

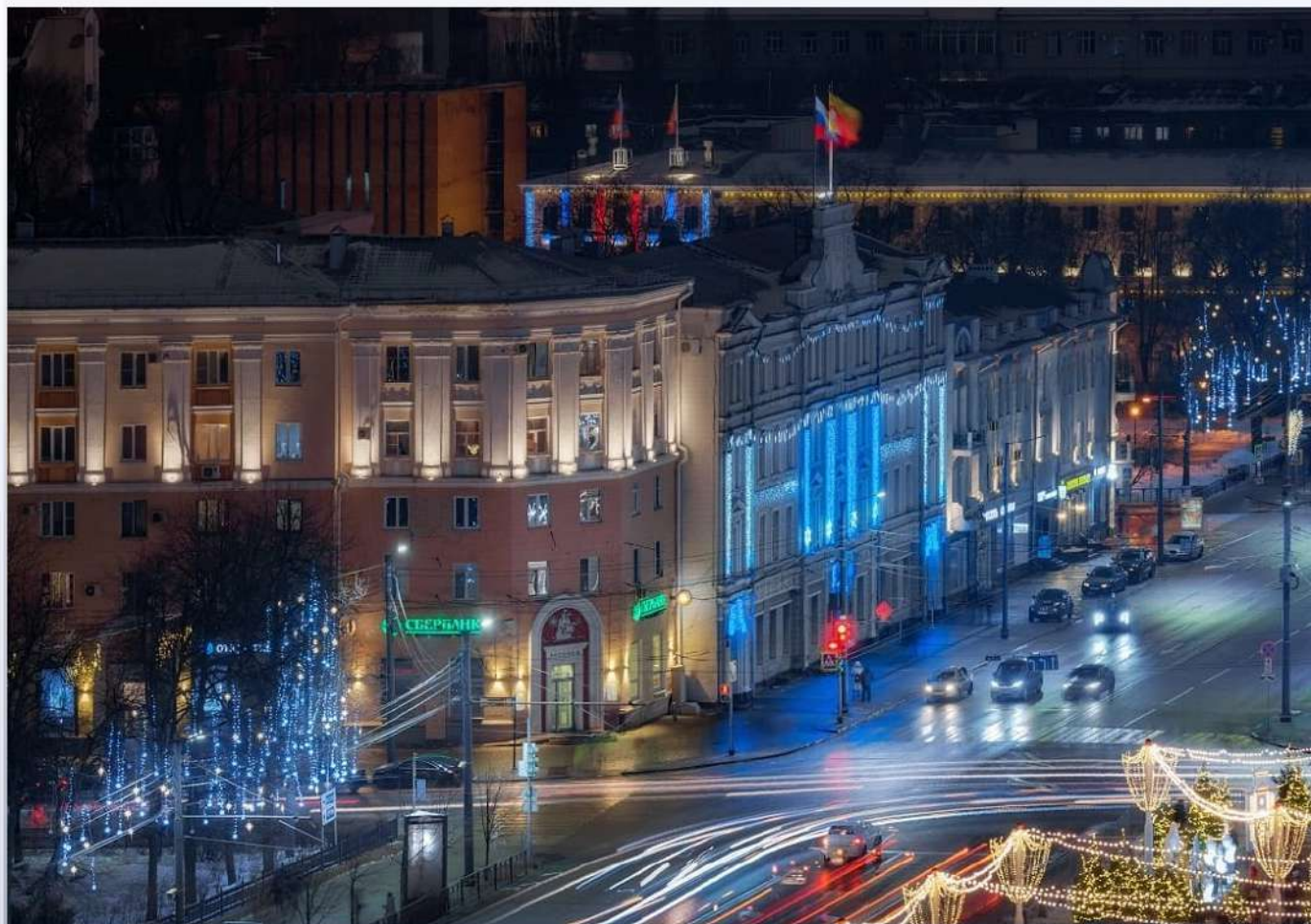
ISSN 2541-9110 (Print)

ISSN 2782-4667 (Online)

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 4(27), 2023

Воронежский государственный технический университет



*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(27), 2023

**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





ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

**Научный журнал
Воронежского государственного
технического университета
Жилищное хозяйство
и коммунальная
инфраструктура**



Издается с 2017 года

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 «Каталоге периодических изданий. Газеты и журналы» ГК «Урал Пресс» - 81025.
Физические лица могут оформить подписку в интернет-магазине «Деловая пресса»
<http://www.ural-press.ru/dlya-fizicheskikh-lits/>

Воронеж

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
- ✓ Environment 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 «Catalog of periodicals. Newspapers and magazines»
of the «Ural Press» Group of Companies - 81025.
Individuals can subscribe to it in the online store «Business Press»
<http://www.ural-press.ru/dlya-fizicheskikh-lits/>

Voronezh

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – Яременко Сергей Анатольевич, декан факультета инженерных систем и сооружений (Воронежский государственный технический университет)

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

Баранников Н. И., 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)

Леднев 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)

Романов 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)

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

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

Эвиев 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:* Бичев Е.
Редактор перевода: Козлова В.В.

Подписной индекс в «Каталоге периодических изданий. Газеты и журналы» ГК «Урал Пресс» – 81025
Дата выхода в свет 20.12.2023. Усл. печ. л. 15,5. Формат 60×84/8. Тираж 45 экз. Заказ № 419
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 – Yaremenko Sergey Anatolevich, Dean of the Faculty of Engineering systems and structures (Voronezh State Technical University)

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

Barannikov N. I., 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)

Kononova M. S., Cand. Sc. (Technical), Associate Prof. (Voronezh State Technical University)

Korol' E. A., Dr. Sc. (Technical), Prof., corresponding member of The Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, honored Builder of Russia, the academician of RIA, member of Moscow State University of Civil Engineering

Ledenev V. I., Dr. Sc. (Technical), Prof. (Tambov State Technical University)

Mailyan L. R., Dr. Sc. (Technical), Prof., corresponding member of The Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, the city of Rostov-on-Don

Moskvicheva E. V., Dr. Sc. (Technical), Prof. (Volgograd State Technical University)

Oparina L. A., Dr. Sc. (Technical), Associate Prof. (Ivanovo State Polytechnic University)

Romanova A. I., Dr. Sc. (Economics), Prof., The Head of the Institute of Continuing Professional Education, Corresponding Member of International Academy of Investments and Construction Economics, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation (Kazan State University of Architecture and Civil Engineering)

Savin K. N., Dr. Sc. (Economics), Prof., Honorary Worker of Housing and Public Utilities of Russia, Honorary Worker of the Higher Professional Education of the Russian Federation, Head of the Housing and Utilities Sector (Tambov State Technical University)

Stolboushkin A. Yu., Dr. Sc. (Technical), Prof. (Siberian State Industrial University, Novokuznetsk-city)

Uvarov V. A., Dr. Sc. (Technical), Prof. (Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov)

Shibaeva M. A., Dr. Sc. (Economics), Prof. (Voronezh State Technical University)

Schukin O. S., Dr. Sc. (Economics), Prof. (Voronezh State University)

Eview V. A., Dr. Sc. (Technical), Prof. (Calmic State University, Elista-city)

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: E. Bichev

Translation editor: V. V. Kozlova

Subscription index in the «Catalog of periodicals. Newspapers and magazines» of the «Ural Press» Group of Companies – 81025

Date of publication 20.12.2023. Conventional printed sheets 15,5. Format 60×84/8. Circulation 45 copies. Order 419

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, Russian Federation

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Шмелев Г. Д., Ишков А. Н., Драпалюк Д. А.

Анализ нормативно-технической документации по комплексному обследованию жилых зданий перед разработкой проекта капитального ремонта.....9

Обайди А. А. Х.

Исследование прочностных свойств составных газобетонных перемычек с внешним композитным армированием.....19

Куцев И. Е., Романченко Д. А.

Моделирование нагрузок конструкций в виде гиперболоидов вращения.....32

Чернухин С. П., Жерлыкина М. Н., Кретов М. А.

Анализ теплозащитных характеристик стеновых ограждений с использованием тепловизионных исследований.....40

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

Волох А. С., Провоторов И. А., Макаров А. Р.

Анализ аварийности линейной части и объектов трубопроводного транспорта.....53

Марков Н. А., Угорова С. В.

Компьютерное моделирование газовых потоков при работе вытяжного шкафа.....61

Курасов И. С.

Экспериментальное определение показателей эффективности конструкции абсорбера плоского солнечного коллектора с искусственным оребрением.....70

Гурский В. А., Бычков Д. А., Обухова М. В.

Опыт развития объектов водоотведения на примере города Тюмени.....82

Попов Н. В., Журавлева И. В., Помогаева В. В.

Проблемы эксплуатации плавательных бассейнов и методы их решения.....90

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

Золотарева Е. В., Волкова Л. А.

Комплексный подход в градостроительной оценке комфортности городской среды на примере жилого района г. Орла.....102

Коростелева Н. В., Полицинская М. С., Иванова А. П.

Архитектурно-градостроительный облик объекта капитального строительства, как важный инструмент в формировании органичного архитектурного пространства городов.....112

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Сарычев Д. В., Попова И. В., Куропан С. А.

Мониторинг островов тепла и источников теплового загрязнения города Белгород с использованием данных дистанционного зондирования земли.....122

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....132

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

Shmelev G. D., Ishkov A. N., Drapalyuk D. A.

Analysis of regulative and technical documentation for a comprehensive inspection of residential buildings before developing a capital repair project.....9

Obaidi A. A. H.

Research of the strength properties of composite aerated concrete lintels with external composite reinforcement.....19

Kushchev I. E., Romanchenko D. A.

Modeling of structure loads in the form of hyperboloids of rotation.....32

Chernukhin S. P., Zherlykina M. N., Kretov M. A.

Analysis of the heat protective characteristics of wall enclosures using thermal imaging research.....40

ENGINEERING SYSTEMS AND SERVICES

Volokh A. S., Provotorov I. A., Makarov A. R.

Accident analysis of linear part and pipeline transport facilities.....53

Markov N. A., Ugorova S. V.

Computer simulation of gas flows during the operation of the fume hood.....61

Kurasov I. S.

Experimental determination of performance indicators of the design of a flat solar collector absorber with artificial secondary surface.....70

Gurskiy V. A., Bychkov D. A., Obukhova M. V.

Experience of wastewater facilities development on the example of the city of Tyumen.....82

Popov N. V., Zhuravleva I. V., Pomogaeva V. V.

Problems of operation of swimming pools and their solution methods.....90

URBAN PLANNING. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

Zolotareva E. V., Volkova L. A.

Integrated approach in urban planning assessment of the urban environment comfort by example of a neighborhood in the city of Orel.....102

Korosteleva N. V., Politsinskaya M. S., Ivanova A. P.

The architectural and urban appearance of the facilities under capital construction as an important tool in the formation of an organic architectural space of cities.....112

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

Sarychev D. V., Popova I. V., Kurolap S. A.

Remote sensing of the urban heat island and thermal pollution sources in the city of Belgorod, Russia.....122

WRITING RULES AND GUIDELINES.....132

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

DOI 10.36622/VSTU.2023.54.17.001

УДК 69.051

АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ПЕРЕД РАЗРАБОТКОЙ ПРОЕКТА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

Г. Д. Шмелев, А. Н. Ишков, Д. А. Драпалюк

Шмелев Геннадий Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(4732)271-52-49; e-mail: shmelev8@mail.ru

Ишков Алексей Николаевич, 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: ishkov1.78@mail.ru

Драпалюк Дмитрий Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(950)750-38-13; e-mail: drapaluyk@yandex.ru

Рассмотрены основные положения и противоречия, связанные с осуществлением подготовительных работ перед проектированием и проведением капитального ремонта жилых зданий. В работе выполнен анализ фактического состояния нормативно-технических документов в области подготовки и проведения осмотров жилых зданий, проведения технических обследований перед разработкой проекта капитального ремонта. На основании проведенного анализа основных положений нормативно-технических документов выявлено ненормированное понятие «инструментального осмотра», неоднозначно трактуемое в различных нормативных документах, связанных с требованиями к выполнению осмотров. Обоснована необходимость выполнения комплексного технического осмотра при оценке фактического технического состояния жилого дома и инженерных систем перед планированием постановки его на капитальный ремонт. Сделан акцент на необходимости обязательного включения в состав работ по проведению комплексного обследования технического состояния жилого дома перед разработкой рабочего проекта его капитального ремонта, конструкций, не упомянутых в нормативных документах: внутренние несущие и самонесущие стены, включая стены лестничных клеток; междуэтажные перекрытия, располагающиеся в квартирах (особенно деревянных перекрытий); чердачные перекрытия; лестничные марши и площадки, а также обследование инженерных систем, как наиболее часто нуждающихся в капитальных ремонтах по устранению физического и морально технологического износа.

Ключевые слова: нормативные документы; комплексное обследование; техническое состояние; капитальный ремонт; жилой фонд.

Вопросам обследования строительных конструкций зданий и сооружений при подготовке капитального ремонта посвящено большое количество работ различных авторов. При этом часть работ рассматривает вопросы анализа законодательной и нормативной документации [1], некоторые затрагивают вопросы информационного обеспечения [2, 3], другие – организацию и проведение капитального ремонта [4...7], контроль тепловлажностного режима [8], проведение технических обследований, включая мониторинг [9...13]. Однако практически не затрагивается несовершенство действующей законодательной и нормативно-технической базы в области подготовки и осуществления техничес-

ких обследований жилых и общественных зданий, целью которых является оценка их фактического технического состояния, состояния строительных конструкций, а также внутренних инженерных систем здания.

Целью настоящей статьи является привлечение внимания всех специалистов, занимающихся подготовительными работами и осуществлением капитального ремонта, к несовершенству как законодательной базы, так и системы действующих нормативно-технических документов, а также выявление противоречий в части нормативно-технических документов.

В рамках подготовки и осуществления работ при выполнении государственных и муниципальных контрактов на выполнение технических обследований зданий жилого фонда г. Воронежа и Воронежской области авторам постоянно приходится сталкиваться со ссылкой представителей Заказчика о необходимости проведения инструментального обследования перед разработкой проекта капитального ремонта жилого здания. Однако термин «инструментальное обследование» в действующей системе нормативно-технических документов, касающихся вопросов обследования технического состояния зданий, разработки рабочей документации для проведения капитального ремонта и осуществления капитального ремонта, специально не выделяется.

