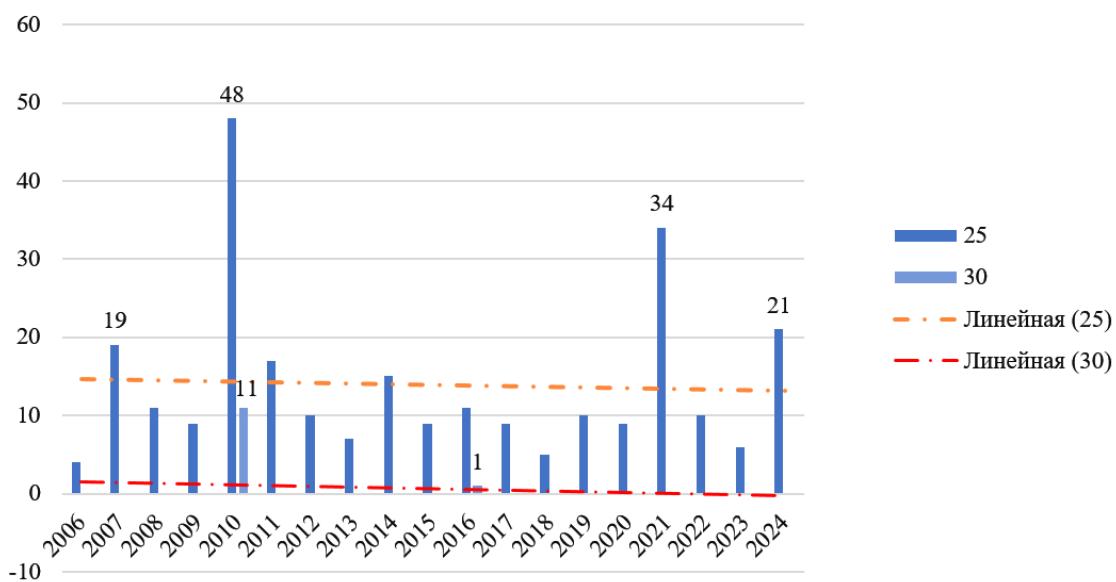


Рис. 4. Временной ход с высокими температурами

Несмотря на то, что количество дней с температурой выше $+30^{\circ}\text{C}$ остаётся незначительным, в отдельные годы, такие как 2010 (11 дней) и 2016 (1 день), наблюдались пиковые нагрузки. Это указывает на потенциальную угрозу теплового стресса, особенно в условиях плотной городской застройки и недостаточного озеленения.

Заключение.

Проведена биоклиматическая оценка городской среды с целью оценки экологоклиматических рисков с помощью «комплексных биоклиматических показателей». Установлено, что в Воронеже, с мая по сентябрь, преобладает комфортная нагрузка на организм. Незначительная нагрузка действует в марте, апреле, октябре и ноябре.

В зимний период влияние экстремально низких температур снижается, но риск холодовых нагрузок в отдельные годы сохраняется. В летний период наблюдается устойчивый рост количества дней с температурой выше $+25^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует об усилении теплового дискомфорта и требует адаптивного городского планирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Акимов, Е. Л. Анализ биоклиматических рисков на территории ЦЧР / Е. Л. Акимов, С. А. Куролап, Л. М. Акимов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2017. – № 2. – С. 102-109.

2. **Акимов, Л. М.** Пространственное распределение метеорологических параметров, влияющих на жизнедеятельность человека на территории Центрального Черноземья / Л. М. Акимов, Е. Л. Акимов // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2014. – № 2. – С. 17-24.
3. **Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами** / Под редакцией д-ра З. геогр. наук, профессора Н. В. Кобышевой. – Санкт-Петербург: Росгидромет. – 2008. – 336 с.
4. **Акимов, Е. Л.** Экологическая климатология: учебное пособие / Е. Л. Акимов, Л. М. Акимов. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2023. – 141 с.
5. **Mahler, H.** The meaning of 'Health for All by the Year 2000 / H. Mahler // World Health Forum. – 1981. – №. 2 – Pp. 5-22.
6. **Бокша, В. Г.** Медицинская климатология и климатотерапия / В. Г. Бокша, Б. В. Богуцкий. – Киев: Здоровье. – 1980. – Т. 2. – 62 с.
7. **Исаев, А. А.** Экологическая климатология / А. А. Исаев. – Москва: Научный мир, 2003. – 472 с.
8. **Матюхин, В. А.** Комплексная количественная оценка воздействия факторов внешней среды на организм человека / В. А. Матюхин, Э. Ю. Кушнеренко // Климат и здоровье человека: труды Международного симпозиума. – Т. 2. – Москва, 1998. – С. 41-46.
9. **Ревич, Б. А.** Изменение здоровья населения России в условиях меняющегося климата / Б. А. Ревич // Проблемы прогнозирования. – 2003. – № 3. – С. 5-14.
10. **Куролап, С. А.** Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С. А. Куролап, О. В. Клепиков, П. М. Виноградов [и др.]. – Воронеж: Издательство «Научная книга», 2015. – 232 с.
11. **Добрынина, И. В.** Медико-географическая оценка климатической комфортности территории Воронежской области / И. В. Добрынина, Л. М. Акимов, С. А. Куролап // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2013. – № 1. – С. 120-128.
12. **Агаджанян, Н. А.** Проблемы адаптации и экологии человека / Н. А. Агаджанян // Экология человека. Основные проблемы. – Москва: Наука, 1988. – 120 с.
13. **Андреев, С. С.** Оценка пространственно-временного распределения климатической комфортности территории Южного Федерального округа РФ / С. С. Андреев. – Ростов на Дону: Издательство РГГМУ, 2007. – 131 с.
14. **Архипова, И. В.** Медико-географическая оценка климатической информации на территории Алтайского края / И. В. Архипова, О. В. Ловцкая, И. Н. Ротанова // Вычислительные технологии. – 2005. – Т. 10. – Ч. 1 (спец. вып.). – С. 79-86.
15. **Ассман, Д.** Чувствительность человека к погоде /Д. Ассман. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1966. – 245 с.
16. **Акимов, Л. М.** Оценка тенденций изменения термического режима климата города Воронежа / Л. М. Акимов, Е. Л. Акимов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 3(34). – С. 113-124. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.34.3.012. 16.
17. **Русанов, В. И.** Методы исследования климата для медицинских целей / В. И. Русанов. – Томск: Издательство Томского государственного университета, 1973. – 198 с.

Поступила в редакцию 9 ноября 2025

ASSESSMENT OF ECOLOGICAL AND CLIMATIC RISKS OF THE THERMAL REGIME OF THE CITY OF VORONEZH

L. M. Akimov, E. L. Akimov

Leonid Musamudinovich Akimov, Cand. Sc. (Geography), Associate Professor, Head of the Department of Nature Management, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia, tel.: +7(951)850-49-82, +7(473)266-56-54; e-mail: akl63@bk.ru

Evgeniy Leonidovich Akimov, Cand. Sc. (Geography), Associate Professor of the Department of Environmental Management, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)266-56-54; e-mail: akimovvsu@gmail.com

We have comprehensively analyzed the thermal regime of the climatic seasons in Voronezh-city, taking into account the trends towards global temperature rise. The research is based on the analysis of daily data from stationary atmospheric observation posts in Voronezh-city. The research was carried out using graphoanalytical and probabilistic methods for analyzing complex bioclimatic indicators that assess the ecological and climatic risks of the thermal regime of the atmosphere. We assessed the comfort of weather conditions in winter on the basis of the Bodman climate severity assessment index. In the article we present graphical dependencies illustrating the distribution of the main bioclimatic indicators by seasons. We as well analyzed the dynamics and the nature of the direction of changes occurring with the studied parameters.

Keywords: weather; temperature; comfort; bioclimatic index.

REFERENCES

1. **Akimov E. L. Kurolap S. A., Akimov L. M.** *Analysis of bioclimatic risks in the territory of the Central Asian Republic*. Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2017. No. 2. Pp. 102-109. (in Russian)
2. **Akimov L. M., Akimov E. L.** *Spatial distribution of meteorological parameters affecting human activity in the Central Chernozem region*. Bulletin of Voronezh State University. Ser. Geography. Geoecology. 2014. No. 2. Pp. 17-24. (in Russian)
3. **Kobyshev N. V.** *A guide to the specialized service of the economy with climate information, products and services*. Saint Petersburg. Roshydromet. 2008. 336 p.
4. **Akimov L. M., Akimov E. L.** *Ecological climatology: a textbook*. Voronezh. Publishing House of VSU. 2023. 141 p. (in Russian)
5. **Mahler H.** *The meaning of 'Health for All by the Year 2000*. World Health Forum. 1981. No. 2. Pp. 5-22.
6. **Boksha V. G. Bogutsky B. V.** *Medical climatology and climatotherapy*. Kiev, Zdorovye. 1980. Vol. 2. 62 p. (in Russian)
7. **Isaev A. A.** *Ecological climatology*. Moscow. Scientific World. 2003. 472 p. (in Russian)
8. **Matyukhin V. A., Kushnerenko E. Y.** *Complex quantitative assessment of the impact of environmental factors on the human body*. Climate and human health: proceedings of the International Symposium. Moscow. 1998. Vol. 2. Pp. 41-46. (in Russian)
9. **Revich B. A.** *Changes in the health of the Russian population in a changing climate*. Problems of forecasting. 2003. No. 3. Pp. 5-14. (in Russian)
10. **Kurolap S. A., Klepikov O. V., Vinogradov P. M. [et al.]** *Integral ecological assessment of the state of the urban environment*. Voronezh: Scientific Book Publishing House, 2015. 232 p. (in Russian)
11. **Dobrynina I. V., Akimov L. M., Kurolap S. A.** *Medical and geographical assessment of the climatic comfort of the territory of the Voronezh region*. Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2013. No. 1. Pp. 120-128. (in Russian)
12. **Aghajanyan N. A.** *Problems of adaptation and human ecology*. Human ecology. The main problems. Moscow, Nauka Publ. 1988. 120 p. (in Russian)

13. **Andreev S. S.** *Assessment of the spatial and temporal distribution of the climatic comfort of the territory of the Southern Federal District of the Russian Federation.* Rostov-on-Don. Publishing House of the Russian State Medical University. 2007. 131 p. (in Russian)
14. **Arkhipova I. V. Lovtskaya O. V., Rotanova I. N.** *Medical and geographical assessment of climate information in the Altai Territory.* Computing Technologies. 2005. Vol. 10. Part 1 (special issue). Pp. 79-86. (in Russian)
15. **Assman D.** *Human sensitivity to the weather.* Leningrad, Gidrometeoizdat. 1966. 245 p. (in Russian)
16. **Akimov L. M., Akimov E. L.** *Assessment of trends in the change of the thermal climate regime of the city of Voronezh.* Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 3(34). Pp. 113-124. DOI 10.36622/2541- 9110.2025.34.3.012. (in Russian)
17. **Rusanov V. I.** *Methods of climate research for medical purposes.* Tomsk, Publishing House of Tomsk State University. 1973. 198 p. (in Russian)

Received 9 November 2025

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Акимов, Л. М. Оценка эколого-климатических рисков теплового режима города Воронежа / Л. М. Акимов, Е. Л. Акимов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 94-103. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.010.