В рамках подготовки настоящей статьи было принято решение провести анализ пакета действующих нормативно-технических документов, касающихся выявленной проблемной области, и установить первоисточник, требующий выполнения «инструментального обследования» перед разработкой проекта капитального ремонта жилого дома. Детальному изучению и анализу на предмет выявления выше указанного требования были подвергнуты следующие документы:

- ✓ Градостроительный кодекс Российской Федерации;
- ✓ Жилищный кодекс Российской Федерации;
- ✓ Федеральный закон «О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства» от 21 июля 2007 года № 185-ФЗ;
- ✓ ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»;
- ✓ ГОСТ Р 56193-2014 «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов. Общие требования»;
- ✓ ГОСТ Р 56194-2014 «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги проведения технических осмотров многоквартирных домов и определение на их основе плана работ, перечня работ»;
- ✓ СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений»;
- ✓ СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения»;
- ✓ СП 329.1325800.2017 «Здания и сооружения. Правила обследования после пожара»;
- ✓ СП 368.1325800.2017 «Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта»;
- ✓ СП 372.1325800.2018 «Здания жилые многоквартирные. Правила эксплуатации»;
- ✓ ВСН 48-86(р) «Правила безопасности при проведении обследования жилых зданий для проектирования капитального ремонта»;
- ✓ ВСН 57-88(р) «Положение по техническому обследованию жилых зданий»;
- ✓ ВСН 58-88(р) «Положение об организации, проведения реконструкции, ремонта и технического обслуживания жилых домов, объектов коммунального хозяйства и социально-культурного назначения»;

✓ ВСН 61-89(р) «Реконструкция и капитальный ремонт жилых домов. Нормы проектирования»;

✓ СТО НОСТРОЙ 2.33.79-2012 «Обследование ограждающих конструкций зданий и сооружений в натурных условиях и оценка их технического состояния. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ»;

✓ МДК 2-04.2004 «Методическое пособие по содержанию и ремонту жилищного фонда»;

✓ Методические рекомендации по формированию состава работ по капитальному ремонту многоквартирных домов, финансируемых за счет средств, предусмотренных Федеральным законом от 21 июля 2007 года № 185-ФЗ «О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства».

В соответствии с определениями, приведенными в ГОСТ 31937-2011, выделено два вида обследований:

✓ комплексное обследование технического состояния здания (сооружения);

✓ обследование технического состояния здания (сооружения).

Отличия между комплексным техническим обследованием (по ГОСТ 31937-2011) и обследованием технического состояния (по ГОСТ 31937-2011), заключается в том, что первый вид обследования помимо обследования несущих и ограждающих строительных конструкций включает, как обязательную часть, обследование систем инженерного обеспечения, а также теплотехнических и акустических свойств конструкций.

Понятие инструментального обследования упоминается в п. 5.1.7 того же документа, и подразумевает, что в ходе проведения обследования технического состояния подразумеваются следующие этапы работ:

✓ подготовка к проведению обследования;

✓ предварительное (визуальное) обследование;

✓ детальное (инструментальное) обследование.

В п. 5.1 СП 13-102-2003 все отмеченные выше этапы работ полностью повторены (по факту явились исходным текстом при написании ГОСТ 31937-2011).

При этом в п. 5.1.13 ГОСТ 31937-2011 отмечается, что «Если результатов визуального обследования для решения поставленных задач недостаточно, проводят детальное (инструментальное) обследование», и далее в том же пункте: «Если при визуальном обследовании обнаружены дефекты и повреждения, снижающие прочность, устойчивость и жесткость несущих конструкций здания (сооружения) (колонн, балок, ферм, арок, плит покрытий и перекрытий и др.), переходят к детальному (инструментальному) обследованию». Анализируя выше описанное можно сделать вывод о том, что детальное (инструментальное) обследование не является обязательной частью комплекса работ по обследованию и комплексному обследованию зданий и целом ряде случаев может не проводиться.

В п. 1.2 ВСН 57-88(р) для проектирования капитального ремонта и реконструкции предусмотрено проведение технического обследования жилых зданий. При этом, там же отмечается, что «... инструментальный приемочный контроль проводится для капитально отремонтированных (реконструированных) жилых зданий», а также инструментальный контроль осуществляется в процессе осмотров (плановых и внеплановых) и «... при сплошном техническом обследовании жилищного фонда».

В разделе 3 ВСН 55-87(р) указаны основные требования к осуществлению технического обследования зданий перед разработкой рабочей документации по капитальному ремонту. При этом в п. 3.4 документа указывается, что «Как правило, должны применяться инструментальные методы контроля».

В п. 4.3 ГОСТ Р 56193-2014 указывается, что «... основание и необходимость проведения капитального ремонта имущества устанавливается и определяется: ... отчетами, сделанными в ходе инструментальных осмотров, обследования, мониторинга техническо-

го состояния имущества (далее – осмотры)». При этом в примечании к п. 9.3.1 указывается, что осмотры жилых зданий проводятся в соответствии с ГОСТ Р 56194-2014.

В разделе 3 ГОСТ Р 56194-2014 в качестве терминов выделяется только термин визуальный осмотр, под которым следует понимать «Осмотр, проводимый без применения каких-либо специальных приборов и инструментов с целью получения приближенной оценки технического состояния осматриваемого имущества». В примечании к этому описанию сообщается, что «... в качестве инструментов, используемых при визуальных осмотрах, возможно применение источников освещения, а также простейших средств измерения». Определения инструментального осмотра, в ГОСТ Р 56194-2014 не приведено, также как и в ГОСТ Р 56193-2014.

В п. 4.2 ГОСТ Р 56194-2014 указывается, что «Услуга проведения технических осмотров является системной и включает в себя следующие виды осмотров:

- ✓ визуальные осмотры;
- ✓ инструментальные осмотры;
- ✓ технические обследования;
- ✓ мониторинги технического состояния имущества».

Далее, расшифровывая в п.п. 4.2.1...4.2.4 осуществление работ по визуальным осмотрам, инструментальным осмотрам, техническим обследованиям, делается указание на то, что все эти виды работ направлены на выполнение работ по содержанию общего имущества жилого дома, а также определения и корректировки видов работ по его содержанию. И только мониторинг технического состояния направлен на выявление временных изменений в условиях работы строительных конструкций здания, в том числе попавшего в зону влияния нового строительства.

При этом в п. 5.1 и 5.2 ГОСТ Р 56194-2014 инструментальные осмотры подразделяют на отдельные виды:

- ✓ сезонные инструментальные осмотры, которые проводятся после окончания отопительного периода (весенне-летний инструментальный осмотр), и перед началом отопительного периода (осенне-зимний инструментальный осмотр) с целью определения сезонных работ для подготовки эксплуатации имущества в следующем сезоне;
- ✓ общие инструментальные осмотры, которые проводятся с целью определения технического состояния имущества, а также определения и корректировки состава работ;
- ✓ инструментальные осмотры, которые проводятся в ходе приемки капитально отремонтированных многоквартирных жилых домов;
- ✓ инструментальные осмотры, которые осуществляются при смене управляющей организации и/или формы управления и в ряде других случаев.

Далее в п. 6.1 ГОСТ Р 56194-2014 отмечается, что «... услуги проведения технических осмотров предоставляются также при проектировании, определении необходимости проведения текущего и (или) капитального ремонта имущества». При этом не указывается к какому из четырех видов осмотров (по п. 4.2 ГОСТ Р 56194-2014) следует отнести технический осмотр, выполняемый в каждом из перечисленных случаев.

В п. 8.2 СП 255.1325800.2016 разработчики подразделяют осмотры на: текущие, сезонные и внеочередные. При этом там же отмечается, что по результатам осмотров принимают решения о: аварийном ремонте, текущем ремонте, внеочередном обследовании, внеплановых мероприятиях по обслуживанию здания.

В п. 8.3 СП 255.1325800.2016 отмечается, что в ходе проведения обследования технического состояния здания производят оценку соответствия несущих конструкций требованиям нормативных документов, определяют ресурс безопасной эксплуатации. По результатам обследования принимается решение о проведении капитального или аварийно-восстановительного ремонта здания.

В п. 8.4 СП 255.1325800.2016 указывается, что комплексные обследования технического состояния проводят, в том числе перед проведением капитального ремонта здания

или перед его реконструкцией.

Как показал анализ текста ГОСТ Р 56193-2014 и ГОСТ Р 56194-2014 в них допущена серьезная путаница понятий осмотр и техническое обследование. Кроме того в тексте появляется нигде не обозначенное определение инструментального осмотра, которое по своей сути (исходя из описаний ГОСТ Р 56193-2014 и ГОСТ Р 56194-2014) является не чем иным, как инструментальной проверкой качества выполненных ремонтных работ, составной частью обследования технического состояния здания или комплексного обследования технического состояния здания. В пользу этого говорит приведенная в приложении Б к ГОСТ Р 56194-2014 форма отчета (заключения) по результатам проведения инструментального осмотра жилого дома, которая во многом скопирована с обязательного приложения Б (форма заключения по обследованию технического состояния здания) и приложения В (форма заключения по комплексному обследованию технического состояния здания) к ГОСТ 31937-2011, включая прилагающиеся документы, которые в ГОСТ 31937-2011 определены, как материалы, предназначенные для обоснования выбора категории технического состояния.

В тексте Жилищного кодекса Российской Федерации п. 1 статьи 166 предусмотрены следующие виды работ, осуществляемые в рамках проведения капитального ремонта жилых зданий:

- ✓ ремонт фундаментов многоквартирных жилых домов;
- ✓ ремонт помещений в подвальных этажах, относящихся к общему имуществу в многоквартирных домах;
- ✓ ремонт фасадов жилых домов;
- ✓ ремонт крыш зданий;
- ✓ ремонт внутренних инженерных систем жилых зданий, к которым относят системы электроснабжения, теплоснабжения, газоснабжения, водоснабжения и водоотведения;
- ✓ установка общедомовых приборов учета поставляемых ресурсов и узлов управления тепловой и электрической энергии, горячей и холодной воды, газа;
- ✓ ремонт, модернизацию и замену лифтов, ремонт конструкций лифтовых шахт, машинных отделений и блочных помещений.

Ремонт, модернизация и замена, перечисленных в п. 1 статьи 166 Жилищного кодекса Российской Федерации, конструктивных элементов и инженерных систем жилого дома должны быть обоснованы результатами выполненного комплексного обследования фактического технического состояния жилого дома. При этом в состав работ должны входить работы по обследованию:

- ✓ фундаментов здания;
- ✓ стен подвала;
- ✓ перекрытия над подвалом;
- ✓ фасадов здания, включая все конструктивные (балконы, лоджии, навесы и т.п.) и архитектурные (пояски, сандрики, рустовки и др.) элементы;
- ✓ конструкции крыши и кровли;
- ✓ инженерные системы здания (газоснабжение, теплоснабжение, электроснабжение, водоснабжение и водоотведение);
- ✓ лифтовые шахты с машинными отделениями и блочными помещениями.

Более подробно перечень работ по обследованию перед проведением капитального ремонта жилого дома, приведен в приложении Б к СП 368.1325800.2017, где работы сгруппированы по следующим конструкциям и инженерным системам:

- ✓ фундаменты, подвалы, техподполья;
- ✓ стены, фасады;
- ✓ кровли, чердачные помещения;
- ✓ лестницы наружные и балконы;
- ✓ заполнения дверных проемов, входные площадки;

- ✓ система центрального отопления;
- ✓ системы вентиляции;
- ✓ системы холодного и горячего водоснабжения;
- ✓ системы канализации и водоотведения;
- ✓ система электрооборудования;
- ✓ мусоропроводы;
- ✓ системы противопожарной защиты;
- ✓ система газоснабжения;
- ✓ дымоходы из асбестоцементных труб;
- ✓ внутренняя отделка помещений;
- ✓ лифты и оборудование объединенной диспетчерской службы;
- ✓ прочие (проведение мероприятий по обеспечению доступа маломобильных групп населения).

То же, но с акцентом на требующие выявления в ходе проведения обследования технического состояния здания, дефекты и повреждения, более детально разработано в составе приложения Г к СП 368.1325800.2017.

Согласно п. 4.6 СП 368.1325800.2017 «Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта» рабочая документация на капитальный ремонт должна разрабатываться на основании данных указанных в проектной документации, инструкции по эксплуатации жилого здания и (или) отчетов по итогам обследований и мониторинга технического состояния здания и его элементов в соответствии с требованиями ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

В повседневной практике авторы статьи постоянно сталкиваются с тем, что основным источником исходных данных для разработки рабочей документации на капитальный ремонт жилого дома являются результаты обследования здания.

Согласно сведений, приведенных в п. 5.1.1 ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» для установления состава и объема работ по капитальному ремонту необходимо проводить комплексное обследование здания. При комплексном обследовании технического состояния здания и сооружения получаемая информация должна быть достаточной для проведения вариантного проектирования реконструкции или капитального ремонта объекта.

В соответствии с п. 3.3 ГОСТ 31937-2011 комплексное обследование технического состояния здания (сооружения) представляет собой комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров грунтов основания, строительных конструкций, инженерного обеспечения (оборудования, трубопроводов, электрических сетей и др.), характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта, и включающий в себя обследование технического состояния здания (сооружения), теплотехнических и акустических свойств конструкций, систем инженерного обеспечения объекта, за исключением технологического оборудования.

Исходя из положений и указаний п. 5.1.2 ГОСТ 31937-2011, при обследовании технического состояния здания и сооружения получаемая информация должна быть достаточной для принятия обоснованного решения о возможности его дальнейшей безаварийной эксплуатации (случай нормативного и работоспособного технического состояния). Таким образом, в жилом доме должны быть обследованы и в дальнейшем по результатам выполнения капитального ремонта приведены в работоспособное состояние все строительные конструкции, техническое состояние которых влияет на общую безопасную эксплуатацию здания.

При проведении обследований и составлении актов технических осмотров, являющихся источником исходных данных для разработки проектов капитального ремонта, зачастую не предусматривают и не проводят обследование элементов здания, техническое состояние которых непосредственно влияет на несущую способность, а именно:

- ✓ внутренние несущие и самонесущие стены, включая стены лестничных клеток;
- ✓ междуэтажные перекрытия, располагающиеся в квартирах (особенно касается деревянных перекрытий);
- ✓ чердачные перекрытия;
- ✓ лестничные марши и лестничные площадки.

Таким образом, возникает недоработка в плане полноты и достаточности исследований, необходимых для принятия обоснованного решения по реализации целей проведения обследования. Сложившееся противоречие между действующим нормами способствует нарушению требований по обеспечению механической безопасности здания или сооружения согласно Ст. 16 Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Обоснование решений по проведению капитальных ремонтов жилых домов должно формироваться по результатам объективной оценки состояния строительных конструкций здания и инженерных систем, проектные сроки эксплуатации которых сильно различаются, как по времени, так и по степени опасности при определении категории технического состояния элементов и зданий в целом. Только комплексное обследование п. 3.3 ГОСТ 31937-2011 включает в себя весь комплекс мероприятий по определению фактического состояния инженерного обеспечения здания и строительных конструкций.

При прохождении государственной стоимостной экспертизы сметной документации по капитальному ремонту зданий основанием для составления сметной документации является акт технического осмотра, составленный по методике 421/пр и п. 12.2 статьи 48 Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ, в которой отмечается, что в случае проведения капитального ремонта объектов капитального строительства, финансируемого с привлечением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации, средств лиц, указанных в части 1 статьи 8.3 настоящего Кодекса, осуществляется подготовка сметы на капитальный ремонт объектов капитального строительства на основании акта, утвержденного застройщиком или техническим заказчиком и содержащего перечень дефектов оснований, строительных конструкций, систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения с указанием качественных и количественных характеристик таких дефектов, и задания застройщика или технического заказчика на проектирование в зависимости от содержания работ, выполняемых при капитальном ремонте объектов капитального строительства.

Очевидно, что требуется разработка более детального подхода при проведении комплексного обследования жилых домов, определения необходимости проведения инструментальных измерений и отдельной оценки работоспособности инженерного обеспечения здания.

Заключение.

Проведенный анализ законодательных актов и нормативно-технических документов, касающихся вопросов обследования технического состояния жилых зданий перед выполнением капитального ремонта, показал целый ряд нестыковок и противоречий в изученных документах.

Введенный в обращение в тексте ГОСТ Р 56193-2014 и ГОСТ Р 56194-2014 термин «инструментальный осмотр» требует дополнительной проработки, уточнения формулировок и увязки с последующими работами по содержанию зданий.

В тексте ГОСТ Р 56193-2014 и ГОСТ Р 56194-2014 выявлена путаница, объединившая под видом осмотров все виды работ, касающиеся осмотров (плановых и внеплановых).

вых), инструментального контроля качества выполненных работ, обследований технического состояния зданий (строительных конструкций и инженерных систем) и даже мониторинга зданий, включая мониторинг зданий, попадающих в зону влияния нового строительства.

Следует предусмотреть в действующих нормативных документах четкое указание на то, что перед проведением подготовки к капитальному ремонту жилых зданий необходимо выполнять комплексное техническое обследование жилого дома с отсылкой к составу работ по приложениям в СП 368.1325800.2017.

Требуется разработка более детального подхода при проведении комплексного обследования жилых домов, определения необходимости проведения инструментальных измерений и отдельной оценки работоспособности инженерного обеспечения здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ законодательной и нормативной документации по вопросам обследования, реконструкции и капитального ремонта строительных объектов / С. В. Меджидов, О. А. Лоскутова, Е. Р. Фокина, Е. В. Дмитриева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 69-75.

2. **Воробьева, Ю. А.** Применение информационных систем при планировании капитального ремонта зданий / Ю. А. Воробьева, К. Н. Гашкова, А. Л. Мишуров // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – С. 62-68.

3. **Кожевникова, Ю. Г.** Подход к разработке алгоритма оценки жилых зданий для проведения работ по комплексному капитальному ремонту / Ю. Г. Кожевникова, Н. С. Долотказина // Перспективы развития строительного комплекса. – 2018. – № 12. – С. 32-36.

4. **Дерина, М. А.** Предпосылки и порядок проведения капитального ремонта в зданиях существующего жилого фонда / М. А. Дерина // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2020. – № 1(26). – С. 131-137.

5. Особенности проведения капитального ремонта и реконструкции системы отопления / Б. П. Новосельцев, А. А. Мерциев, Ю. Н. Манаева, Ю. В. Минакова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2020. – № 1(12). – С. 49-53.

6. **Сборщиков, С. Б.** Порядок отбора зданий для реконструкции и капитального ремонта / Сборщиков С.Б. // Сметно-договорная работа в строительстве. – 2015. – № 6. – С. 32-35.

7. **Рябикина, А. А.** Специфика реализации программ проведения капитальных ремонтов жилых зданий / А. А. Рябикина // Научный журнал. – 2018. – № 4(27). – С. 41-42.

8. Особенности тепловлажностного режима чердачных помещений детских садов со скатными кровлями / Д. А. Драпалюк, Н.А. Драпалюк, А. В. Исанова, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 4(23). – С. 44-51.

9. **Новиков, Н. С.** Общие вопросы проведения технического обследования зданий и сооружений / Н. С. Новиков, С. О. Титков // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2019. – № 6(140). – С. 47-52.

10. **Туснина, В. М.** Предпроектные изыскательские работы для реконструкции и капитального ремонта зданий / В. М. Туснина, А. А. Емельянов // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 10. – С. 29-34.

11. **Шестериков, Ю. А.** Информационные системы и технологии обследования зданий и сооружений / Ю. А. Шестериков, О. А. Стифеева // Транспортные сооружения. – 2020. – Т. 7. – № 1. – С. 4.

12. **Шмелев, Г. Д.** Мониторинг и прогноз технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений / Г. Д. Шмелев, Э. В. Сазонов, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 3(18). – С. 9-18.

13. **Шмелев, Г. Д.** Методика оценки технического состояния, прогнозирования и обоснования остаточного срока службы строительных конструкций / Г. Д. Шмелев, М. С. Кононова, Н. А. Малева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 2(9). – С. 34-42.

Поступила в редакцию 14 марта 2023

ANALYSIS OF REGULATIVE AND TECHNICAL DOCUMENTATION FOR A COMPREHENSIVE INSPECTION OF RESIDENTIAL BUILDINGS BEFORE DEVELOPING A CAPITAL REPAIR PROJECT

G. D. Shmelev, A. N. Ishkov, D. A. Drapalyuk

Gennady Dmitrievich Shmelev, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(4732)271-52-49; e-mail: shmelev8@mail.ru
Alexey Nikolaevich Ishkov, Cand. Sc. (Techn.), Associate Professor at the Department of housing and communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-28-92; e-mail: ishkov1.78@mail.ru

Dmitry Aleksandrovich Drapalyuk, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, phone: +7(950)750-38-13; e-mail: drapaluyk@yandex.ru

The article discusses the main provisions and contradictions associated with the implementation of preparatory work before the design and capital repairs of residential buildings. The paper provides an in-depth analysis of the actual state of regulatory and technical documents in the field of preparation and conducting inspections of residential buildings, as well as conducting technical surveys of residential buildings before developing a capital repair project. Based on the analysis of the main provisions of normative and technical documents we revealed a non-standardized concept of *instrumental inspection*, ambiguously interpreted in various regulatory documents related to the requirements for inspections. We substantiated the need to perform a comprehensive technical inspection when assessing the actual technical condition of a residential building and engineering systems before putting it under capital repairs. The authors of the article emphasized the need for mandatory inclusion in conducting a comprehensive inspection of the technical state of a residential building of parts of buildings not mentioned in the regulatory documents, namely internal load-bearing and self-supporting walls, including the walls of stairwells; floor-to-floor ceilings located in apartments (especially for wooden floors); attic floors; staircases and landings, as well as inspection of engineering systems, as those most often in need of capital repairs to eliminate physical and moral technological wear and tear.

Keywords: regulatory documents; comprehensive inspection; technical state; capital repairs; housing stock.

REFERENCES

1. **Medzhidov S. V., Loskutova O. A., Fokina E. R., Dmitrieva E. V.** *Analysis of legislative and regulatory documentation on survey, reconstruction and capital repairs of construction objects.* Housing and communal infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 69-75. (in Russian)
2. **Vorobyeva Yu. A., Gashkova K. N., Mishurov A. L.** *Application of information systems in planning capital repairs of buildings.* Housing and communal infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 62-68. (in Russian)
3. **Kozhevnikova Yu. G., Dolotkazina N. S.** *An approach to the development of an algorithm for evaluating residential buildings for conducting complex capital repairs.* Prospects for the development of the construction complex. 2018. No. 12. Pp. 32-36. (in Russian)

4. **Derina M. A.** *Prerequisites and procedure for capital repairs in buildings of existing housing stock.* Education and science in the modern world. Innovation. 2020. No. 1(26). Pp. 131-137. (in Russian)
5. **Novoseltsev B. P., Mershev A. A., Manaeva Yu. N., Minakova Yu. V.** *Features of capital repairs and reconstruction of the heating system.* Housing and communal infrastructure. 2020. No. 1(12). Pp. 49-53. (in Russian)
6. **Sborshikov S. B.** *The procedure for selecting buildings for reconstruction and capital repairs.* Estimated contractual work in construction. 2015. No. 6. Pp. 32-35. (in Russian)
7. **Ryabikina A. A.** *Specifics of the implementation of programs for capital repairs of residential buildings.* Scientific Journal. 2018. No. 4(27). Pp. 41-42. (in Russian)
8. **Drapalyuk D. A., Drapalyuk N. A., Isanova A.V., Kononova M. S.** *Features of the heat and humidity regime of attic rooms of kindergartens with pitched roofs.* Housing and communal infrastructure. 2022. No. 4(23). Pp. 44-51. (in Russian)
9. **Novikov N. S., Titkov S. O.** *General issues of technical inspection of buildings and structures.* Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture. 2019. No. 6(140). Pp. 47-52. (in Russian)
10. **Tusnina V. M., Emelyanov A. A.** *Pre-design survey work for reconstruction and capital repairs of buildings.* Industrial and civil construction. 2019. No. 10. Pp. 29-34. (in Russian)
11. **Shestikov Yu. A., Stifeeva O. A.** *Information systems and technologies of inspection of buildings and structures.* Transport structures. 2020. Vol. 7. No. 1. Pp. 4. (in Russian)
12. **Shmelev G. D., Sazonov E. V., Kononova M. S.** *Monitoring and forecast of the technical condition of construction structures of buildings and structures.* Housing and communal infrastructure. 2021. No. 3(18). Pp. 9-18. (in Russian)
13. **Shmelev G. D., Kononova M. S., Maleva N. A.** *Methodology for assessing the technical condition, forecasting and substantiating the residual service life of building structures.* Housing and communal infrastructure. 2019. No. 2(9). Pp. 34-42. (in Russian)

Received 14 March 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Шмелев, Г. Д. Анализ нормативно-технической документации по комплексному обследованию жилых зданий перед разработкой проекта капитального ремонта / Г. Д. Шмелев, А. Н. Ишков, Д. А. Драпалюк // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 9-18. – DOI 10.36622/VSTU.2023.54.17.001.

FOR CITATION:

Shmelev G. D., Ishkov A. N., Drapalyuk D. A. *Analysis of regulative and technical documentation for a comprehensive inspection of residential buildings before developing a capital repair project.* 2023. No. 4(27). Pp. 9-18. DOI 10.36622/VSTU.2023.54.17.001. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.81.54.002

УДК 624.07

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СОСТАВНЫХ ГАЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕМЫЧЕК С ВНЕШНИМ КОМПОЗИТНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

А. А. Х. Обайди

Обайди Адхам Абдулсаттар Хамид, ассистент кафедры строительства и городского хозяйства, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», Белгород, Российская Федерация, тел.: +7(910)364-49-03; e-mail: Adkhem@mail.ru

В данной работе проведено исследование напряженно-деформированного состояния составных перемычек, состоящих из газобетонных блоков с включением стержней из стальной арматуры и внешнего композитного армирования, при их работе на изгиб. Стальная арматура внедряется в газобетонные блоки как продольно, так и поперечно, для усиления их прочности. Композитное армирование осуществляется с использованием лент из углеродных волокон. Данные ленты применяются на растянутой поверхности элемента на всю его ширину, а также в виде частей лент на боковых сторонах газобетонного блока в местах вертикальных швов или в центре элемента. На основании результатов испытаний проводилась оценка прочности нормального сечения и деформационных характеристик газобетонных изгибаемых перемычек, что позволило оценить эффективность склеивания лент из углеродных волокон с газобетоном и определить оптимальные варианты армирования. В целом, исследование показало, что несущая способность составных газобетонных перемычек с внешним композитным армированием достаточна для выдерживания эксплуатационных нагрузок.

Ключевые слова: газобетонные блоки; составная перемычка; внешнее композитное армирование; углеродные волокна.

Современное строительство и проектирование зданий и сооружений подвергаются строгим требованиям в отношении прочности и долговечности строительных конструкций [1]. В этом контексте особое внимание уделяется разработке и оптимизации составных элементов, таких как перемычки, которые выполняют важные функции в поддержании оконных и дверных пролетов в зданиях и сооружениях.

Газобетон, как строительный материал, обладает характеристиками энергоэффективности, включая легкость и теплоизоляционные показатели, обеспечиваемую его пористой структурой [2, 3]. Тем не менее, для обеспечения необходимой прочности и устойчивости при изгибе, газобетонные перемычки требуют дополнительного армирования. Автором проведено исследование напряженно-деформированного состояния составных перемычек из газобетонных блоков, усилением их стержнями из стальной арматуры и внешним композитным армированием при изгибающих нагрузках.

В процессе армирования газобетонных перемычек используется стальная арматура, встраиваемая как продольно, так и поперечно в структуру газобетона. Данное строительное решение предназначено для усиления прочности и жесткости перемычек, что существенно снижает их деформацию в условиях изгиба [4...7].

Дополнительно, применяется внешнее композитное армирование с использованием лент из углеродных волокон. Ленты накладываются на поверхность газобетонных блоков в растянутой грани элемента на всю его ширину, а также в местах вертикальных швов или в центре элемента [8]. Данный метод армирования также способствует повышению прочности и жесткости перемычек, что может существенно снизить их деформации в условиях нагрузок [9...11].

© Обайди А. А. Х., 2023

Для определения наиболее эффективного типа армирования составных газобетонных перемычек необходимо провести анализ напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов из газобетонных блоков, усиленных внешним полосовым армированием; привести оценку эффективности внешнего композитного усиления для его использования в изгибаемых конструкциях из газобетонных элементов и оценку эффективности применения изгибаемых составных перемычек из газобетонных блоков, при двух- и четырехточечном изгибе

Составная ячеистобетонная перемычка состоит из двух газобетонных блоков и шва, скрепляющего блоки по торцевым сторонам. Также составная газобетонная перемычка снабжена стержневым армированием, выполненным в виде стальной арматуры, уложенной в штрабы в нижней стороне блоков, и внешним полосовым армированием, выполненным в виде ленты из углеродных волокон, жестко прикрепленной эпоксидным клеем с нижней стороны составной газобетонной перемычки по всей ширине и длине с направлением волокон параллельно продольной оси перемычки, и частей лент, жестко прикрепленных к ложковым сторонам блоков в местах вертикальных швов, выполненных на полиуретановом клее, по всей высоте блока симметрично относительно вертикального шва [8].

В исследовании использовались газобетонные блоки с маркой по средней плотности D500 и классом по прочности B3,5. В качестве заполнителя шва применялся клеевой состав для газобетонных блоков с пределом текучести при растяжении 0,9 МПа. В качестве стержневого армирования применялись стальные стержни A400 с модулем упругости 200000 МПа; пределом текучести при растяжении 320 МПа и предельной прочностью на растяжении 618 МПа при минимальном коэффициенте армирования μ_{min} (при $d = 8$ мм), пределом текучести при растяжении 512 МПа и предельной прочностью на растяжении 750 МПа при максимальном коэффициенте армирования μ_{max} (при $d = 10$ мм).