FOR CITATION:

Akimov L. M., Akimov E. L. *Assessment of ecological and climatic risks of the thermal regime of the city of Voronezh.* Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 94-103. DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.010. (in Russian)

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.011

УДК 332.025

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ МЕХАНИЗМОВ СНИЖЕНИЯ «ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ЭКСТРЕМИЗМА» НА РЫНКЕ НЕДВИЖИМОСТИ

Л. Н. Чернышов, Т. А. Гончаренко

Чернышов Леонид Николаевич, профессор, д-р экон. наук, профессор кафедры жилищно-коммунального комплекса, НИУ МГСУ, Москва, Российская Федерация, тел.: +7(909)655-92-88; e-mail: leo.chern@yandex.ru
Гончаренко Татьяна Алексеевна, преподаватель Высшей школы сервиса, Российского государственного университета туризма и сервиса, Пушкино, Российская Федерация, тел.: +7(916)830-12-42; e-mail: slovaidela@yandex.ru

В статье рассматривается проблема отклонений от проектной документации при строительстве объектов недвижимости, приводящих к увеличению затрат на их эксплуатацию и появлению на рынке недвижимости практики злоупотребления правом со стороны юридических и физических лиц, предлагающих услуги по выявлению строительных дефектов в интересах владельцев квартир. Проанализированы причины возникновения отклонений, особенности поведения частных и государственных заказчиков при приемке объектов в эксплуатацию, а также деятельность эксплуатационных организаций, как способа контроля качества строительства. Отмечено, что замена строительных материалов и комплектующих, не оказывающая влияния на безопасность здания сооружения, не находит отражение в исполнительной и эксплуатационной документации, передаваемой титульному собственнику, но оказывает существенное влияние на формы и методы организации эксплуатации зданий, строений, сооружений для обеспечения проектных сроков их эффективного функционирования. Рассмотрены формы уклонения строительных организаций от исполнения обязательств по устраниению выявленных «недоделок», обоснована необходимость усиления контроля над исполнением проектных решений, повышения качества строительства и законодательного урегулирования размера неустойки, как меры взыскания средств со строительных компаний.

Ключевые слова: аффилированная управляющая компания; качество строительства; неустойка; потребительский экстремизм; рынок недвижимости.

Объекты недвижимости, являются основой среды обитания (жизнедеятельности) человека на урбанизированных территориях. Создание и эксплуатация таких объектов регулируется соответствующими нормативно – правовыми документами, соблюдение (исполнение) которых по ряду оснований, в современных условиях, носит заявительный характер. Это существенным образом влияет на качество строительства и увеличения затрат на эксплуатационном этапе жизненного цикла объектов капитального строительства.

Искусственная городская среда – здания, строения, сооружения, являются важным компонентом общества и экономики, обеспечивающим безопасную и комфортную среду для жизнедеятельности населения, предоставляя места для проживания, развлечений, труда и устройства, приобретения товаров и продуктов. Здесь размещается критически важная инфраструктура, необходимая для обеспечения работы предприятий, объектов социальной сферы, органов власти и другого [1].

На государственном уровне с помощью правовых инструментов технического регулирования

© Чернышов Л. Н., Гончаренко Т. А., 2025

лирования (строительных норм и правил, стандартов, руководящих документов и механизмов их исполнения) закладываются основы безопасности зданий, строений и сооружений, надежность и устойчивость их функционирования, доступность и эффективность использования коммунальных ресурсов, энергосбережения, обеспечивающие комфорт для их пользователей.

В частности, «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (384-ФЗ от 30.12.2009 г.), является определяющим документом для специалистов в сфере городского строительства и хозяйства (в том числе чиновников региональных и муниципальных органов власти), а также частных предпринимателей планирующих создание объектов недвижимости для своего бизнеса. В этом документе представлен «жизненный цикл» зданий, строений, сооружений - период, в течение которого осуществляется проектирование, строительство, эксплуатация и ликвидация объекта капитального строительства (далее – ОКС).

Требования к «безопасности», предусмотренные в данном законе, закладываются на стадии проектирования, так как являются непременным условием создания и функционирования зданий, строений, сооружений для постоянного или длительного проживания, а также массового пребывания людей, в том числе по причине того, что рядовые пользователи (люди) не могут владеть объемом специальных инженерно-технических знаний, которые лежат в основе безопасности объектов капитального строительства на различных этапах его жизненного цикла [2].

Как правило, для частного предпринимателя – заказчика объекта строительства (торгово- и культурно – развлекательного центра, зданий и сооружений производственно-хозяйственного назначения и др.) важно, чтобы инженерно-технические, архитектурно-планировочные и другие характеристики объекта соответствовали проекту выполненного по его заказу, так как в них, помимо безопасности «защиты» требования к эстетичности, долговечности, надежности и как следствие экономической эффективности объекта на самом длительном этапе его существования – «эксплуатационном».

По существу, такая задача стоит и перед государственными, муниципальными заказчиками, когда строится школа, детский садик, поликлиника или больница и другие объекты социального назначения. Рассмотрим, как реализуются эти полномочия на практике.

Проектировщик, совместно с частным заказчиком, как правило, реализуют в проекте экономически обоснованные инженерно-технические решения, которые на стадии эксплуатационного этапа жизненного цикла объекта обеспечат снижения затрат на его содержание. Тем более, что в современных условиях это можно просчитать с использованием искусственного интеллекта и технологии информационного моделирования [3, 4].

Таким образом, на этапе ввода объекта в эксплуатацию, будущему частному владельцу объекта важно знать, в какой степени передаваемое ему здание, строение, сооружение соответствует проекту, так как от этого будет зависеть понимание того, насколько задуманную им, совместно с проектировщиком, экономию затрат на стадии эксплуатации возможно будет получить [5].

Процесс ввода объекта в эксплуатацию, в соответствии с СП 68.13330.2011. «СНиП 3.01.04-87 Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения», это рутинная процедура передачи и оформления соответствующих документов, в которой участвуют различные субъекты правоотношений на этапе создания ОКС.

Согласно нормативным требованиям завершающий этап строительства, реконструкции или капитального ремонта здания проводит рабочая комиссия, в которой должны быть представители заказчика, подрядной и эксплуатирующей организаций.

Таким образом, комиссия подводит итоги строительства объекта, определяет его соответствие проекту, нормам и техническим условиям и прежде всего, должна проверять комплектность, содержание и правильность оформления документации, предоставленных

подрядчиком, чего на практике, как правило, не происходит. По существу, из-за этого и начинаются проблемы эксплуатации объектов недвижимости [6,7].

Итоги работы рабочей комиссии сводят в единый акт, в котором отмечается, что приёмка объекта в эксплуатацию состоялась, и он передан заказчику. О наличии у заказчика службы эксплуатации и ее профессиональный состав, в документах технического регулирования не уточняется!

Строительная практика и заключения Главгосэкспертизы России свидетельствует о том, что к моменту ввода в эксплуатацию объекты капитального строительства редко соответствуют проектно-сметной документации, разработанной для его создания.

Это обусловлено тем, что в настоящее время, в процессе строительства имеют место отклонения от проекта, осуществление которых стало возможным после того, как в соответствии с федеральным законом «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ была отменена обязательность исполнения строителями, в процессе строительного производства, соответствующих государственных стандартов (ГОСТ) и строительных норм и правил (СНиП).

Благодаря этому, такие отклонения как замена строительных материалов и комплектующих, которые не оказывает влияния на безопасность здания сооружения, не требует согласования с Главгосэкспертизой России и, как правило, не отражается в технической документации, которая должна передаваться застройщиком заказчику на этапе ввода объекта в эксплуатацию [8].

В тоже время, необходимо понимать, что каждый из членов такой комиссии преследует свои экономические или административные цели и ориентируется на то, что технические характеристики объекта капитального строительства соответствуют расчетным значениям, приведенным в проектной документации, и обеспечивают, как это говорится в законе «... чтобы в процессе его строительства и эксплуатации не возникло угрозы причинения вреда жизни или здоровью людей, имуществу физическим или юридическим лицам, государственному или муниципальному имуществу, жизни и здоровью животных».

Действия участников комиссии на этом коротком промежутке времени подчинены вполне определенной задаче – ввести объект в эксплуатацию, что диктуется административными и финансовыми интересами (отчетность, взаиморасчеты с подрядчиками и др.).

Частный инвестор и государственный или муниципальный заказчик при вводе ОКС в эксплуатацию, ведут себя по-разному, по той причине, что:

✓ первый заинтересован и стремится сделать все необходимое, чтобы технические характеристики объекта соответствовали проектным, обеспечивающим в будущем более низкие затраты на эксплуатацию;

✓ второй, после процедуры ввода объекта в эксплуатацию, осуществит передачу объекта (школы, детского сада, поликлиники, хосписа и других объектов социального назначения) в оперативное управление соответствующей хозяйственной структуре, благодаря чему острота соблюдения проектных характеристик здания, строения, сооружения, контролируемых по существу чиновником соответствующей администрации

При новом строительстве, участие в работе комиссии эксплуатирующей организации, как правило, осуществляется формально или приобретает самые неожиданные формы, в интересах строительных организаций, а последствия отклонения от проекта «пожинает» руководитель соответствующего социального учреждения [9, 10].

Проектирование и строительство многоквартирных домов занимает особое место на рынке недвижимости. Как таковой заказчик строительства многоквартирных домов (МКД) отсутствует. Инициатором строительства этих объектов недвижимости на урбанизированных территориях являются девелоперы, которые совместно с риелторами определяют архитектурно-техническую и ценовую политику на рынке жилой недвижимости.

С социально-экономической точки зрения процесс строительства многоквартирных домов имеет двойственную природу. С одной стороны, он служит удовлетворению жиз-

ненно необходимых потребностей населения на конкретной территории, в котором заинтересована как местная администрация, так и граждане, а с другой стороны – это достаточно прибыльный бизнес, в котором заинтересованы частные предприниматели [11].

Строительство МКД ведется согласно проектам, разработанным в соответствии с действующими нормативными документами, которые соответствуют определенному классу здания – «эконом», «бизнес», «премиум». Граждане, исходя из финансовых возможностей, выбирают, в каком доме приобретать квартиру, в том числе на стадии строительства, но участвовать в принятии организационно – технических решений по строительству МКД, на этом этапе, они не вправе. Это право, в соответствии п. 13 ст. 161 ЖК РФ и требованиями постановления Правительства РФ от 6.02.2006 г. № 75 «О порядке проведения органом местного самоуправления открытого конкурса по отбору управляющей организации для управления многоквартирным домом», лучшем случае появится у владельцев квартир не менее, чем через 12 месяцев с момента заключения договора управления после даты ввода жилого дома в эксплуатацию [12].

В свою очередь, предпринимательская деятельность застройщика, предусматривает получение положительного экономического результата (по возможности максимального), который возможен за счет различных организационно-технических решений направленных на снижение затрат при строительстве ОКС, в том числе и за счёт применения более дешевых материалов и комплектующих, к примеру:

- ✓ при прокладке внутренних инженерных сетей водоснабжения и отопления может иметь место замена материала труб с оцинкованных на полимерные;
- ✓ изменена плотность утеплителя на фасаде здания, толщина стенки профиля обрешётки (каркаса) вентилируемого фасада и материал дюбелей для их крепления;
- ✓ заменен сортамент облицовочной плитки навесного фасада и мест общего пользования в здания, сооружения;

Таким образом, могут возникать ситуации, когда в основу подбора трубопроводной арматуры и лифтового оборудования положен ценовой показатель, а не их надежность и качество, которое зависит от производителя.

Применение более дешевых строительных материалов, позволяет снизить затраты на создание объекта капитального строительства, но не всегда такое удешевление сохраняет эксплуатационные характеристики здания, строения, сооружения.

При этом с точки зрения безопасности, замена и использование других материалов, оборудования, изделий будет удовлетворять требованиям проекта. Такие изменения сортамента, марки, технических условий и/или сертификата материалов и комплектующих элементов не меняют функционального назначения и конструктивного решения здания или сооружения и не повлияют, в краткосрочной перспективе, на безопасность, но они связаны со снижением физико-технических характеристик этих материалов и изделий.