Однонаправленные ленты из углеродных волокон с модулем упругости 230000 МПа, предельной деформацией растяжения 0,3 и толщиной 1,29 мм, работающие на изгиб, ориентированы вдоль растянутой грани элемента, а поперечные ленты, работающие на сдвиг, ориентированы на 90° относительно продольной оси перемычки. Ленты из углеродных волокон прикрепляются к газобетонным блокам при помощи эпоксидного клея с модулем упругости 3800 МПа и прочностью на растяжение при изгибе 30 МПа.

С целью получения данных о прочности и жесткости контактной зоны «углеродное волокно – газобетон» были испытаны четыре опытных образца, конструкция и схема расположения измерительного оборудования которых представлена на рис. 1.

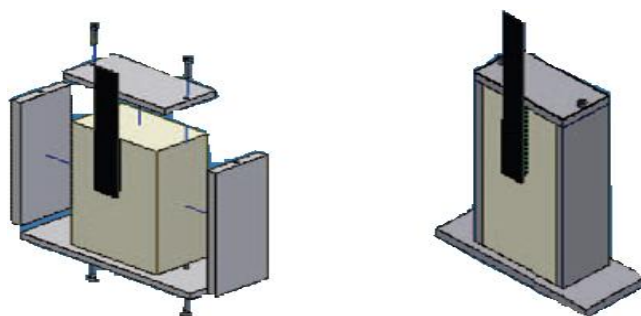


Рис. 1. Схема расположения элементов при проведении испытаний на отрыв

Вспомогательные образцы были испытаны в две серии: С-1 (образцы С-1-1 и С-1-2) и С-2 (образцы С-2-1 и С-2-2). Вспомогательные образцы нагружались до разрушения ступенчато двумя равными сосредоточенными силами, находясь в испытательном стенде (см. рис. 1). Величина ступени нагружены составила 1,3 кН, выдержка на каждой ступени составила 10 мин. Процесс нагружения проводился через 7 суток после установки ленты

из углеродного волокна на поверхность вспомогательных образцов в соответствии с требованиями ГОСТ 19570-2018.

В рамках исследования было изготовлено 20 образцов, которые были разделены на две серии (ГП-1 и ГП-2) в зависимости от типа нагрузки и армирования (табл. 1 и табл. 2).

Таблица 1

Схемы армирования перемычек с двухточечной нагрузкой для серии ГП-1

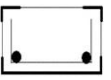
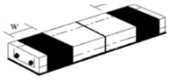
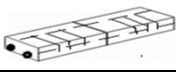
Наименование образца	Поперечное сечение	Изометрический вид перемычек	Типы армирования
КПЗ			А: без армирования
ПЗ			А: без армирования
ПЗ-1			Б: армирование лентами на изгиб только с нижней поверхности
ПЗ-1.1			В: стержневое армирование
ПЗ-2			Г: армирование лентами в растянутой зоне и в зоне соединения блоков
ПЗ-3			Д: комбинированное армирование (ленты + стержневое армирование) и армирование швов с ($\mu_{\min}$)
ПЗ-4			Е: комбинированное армирование (ленты + стержневое армирование) в растянутой зоне с ($\mu_{\min}$)
ПЗ-5			Д: комбинированное армирование (ленты + стержневое армирование) в растянутой зоне и в зоне соединения блоков с ($\mu_{\max}$)
ПЗ-6			Е: комбинированное армирование (ленты + стержневое армирование) в растянутой зоне с ($\mu_{\max}$)

Таблица 2

Схемы армирования перемычек с двухточечной нагрузкой для серии ГП-2

Наименование образца	Поперечное сечение	Изометрический вид перемычек	Типы армирования
КП4			А: без армирования
П4			А: без армирования
П4-1			Б: армирование лентами на изгиб только в растянутой зоне
П4-1.1			В: стержневое армирование
П4-2			Г: армирование лентами в растянутой зоне и в зоне соединения блоков
П4-3			Е: армирование лентами в растянутой зоне, U-образная обертка усиления на сдвиг на каждом конце и армирование швов в середине
П4-4			Ж: комбинированное армирование (ленты + стержневое армирование) в растянутой зоне и в зоне соединения блоков, U-образная обертка с хомутом
П4-5			И: комбинированное армирование (ленты + стержневое армирование) в растянутой зоне и U-образная обертка с хомутом
П4-6			Ж: комбинированное армирование (ленты + стержневое армирование) в растянутой зоне и в зоне соединения блоков, U-образная обертка с хомутом

Окончание табл. 2

Наименование образца	Поперечное сечение	Изометрический вид перемычек	Типы армирования
П4-7			И: комбинированное армирование (ленты + стержневое армирование) в растянутой зоне и U-образная обертка с хомутом
П4-8			К: стержневое армирование, на изгиб и сдвиг

Для армирования перемычек стальными стержнями были выполнены штрабы в продольном направлении перемычек и по вертикали по схеме Fib TG 9.3 [12, 13], максимальном коэффициенте армирования μ_{max} : $h_g = 40$ мм, $b_g = 30$ мм, $a_c = 40$ мм и $a'_c = 55$ мм, а минимальном коэффициенте армирования μ_{min} : $h_g = 32$ мм, $b_g = 24$ мм, $a_c = 40$ мм и $a'_c = 52$ мм. Система армирования стальными стержнями представлена на рис. 2.

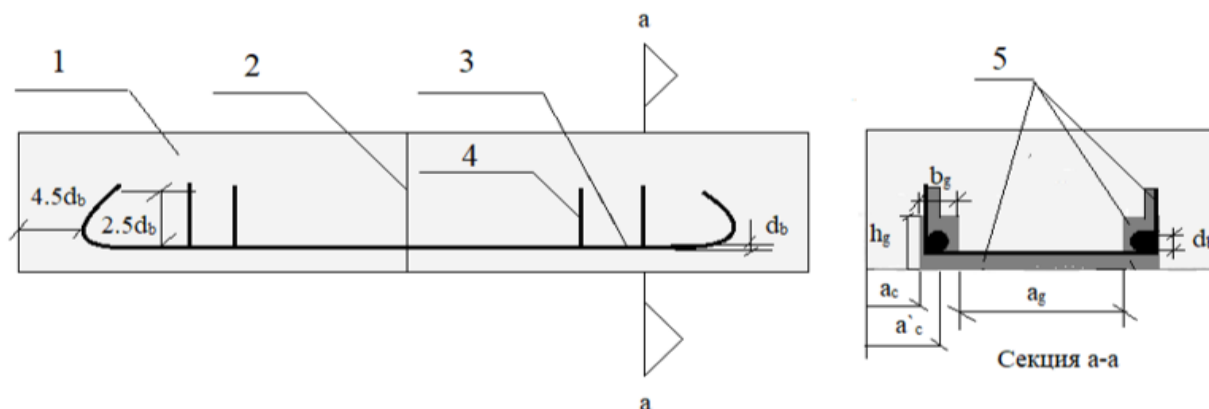


Рис. 2. Система армирования поверхности стальным стержнем с анкерной арматурой:
1 – газобетонное основание; 2 – вертикальный шов; 3 – продольный стержень ($d = 10$ мм);
4 – вертикальная арматура ($d = 8$ мм); 5 – штрабы

Все образцы были испытывались в соответствии с DIN EN 846-9-2016 «Определение прочности на изгиб и на срез перемычек» на четырехточечный изгиб. Схема и установка для испытаний составных перемычек для четырехточечного нагружения представлена на рис. 3.

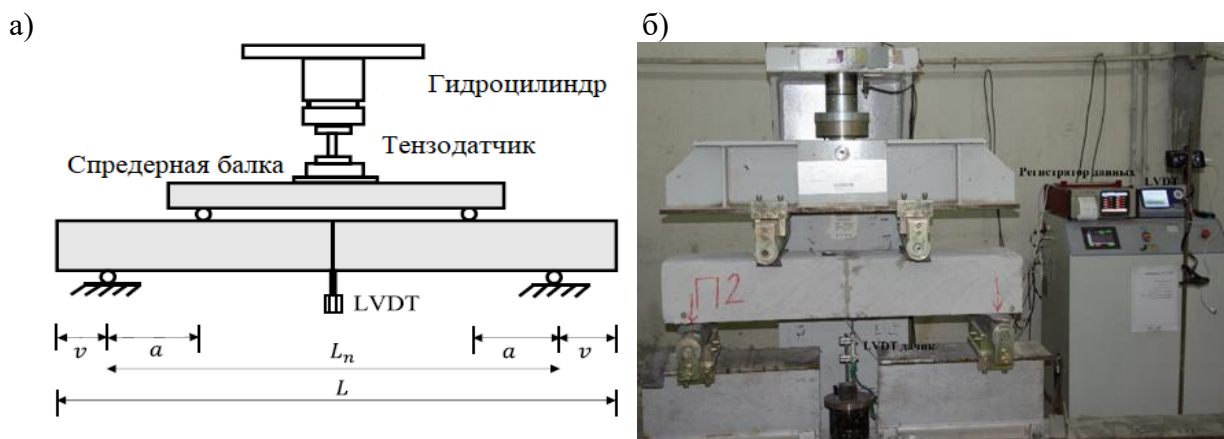


Рис. 3. Система загрузки:
а – схема испытаний перемычек; б – установка для испытаний:
 L – длина балки; L_n – длина пролета в свету; a – пролет сдвига

Нагрузка прикладывалась с использованием универсальной гидравлической машины мощностью 2000 кН. Скорость нагрузки была принята 1,5 мм/мин от смещения середины

пролета в соответствии с EN 846-9-2016. Система сбора данных непрерывно записывала приложенные значения нагрузки и смещения в цифровом виде.

В исследовании применялись тензорезисторы двух типов:

✓ тензорезисторы для бетона, которые и служат для измерения деформации в зоне сжатия (рис. 4, а). Эти датчики были установлены снаружи на верхней грани газобетонных перемычек в середине пролета с помощью клея TML [14], который производится в компании Tokyo Sokki Kenkyujo, после очистки и выравнивания верхнего слоя газобетонных перемычек в зоне сжатия. Для удержания тензорезисторов от вала пресса при испытании газобетонных перемычек точечной нагрузкой использовалась резиновая прокладка, прикрепленная к верхней поверхности перемычек и надетая на нее металлическую пластину.

✓ тензорезисторы для арматуры (рис. 4, б) использовались для измерения деформации в зоне сжатия и растяжения, которые были приклеены непосредственно на поверхность стержней с помощью того же клея.

а)



б)



Рис. 4. Установка тензорезистора:

а – на кладочный шов газобетонных перемычек; б – на стальной стержне в центре пролета перемычки

Испытания вспомогательных образцов были проведены в соответствии с установленной методикой испытаний. Анализ результатов проведенных испытаний позволил сделать выводы о наличии критической длины анкеровки композитного элемента внешнего армирования, о характере распределения деформаций по длине ленты, о несущей способности клеевого соединения на сдвиг и о характере разрушения контактной зоны «углеродное волокно – газобетон». Значения величин предельных нагрузок на образцы приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения предельных нагрузок при отслоении ленты из углеродного волокна от поверхности газобетона

Образцы	Предельная нагрузка, кН	Предельное усилие растяжения в лентах из углеродного волокна, кН	Характер разрушения
СС-1-1	3,50	10,00	Отрыв бетона вблизи склеиваемой поверхности до нижней арматуры при отсутствии разрушения углеродного листа и его отслоения
СС-1-2	3,66	11,32	
СС-2-1	4,58	16,11	
СС-2-2	5,26	18,05	

Также для вспомогательных образцов серий СС-1 и СС-2 определены значения предельных касательных напряжений в клеевом шве, при которых начинается разрушение газобетона (табл. 4).

Таблица 4

Значения предельных напряжений в зоне клеевого контакта элементов при испытании образцов на прочность при отрыве от поверхности газобетона

Образцы	Предельное напряжение в композитном элементе, соответствующее разрушению образца, МПа	Отношение действующих напряжений в композитном элементе к его несущей способности на растяжение, %	Предельное напряжение в клеевом шве, МПа
СС-1-1	3039,83	43,50	4,84
СС-1-2	3066,90	42,20	5,17
СС-2-1	3447,60	50,14	5,69
СС-2-2	3521,62	51,70	6,00

На основе данных, полученных при испытании вспомогательных образцов построены диаграммы зависимости относительных деформаций лент из углеродных волокон и клея, представленные на рис. 5. Цифры в скобках означают процентное отношение действующего растягивающего усилия в углеродном волокне к предельному – соответствующему разрушению образца.

Испытания образцов перемычек были проведены в соответствии с установленной методикой испытаний. Анализ результатов испытаний (табл. 5) позволил сделать выводы о влиянии внешнего армирования на напряженно-деформированное состояние газобетонных изгибаемых конструкций, оценить характер разрушения.

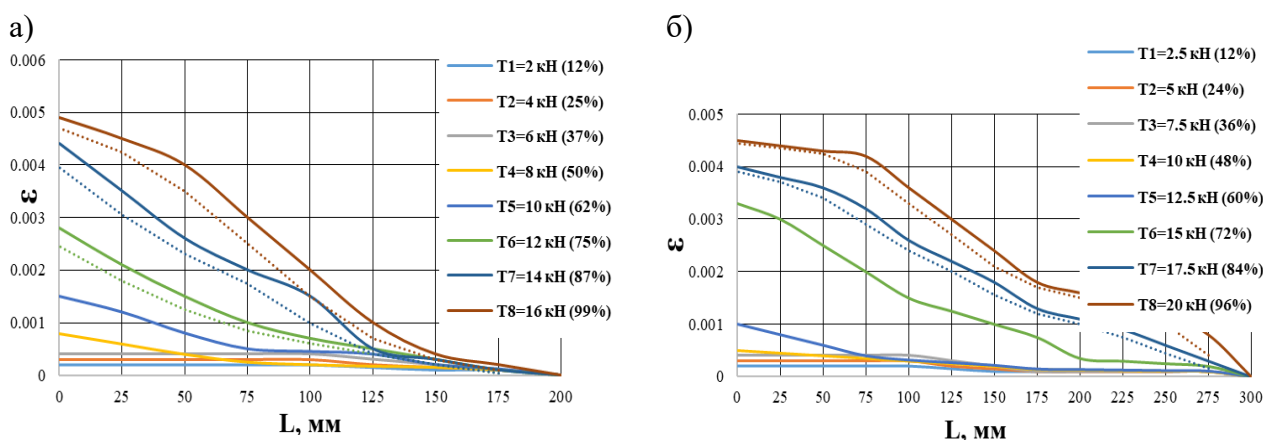


Рис. 5. Диаграмма относительных деформаций при испытаниях на отрыв:
а – образцах серии СС-1, б – образцах серии СС-2

Таблица 5

Значения предельных изгибающих нагрузок, напряжений и деформаций при испытаниях образцов

Серия	Наименование образца	Нагрузка R_{max} , кН	Прогиб f_{max} , мм	Напряжения σ_{max} , кН/м ²	Относительная деформация ε_{max} , %	Характер разрушения
ГП-1	КПЗ	5,3	0,26	72,8	0,3	хрупкое разрушение под действием силы сдвига в середине пролета
	ПЗ	10,5	0,01	144,3	0,35	разрушение кладочного шва
	ПЗ-1	10,1	3,05	139	1,55	разрушение при изгибе
	ПЗ-1,1	14,7	5,10	202	1,13-4,2	разрушение кладочного шва
	ПЗ-2	11,1	4,22	153	1,8	хрупкое разрушение и отслоение в нормальном сечении

Окончание табл. 5

Серия	Наименование образца	Нагрузка $P_{\max}$, кН	Прогиб $f_{\max}$, мм	Напряжения $\sigma_{\max}$, кН/м ²	Относительная деформация $\varepsilon_{\max}$, %	Характер разрушения
ГП-1	ПЗ-3	24,3	4,58	334,5	0,28...2,19	разрушение при изгибе
	ПЗ-4	17,88	5,79	245,8	0,28...2,2	разрушение при изгибе
	ПЗ-5	29,3	4,62	398,75	0,27...5	разрушение при изгибе
	ПЗ-6	27	3,93	371,25	0,69...2,9	разрушение при изгибе
ГП-2	КП4	8,8	1,20	88	0,23	хрупкое разрушение под действием силы сдвига в середине пролета
	П4	3	13,04	30	0,17	разрушение кладочного шва
	П4-1	20,9	6,31	209	5,26	разрушение при сдвиге в опоре
	П4-1,1	18,5	5,87	185	0,21...1,75	разрушение при изгибе
	П4-2	17,5	2,72	175	0,96	разрушение при сдвиге с отслоением
	П4-3	35,6	24,34	356	1,24	разрушение на изгиб с разрывом в зоне сдвига
	П4-4	66,5	49,19	665	0,64...1,75	разрушение на изгиб с разрывом в зоне сдвига
	П4-5	51,14	8,43	511,4	0,84-1,57	разрушение разрыва со сдвигом в опорах
	П4-6	55	24,82	550	0,52...1,6	разрушение при сдвиге
	П4-7	52,18	41,18	521,8	1...1,84	разрушение при сдвиге в опоре
	П4-8	11,24	13,99	112,4	0,24...0,98	разрушение при изгибе

По результатам испытаний газобетонных изгибаемых перемычек серий ГП-1 под двухточечной и ГП-2 под четырехточечной нагрузкой построены диаграммы напряженно-деформированного состояния (рис. 6, 7).

На основании показаний тензорезисторов и индикаторов часового типа определены величины продольных деформаций по высоте сечения образцов на отдельных этапах нагружений. Величины продольных деформаций как в сжатой зоне, так и в растянутой на противоположных боковых гранях образцов имели разницу не более 5 %, что свидетельствует о симметричном распределении изгибающего момента в поперечном сечении. На этапах, предшествующих разрушению образцов некоторые из тензорезисторов были выведены из строя вследствие их разрыва, после чего регистрация их показаний была остановлена. Диаграммы продольных деформаций газобетонных изгибаемых перемычек по высоте сечения образца показаны на рис. 8.

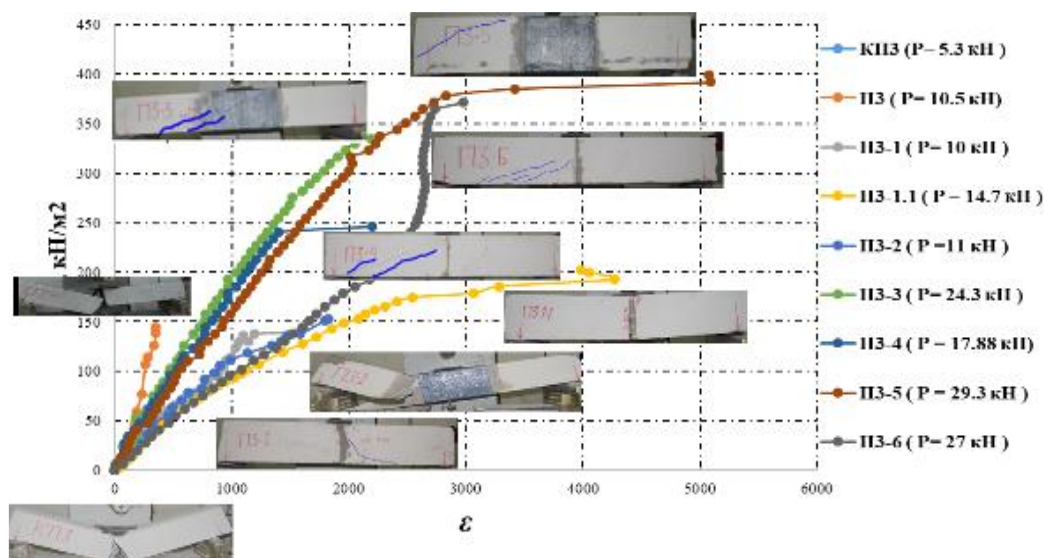


Рис. 6. Диаграмма напряжений и деформаций газобетонных перемычек серии ГП-1

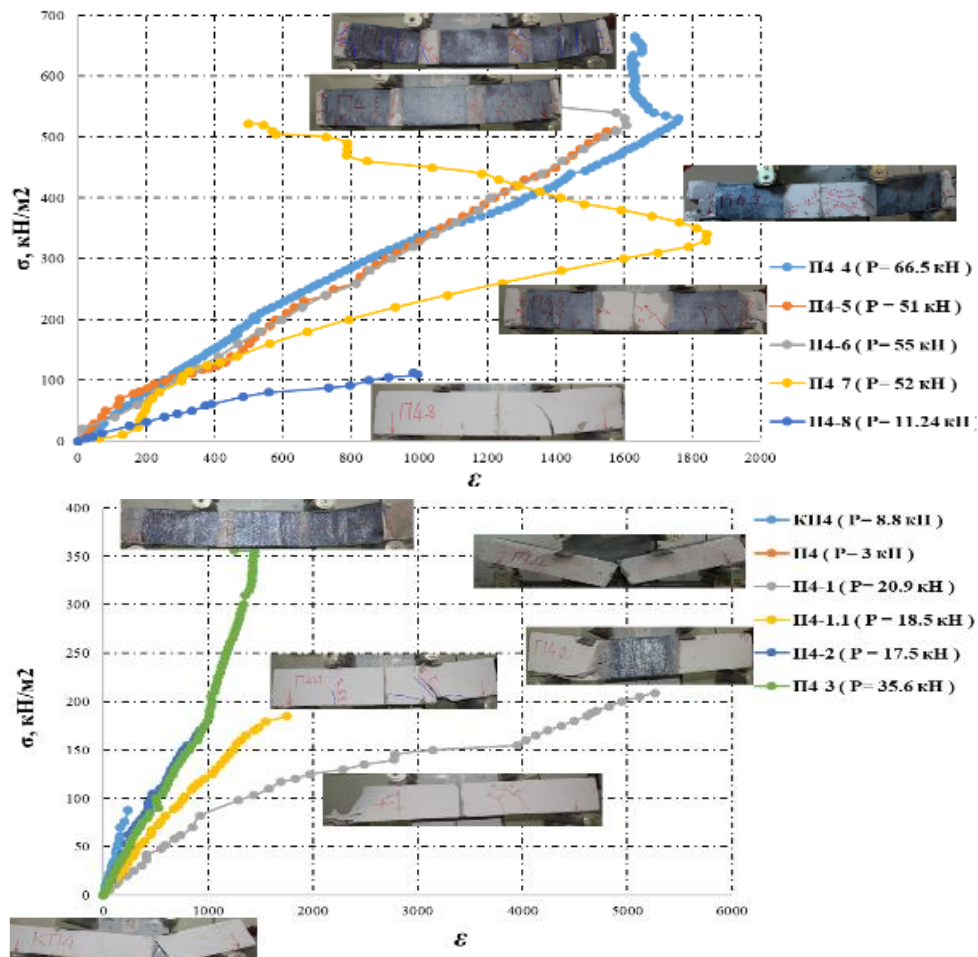


Рис. 7. Диаграмма напряжений и деформаций газобетонных перемычек серии ГП-2

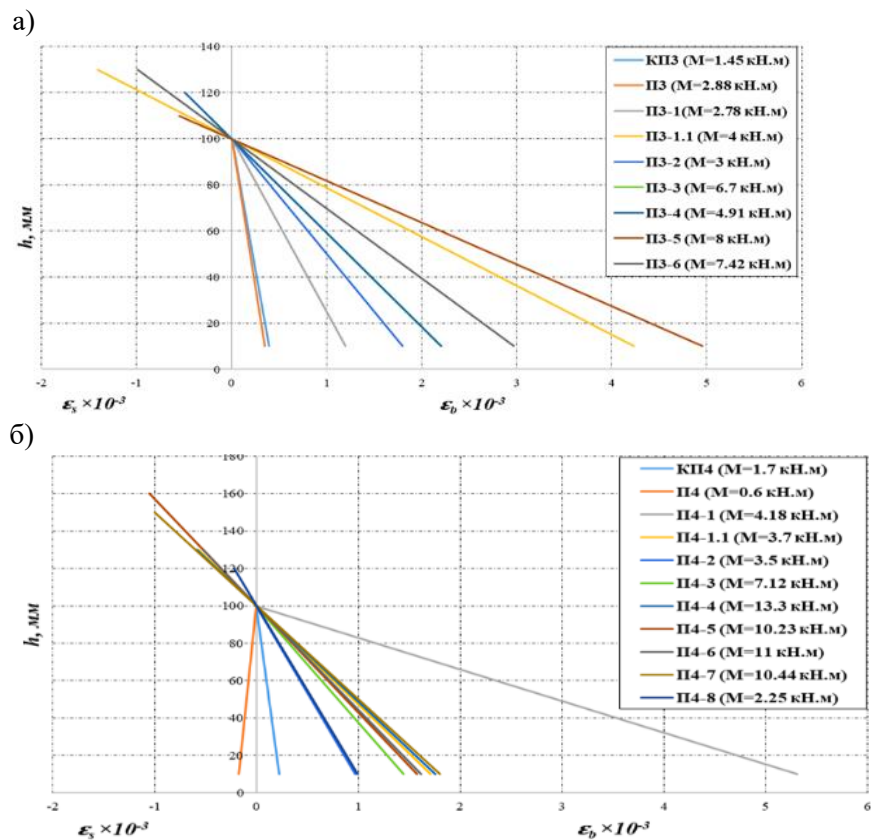


Рис. 8. Диаграмма напряжений и деформаций газобетонных перемычек: а – серии ГП-1; б – серии ГП-2

Анализируя диаграммы, представленные на рис. 8, можно судить о характере распределения продольных деформаций по высоте сечения как о близком к линейному для всех образцов всех серий.

По данным тензорезисторов, установленных на ленте из углеродного волокна для образцов П4-4, и ПЗ-3 построены диаграммы распределения относительных деформаций композита по его длине вдоль образца, представленные на рис. 9.

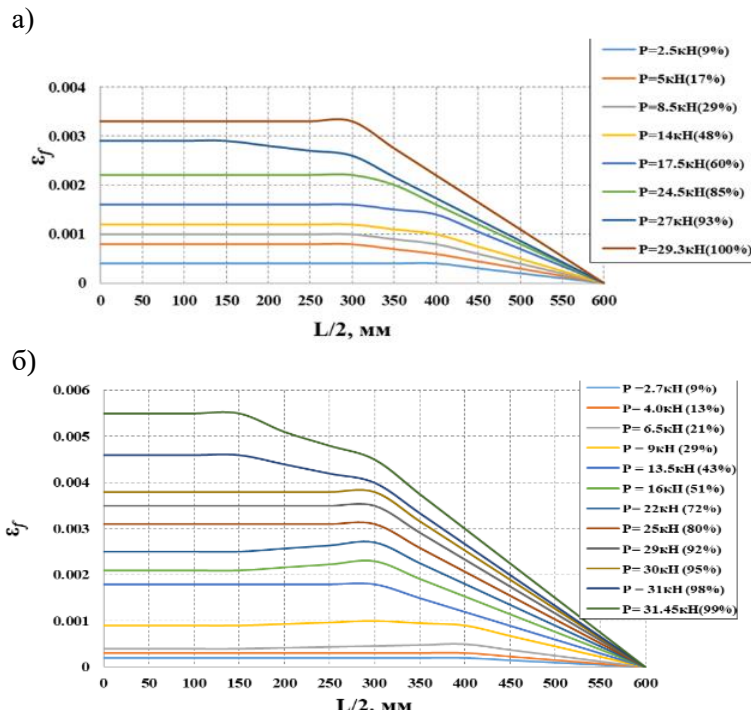


Рис. 9. Диаграмма распределения относительных деформаций углеродного волокна по длине анкеровки: а – на образце ПЗ-3; б – на образце П4-4

Диаграмма на рис. 9, б свидетельствуют о затухающем характере распределения деформаций ε_f элемента армирования по длине образца. До достижения $\varepsilon_f \approx 0,26\%$ относительные деформации распределяются между точками, соответствующими $L = 0 \dots 50$ мм и $L = 300$ мм довольно равномерно после превышения указанной величины, деформации при $L = 300$ мм начинают отставать от максимальных значений. Изменение ε_f в интервале $L = 300 \dots 600$ мм линейно в соответствии с линейным уменьшением изгибающего момента в сечениях (рис. 9, а).

В большинстве армированных образцов в ходе испытаний зарегистрировано образование нормальных трещин. Момент образования нормальных трещин определяли визуально, его значения приведены в табл. 6.