Произведенные изменения, даже если они нашли отражение в исполнительной и эксплуатационной документации, передаваемой титльному собственнику или уполномоченной им эксплуатирующей организацией на этапе ввода ОКС в эксплуатацию, не сопровождаются документарным подтверждением снижения срока их службы, надежности и ремонтопригодности элементов и систем здания, сооружения, а также оценкой того, как эти отдельные изменения взаимоувязаны между собой и какое влияние оказывают на здание и сооружение в целом.

Результатом подобной «экономии», как правило, является удорожание технической эксплуатации здания, сооружения, вызываемое необходимостью проведения преждевременных ремонтов, а иногда ликвидации аварийных ситуаций на ранних сроках эксплуатации объекта недвижимости (рис. 1).

Именно «отдаленность» результатов организационно-технических решений, направленных на снижение затрат при строительстве ОКС, в том числе и за счёт применения более дешевых материалов и комплектующих, порождают увеличение затрат при организа-

ции и осуществлении эксплуатации объектов недвижимости и являются проблемой как для собственников, так и для городского сообщества, так как преждевременно ветшающие и аварийные здания, строения, сооружения «ухудшают» облик территории, требуют вмешательства органов власти для их расселения и восстановления[13, 14].

В настоящее время важным элементом нивелирования последствий такой экономии на стадии строительства, является институт обязательного саморегулирования в строительной сфере, который направлен на повышение качества строительных, проектных и изыскательских работ, обеспечение безопасности объектов строительства, снижение рисков и повышение ответственности перед потребителями, в том числе за счет наличия института компенсационных фондах.

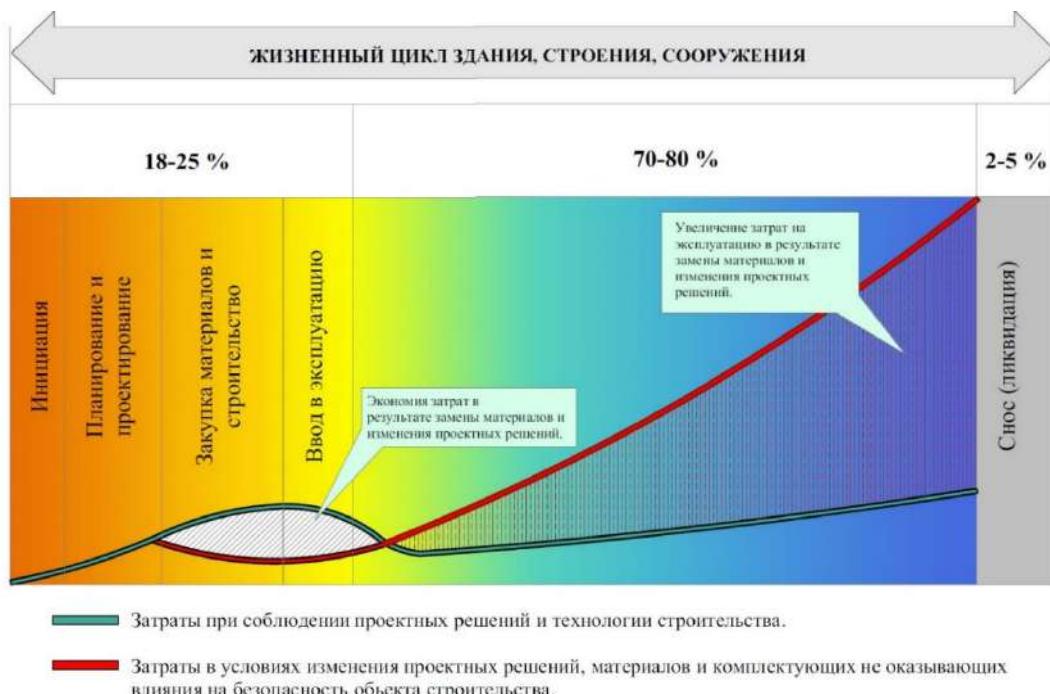


Рис. 1. Структура затрат жизненного цикла зданий, строений, сооружений

Именно этим объясняется стремление девелоперских компаний, занимающихся строительством многоквартирных домов передавать дом в эксплуатацию дочерним (аффилированным) управляющим компаниям, основной задачей которых является минимизация потерь от возможных исков в гарантированном периоде (до 5 лет с момента ввода в эксплуатацию) многоквартирного дома, чтобы снизить риски обращений владельцев квартир на преждевременный выход из строя систем и элементов здания в этот период.

В этих условиях, произведенная строителями замена строительных, отделочных материалов, комплектующих изделий, оборудования и низкое качество строительства, если и будет обнаружено жителями, то будет купирована персоналом аффилированной управляющей компании в этот короткий гарантийный срок [15].

В свою очередь, развитие рынка недвижимости и более внимательное отношение граждан к качеству новостроек, привело к тому, что на рынке труда появился новый вид деятельности, который в профессиональной среде получил название – «потребительский экстремизм». Это отразилось на увеличении количества исков к строительным организациям на устранение недоделок и получение компенсационных выплат и штрафов [16].

По данным судебной статистики, в 2022 году в России было зарегистрировано 24,3 тыс. исков в сфере долевого строительства. В 2023 году этот показатель вырос почти в девять раз – до 211,4 тыс. дел, а сумма удовлетворенных требований достигла 128,1 млрд

руб. За 2022...2024 годы только в Москве и Подмосковье было зафиксировано более 120 тыс. исков – это затронуло до 55 % сделок по новым квартирам.

Такие компании/предприниматели (квалифицированные приемщики), предлагают заказчику (титльному собственнику) будущего объекта недвижимости услугу по *предэксплуатации объекта капитального строительства* перед введением его в эксплуатацию, которая включает:

1) Прием-передачу технической документации от застройщика, проверку документации, подлежащей передаче застройщиком в соответствии с требованиями законодательства.

2) Мониторинг (аудит) строительных работ (проверка соответствия объекта проектной документации, строительным нормам и стандартам).

3) Проверку (тестирование, аудит) инженерных систем и оборудования (отопления, водоснабжения, электроснабжения, газоснабжения, подъемных механизмов, систем ППАиДУ, вентиляции, приборов учета потребления коммунальных ресурсов).

4) Контроль использованных в процессе строительства материалов и установленного оборудования, проверку необходимой документации на оборудование и осуществление контроля ввода его в эксплуатацию на основании представленных подрядными организациями документов.

5) Контроль производства пусконаладочных работ, контроль проведения испытаний и работ по вводу в эксплуатацию смонтированного оборудования.

6) Взаимодействие с государственными органами и государственными службами.

7) Ввод в эксплуатацию инженерного оборудования, сетей, автоматики, телефонных и компьютерных линий, видеонаблюдения, обеспечение работы механизмов и грузоподъемных машин.

8) Контроль устранения дефектов на этапе предэксплуатации (или согласование гарантийных обязательств застройщика).

Востребованность такой услуги на стадии ввода МКД (а чаще квартиры) в эксплуатацию обусловлена не только повышением правовой грамотности населения в сфере строительства и ЖКХ, в том числе благодаря реализации в течение более, чем 10 лет проекта президентской программы «Россия страна возможностей – «Инфраструктура для жизни» и партийного проекта «Школа грамотного потребителя в ЖКХ», но и интересами бизнеса.

Предпринимателями этап ввода объекта недвижимости в эксплуатацию позиционируется как критически важный для обеспечения безаварийной и бесперебойной работы здания, строения, сооружения в процессе его эксплуатации [17, 18].

Основным мотивом этой деятельности является минимизация затрат и проблем на эксплуатационном этапе жизненного цикла, за счет контроля передачи исходной и эксплуатационной документации и контроля качества исполнения проектных решений до момента передачи объекта в эксплуатацию, путем введения не ангажированной застройщиком эксплуатирующей организации в число лиц, участвующих в создании и приемки ОКС в эксплуатацию.

Демонстрируя свой профессионализм, такие организации представляют свои компетенции (квалификацию специалистов соответствующего инженерно-технического и эксплуатационно-сервисного профиля, оснащенность соответствующими приборами и оборудованием), которые характеризуют возможность представить заказчику реальное техническое состояние объекта строительства, в том числе с учетом внесенных в проект изменений и дополнений.

При этом опыт реализации этой деятельности показывает, что, в отдельных случаях, используя право защиты интересов владельцев квартир при вводе объекта в эксплуатации, по выявлению и устранению строительных дефектов, профессионально сопровождая су-

дебные иски, такие компании или предприниматели нацелены на получение от застройщика неустойки, размеры которых сопоставимы со стоимостью квартиры [19].

В современной судебной практике уже зафиксирован случай предъявления претензий к «продавцу» (застройщику) и требования выплаты морального ущерба за несоответствующий вид из окна (вместо прекрасного городского пейзажа из рекламного проспекта, вид оказался на газорегуляторный пункт). Разбирательство дошло до Верховного суда, который поддержал позицию, что покупатель вправе рассчитывать на компенсацию в связи с испорченным видом.

В сфере оборота недвижимости такой «правовой перекос», становится системной проблемой, решение которой лежит как в плоскости ужесточения и соблюдения требований по исполнению проектных решений и качества строительства, так и с учетом исполнения принятых нормативно-правовых документов по ограничению начисления (постановление Правительства РФ № 925 от 19.06.2025 г.) и о размере взыскиваемой со строительных компаний неустойки (федеральный закон от 08.08.2024 г. № 266-ФЗ).

Так в октябре 2025 г. Минпромторг России опубликовал предложение снизить неустойку «за неудовлетворение требований потребителей» в десять раз. Предложены соответствующие поправки к законодательству, согласно которым размер неустойки «за неудовлетворение требований потребителей» необходимо снизить с 1 % в день (365 % годовых) до 0,1 %.

Застройщики, сталкиваясь с подобными исками, а также с претензиями по качеству строительства жилья, считают, что число случаев злоупотребления правом, так называемого «потребительского экстремизма», со стороны дольщиков возрастает. И прежде всего, связывают данное явление с действиями сформировавшегося отдельного бизнес-сегмента – юридических компаний, представляющих интересы дольщиков и специализирующихся на исках в целях формирования денежных компенсаций на основании, как реальных, так и мнимых недостатков строительства и направлены не на защиту прав, а на личное обогащение. По отдельным оценкам общий объем взысканных средств с учетом включения требований о неустойке ориентировочно оценивается в размере более 6 млрд руб.

Суды, как правило, поддерживают требование потребителей о взыскании неустойки, так как по закону о защите прав потребителей, у продавца есть 30 дней, чтобы ответить на претензию покупателя или вернуть деньги за некачественный товар (произвести замену). И, если срок вышел, продавец обязан выплатить суммарно крупную неустойку.

Кроме того, в случае несоблюдения в добровольном порядке удовлетворения требований потребителя установлено право взыскания на штраф в размере 50 % от суммы иска.

Вместе с тем, застройщики нарабатывают практику эффективного противостояния, своевременно предоставляя в суд доказательства, в том числе выдвигая встречные требования о возврате стройматериалов ненадлежащего качества, для справедливой квалификации действий сторон по договору [20].

Для снижения количества и изменения практики рассмотрения судебных разбирательств эксперты предлагают решать данные вопросы сначала во внесудебном порядке, законодательно закрепив перечень «существенных» строительных недостатков, на основании которых возможно обращаться в суд.

Вопросы судебных разбирательств и необходимость вырабатывать подходы для соблюдения баланса интересов потребителей и застройщиков обсуждаются и на уровне Совета Федерации, где в целом поддерживается необходимость изменения правил, на основании которых возможно требовать штрафы и неустойки для устранения строительных недостатков.

Однако, необходимо констатировать, что и дольщикам при соблюдении претензионного порядка урегулирования требований по договору застройщики нередко используют разные ухищрения, чтобы не исправлять строительные недочеты, а в судах доказывают

необходимость уменьшения размера неустойки (указанной в досудебной претензии) в несколько раз.

Заключение.

Рассмотрена проблема появления на рынке недвижимости практики злоупотребления правом со стороны юридических и физических лиц, предлагающих услуги по выявлению строительных дефектов в интересах владельцев квартир.

Проведен анализ особенностей поведения частных и государственных заказчиков при приемке объектов в эксплуатацию, а также деятельности эксплуатационных организаций. Рассмотрены формы уклонения строительных организаций от исполнения обязательств по устранению выявленных «недоделок», обоснована необходимость усиления контроля над исполнением проектных решений, повышения качества строительства и законодательного регулирования размера неустойки, как меры взыскания средств со строительных компаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Баркалов, С. А.** Модели и методы прогнозного оценивания инженерных решений / С. А. Баркалов, П. Н. Курочка, Е. А. Серебрякова // Проектное управление в строительстве. – 2023. – № 1(28). – С. 6-37.2.
2. **Канкасов, А. А.** Анализ современной концепции эксплуатации объектов недвижимости / А. А. Канкасов // Научный журнал молодых ученых. – 2020. – № 4(21). – С. 58-62.
3. **Никитин, А. Р.** О результатах анализа проектной документации для строительства, разработанной с использованием технологий информационного моделирования / А. Р. Никитин, С. А. Синенко // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2025. – № 15(2). – С. 257-265. – <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-2-257-265>.
4. Selection model of work technology based on multi-criteria evaluations / S. Barkalov, P. Kurochka, A. Khodunov, N. Kalinina // E3S Web of Conferences. – 2020. – № 167. – doi.org/10.1051/e3sconf/202016408030
5. **Бабоян, Э. С.** Современные проектные решения как фактор эффективной эксплуатации зданий / Э. С. Бабоян // Материалы «XII Международной научно-практической конференции. Новые импульсы развития: вопросы научных исследований». – Москва: НИУ МГСУ, 2021. – С. 26-36.
6. **Бурмистрова, С. А.** Полномочия органов местного самоуправления по вводу в эксплуатацию объектов капитального строительства / С. А. Бурмистрова // Вестник Челябинского государственного университета. – 2008. – № 31(132). – С. 85-91.
7. **Цопа, Н. В.** Исполнительная документация в строительстве: состав и порядок ведения / Н. В. Цопа, А. С. Карпушкин // Экономика строительства и природопользования. – 2020. – № 4(77). – С. 56-65.
8. **Король, Е. А.** Технические решения и технологии энергоэффективного капитального ремонта многоквартирных домов / Е. А. Король. П. К. Туровец // Жилищное строительство. – 2024. – № 11. – С. 3-9.
9. **Куприков, Н. М.** Проблемы методологии информационно-технологического сопровождения технического обслуживания и ремонта / Н. М. Куприков, М. Ю. Куприков, Ю. В. Будкин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – Вып. 7. – С. 296-302.
10. **Candir, E.** Exploring Quality Issues in Building Information Models Via Structural Design Reviews / E. Candir, G. Atasoy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1101. – Pp. 1-11. – <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/9/092011>.

11. Application of BIM Implementation Process in the Operation and Maintenance of Information Management System in Building Facilities / I. M. Jibrin, M. A. Shehu, S. I. Abubakar, B. O. Akpobasa, F. S. Abdullah. // Environmental Technology and Science Journal. – 2023. – Vol. 14. – No. 2. – Pp. 42-50. – DOI 10.4314/etsj.v14i2.6.
12. **Чернышов, Л. Н.** Особенности функционирования многоквартирных зданий на эксплуатационном этапе жизненного цикла / Л. Н. Чернышов, Т. А. Ивчик, А. Г. Калгушкин // Экономика строительства. – 2024. – № 9. – С. 343-347.
13. **Горькова, А. А.** Особенности административно-разрешительной деятельности объектов капитального строительства и ввода их в эксплуатацию / А.А. Горькова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук 2023. – № 1-1(76). – С. 136-138.
14. **Goretti, H. A.** A review and bibliometric analysis of utilizing building information modeling (BIM) on effective operation and maintenance (O&M) / H. A. Goretti, P. Kaming // E3S Web of Conferences : The Third International Conference of Construction, Infrastructure, and Materials (ICCIM 2023), 20 September 2023. – 2023. – Vol. 429. – Art. 01002. – DOI 10.1051/e3sconf/202342901002.
15. Организационно-технологические подходы проведения экспертизы качества и объема выполненных строительных работ / С. Г. Шеина, А. Н. М. Аль-Фатла, А. Ф. Понеделко, В. Н. Грабовская // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 2.
16. **Цопа, Н. В.** Организационно-экономические особенности оценки строительных проектов с учетом стадий жизненного цикла / Н. В. Цопа, М. И. Стрецкис // Экономика строительства и природопользования. – 2019. – № 1(70). – С. 33-39.
17. **Цопа, Н. В.** Исполнительная документация в строительстве: состав и порядок ведения / Н. В. Цопа, А. С. Карпушкин // Экономика строительства и природопользования. – 2020. – № 4(77). – С. 56-65.
18. **Румянцева, А. А.** Факторы влияния на качество строительства в работах научных деятелей/ А. А. Румянцева, С. А. Синенко, С. И. Румянцев // Вестник Евразийской науки. – 2020. – № 3. – С. 12.
19. **Плотников, А. Д.** Мониторинг эксплуатационного качества работ по капитальному ремонту многоквартирных домов / А. Д. Плотников, О. А. Король // БСТ: Бюллентень строительной техники. – 2025. – № 7(1091). – С. 60-64.
20. **Чернышов, Л. Н.** Правила эксплуатации различных типов зданий, сооружений как основа их эффективного функционирования / Л. Н. Чернышов, А. Г. Калгушкин // Строительное производство. – 2025. – № 3. – С. 65-71.

Поступила в редакцию 6 ноября 2025

ECONOMIC AND LEGAL ASPECTS OF MECHANISMS FOR REDUCING «CONSUMER EXTREMISM» IN THE REAL ESTATE MARKET

L. N. Chernyshov, T. A. Goncharenko

Leonid Nikolaevich Chernyshov, Professor, Dr. Sc. (Economics), Professor at the Department of Housing and Communal Services of the National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, tel.: +7(909)655-92-88; e-mail: leo.chern@yandex.ru

Tatyana Alekseevna Goncharenko, Lecturer at the Higher School of Service, Russian State University of Tourism and Service, Pushkino, Russia, tel.: +7(916)830-12-42; e-mail: slovaidela@yandex.ru

The article deals with the problem of deviations from project documentation during the construction of real estate, leading to increased operating costs and the emergence in the real estate market of the practice of abuse of law by legal entities and individuals offering services for identifying construction defects in the interests of apartment owners. We analyzed the reasons for the deviations, the behavior of private and public customers during the ac-

ceptance of facilities for operation, as well as the activities of operating organizations, as a way to control the quality of construction. It is noted that the replacement of building materials and components that do not affect the safety of the building structure is not reflected in the executive and operational documentation transferred to the legal owner, but has a significant impact on the forms and methods of organizing the operation of buildings and structures to ensure the design period of their effective functioning. We also considered different forms of evasion of construction organizations from fulfilling obligations to eliminate identified "shortcomings". We as well substantiated the necessity of strengthening control over the fulfillment of project solutions and of improving the quality of construction and legislative regulation of the amount of penalty as a measure of collecting funds from construction companies.

Keywords: affiliated management companies; construction quality; penalty; consumer extremism; real estate market.

REFERENCES

1. **Barkalov S. A., Kurochka P. N, Serebryakova E. A.** *Models and methods of predictive evaluation of engineering solutions*. Project management in construction. 2023. No. 1(28). Pp. 6-37. (in Russian)
2. **Kankasov A. A.** *Analysis of the modern concept of real estate operation*. Scientific journal of young scientists. 2020. No. 4(21). Pp. 58-62. (in Russian)
3. **Nikitin A. R., Sinenko S. A.** *On the results of the analysis of project documentation for construction developed using information modeling technologies*. News of higher educational institutions. Investments. Construction. Real estate. 2025. No. 15(2). Pp. 257-265. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-2-257-265>. (in Russian)
4. **Barkalov S., Kurochka P., Khodunov A., Kalinina N.** *Selection model of work technology based on multi-criteria evaluations*. E3S Web of Conference. 2020. No. 167. doi.org/10.1051/e3sconf/202016408030.
5. **Baboyan E. S.** *Modern design solutions as a factor of efficient building operation*. Materials of the «XII International Scientific and Practical Conference. New Impulses of Development: Issues of Scientific Research». Moscow, NRU MGSU. 2021. Pp. 26-36. (in Russian)
6. **Burmistrova S. A.** *The powers of local governments to commission capital construction facilities*. Bulletin of the Chelyabinsk State University. 2008. No. 31(132). Pp. 85-91. (in Russian)
7. **Tsopa N. V., Karpushkin A. S.** *As-built documentation in construction: composition and procedure for maintaining*. Economics of construction and environmental management. No. 4(77). 2020. Pp. 56-65 (in Russian)
8. **Korol E. A. Turovets P. K.** *Technical solutions and technologies for energy-efficient major repairs of apartment buildings*. Housing construction. 2024. No. 11. Pp 3-9. (in Russian)
9. **Kuprikov N. M.** *Problems of methodology of information and technological support of maintenance and repair*. News of the Tula State University. Technical sciences. 2022. Issue. 7. Pp. 296-302. (in Russian)
10. **Candir E., Atasoy G.** *Exploring Quality Issues in Building Information Models Via Structural Design Reviews*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1101. Pp. 1-11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/9/092011>. (in Russian)
11. **Jibrin I. M., Shehu M. A., Abubakar S. I., Akpobasa B. O., Abdullah F. S.** *Application of BIM Implementation Process in the Operation and Maintenance of Information Management System in Building Facilities*. Environmental Technology and Science Journal. 2023. Vol. 14. No. 2. Pp. 42-50. DOI 10.4314/etsj.v14i2.6.

12. Chernyshov L. N., Ivchik T. A., Kalgushkin A. G. *Features of the functioning of multi-apartment buildings at the operational stage of the life cycle.* Economics of Construction. 2024. No. 9. Pp. 343-347. (in Russian)
13. Gorkova A. A. *Features of administrative and permitting activities of capital construction facilities and their commissioning.* International Journal of Humanities and Natural Sciences, Vol. 1-1 (76). 2023. Pp. 136-138. (in Russian)
14. Goretti H. A. *A review and bibliometric analysis of utilizing building information modeling (BIM) on effective operation and maintenance (O&M).* E3S Web of Conferences: The Third International Conference of Construction, Infrastructure, and Materials (ICCIM 2023), 20 September 2023. 2023. Vol. 429. Art. 01002. DOI 10.1051/e3sconf/202342901002.
15. Sheina S. G., Al-Fatla A. N. M., Ponedelko A. F., Grabovskaya V. N. *Organizational and technological approaches to conducting quality and volume examination of completed construction works.* Engineering Bulletin of the Don. 2022. No. 2. (in Russian)
16. Tsopa N. V. Streckis M. I. *Organizational and economic features of assessing construction projects taking into account the stages of the life cycle.* Economics of Construction and Environmental Management. 2019. No. 1(70). Pp 33-39. (in Russian)
17. Tsopa N. V., Karpushkin A. S. *Executive documentation in construction: composition and procedure.* Economics of construction and environmental management. 2020. No. 4(77). Pp. 56-65. (in Russian)
18. Rumyantseva A. A., Sinenko S. A., Rumyantsev S. I. *Factors influencing the quality of construction in the works of scientists.* Bulletin of Eurasian Science. 2020. No. 3. (in Russian)
19. Plotnikov A. D., Korol O. A. *Monitoring of the operational quality of work on the overhaul of apartment buildings.* BST: Bulletin of construction equipment. 2025. No. 7(1091). Pp. 60-64. (in Russian)
20. Chernyshov L.N., Kalgushkin A.G. *Rules for the operation of various types of buildings and structures as the basis for their effective functioning.* Construction Production. 2025. No. 3. Pp. 65-71. (in Russian)

Received 6 November 2025

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Чернышов, Л. Н. Экономические и правовые аспекты механизмов снижения «потребительского экстремизма» на рынке недвижимости / Л. Н. Чернышов, Т. А. Гончаренко // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 104-114. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.011.