Таблица 6

Сдвиговые усилия и моменты трещинообразования при испытании образцов серии ГП-2

Маркировка образца	$V_{crc}, кН$	$V_{ulti}, кН$	V_{ulti}/V_{crc}	$M_{crc}^{теор}, кН,м$	$M_{crc}^{эксп}, кН,м$	$\frac{M_{crc}^{эксп}}{M_{разр}^{эксп}}$
П4-1	18,8	10,45	0,55	4,66	3,76	0,9
П4-1.1	15,6	9,25	0,59	3,86	3,12	0,84
П4-3	16,5	17,8	1,07	4,09	3,3	0,46
П4-4	34,5	33,25	0,96	8,55	6,9	0,52
П4-5	39	25,57	0,65	9,67	7,8	0,76
П4-6	40	27,5	0,68	9,92	8	0,72
П4-7	35	26,09	0,75	8,68	7	0,67

Согласно полученным данным, образование трещин началось при изгибающем моменте, равном 25 % от разрушающего момента в перемычках серии ГП-2. Характер разрушения и образования трещин во всех образцах перемычек принципиально зависят от отношения предельного усилия сдвига к усилию сдвига трещины (V_{ult}/V_{crc}). При V_{ult}/V_{crc} равном нулю, как в КП4 и П4, имеется внезапное хрупкое разрушение под точечной нагрузкой. При этом если отношение больше 0,5, как и в других составных перемычках из газобетона, мы имеем диагональное хрупкое разрушение. С увеличением отношения V_{ult}/V_{crc} наблюдается более стабильный процесс разрушения.

Заключение.

Изучение напряженно-деформированного состояния образцов газобетонных перемычек позволило выявить следующие ключевые результаты:

Разрушение армированных перемычек происходит в результате разрушения основного газобетонного элемента при увеличении нагрузки. Степень повышения несущей способности нормальных сечений зависит от вида и положения армирования. В частности, армирование на изгиб в растянутой грани значительно увеличивает несущую способность.

Армирование вертикальных швов с использованием внешнего полосового армирования не оказывает существенного влияния на повышение несущей способности.

Тип армирования может быть оптимизирован в зависимости от несущей способности в зоне сжатия и растяжения, напряженно-деформированного состояния, прогиба, количества трещин и их ширины. Тип II армирования в некоторых случаях является наиболее оптимальным.

Армирование лентами из углеродных волокон уменьшает деформативность газобетонных изгибаемых элементов при нагрузках до 50...60 % от разрушения.

Составные газобетонные перемычки, армированные стальными стержнями, обычно имеют хрупкое разрушение. С другой стороны, перемычки, усиленные лентами из углеродных волокон, могут выдерживать требуемую нагрузку и соответствовать пределу эксплуатационной пригодности.

Характер разрушения и образования трещин зависит от отношения предельного усилия сдвига к усилию сдвига трещины (V_{ult}/V_{crc}), при этом отношение близкое к нулю приводит к внезапному хрупкому разрушению, а более высокое отношение приводит к диагональному хрупкому разрушению.

Исходя из этих результатов, можно заключить, что составные газобетонные перемычки могут быть рассчитаны с учетом требований к прочности и пригодности к нормальной эксплуатации, сохраняя их долговечность, качество изготовления и время производства. При этом армирование лентами из углеродных волокон представляет собой перспективное решение для снижения деформаций в подвергаемых нагрузкам элементах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Даулетбаев, Р. Б.** Надежность строительных конструкций зданий и сооружений в процессе их эксплуатации / Р. Б. Даулетбаев, Б. В. Вовк // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 5. – С. 173-177.
2. Энергосберегающие газобетоны на композиционных вяжущих / Л. А. Сулейманова, И. А. Погорелова, К. Р. Кондрашев, К. А. Сулейманов, Ю. С. Пириев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 4. – С. 73-83.
3. **Сулейманова, Л. А.** Управление процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов / Л. А. Сулейманова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 2. – С. 69-76.
4. **Лободенко, Е. А.** Исследование свойств ячеистобетонных перемычек, армированных композитной арматурой из армирующего волокна, для малоэтажных зданий /

Е. А. Лободенко, И. А. Синянский, Е. В. Орлов // Системные технологии. – 2019. – № 1(30). – С. 52-56.

5. **Довженко, А. В.** Перемычки из ячеистого бетона с вклеенной арматурой / А. В. Довженко, В. М. Поздеев // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2016. – Т. 2. – С. 31-34.

6. Seismic testing of autoclaved aerated concrete shear walls: A comprehensive review / R. E. Klingner, J. E. Tanner, J. L. Varela, M. J. Brightman, U. Cancino // ACI Struct. J. – 2005. – № 102(2005). – Pp. 374-382.

7. **Memari, A.** An experimental study of autoclaved aerated concrete lintels strengthened with externally bonded glass FRP / A. Memari, A. Lepage, J. Sethachayanon // Journal of Reinforced Plastics and Composites – J REINF PLAST COMPOSITE. – 2010. – № 29. – Pp. 3322-3337. – DOI: 10.1177/0731684410373413.

8. **Сулейманова, Л. А., Погорелова, И. А., Рябчевский, И. С., Обайди, А. А. Х.** Составная ячеистобетонная перемычка. Патент РФ на полезную модель № 215740, МПК E04C 3/22. Патентообладатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». – № 2022130742; заявл. 25.11.2022; опубл. 23.12.2022, Бюл. № 36. – 7 с.

9. **Mousa, M. A.** Experimental and analytical study of carbon fiber-reinforced polymer (FRP)/autoclaved aerated concrete (AAC) sandwich panels / M. A. Mousa, N. Uddin // Engineering Structures. – 2009. – Vol. 31(10). – Pp. 2337-2344. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2009.05.009>.

10. **Tuncer, E.** Behavior and design of FRP bonded autoclaved aerated concrete beams / E. Tuncer, B. Binici, E. Canbay // Construction and Building Materials. – 2021. – Vol. 282. – Pp. 122712. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122712>.

11. **Chew. Sp.** Singlemode-Multimode-Singlemode Fiber Structure as Compressive Strain Sensor on a Reinforced Concrete Beam / Sp. Chew, A. Z. Zulkifli, H. Ghayeb, S. W. Harun, L. Y. Lee, H. Abdul Razak, F. R. M. Adikan // Optik – International Journal for Light and Electron Optics. – 2017. – Vol. 154. – Pp. 705-710. – DOI: 10.1016/j.ijleo.2017.10.033.

12. **De Lorenzis. L.** Near-surface mounted FRP reinforcement: An emerging technique for strengthening structures / L. De Lorenzis, J. G. Teng // Compos. Part B Eng. – 2007. – Vol. 38(2). – Pp. 119-143. – DOI: 10.1016/j.compositesb.2006.08.003.

13. **Uddin, N.** Design of hybrid fiber-reinforced polymer (FRP)/autoclave aerated concrete (AAC) panels for structural applications / N. Uddin, M. A. Mousa // Woodhead Publ. Ser. Civ. Struct. Eng. – 2013. – Vol. 2. – Pp. 226-246. – DOI: 10.1533/9780857098955.2.226.

Поступила в редакцию 23 октября 2023

RESEARCH OF THE STRENGTH PROPERTIES OF COMPOSITE AERATED CONCRETE LINTELS WITH EXTERNAL COMPOSITE REINFORCEMENT

A. A. H. Obaidi

Adham Abdulsattar Hameed Obaidi, assistant at the Department of construction and urban economy, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia, tel.: +79103644903; e-mail: Adkhem@mail.ru

In this work I analyzed the stress-strain state of composite lintels consisting of aerated concrete blocks with the inclusion of rods from steel reinforcement and external composite reinforcement, when they work in bending. Steel reinforcement is embedded into aerated concrete blocks both longitudinally and transversely to enhance their strength. Composite rein-

forcement is carried out using carbon fiber tapes. These tapes are used on the stretched surface of the element over its entire width, as well as in the form of parts of tapes on the sides of the aerated concrete block in places of vertical seams or in the center of the element. Based on the test results I assessed the strength of the normal section and the deformation characteristics of aerated concrete bending lintels, which made it possible to evaluate the effectiveness of gluing carbon fiber tapes to aerated concrete and determine the optimal reinforcement options. In general, the study showed that the load-bearing capacity of composite aerated concrete lintels with external composite reinforcement is sufficient to withstand operational loads.

Keywords: aerated concrete blocks; composite lintel; external composite reinforcement; carbon fibers.

REFERENCES

1. **Dauletbaev R. B., Vovk B. V.** *Reliability of building structures of buildings and structures in the process of their operation*. Innovations and investments. 2019. No. 5. Pp. 173-177. (in Russian)
2. **Suleymanova L. A., Pogorelova I. A., Kondrashev K. R., Suleymanov K. A., Piriiev Yu. S.** *Energy-saving aerated concrete with composite binders*. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2016. No. 4. Pp. 73-83. (in Russian)
3. **Suleymanova L. A.** *Control of the process of formation of the porous structure of cellular concrete*. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2016. No. 2. Pp. 69-76. (in Russian)
4. **Lobodenko E. A., Sinyansky I. A., Orlov E. V.** *Study of the properties of cellular concrete lintels reinforced with composite reinforcement made of reinforcing fiber for low-rise buildings*. System technologies. 2019. No. 1(30). Pp. 52-56. (in Russian)
5. **Dovzhenko A. V., Pozdeev V. M.** *Lintels made of cellular concrete with glued reinforcement*. Current problems of modern science, technology and education. 2016. V. 2. Pp. 31-34. (in Russian)
6. **Klingner R. E., Tanner J. E., Varela J. L., Brightman M. J., Cancino U.** *Seismic testing of autoclaved aerated concrete shear walls: A comprehensive review* ACI Struct. J. 2005. No. 102(2005). Pp. 374-382.
7. **Memari A., Lepage A., Setthachayanon J.** *An experimental study of autoclaved aerated concrete lintels strengthened with externally bonded glass FRP*. Journal of Reinforced Plastics and Composites. J REINF PLAST COMPOSITE. 2010. No. 29. Pp. 3322-3337. DOI: 10.1177/0731684410373413.
8. **Suleymanova L. A., Pogorelova I. A., Ryabchevsky I. S., Obaidi A. A. Kh.** *Composite cellular concrete lintel*. RF patent for utility model No. 215740, IPC E04C 3/22. Patent holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. No. 2022130742; appl. 11/25/2022; publ. 12/23/2022. Bull. No. 36. 7 p. (in Russian)
9. **Mousa M. A., Uddin N.** *Experimental and analytical study of carbon fiber-reinforced polymer (FRP)/autoclaved aerated concrete (AAC) sandwich panels*. Engineering Structures. 2009. Vol. 31(10). Pp. 2337-2344. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2009.05.009>.
10. **Tuncer E., Binici B., Canbay E.** *Behavior and design of FRP bonded autoclaved aerated concrete beams*. Construction and Building Materials. 2021. Vol. 282. Pp. 122712. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122712>.
11. **Chew Sp., Zulkifli A. Z., Ghayeb H., Harun S. W., Lee L. Y., Abdul Razak H., Adikan F. R. M.** *Singlemode-Multimode-Singlemode Fiber Structure as Compressive Strain Sensor on a Reinforced Concrete Beam*. Optik – International Journal for Light and Electron Optics. 2017. Vol. 154. Pp. 705-710. DOI: 10.1016/j.ijleo.2017.10.033.

12. **De Lorenzis. L., Teng J. G.** *Near-surface mounted FRP reinforcement: An emerging technique for strengthening structures*. Compos. Part B Eng. 2007. Vol. 38(2). Pp. 119-143.

13. **Uddin N., Mousa M. A.** *Design of hybrid fiber-reinforced polymer (FRP)/autoclave aerated concrete (AAC) panels for structural applications*. Woodhead Publ. Ser. Civ. Struct. Eng. 2013. Vol. 2, pp. 226-246. DOI: 10.1533/9780857098955.2.226.

Received 23 October 2023

Для цитирования:

Обайди, А. А. Х. Исследование прочностных свойств составных газобетонных перемычек с внешним композитным армированием / А. А. Х. Обайди // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 19-31. – DOI 10.36622/VSTU.2023.81.54.002.

FOR CITATION:

Obaidi A. A. H. *Research of the strength properties of composite aerated concrete lintels with external composite reinforcement*. 2023. No. 4(27). Pp. 19-31. DOI 10.36622/VSTU.2023.81.54.002. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.22.25.003

УДК 624.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗОК КОНСТРУКЦИЙ В ВИДЕ ГИПЕРБОЛОИДОВ ВРАЩЕНИЯ

И. Е. Кушев, Д. А. Романченко

Кушев Иван Евгеньевич, д-р техн. наук, профессор кафедры промышленного и гражданского строительства, Рязанский институт (филиала), ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», Рязань, Российская Федерация, тел.: +7(4912)28-39-62; e-mail: pgs-rimsou@mail.ru

Романченко Дмитрий Анатольевич, магистрант кафедры промышленного и гражданского строительства, Рязанский институт (филиала), ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», Рязань, Российская Федерация, тел.: +7(906)062-71-13; e-mail: 89060627113a@gmail.ru

Статья посвящена изучению опыта эксплуатации конструкций в виде гиперboloидов вращения (типа башня Шухова), выполненных из полимерных конструкций. Проведены лабораторные исследования по моделированию деформаций такого типа конструкций. Лабораторные исследования проведены с целью изучения физических нагрузок на полимерные элементы, в зависимости от количества элементов сетчатой оболочки в диаметре яруса гиперboloида вращения, изучения деформации материала, изучения деформации соединений сетчатой оболочки. Данные лабораторного эксперимента дают представление о физических особенностях конструкций в виде гиперboloида вращения, а также о возможных изменениях нагрузок в данных типах конструкций, выполненных из полимерных материалов.

Ключевые слова: гиперboloид вращения; башня Шухова; нагрузки; вертикальные смещения.

Первое в истории СССР широкое радиовещание на коротких диапазонах началось 101 год назад с одного из инженерных и архитектурных шедевров того времени – радиобашни, которая была построена в Москве по проекту знаменитого инженера В. Г. Шухова.

Шухов успешно реализовал в своей башне новаторскую идею – он выполнил несущую конструкцию в виде гиперboloида вращения, что довольно нестандартно было для того времени [1].

Более того, все эти особенности добавляются к визуальной легкости и изяществу проектируемого объекта, динамичной легкости и природной статике конструкции [2].

Башня на Шаболовке – это далеко не самая первая гиперboloидная конструкция, спроектированная и построенная Шуховым. Так, следует отметить, что еще в январе 1896 года он подал заявку для получения патента на устройство подобных сооружений. Эта гениальная в своей простоте и эффективности идея конструкции родилась у него благодаря внимательному взгляду на плетеные крестьянские корзины [3].

В 1919 г. В. Г. Шухов создал проект огромной 160-метровой гиперboloидной радиобашни – именно она возвышается сегодня на Шаболовке. Следует отметить, что данный проект был несвойственный для той эпохи, если говорить о габаритах объекта [4].

Башня на Шаболовке состоит из шести ярусов (высота каждого – 25 м). Каждый ярус представляет собой гиперboloид вращения – объемную конструкцию из прямых стальных балок. Концы которых скреплены стальными кольцами и заклепками.