FOR CITATION:

Chernyshov L. N., Goncharenko T. A. *Economic and legal aspects of mechanisms for reducing «consumer extremism» in the real estate market.* Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 104-114. DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.011. (in Russian)

СТОРИТЕЛЛИНГ КАК МЕТОД ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ И СИСТЕМНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ И УПРАВЛЕНИЯ

С. В. Артыщенко, А. И. Колосов, С. А. Яременко, О. В. Лендова

Артыщенко Степан Владимирович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры инноватики и строительной физики имени профессора И. С. Суровцева, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)276-39-76; e-mail: art.stepan@mail.ru

Колосов Александр Иванович, канд. тех. наук, доцент, Первый проректор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)207-22-20; e-mail: akolosov@cchgeu.ru

Яременко Сергей Анатольевич, канд. тех. наук, доцент, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473) 207-22-20; e-mail: fisis@cchgeu.ru

Лендова Ольга Вячеславовна, магистрант кафедры теории и практики архитектурного проектирования, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)276-39-76; e-mail: olga.lendova13@mail.ru

В работе исследуется понятие сторителлинга как метода управления, который усиливает и расширяет возможности традиционных подходов. Анализируется, как сторителлинг может быть эффективно использован для формирования и укрепления корпоративной культуры, повышения вовлеченности и лояльности сотрудников, а также для трансляции стратегического видения и ценностей компании. Отмечается, что по совокупности своих свойств и характеристик, сторителлинг может быть рассмотрен как один из методов, предполагающих предварительную классификацию проблемных ситуаций. Особое внимание уделяется рассмотрению потенциала данного метода, который может стать ключевым элементом системного управления, способным связать стратегические цели с реальными действиями и смысловым наполнением внутри организации, играя важную роль в создании сильной и устойчивой корпоративной культуры.

Ключевые слова: сторителлинг; управление персоналом; нарратив; менеджмент; корпоративная память; корпоративная культура.

В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост интереса к сторителлингу как эффективному инструменту управления. Этот метод, традиционно ассоциируемый с искусством повествования, завоевал популярность в корпоративном управлении, HR-стратегиях и маркетинговых коммуникациях. В условиях быстро меняющегося бизнес-мира компании ищут новые способы эффективной коммуникации с сотрудниками, формирования корпоративной идентичности и создания единой культурной среды. Сторителлинг, благодаря своей способности воздействовать на эмоциональную сферу становится одним из важнейших инструментов управления. Американский психолог и педагог Джером Сеймур Брунер в ходе своих исследований выяснил, что у человека в 22 раза больше шансов запомнить факты, если они были упакованы в захватывающий рассказ [1].

Метод сторителлинга повышает вовлеченность, облегчает запоминание информации и формирует устойчивую эмоциональную связь с брендом или компанией. Первым примером использования сторителлинга в бизнесе считают статью 1895 года о сельскохозяйственных инструментах компании Deer&Mansur [2]. Позже, в конце 20-го века, Дэвид Армстронг разработал метод обучения персонала через рассказывание историй, что привело к появлению термина "сторителлинг" в деловом контексте. Сейчас сторителлингу

посвящено множество научных работ.

Целью данной статьи является исследование роли сторителлинга как метода управления, его применения в корпоративной среде, а также демонстрация примеров, каким образом истории становятся связующим звеном между стратегией и повседневным поведением сотрудников, как они формируют корпоративную память и способствуют устойчивости организаций, какие преимущества и риски несет в себе этот метод управления.

Определение сторителлинга в контексте управления

От древнего искусства передачи знаний до современной бизнес-стратегии – таков путь сторителлинга. В деловом мире он превратился в способ представления компаний и брендов через живые и нарративные истории. В условиях, когда традиционные методы продвижения уходят на второй план, сторителлинг помогает компаниям привлекать внимание, обращаясь к эмоциям и ценностям сотрудников и потребителей.

Дословно «сторителлинг» переводится как «рассказывание историй» (англ. *storytelling*) – современная форма «сказительства» – коммуникационный, эстрадный и маркетинговый прием, который использует весь потенциал устной речи [3].

Активное развитие делового сторителлинга началось, когда глава международной компании Armstrong International Дэвид Армстронг разработал неформальный метод обучения персонала, который изложил в своей работе «Managing by Storying Around» [4]. Название книги Армстронга неслучайно перекликается с известным управленческим подходом «management by walking around» (MBWA) – «управление обходом». Концепция MBWA, разработанная Дэйвом Паккардом и Биллом Хьюлеттом в 1970-х годах и позднее популяризированная Томом Питерсом и Робертом Уотерманом в их бестселлере «In Search of Excellence» («В поисках совершенства»), предполагала активное взаимодействие руководства с сотрудниками непосредственно на рабочих местах – в цехах или офисах [5]. Авторы книги назвали такую практику «технологией очевидного», поскольку их исследования показали: компании, где руководители поддерживают живое общение с сотрудниками и клиентами, достигают большего успеха, чем те, где менеджмент изолирован. Метод MBWA не только прорывает вертикальные барьеры коммуникации в иерархической структуре, но и значительно мотивирует персонал, демонстрируя неподдельный интерес руководства к их работе и проблемам.

Подход Армстронга к сторителлингу в обучении персонала основывался на схожих принципах прямого, неформального общения и вовлеченности, что и в случае с MBWA, доказывая эффективность таких методов для построения сильных корпоративных связей и повышения эффективности. О методах Армстронга Назайкин писал следующее: «Вместо инструкций, которые каждый работник интерпретирует по-своему, Армстронг начал рассказывать истории. Истории о том, как сотрудники компании вели себя в критических ситуациях,правлялись с трудностями, находили необычных клиентов, Армстронг собирая лично и вскоре напечатал сборник «Руководство по работе» [6].

По словам Симмонс, сторителлинг позволяет не только донести информацию, но и вдохновить, мотивировать и создать глубокое восприятие происходящего. «Если ваш рассказ вдохновит слушателей, если они придут к тем же выводам, что и вы, если они сделают вашу историю своей, можете считать, что вам удалось до них достучаться» [7]. Можно сделать вывод, что сторителлинг не ограничивается лишь формальной передачей фактов; он создает контекст, в котором воспринимаемая информация приобретает смысл и ценность для аудитории. Новичкова и Воскресенская в своей работе так же отмечают, что сторителлинг — это не просто развлечение или маркетинг, а инструмент управления, который помогает встроить смыслы, нормы и ценности в коллектив [8].

Таким образом, история становится механизмом смыслообразования, который связывает стратегическое намерение (например, миссия, ценности, цели) с индивидуальным восприятием и поведением сотрудников.

Типы историй в управлении

Сторителлинг использует нарратив как свой главный инструмент. Происходящий от латинского корня («*narration*» – «рассказ, повествование»), термин обязан своим широким международным хождением прежде всего органичности для английского языка («*narrative*»). В русском языке у него есть довольно точное соответствие в виде слова «повествование»; близки к нему по значению такие слова, как «рассказ» и «история» [9]. Нарратив – это сама история в ее структурном виде, набор связанных событий, представленных в определенной последовательности. Это может быть миф, сказка, исторический документ, новостная статья, роман, фильм или даже личный анекдот. Иными словами нарратив – это содержание и структура истории, а сторителлинг – это процесс, метод и искусство передачи этой истории таким образом, чтобы она максимально эффективно достигла своей цели и оказала желаемое воздействие на аудиторию. Как отмечает Назайкин, рассматривать истории в широком смысле можно с разных точек зрения. «Истории могут быть краткими, малоэмоциональными – событийными и развернутыми...» [10].

Можно выделить несколько основных типов историй, которые могут быть эффективно использованы в управлении персоналом:

Личные истории. Истории, основанные на реальных событиях из жизни сотрудников или руководителей, которые могут быть примером лидерства, принятия решений или преодоления трудностей. Они создают эффект «человеческого» и лично значимого сообщения, усиливая доверие и идентификацию. Как отмечают Казначеева, Юдакова и Борщевская: «Наиболее эффективными с точки зрения воздействия на сотрудников становятся истории про прошлое рассказчика, особенно в которых содержится повествование о прошлых ошибках» [11].

Организационные (корпоративные) истории. Это истории, связанные с историей компании, ее развитием, важными вехами или даже трудными периодами. Новичкова и Воскресенская в своей работе характеризуют такие истории следующим образом: «Героями корпоративных историй могут быть: основатели компании, которые своим энтузиазмом привели ее к успеху, менеджеры компании, умело осуществлявшие какие-либо проекты, любые сотрудники, которые смогли справиться с трудной или необычной проблемой, либо просто проявили себя в определенной ситуации» [8]. Такие истории служат созданию корпоративной памяти и связывают прошлое с настоящим, формируя чувство преемственности. Минаева в своей работе подчеркивает, что: «Корпоративный сторителлинг предполагает навязывание воли организации ее сотрудникам не посредством силы или деклараций, а путем внедрения в их сознание при помощи метафор и мифов ценностей, мнений и концептов, необходимых организации для ее успешного функционирования» [12].

Метафорические истории. Использование метафор, мифов и аллегорий для объяснения сложных процессов или концепций. Как указывают исследователи, метафоры и нарративы помогают оптимизировать информацию, сокращая когнитивную нагрузку и повышая эмоциональную восприимчивость [13]. Новичкова отмечает, что: «Мифы и легенды компаний играют очень важную роль в организационной культуре. Мифы представляют собой истории, которые частично основаны на реальных фактах, частично придуманы и преподносят события определенным образом» [8]. С точки зрения исследования Кулаковой и Волковой: «Сторителлинг может быть определен как новый вид мифотворчества периода цифровой трансформации» [14].

Анекдоты и развлекательные истории. Смешанные с юмором или необычным подходом, такие истории могут облегчить восприятие и запоминание информации, сделать сообщение менее формальным и более доступным.

Каждый тип истории имеет свою функцию в управлении, и важно уметь выбрать правильный контекст для их использования в зависимости от целей. Например, личная история может быть особенно эффективна при введении новых сотрудников, тогда как организационная история – при формировании миссии и ценностей. Метафорическая исто-

рия – при обучении новым концепциям, а анекдот – при ежедневной коммуникации, для снятия напряжения и создании неформальной атмосферы.

Практическое применение сторителлинга в управлении персоналом

Одним из наиболее эффективных применений сторителлинга в управлении является его использование для *мотивации сотрудников*. Истории помогают сделать корпоративные цели более понятными и значимыми. Например, история о том, как компания преодолела трудности на ранних этапах своего существования, может вдохновить сотрудников, создавая у них чувство сопричастности и принадлежности к большому делу. Как отмечают Новиков и Воскресенская, такие рассказы могут «пробудить у сотрудников желание не только следовать общим целям компании, но и активно участвовать в их достижении» [8]. Так же сторителлинг способствует снижению уровня формализации в компании, что в свою очередь положительно влияет на мотивацию и вовлеченность сотрудников.