Легендарный проект В. Г. Шухова совсем скоро приобрел огромную популярность, прославился на всю страну, и вскоре после этого сетчатые стальные оболочки в виде гиперboloидов вращения начали массово применяться и по всему миру. За прошедшие больше 100 лет в мире построено несколько десятков высотных гиперboloидных башен. К ним можно отнести, включая 600-метровую телебашню в Китае [5].

Конструкция башни состоит из прямых металлических балок и кольцевых опор, которые довольно просты и недороги в изготовлении. Узловые соединения также имеют простую конфигурацию [6].

Об устойчивости конструкции Шуховской башни говорят два случая. После ее возведения не демонтировали стальной трос, соединявший башню с одной из лебедок на земле. В 1930-е годы почтовый самолет задел этот трос крылом и упал неподалеку. Лебедку сорвало с фундамента, а башня получила сильный удар. Однако осмотр конструкции показал, что гиперboloид не получил каких-либо повреждений или деформаций [7].

У той же Эйфелевой башни ежегодно заменяют порядка 3 % элементов на аналогичные, изготовленные по тем же технологиям, что и при возведении. А Шуховская башня уже более 100 лет стоит практически без какого-либо ремонта [8].

Эксперимент

Результаты моделирования нагрузок на конструкции в виде гиперboloидов вращения были выполнены на кафедре Промышленного и гражданского строительства Рязанского института (филиала) ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» на физической малоразмерной модели сооружения. Моделирование, а также планирование и проведение эксперимента осуществлялись под руководством доктора технических наук, профессора Куцева Ивана Евгеньевича.

Конструкция малоразмерной модели самого гиперboloида вращения создавалась из полимерных стержневых элементов длиной 80 мм шириной 10 мм. Каждый стержень модели имел внутри 13 равноудаленных друг от друга отверстий диаметром 4 мм. Стержни модели соединялись между собой болтами диаметром 4 мм), гайками и шайбами с двух сторон. Элементы и их соединения изображены на рис. 1.

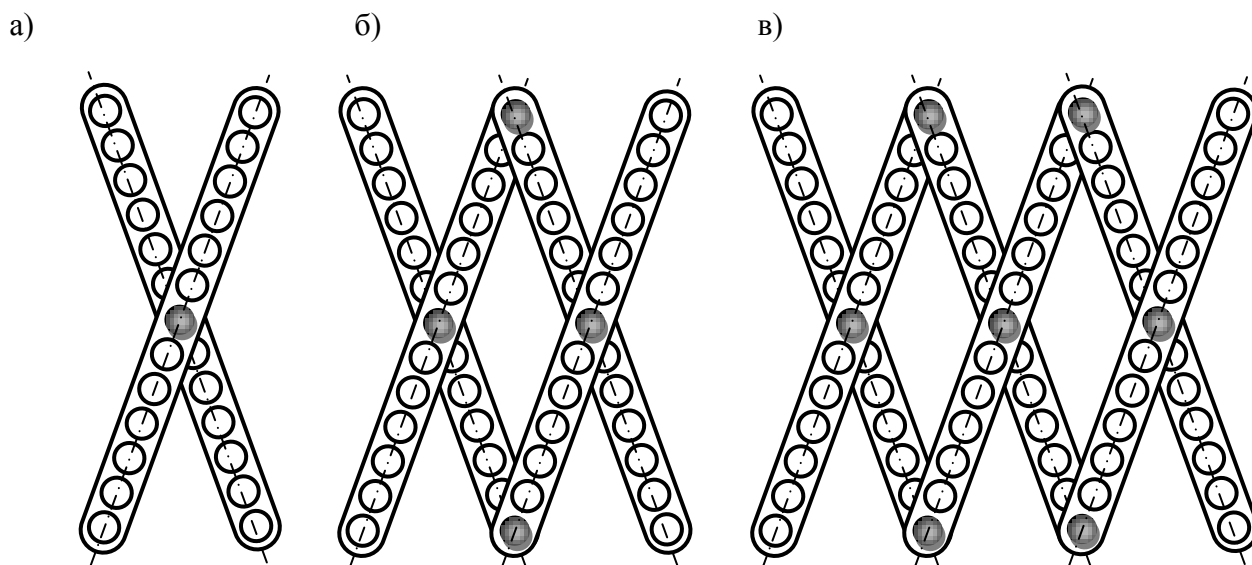


Рис. 1. Варианты соединения элементов для формирования пояса сетчатой поверхности.

Серым цветом обозначены места соединений:

- а – одинарный крест для формирования образующей поверхности;
- б – двойной крест для формирования образующей поверхности;
- в – тройной крест для формирования образующей поверхности.

Для исследования была создана малоразмерная модель инженерной конструкции, состоящая из гладкой и прямой основы из фанеры толщиной 10 мм. Площадь конструкции составила 0,85 м².

Далее, в данный подиум было вмонтировано деревянное основание для вертикальной металлической опоры. Размер основания составил 50 × 50 мм. Основание было прикреплено к подиуму 4 саморезами длиной 4 × 40 мм, что дало достаточно прочную осно-

ву для конструкции. В качестве основного вида нагружения использовалась схема с верхним нагружением, когда грузы устанавливались непосредственно на верхнюю распределительно-нагрузочную крышку.

На уровне 380 мм от уровня подиума был установлен вспомогательный элемент для фиксации индикаторной головки часового типа. Элемент одной стороной крепился болтами к металлической части прута с помощью стягивания болтов, другая же сторона находилась в свободном, подвешенном горизонтально, относительно плоскости подиума, уровне. На этой части с помощью болтов была зафиксирована индикаторная головка часового типа (рис. 2), направленная вертикально.

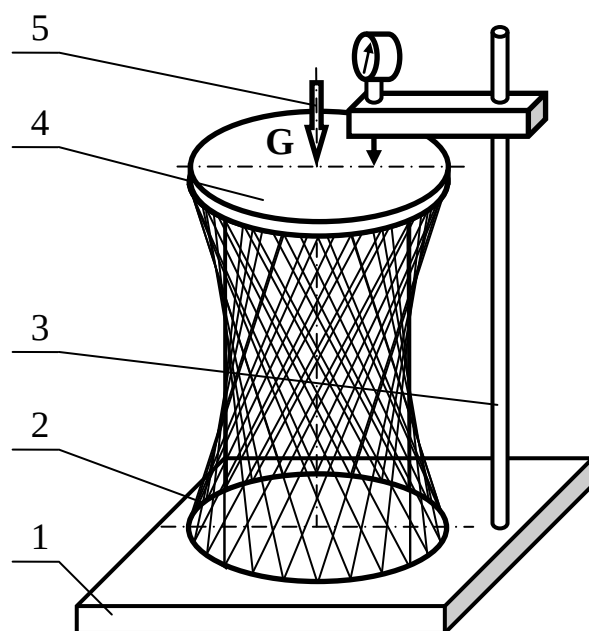


Рис. 2. Общий вид установки для определения деформаций:
1 – станина (подиум); 2 – модель гиперboloида; 3 – стойка с индикаторной головкой;
4 – верхняя распределительно-нагрузочная крышка; 5 – грузы весом G

Индикаторная головка соприкасалась с контрольным винтом, находящимся на верхнем ярусе башни с целью измерения изменения нагрузок гиперboloида в зависимости от приложенной нагрузки к верхней грузовой платформе модели сооружения.

Для моделирования нагрузки на гиперboloид использовались металлические грузы весом 1 кг (9,80 Н). Располагались они на верхнем ярусе башни. Первоначально располагался один груз, фиксировались показания нагрузок на узловых креплениях. Затем к первому грузу добавлялся второй груз (2 кг, 19,6 Н), фиксировались показания, затем к двум грузам добавлялся третий (3 кг, 29,4 Н) показания также фиксировались. Также, до установки первого груза, фиксировались нулевые показания, для сооружения в ненагруженном состоянии.

Для проведения эксперимента, из полимерных элементов, показанных на рис. 1, были собраны три трёхъярусных конструкции. Собранные гиперboloиды вращения имеют разное количество полимерных элементов в ярусе (20, 22 и 24 элемента), что позволило получить образцы гиперboloидов вращения с разным диаметром яруса.

В первом эксперименте была установлена башня с тремя ярусами по 20 полимерных элементов в каждом ярусе, соединенных болтами. Затем нагрузка была постепенно увеличена с 0 до 3 кг (29,4 Н). Результаты изменения вертикальных смещений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Вертикальные смещения трехъярусного образца с 20 полимерными элементами

Показание индикатора	Количество делений, демонстрирующих вертикальное перемещение трёхступенчатого образца в зависимости от нагрузки			
	нулевая нагрузка	1 кг (один груз)	2 кг (два груза)	3 кг (три груза)
Начальное	50	42	25	10
Текущее	-	8	17	15
Суммарное	-	8	25	40

Из полученных результатов видно, что при увеличении нагрузки с 1 кг (9,80 Н) до 3 кг (29,4 Н) разница в вертикальном смещении, относительных измерений, замера отклонений увеличилась на 32 единицы индикатора.

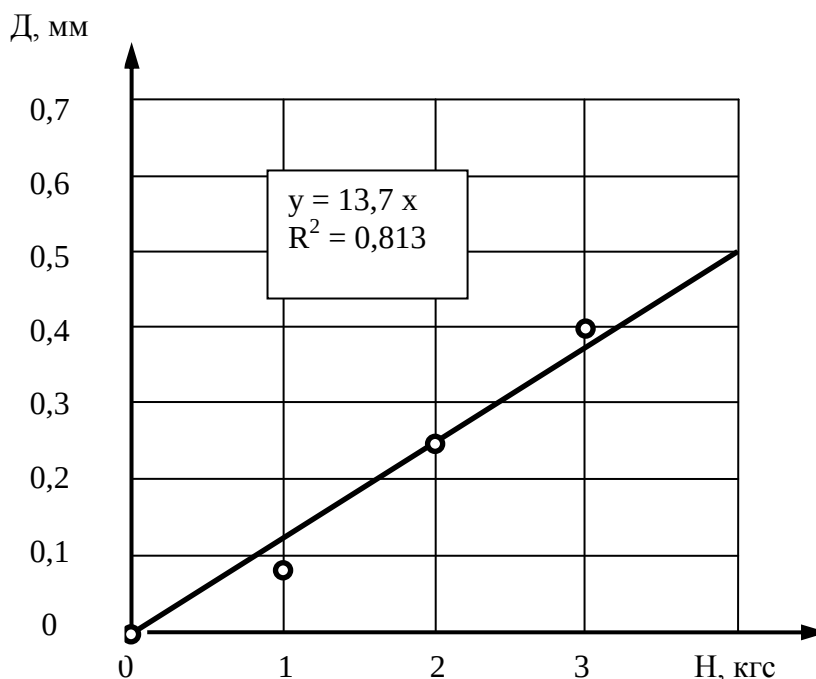


Рис. 3. Вертикальные смещения трехъярусного образца с 20 полимерными элементами в зависимости от нагрузки

Во втором эксперименте на станину стенда была установлена трёхъярусная модель гиперboloида с 22 полимерными элементами в каждом ярусе, с трехточечным соединением болтами. Нагрузка была осуществлена ступенчатым увеличением с 0 до 3 кг (29,4 Н). Результаты измерений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Вертикальные смещения трехъярусного образца с 22 полимерными элементами

Показание индикатора	Количество делений, демонстрирующих вертикальное перемещение трёхступенчатого образца в зависимости от нагрузки			
	нулевая нагрузка	1 кг (один груз)	2 кг (два груза)	3 кг (три груза)
Начальное	10	21	35	45
Текущее	-	11	14	10
Суммарное	-	11	25	35

По результатам исследований видно, что при увеличении нагрузки с 1 кг (9,80 Н) до 3 кг (29,4 Н) разница в деформации, относительных измерений, замера отклонений увеличилась на 24 деления, что показывает снижение жёсткости с увеличением диаметра модели гиперboloида.

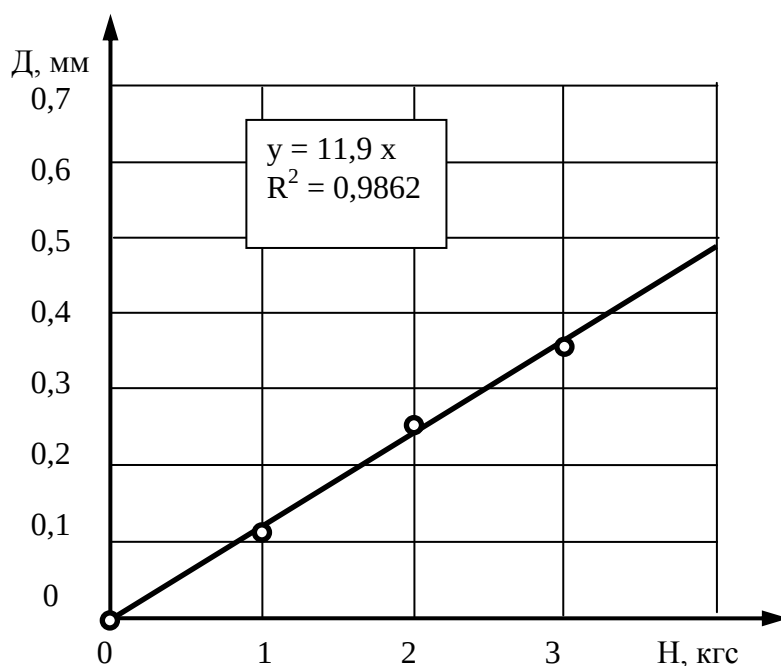


Рис. 4. Вертикальное смещение трехъярусного образца с 22 полимерными элементами в зависимости от нагрузки

В третьем эксперименте на станину был установлен гиперboloид с тремя ярусами по 24 полимерных элемента в каждом ярусе, соединенных болтами. Нагрузка также увеличивалась ступенчато с 0 до 3 кг (29,4 Н). Результаты изменения вертикальных смещений представлены в табл. 3.

Таблица 3

Вертикальные смещения трехъярусного образца с 24 полимерными элементами

Показание индикатора	Количество делений, демонстрирующих вертикальное перемещение трёхступенчатого образца в зависимости от нагрузки			
	нулевая нагрузка	1 кг (один груз)	2 кг (два груза)	3 кг (три груза)
Начальное	38	60	75	86
Текущее	-	22	15	21
Суммарное	-	22	37	58

Из табл. 3 и рис. 5 видно, что при увеличении нагрузки с 1 кг (9,80 Н) до 3 кг (29,4 Н) разница в деформации относительных измерений замеров отклонений увеличилась на 36 делений. Это ещё раз подтвердило то, что с увеличением диаметра гиперboloида при постоянной высоте их жёсткость снижается.