Сторителлинг помогает создать *единую командную атмосферу* и способствует формированию доверительных отношений между коллегами. Рассказы о совместных достижениях, преодолении трудностей или реализации крупных проектов позволяют сотрудникам почувствовать себя частью единого целого, что способствует повышению лояльности и эффективности работы. Челнокова, Казначеева, Юдакова и Борщевская отмечают, что в командах, где активно используется сторителлинг, наблюдается рост вовлеченности сотрудников и улучшение взаимодействия между ними [11]. Кроме того, исследования университета Невшатель показывают, что сторителлинг способствует коллективному смыслообразованию и повышению адаптации: «Особая адаптивная ценность сторителлинга заключается в осмыслиении нестандартных, неопределенных или новых ситуаций, тем самым обеспечивая совместное развитие ранее приобретенных навыков и знаний, а также способствуя социальной сплоченности путем укрепления внутригрупповой идентичности и прояснения межгрупповых отношений» [13].

Таким образом, в управлении персоналом сторителлинг служит мостом между теорией и практикой, помогая трансформировать абстрактные навыки в конкретные модели поведения. Также сторителлинг способствует формированию коллективного смысла, снижает ощущение изолированности и повышает чувство ответственности. Кроме того, он помогает в разрешении конфликтов: если команда через истории видит, как предыдущие участники справлялись с аналогичными вызовами, это формирует более эффективную модель поведения.

Можно утверждать, что сторителлинг в совокупности своих проявлений способствует выработке у коллектива компании единого «вектора» по отношению к имевшим место ранее и потенциально возможным проблемным ситуациям.

Сторителлинг в управлении знаниями. Корпоративная память и сторителлинг

Еще одной из важных функций сторителлинга как метода управления является роль в создании и поддержании корпоративной памяти.

Как организация может сохранить и эффективно использовать свои знания и опыт? Ответ – корпоративная память. В больших организациях, где накопленный опыт и знания могут быть утрачены из-за смены кадров, истории становятся способом передачи знаний от старших сотрудников к новичкам. И сторителлинг играет здесь ключевую роль. С помощью историй компания может создать систему, в которой знания не теряются, а накапливаются и используются. Для этого можно использовать различные инструменты: от корпоративных книг, в которых собраны истории сотрудников, до специальных сайтов, где сотрудники делятся своими опытом. Конкурсы историй и обучающие программы, основанные на сторителлинге, также способствуют формированию корпоративной памяти. Как отмечает Мильнер: «Особенностью управления знаниями является то, что оно зависит не только от количества накапливаемой информации, но и от разветвленности сети, обеспечивающей доступ людей к имеющейся информации» [15]. Главное преимущество сторителлинга в этом контексте – это формирование сильной и доступной культуры знаний,

которая включает в себя традиции, нормы, ценности и общую идеологию компании.

Истории, которые рассказываются внутри компаний, помогают закрепить важную информацию, ценности и лучшие практики, создавая долгосрочную ценность для организаций. По мнению Новиковой: «Истории помогают сохранять и передавать корпоративную память, что делает организацию более устойчивой к изменениям и рискам» [16]. Корпоративная память представляет собой системную способность организации к управлению своим коллективным знанием. Она основывается на накопленном опыте, устоявшихся традициях и корпоративной культуре, а ее источниками являются как формализованные, так и неформализованные организационные данные. Это знание отбирается по критериям актуальности и потенциала практического использования в деятельности, обеспечивая формирование, поддержание и развитие необходимых компетенций. Новикова в своей диссертации так же подчеркивает: «Основное назначение корпоративной памяти в организации – сохранять, накапливать и воспроизводить организационные знания компаний, составляющие её прошлый опыт, традиции и используемые при принятии решений неформализованные знания, носителями которых являются сотрудники, а также формализованные знания, хранящиеся на бумажных носителях и в электронном виде» [16].

Сторителлинг способствует не только хранению и передаче знаний, но и их практическому применению. Дэвис указывает на важность сторителлинга в создании знаний в процессе работы, подчеркивая: «с помощью истории сложные процессы и технологии становятся более понятными и доступными для восприятия» [17]. В свою очередь, Морозов отмечает, что знания сотрудников являются критически важным ресурсом для обеспечения инновационного развития компаний, наравне с другими активами [18].

Сторителлинг выступает как важнейший канал для трансляции не только формальной истории компании, но и – что особенно ценно – неявных, трудно формализуемых знаний. Эти неявные знания являются фундаментальным пластом корпоративной памяти, который трудно сохранить и передать иными способами. Корпоративная память в свою очередь является важнейшим ресурсом в развитии компании, так как это не просто архив данных, а динамический, постоянно развивающийся актив, который определяет способность организации учиться, адаптироваться, принимать эффективные решения, внедрять инновации и процветать в долгосрочной перспективе. В работе Ражевой отражена важность этого понятия: «Осознанное формирование и использование корпоративной памяти способствует формированию механизма устойчивого развития предприятия и, как следствие, повышению эффективности его хозяйственной деятельности» [19].

Таким образом, на основе представлений, развиваемых в работах [17...21], можно утверждать, что применение сторителлинга способствует повышению инновационного потенциала компании – очень важной задачи, приобретающей в последние годы большую актуальность, что подтверждается значительным числом работ в этом направлении, см. например работы [22...29] и цитируемую там литературу. Действительно, можно говорить о том, что сторителлинг, как и упоминаемые в настоящей работе методы MBWA и партисипативное управление, не только способствует прорыву вертикальных барьеров коммуникации в иерархической структуре, но и значительно мотивирует персонал.

Повышение мотивации сотрудников является одним из важных факторов, позволяющих повысить инновационный потенциал компании. Как мощный инструмент формирования корпоративной памяти и корпоративной культуры, как инструмент, способствующий передаче многолетнего опыта, знаний и, соответственно принятию верных управленических решений, сторителлинг безусловно способствует решению задачи повышения инновационного потенциала предприятия.

В смысле формирования корпоративной памяти и выработки единого подхода, отношения и способов преодоления возникавших ранее и потенциально возможных проблемных ситуаций, сторителлинг может быть рассмотрен как один из методов, предпола-

гающих предварительную классификацию проблемных ситуаций перед принятием основного решения, такие методы рассмотрены в работе [30], там же, при определенных допущениях, математически доказана выгодность подобной предварительной классификации

Преимущества сторителлинга

Преимущества сторителлинга очевидны: он делает информацию более запоминающейся, создает эмоциональную связь с аудиторией, повышает вовлеченность и формирует корпоративную систему ценностей.

Вместо сухих фактов и технических характеристик, компании предлагают эмоциональные истории, которые позволяют:

✓ *Улучшить восприятие и запоминание информации.* Истории помогают донести сложную информацию простым и доступным способом, снижая когнитивную нагрузку и повышая участие аудитории.

✓ *Повысить вовлеченность.* Истории воздействуют на эмоциональную сферу сотрудников, что способствует более глубокому восприятию информации и повышению мотивации; В смысле повышения вовлеченности и упомянутого выше стирания вертикальных барьеров коммуникации в иерархической структуре корпорации метод сторителлинга перекликается с другим современным и доказавшим свою эффективность методом, таким как партисипативное управление [22].

✓ *Стимулировать творчество.* Сторителлинг часто рассматривается как методика креативности, которая использует повествование для достижения различных целей, от создания эмоциональной связи с аудиторией до обучения и развития мышления. Он стимулирует творчество, поскольку требует создания структурированного, эмоционально насыщенного рассказа. Следует отметить, что использование методик креативности рассматривается в ряде работ, например [29], как инструмент, способствующий повышению эффективности решения задач управления и повышению упомянутого выше инновационного потенциала компании.

Сторителлинг безусловно может быть эффективно использован для решения вышеупомянутых задач и может быть рассмотрен в одном ряду как с другими эффективными методиками креативности, например упомянутыми в [29], так и с инновационными методиками управления, упомянутыми в работах [31, 32]

✓ *Наглядно показать проблемы и пути их решения.* Истории позволяют учиться на чужом опыте, избегая повторения ошибок;

✓ *Формировать корпоративную культуру,* что в свою очередь означает сохранение и передачу знаний: как мы уже отмечали выше — истории облегчают передачу неформальных и скрытых знаний, которые сложно зарегистрировать в формальных системах. Когда все сотрудники работают в одном направлении, понимают свои роли и имеют четкие цели, это естественным образом ведет к повышению общей производительности и эффективности. Как отмечает Ермишина: «Сильные корпоративные культуры способствуют *правильному принятию решений*, создают основу сотрудничества на доверии, оказывают неформальное воздействие на молодых сотрудников, способствуя развитию их личностных и профессиональных качеств» [20]. Сильная корпоративная культура — это не случайность, а результат целенаправленных усилий. Сторителлинг, как мощный инструмент коммуникации, способен помочь в формировании этой культуры, сделать ее понятной, близкой и действенной для каждого сотрудника.

Сторителлинг придает корпоративной структуре человечность, вызывает доверие и лояльность, объединяет контент и помогает транслировать ценности компании. Иными словами, он превращает корпоративную культуру из набора правил в общую, понятную и вдохновляющую реальность, укрепляя доверие между руководством и сотрудниками и создавая единое информационное поле, где каждый чувствует себя важной частью большого целого.

Вызовы и риски

Несмотря на значительные преимущества, использование сторителлинга как метода управления сопряжено с рядом вызовов и рисков:

- ✓ *Манипуляции и искажение фактов*: истории могут быть использованы для манипуляций, посредством искажения важных фактов или преувеличением достижений.
- ✓ *Неуниверсальность*: сторителлинг может не работать в некоторых культурных или организационных контекстах, где такие методы коммуникации не являются популярными или воспринимаются скептически. Например, в культурах с высокой структурой власти или низким уровнем доверия к внутренним рассказам эффективность может снижаться, истории могут быть восприняты как проявление непрофессионализма и манипулятивности.
- ✓ *Отсутствие системности и методичности*. Спонтанное и неорганизованное использование сторителлинга может привести к путанице и непоследовательности в коммуникациях. Необходимо разрабатывать четкий план и стратегию использования историй, определив цели и формат.
- ✓ *Избыточное использование или неправильный выбор историй*: если компании начинают использовать истории без аналитической базы и четкого смысла, они могут превратиться в пустой маркетинг, что ведет к снижению доверия сотрудников.

Сторителлинг как метод управления представляет собой мощный инструмент для формирования корпоративной культуры, обучения и мотивации сотрудников, а также для эффективной коммуникации внутри организации. Он позволяет сделать внутренние процессы компании понятными и значимыми, вызывая эмоциональный отклик. Более того, сторителлинг помогает преобразовать абстрактные цели и стратегии в живые смыслы, которые воспринимаются на уровне личного опыта сотрудников.

В то же время, чтобы извлечь максимальную пользу из этого метода, необходимо учитывать контекст – культурный, организационный, индивидуальный. Истории должны быть достоверными, соответствовать корпоративным ценностям, давать сотрудникам возможность идентифицироваться и воспринимать себя частью более крупного смысла. При грамотном использовании сторителлинг способен улучшить вовлеченность, ускорить адаптацию и повысить организационную устойчивость.

Заключение.

По совокупности различных аспектов, характеристик и практики применения сторителлинга, можно утверждать, что этот метод способствует выработке у коллектива компании единого «вектора» по отношению не только к имевшим место ранее и сохраненным в корпоративной памяти, но и к потенциально возможным проблемным ситуациям. В этом смысле сторителлинг может быть рассмотрен в ряду методов, которые предполагают предварительную классификацию проблемных ситуаций перед принятием основного решения и активно исследуются в последние годы.

На основании примеров, рассмотренных в статье, можно сделать вывод, что в поле управления персоналом сторителлинг следует рассматривать не только как «хорошую идею», но и как системный инструмент, встроенный в стратегию компании и, в частности, в формирование и поддержание её корпоративной культуры.

Таким образом, этот метод становится важным элементом системного управления, способным связать стратегическое видение компании с реальными действиями и смыслами внутри организации. Когда сторителлинг интегрирован в процессы HR – от адаптации новых сотрудников до программ развития и признания – он эффективно транслирует миссию, ценности и поведенческие нормы, которые составляют ядро корпоративной культуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Брунер, Д. С.** Психология познания. За пределами непосредственной информации / Д. С. Брунер; пер. с англ. под ред. К. И. Бабицкого. – Москва: Издательство Прогресс, 1997. – 413 с.
2. **Назайкин, А. Н.** Сторителлинг в современной бизнес-коммуникации / А. Н. Назайкин // PR и реклама в изменяющемся мире: региональный аспект – 2023. – № 2. – С. 52-56.
3. **Современные проблемы науки и образования:** Тодорова, О. В. Сторителлинг как инновационный PR-инструмент / О. В. Тодорова // Журнал современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – Журнал современные проблемы науки и образования. – 2014. – <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14130>.
4. **Armstrong, D. M.** MBSA: Managing by Storying Around / D. M. Armstrong. – New York: DoubleDay, 2019. – 272 р.
5. **Питерс Т.** В поисках совершенства / Т. Питерс, Р. Уотерман-мл.; пер. с англ. под ред. В. В. Кулеба. – Москва: Издательство Альпина Паблишер, 2014. – 524 с.
6. **Назайкин, А. Н.** Сторителлинг в рекламе и PR / А. Н. Назайкин // Вестник Воронежского Государственного Университета. – 2023. – № 2. – С. 137-140.
7. **Симмонс А.** Сторителлинг. Как использовать силу историй / А. Симмонс; пер. с англ. под ред. А. Анваер. – Москва: Издательство Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 270 с.
8. **Новичкова, А. В.** Науковедение: Сторителлинг как современный инструмент управления персоналом / А. В. Новичкова, Ю. В. Вокресенская // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – № 6. – Москва: Интернет-журнал «Науковедение», 2014. – <http://naukovedenie.ru/PDF/39EVN614>.
9. **Маслов, Е. С.** Что такое нарратив? / Е. С. Маслов. – Казань: Издательство Казанского университета, 2020. – 116 с.
10. **Назайкин, А. Н.** Современный сторителлинг: определение и виды / А. Н. Назайкин // Вестник Московского Университета. Серия 10. Журналистика. – 2025. – № 2. – С. 115-126.
11. **Фундаментальные исследования:** Метод сторителлинга в корпоративном управлении / Е. А. Челнокова, С. Н. Казначеева, О. В. Юдакова, Ю. М. Борщевская // Журнал Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12. – Журнал Фундаментальные исследования, 2016. – <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41235>.
12. **Минаева, Л. В.** Вестник университета: Корпоративный сторителлинг / Л. В. Минаева // Интернет-журнал «Вестник университета». – 2016. – № 2. – Момка: Интернет-журнал «Вестник университета», 2014. – <https://vestnik.guu.ru/jour/article/view/98/1116>.
13. **Bietti M. Lucas.** National Library of Medicine: Storytelling as adaptive collective sensemaking / Lucas M. Bietti, O. Tilston, A. Bangerter // National Library of Medicine. – 2019. – № 4. – National Library of Medicine. – 2019. – pubmed.ncbi.nih.gov/29954043/.
14. **Кулакова, Т. А.** О методологических основаниях сторителлинга как технологии управления массовым сознанием / Т. А Кулакова, А. В. Волкова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Философия и конфликтология. – 2024. – № 2. – С. 294-308.
15. **Мильнер, Б. З.** Управление знаниями: первые итоги, уроки и перспективы / Б. З Мильнер. – Москва: Издательство ИНФРА-М, 2010. – 46 с.
16. **Новичкова, А. В.** Формирование модели корпоративной памяти в системе управления знаниями инновационных организаций:дис. ... канд. экон. наук :08.00.05 / Александра Владимировна Новичкова; М. гос. ун-т. – Москва, 2012. – 165 с.
17. **Дэвис, Д. Д.** Исследования в рекламной деятельности: теория и практика /Д. Д. Дэвис; пер. с англ. под ред. В.А. Ачкасова. – Москва: Издательство Вильямс, 2003. – 864 с.
18. **Морозова, Г. А.** Инновации в формировании экономики нового типа / Г. А. Морозова // Инновационное развитие экономики: сборник материалов XI международной

- научно-практической конференции. – Волгоград, 2018. – С. 267-271.
19. **Ражева, А. А.** Корпоративная память как актуальный управленческий ресурс промышленного предприятия / А .А. Ражева // Финансы: теория и практика. – 2013. – № 4. – С. 131-141.
20. **Ермишина, Е. Б.** Корпоративная культура как основополагающий фактор успешного развития организации / Е. Б. Ермишина // Научный вестник Южного института менеджмента. – 2017. – № 1. – С. 56-62.
21. **Василенко, С. В.** Корпоративная культура как инструмент эффективного управления персоналом / С. В. Василенко. - Москва: Издательство Дашков и К, 2013. – 480 с.
22. Партиципативное управление как инновационная модель управления инновационным потенциалом предприятия и как способ его повышения / С. В. Артыщенко, С. А. Баев, И. С. Артыщенко, М. В. Гусев, Е. И. Радинская // Проектное управление в строительстве. – 2024. – Вып. 1(30). – С. 21-30.
23. Обзор методов теории принятия решений и некоторых парадоксов, в том числе группового мышления в контексте управления инновационным потенциалом предприятия и его повышения / С. В. Артыщенко, С. А. Баев, В. Ю. Боголепова, А. Е. Арников // Проектное управление в строительстве. – 2024. – Вып. 1(30). – С. 31-39.
24. Инновационный потенциал предприятия: структура, значение, влияющие факторы / С. В. Артыщенко, Е. А. Серебрякова, И. С. Артыщенко, С. А. Баев, Е. И. Радинская // Проектное управление в строительстве. – 2023. – № 4. – С. 60-68.
25. Использование парадокса Монти Холла в задачах управления проектами. Часть I. Оптимальный выбор стратегии повышения инновационного потенциала предприятия / С. В. Артыщенко, С. А. Баркалов, С. А. Баев, Е. А. Серебрякова, Д. В. Панфилов // Журнал инженерный вестник Дона. – 2023. – № 10. – ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8748.
26. Исследование динамики развития инновационных процессов с помощью логистического уравнения Ферхюльста / С. Н. Дьяконова, С. В. Артыщенко, С. А. Баев, М. В. Гусев // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. – 2022. – Т. 19. – № 4. – С. 80-84.
27. Особенности и новые возможности повышения инновационного потенциала предприятий РФ в свете ухода с рынка иностранных компаний / С. В. Артыщенко, А. А. Батехова, К. Н. Горюшкин, М. В. Гусев // Инновации, технологии и бизнес. – 2024. – № 1(15). – С. 9-14.
28. Исследование проблем осуществления инновационной деятельности на предприятиях строительной сферы / С. Н. Дьяконова, С. В. Артыщенко, Н. В. Щетинин, Д. Г. Мартиросян // Инновации, технологии и бизнес. – 2021. – № 2(10). – С. 47-52.
29. Применение методик креативности в задачах управления и для повышения инновационного потенциала предприятия / С. В. Артыщенко, В. В. Кадурин, Д. С. Никитин, А. М. Усачев, Т. В. Степанова // Проектное управление в строительстве. – 2024. – № 2(31). – С. 40-54.
30. **Артыщенко, С. В.** К вопросу о целесообразности предварительной классификации, категоризации, систематизации проблемных ситуаций перед принятием основного решения / С. В. Артыщенко // Проектное управление в строительстве. – 2025. – № 1(32). – С. 46-55.
31. Применение риск-менеджмента в задачах управления: качественные и количественные методы / С. В. Артыщенко, А. А. Писарева, Д. И. Емельянов, Т. В. Степанова // Проектное управление в строительстве. 2024. – № 2(31). – С. 24-39.
32. Концепция бережливого производства и управления. Инновационные методики управления и принятия решений. Производственная система «Тойоты» / С. В. Артыщенко, А. И. Колосов, И. В. Беленко, К. Э. Фефелова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 1(32). – С. 112-124.

Поступила в редакцию 6 ноября 2025

STORYTELLING AS A METHOD OF PRELIMINARY CLASSIFICATION OF PROBLEM SITUATIONS AND A SYSTEMIC TOOL FOR FORMING CORPORATE CULTURE AND MANAGEMENT

S. V. Artyshchenko, A. I. Kolosov, S. A. Yaremenko, O. V. Lendova

Stepan Vladimirovich Artyshchenko, Cand. Sc. (Phys. and Math.), Associate Professor at the Department of Innovation and Construction Physics named after Professor I. S. Surovtsev, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)276-39-76; e-mail: art.stepan@mail.ru

Alexander Ivanovich Kolosov, Cand. Sc. (Techn.), Associate Professor, First Vice-Rector, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)207-22-20; e-mail: akolosov@cchgeu.ru

Sergey Anatolyevich Yaremenko, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)207-22-20; e-mail: iaremenko@cchgeu.ru

Olga Vyacheslavovna Lendova, master student at the Department of Theory and Practice of Architectural Design, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)276-39-76; e-mail: olga.lendova13@mail.ru

The paper explores the concept of storytelling as a management method that enhances and expands the capabilities of traditional approaches. The article analyzes how storytelling can be effectively used to form and strengthen corporate culture, increase employee engagement and loyalty, as well as to broadcast the company's strategic vision and values. It is noted that based on the totality of its properties and characteristics, storytelling can be considered as one of the methods that involves a preliminary classification of problematic situations. Special attention is paid to the potential of this method, which can become a key element of system management, able to link strategic goals with real actions and semantic content within the organization, playing an important role in creating a strong and sustainable corporate culture.

Keywords: storytelling; personnel management; narration; management; corporate memory; corporate culture.

REFERENCES

1. **Bruner D. S.** *Psychology of Cognition. Beyond Immediate Information.* Moscow, Publishing House of Progress Publishing House. 1997. 413 p. (in Russian)
2. **Nazaykin A. N.** *Storytelling in modern business communication.* PR and Advertising in a Changing World: A Regional Perspective. No. 2. 2023. Pp. 52-56. (in Russian)
3. **Todorova O. V.** *Storytelling as an innovative PR tool* St. Petersburg, Russian Journal of modern problems of science and education. No. 4. 2014. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14130>. (in Russian)
4. **Armstrong D. M.** *MBSA: Managing by Storying Around.* New York. DoubleDay. 2019. 272 p.
5. **Peters Tom, Waterman Jr. Robert** *In search of perfection.* Moscow, Publishing House of Alpina Publisher. 2014. 524 p. (in Russian)
6. **Nazaykin A. N.** *Storytelling in Advertising and PR.* Bulletin of Voronezh State University. No. 2. 2023. Pp. 137-140. (in Russian)
7. **Simmons A.** *Storytelling. How to use the power of stories.* Moscow, Publishing House of Mann. Ivanov and Ferber. 2013. 270 p. (in Russian)
8. **Novichkova A. V., Vokresenskaya U. V.** *Storytelling as a modern HR management tool,* Russian Journal of science. No. 6. 2014. <http://naukovedenie.ru/PDF/39EVN614>. (in Russian)
9. **Maslov E. S.** *What is a narrative?* Publishing House of Kazan University. 2020. 116 p. (in Russian)
10. **Nazaykin A. N.** *Modern storytelling: definition and types.* Moscow University Bulletin. Series 10. Journalism. 2025. No. 2. Pp. 115-126. (in Russian)
11. **Chelnokova E. A., Kaznacheeva S. N., Yudakova O. V., Borshchevskaya U. M.**

- Storytelling Method in Corporate Management*, Journal of Fundamental Research. No. 12. 2016. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=4123>. (in Russian)
12. **Minaeva L.V.** *Corporate storytelling*. Online journal "University Bulletin". No. 2. 2016. <https://vestnik.guu.ru/jour/article/view/98/1116>. (in Russian)
 13. **Bietti Lucas M., Tilston O., Bangerter A.** *Storytelling as adaptive collective thinking*. National Library of Medicine. 2019. Vol. 11. Pp. 710-732.
 14. **Kulakova T. A., Volkova A. V.** *On the methodological foundations of storytelling as a technology for controlling mass consciousness*. Bulletin of St. Petersburg University. Philosophy and Conflictology. 2024. Vol. 40. Pp. 294-308.
 15. **Milner B. Z.** *Knowledge management: first results, lessons and prospects*. Moscow, Publishing House of INFRA-M. 2010. 46 p. (in Russian)
 16. **Novichkova A. V.** *Formation of a corporate memory model in the knowledge management system of innovative organizations*. Moscow, Moscow State University. 2012. 165 p. (in Russian)
 17. **Davis J. J.** *Research in advertising: theory and practice*. Moscow, Publishing House of Williams. 2003. 864 p. (in Russian)
 18. **Morozova G. A.** *Innovations in the formation of a new type of economy*: collection of materials from the XI international scientific and practical conference. Volgograd. 2018. Pp. 267-271. (in Russian)
 19. **Razheva A. A.** *Corporate memory as an actual management resource of an industrial enterprise*. Finance: Theory and Practice. 2013. No. 4. Pp. 131-141. (in Russian)
 20. **Ermishina E. B.** *Corporate culture as a fundamental factor in the successful development of an organization*. Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management. 2017. No. 1. Pp. 56-62 (in Russian)
 21. **Vasilenko, S. V.** *Corporate culture as a tool for effective personnel management*. Moscow, Publishing House of Dashkov and K. 2013. 480 p. (in Russian)
 22. **Artyshenko S. V., Baev S. A., Artyshenko I. S., Gusev M. V., Radinskaya E. I.** *Participatory management as an innovative model for managing the innovative potential of an enterprise and as a way to increase*. Project management in construction. 2024. No. 1(30). Pp. 21-30. (in Russian)
 23. **Artyshenko S. V., Baev S. A., Bogolepova V. Yu., Arnikov A. E.** *Review of methods of decision theory and some paradoxes, including groupthink in the context of enterprise innovation potential management and enhancement*. Project management management in construction. 2024. No. 1(30). Pp. 31-39. (in Russian)
 24. **Artyshenko S. V., Serebryakova E. A., Artyshenko I. S., Baev S. A., Radinskaya E.I.** *Innovative potential of the enterprise: structure, significance, influencing factors*. Project management in construction. 2023. No. 4. Pp. 60-68. (in Russian)
 25. **Artyshchenko S. V., Barkalov S. A., Baev S. A., Serebryakova E. A., Panfilov D. V.** *Using the Monty Hall paradox in project management tasks. Part I. The optimal choice of strategy for increasing the innovative potential of the enterprise*. Engineering Bulletin of the Don. No.10. 2023. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8748. (in Russian)
 26. **Dyakonova S. N., Artyshenko S. V., Baev S. A., Gusev M. V.** *Investigation of the dynamics of the development of innovative processes using the Verhulst logistic equation*. FES: Finance. Economy. Strategy. 2022. Vol. 19. No. 4. Pp. 80-84. (in Russian)
 27. **Artyshchenko S. V., Batekhova A. A., Goryushkin K. N., Gusev M. V.** *Features and new opportunities for increasing the innovative potential of Russian enterprises in the light of the withdrawal of foreign companies from the market*. Innovations, technologies and business. 2024. No. 1(15). Pp. 9-14. (in Russian)
 28. **Dyakonova S. N., Artyshchenko S. V., Shchetinin N. V., Martirosyan D. G.** *Research of problems of implementation of innovative activity at enterprises of the construction sector*. Innovation, technology and business. 2021. No. 2(10). Pp. 47-52. (in Russian)

29. **Artyshchenko S. V., Kadurin V. V., Nikitin D. S., Usachev A. M., Stepanova T. V.** *Application of creativity techniques in management tasks and to increase the innovative potential of an enterprise.* Project management in construction. 2024. No. 2(31). Pp. 40-54. (in Russian)
30. **Artyshchenko S. V.** *On the question of the expediency of preliminary classification, categorization, systematization of problematic situations before making the main decision.* Project management in construction. 2025. No. 1(32). Pp. 46-55. (in Russian)
31. **Artyshchenko S. V., Pisareva A. A., Yemelyanov D. I., Stepanova T. V.** *Application of risk management in management tasks: qualitative and quantitative methods.* Project management in construction. 2024. No. 2(31). Pp. 24-39. (in Russian)
32. **Artyshchenko S. V., Kolosov A. I., Belenko I. V., Fefelova K. E.** *The concept of lean production and management. Innovative methods of management and decision-making. Toyota production system.* Housing and communal infrastructure. 2025. No. 1(32). Pp. 112-124. (in Russian)

Received 6 November 2025

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Сторителлинг как метод предварительной классификации проблемных ситуаций и системный инструмент формирования корпоративной культуры и управления / С. В. Артыщенко, А. И. Колосов, С. А. Яременко, О. В. Лендова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 115-126. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.012.

FOR CITATION:

Artyshchenko S. V., Kolosov A. I., Yaremenko S. A., Lendova O. V. *Storytelling as a method of preliminary classification of problem situations and a systemic tool for forming corporate culture and management.* Housing and utilities infrastructure. 2025. No. 4(35). Pp. 115-126. DOI 10.36622/2541-9110.2025.35.4.012. (in Russian)

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

WRITING RULES AND GUIDELINE

Журнал публикует информацию о научно-технических разработках в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Периодичность издания – 4 раза в год.

Издание включено в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук с 22.12.2020 г.

Статьи в журнале публикуются бесплатно.

Осуществляется подписка на журнал «Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура». Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России» ПД039. Физические лица могут оформить подписку на сайте <https://www.pochta.ru/>

Отдельные экземпляры журнала можно приобрести в редакции по адресу: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84, ВГТУ, кафедра жилищно-коммунального хозяйства, каб. 1321.

О наличии необходимого номера можно узнать по телефону +7(473)271-28-92 или по e-mail: vstu.gkh@gmail.com.

Рукопись представляется в редакцию *на русском языке*. В том случае, если зарубежные авторы прсылают статьи *на английском языке*, необходимо предоставить *точный перевод на русский язык*.

К публикации принимаются материалы статьи, в которых приводятся результаты собственных научных (теоретических и/или экспериментальных) исследований авторов (кроме обзорных статей), соответствующие по своей тематике профилю и тематическим направлениям журнала.

Материалы статьи принимаются в электронном виде на адрес редакции vstu.gkh@gmail.com. Автор прсылает:

- ✓ файл текста статьи;
- ✓ отсканированная последняя страница с датой отправки статьи и подписями всех авторов (рядом с подписью указывается фамилия и инициалы автора);
- ✓ экспертное заключение о возможности открытого опубликования, заверенное печатью и подписью ответственного лица.

После принятия статьи к публикации автор высыпает оригинал рукописи в редакцию журнала по адресу: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84, ком. 1321, Воронежский государственный технический университет, кафедра жилищно-коммунального хозяйства.

Об отказе в публикации статьи по формальным признакам авторы информируются редакцией по электронной почте с изложением причины отказа.

Требования к оформлению статьи

Рукопись должна готовиться в редакторе Microsoft Word для Windows (версии от XP до Word 97/10). Текст набирают шрифтом Times New Roman размером 12 пт с межстрочным интервалом 1, абзацный отступ 1 см. Размер листа А4; поля: левое – 3 см, правое – 1,5 см, верхнее – 2 см, нижнее – 2,5 см. Нумерация страниц не требуется. Объём рукописи – от 5 до 10 страниц, включая иллюстрации, таблицы, библиографический список и сведения об авторах.

Структура статьи:

русскоязычная часть:

- ✓ **индекс УДК** – в левом верхнем углу, прописными буквами (шрифт 12 пт, обычный);
- ✓ **название статьи** – прописными буквами с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **иинициалы, фамилии авторов**, с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **сведения об авторах**: последовательно для каждого – фамилия, имя, отчество, ученая степень, звания (звания в негосударственных академиях наук и почётные звания не указывать), должность, наименование учреждения, в котором работает автор, город, страна, контактный телефон; e-mail автора, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
- ✓ **аннотация** объёмом от 200 до 250 слов, выравнивание по ширине, отступ слева и справа 1 см (шрифт 11 пт, обычный);

✓ **ключевые слова** от 5 до 12 слов, указывающие на принципиально важные объекты и особенности исследования, отделяются друг от друга точкой с запятой, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);

✓ **текст статьи** (в тексте статьи должны быть отражены: актуальность проблемы, оценка степени ее разработанности, цели, задачи и методы решения научной задачи, полученные результаты). В конце статьи обязательно приводится **заключение**.

При оформлении текста статьи следует придерживаться следующих требований:

✓ русские и греческие буквы и индексы, а также цифры, аббревиатуры и стандартные функции (Re, cos и др.) в тексте, формулах, подписях к рисункам и в таблицах набираются прямым шрифтом; латинские буквы – курсивом;

✓ в статье должен быть необходимый минимум формул, которые:

❖ следует набирать шрифтом Times New Roman в редакторе формул MS Equation или MathType;

❖ начинать с красной строки;

❖ располагать по центру и нумеровать арабскими цифрами в скобках у правого края страницы;

❖ ссылки на формулы в тексте – арабскими цифрами в скобках;

✓ рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и добавлены в текст после первого упоминания;

✓ до и после рисунка и таблицы необходимо сделать пробел (шрифт 12 пт);

✓ иллюстрации представляются в редакцию

❖ в виде отдельных файлов (рисунков и фотографий), записанных с расширением .TIFF или .JPEG; линии чертежа – не тоньше 1 пт; иллюстрации, в том числе фотографии, должны иметь хорошую проработку деталей;

❖ подписи к рисункам нумеруются и располагаются под ними, выравнивание текста по центру (шрифт 10 пт, обычный), в конце точка не ставится;

✓ таблицы оформляются следующим образом:

❖ шрифт выбирается автором самостоятельно с учетом возможности качественного чтения текста;

❖ наименования в таблицах даются полностью, без сокращения слов;

❖ номер таблицы располагается отдельно, выравнивание текста по правому краю (шрифт 10 пт, обычный);

❖ название таблицы размещается над таблицей, выравнивание текста по центру (шрифт 11 пт, обычный), в конце точка не ставится;

✓ **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**, составляемый по следующим правилам;

❖ список используемой литературы должен включать не менее 10 источников;

❖ шрифт 12 пт, выравнивание текста по ширине, абзацный отступ 1 см;

❖ в список включаются *только опубликованные работы*, в порядке упоминания в статье; ссылки на них в тексте статьи даются арабскими цифрами в квадратных скобках;

❖ в списке не должно быть нормативных документов (ГОСТ, СП, технических регламентов, правовых актов и т.п. неавторизованных источников) – ссылки на них даются в тексте статьи в развернутом виде или в форме подстраничных сносок;

❖ библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003; включенные в текст статьи или подстраничные библиографические ссылки следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5-2008;

❖ ссылки на интернет-сайты не допускаются; для статей из зарегистрированных *электронных журналов* указываются фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, выходные данные выпуска, адрес сайта журнала и дата обращения к электронному ресурсу;

англоязычная часть:

✓ **название статьи;**

✓ **инициалы, фамилии авторов**, выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);

✓ **сведения об авторах** – последовательно для каждого: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученые звания, должность, название организации (учреждения), города, страны, контактный телефон; e-mail автора; выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);

✓ **аннотация**: перевод, идентичный русскому варианту;

✓ **ключевые слова** (Keywords);

✓ **библиографический список** (REFERENCES).

ISSN 2541-9110



9 772541 911046