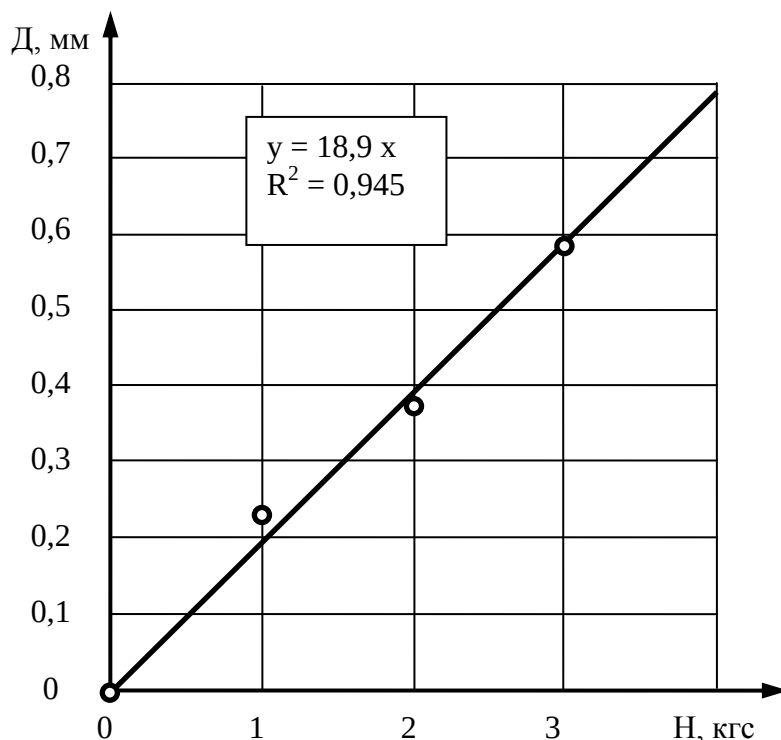


Рис. 5. Вертикальное смещение трехъярусного образца с 22 полимерными элементами в зависимости от нагрузки

Заключение.

По результатам испытаний трехъярусной модели гиперboloида вращения было установлено увеличение вертикального смещения при нагружении исследуемой конструкции.

При проведении эксперимента нагрузка менялась ступенчато, в три этапа. При этом выявлено, что соотношения в отклонениях измерений между первым-вторым и вторым-третьим грузами не созависимы, имеют разные показатели, в связи с тем, что при существующей нагрузке (отличной от нуля) на полимерные соединения и узловые крепления, продольная жесткость, а также общая устойчивость объекта повышается под воздействием самого груза.

Установлено, что с увеличением диаметра яруса, при неизменной высоте каждого яруса гиперboloидов вращения, снижается продольная жесткость полимерных элементов и узловых соединений. Следует отметить, что исследуемая конструкция гиперboloида вращения является жесткой: если балки соединить шарнирно, она всё равно будет сохранять свою форму под действием внешних сил. Для повышения продольной жесткости несущих опор башни необходимо уменьшать диаметр яруса гиперboloида вращения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Беликов, Г. И.** Статика, динамика и устойчивость сетчатых и подкрепленных оболочек с учетом поперечного сдвига / Г. И. Беликов. – Волгоград: ВолгГАСА, 2003. – 298 с.
2. **Беликов, Г. И.** Оптимизация топологии гиперboloида вращения по условиям прочности и жесткости / Г. И. Беликов // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 29(48). – С. 110-114.
3. **Кривошапко, С. Н.** Энциклопедия аналитических поверхностей / С. Н. Кривошапко, В. Н. Иванов. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 560 с.

4. **Гминач, К. М.** Подбор оптимальных параметров эллипсоидной железобетонной оболочки вращения / К. М. Гминач, А. В. Козлов, Р. А. Проскуров // Международный научно-исследовательский журнал: технические науки (часть 3). – 2017. – № 2(56). – С. 100 – 104.

5. **Новожилов, В. В.** Теория тонких оболочек / В. В. Новожилов. – Ленинград: Судостроение, 1962. – 432 с.

6. Динамическая устойчивость параболических оболочек в сверхзвуковом газовом потоке / К. В. Аврамов, М. В. Чернобрывко, В. Н. Романенко, Т. Я. Батутина, В. А. Пирог // Прикладная гидромеханика. – 2014. – Том 16. – № 4. – С. 3-10.

7. **Чернобрывко, М. В.** Собственные колебания параболических оболочек / М. В. Чернобрывко, К. В. Аврамов // Математическая методика физико-механического поля. – 2014. – № 3. – С. 78-85.

8. **Tambolil, Nilophar** Bending Analysis of Paraboloid of Revolution Shell / Nilophar Tambolil, A.B. Kulkarni // International Journal of Civil Engineering Research (India). – 2014. – Vol. 5. – No. 4. – Pp. 307-314.

Поступила в редакцию 8 ноября 2023

MODELING OF STRUCTURE LOADS IN THE FORM OF HYPERBOLOIDS OF ROTATION

I. E. Kushchev, D. A. Romanchenko

Ivan Evgenievich Kushchev, Dr. Sc. (Techn.), Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering, Ryazan Institute (Branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia, tel.: +7(4912)28-39-62; e-mail: pgs-rimsou@mail.ru

Dmitry Anatolievich Romanchenko, Master's student of the Department of Industrial and Civil Engineering, Ryazan Institute (Branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia, tel.: + 7(906)062-71-13; e-mail: 89060627113a@gmail.ru

The article is devoted to the study of the experience of operating structures in the form of hyperboloids of rotation (such as the Shukhov tower) made of polymer elements. We carried out laboratory studies on modeling deformations of such structures. Laboratory studies were conducted to study physical loads on polymer elements, depending on the number of mesh shell elements in the diameter of the hyperboloid rotation tier. We intended to study the deformation of the material and of the mesh shell joints. The data of the laboratory experiment give an idea of the physical features of structures in the form of a hyperboloid of rotation, as well as an idea of possible changes in loads in these types of structures made of polymer materials.

Keywords: hyperboloid of rotation; the Shukhov tower; loads; vertical shift.

REFERENCES

1. **Belikov G. I.** *Statics, dynamics and stability of mesh and reinforced shells taking into account transverse shear*. Volgograd. VolgGASA. 2003. 298 p. (in Russian)

2. **Belikov G. I.** *Optimization of the topology of the hyperboloid of rotation according to the conditions of strength and rigidity*. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Town Planning. Page and archit. 2012. No. 29 (48). Pp. 110-114. (in Russian)

3. **Krivoshapko S. N., Ivanov V. N.** *Encyclopedia of analytical surfaces*. Moscow, Book house LIBROCOM. 2010. 560 p. (in Russian)

4. **Gmirach K. M., Kozlov A. V., Proskurov R. A.** *Selection of optimal parameters of an ellipsoid reinforced concrete shell of rotation*. International Scientific Research Journal Technical Sciences (part 3). 2017. No. 2(56). Pp. 100-104. (in Russian)
5. **Novozhilov V. V.** *Theory of thin shells*. Leningrad. Shipbuilding. 1962. 432 p. (in Russian)
6. **Avramov K. V., Chernobrivko M. V., Romanenko V. N., Batutina T. Ya., Pirog V. A.** *Dynamic stability of parabolic shells in supersonic gas flow*. Applied Hydromechanics. 2014. Volume 16. No. 4. Pp 3-10. (in Russian)
7. **Chernobrivko M. V., Avramov K. V.** *Proper oscillations of parabolic shells*. Mathematical metholohy in physical and mechanical fields. 2014. No 3. Pp. 78-85. (in Russian)
8. **Nilophar Tambolil, Kulkarni A. B.** *Bending Analysis of Paraboloid of Revolution Shell*. International Journal of Civil Engineering Research (India). 2014. Vol. 5. No. 4. Pp. 307-314.

Received 8 November 2023

Для цитирования:

Кущев, И. Е. Моделирование нагрузок конструкций в виде гиперболоидов вращения / И. Е. Кущев, Д. А. Романченко // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 32-39. – DOI 10.36622/VSTU.2023.22.25.003.

FOR CITATION:

Kushchev I. E., Romanchenko D. A. *Modeling of structure loads in the form of hyperboloids of rotation*. 2023. No. 4(27). Pp. 32-39. DOI 10.36622/VSTU.2023.22.25.003. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.29.89.004

УДК 699.86

АНАЛИЗ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕНОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С. П. Чернухин, М. Н. Жерлыкина, М. А. Кретов

Чернухин Сергей Павлович, канд. техн. наук, магистрант кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(903)855-22-62; e-mail: reichard@mail.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: zherlykina@yandex.ru

Кретов Максим Александрович, магистрант кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(908)140-43-37; e-mail: km36.max@yandex.ru

Рассмотрены вопросы тепловой эффективности ограждающих конструкций, применительно к конкретной ситуации. В статье рассматривается пример опытного измерения фактических характеристик здания, возведённого в середине 90-х годов. Отмечены общие проблемы возведения зданий рассматриваемого периода, включая недостаток толщины теплоизоляционного слоя конструкции. Изыскания выполнены тепловизором Testo 881-1, серийный номер 2141704. Показано соответствие сопротивления теплопередаче санитарно-гигиеническим требованиям, но полное несоответствие нормируемым и базовым значениям поэлементных требований. Выполнено теоретическое моделирование сопротивления теплопередаче материалов послойно. Определены негативные факторы влияния на конструкции. Даны рекомендации по возможным мероприятиям по доведению несоответствий конструкции современным требованиям.

Ключевые слова: тепловая эффективность; сопротивление теплопередаче; санитарно-гигиенические требования; поэлементные требования; тепловизионное обследование; термограмма.

Нормативная база по проектированию и строительству зданий в нашей стране развивалась в соответствии с потребностью общества. До конца 80-х годов основное внимание уделялось стоимости строительства, т. е. минимизировались капитальные затраты и абсолютно не учитывались эксплуатационные затраты, поскольку топливо было дешевым и наиболее распространенное в городах централизованное теплоснабжение обеспечивало теплом здания практически бесплатно. Плановая экономика, существовавшая в то время, требовала, чтобы нормативная база отвечала вопросам гигиены, безопасности и экономии строительных материалов. На нужды отопления в бывшем СССР уходило около одной трети из всего добываемого в стране топлива, или около 250 млн. т в угольном эквиваленте.

Положение резко изменилось в результате перехода страны к рыночной экономике в начале 90-х годов и значительного роста цен на топливо. В этот период приняты законодательные акты, в том числе федеральные законы¹².

Требование по энергосбережению зданий и сооружений напрямую имеет отношение к стеновым ограждающим конструкциям, через которые происходит до 40 % теплопотерь. В 1995 г. вышло приложение 3 СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника», которое имело 2 этапа внедрения: с 1996 г. по 2000 г., когда приведенное сопротивление теплопередаче стены должно быть 1,8 (м² °С)/Вт; с 2000 г., когда приведенное сопротивление

© Чернухин С. П., Жерлыкина М. Н., Кретов М. А., 2023

¹ Федеральный закон № 28 от 03.04.1996 «Об энергосбережении».

² Федеральный закон №261 от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

теплопередаче должно быть $3,19(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})/\text{Вт}$. В переводе на кладку из силикатного кирпича толщина стены с 2000 г. должна соответствовать 210 см, тогда как ранее строились здания толщиной кладки 90...110 см. Произошли изменения в нормативных требованиях, при этом энергетический принцип нормирования тепловой защиты зданий является основополагающим [1].

В период трансформации нормативной базы по строительной теплофизике возведение новых зданий и сооружений продолжалось, при этом основное внимание проектировщиков акцентировалось не на оптимизации величины удельного расхода теплоты на отопление здания, а на соблюдении норм по тепловой защите отдельных ограждающих конструкций. Как следствие, было построено множество зданий жилого назначения, теплотехнические показатели ограждающих конструкций которых не соответствуют даже нормированному значению поэлементных требований, не говоря уже о базовом значении поэлементных требований [2].

В качестве объекта исследования выбран жилой дом по адресу г. Воронеж, ул. Хользунова, д. 40 «В», площадью 16317,6 кв. м., сданный в эксплуатацию в 1995 году. Кадастровый номер 36:34:0206001:3797.

Выполнено обследование на предмет обнаружения теплопотерь тепловизором Testo 881-1. По результатам как прямых измерений теплопотерь с построением термограмм [3, 4], так и косвенных измерений (разница температур магистральных труб отопления прямого и обратного хода), были сделаны выводы о наличии серьёзных теплопотерь, связанных, прежде всего, с теплопотерями через наружные ограждающие конструкции и технический этаж.

Представлены термограммы, полученные в результате натурных исследований по фасадам здания. Сначала рассмотрим наиболее «экстремальную» зону с критической теплопотерей [5, 6]. Это неутепленная цокольная часть здания в углах стыков плит, где цокольные ограждающие конструкции имеют практически положительную температуру поверхности при наружной температуре воздуха до $-17,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ (рис. 1, 2).

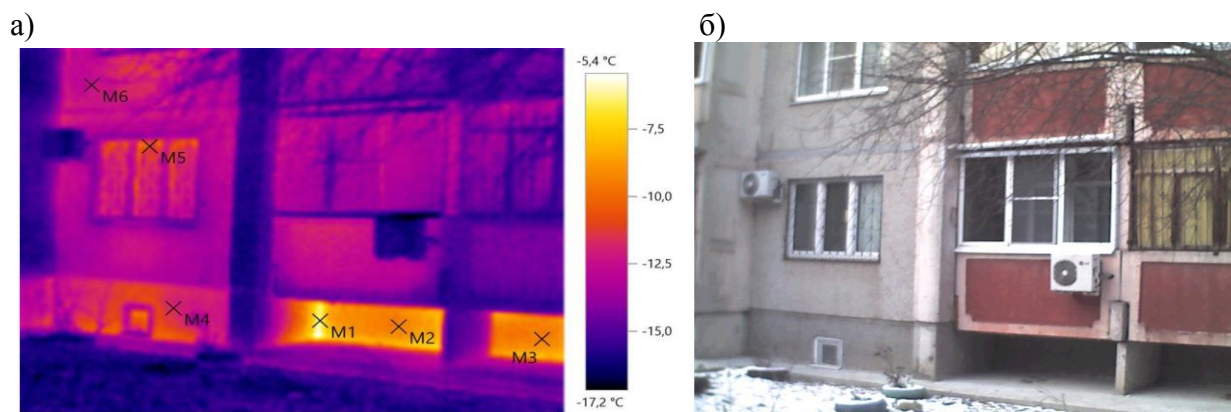


Рис. 1. Натурные исследования цокольной южной части здания (термограмма 1.1):
а – термограмма 1.1; б – реальное изображение

На рис. 1 (термограмма 1.1) точка М1 показывает температуру в $-5,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ при наружной температуре воздуха $-17,2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

На рис. 2 (термограмма 1.2) точка М1 показывает уже температуру в $-0,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ при наружной температуре воздуха $-16,1 \text{ } ^\circ\text{C}$, что дополнительно свидетельствует о значительных потерях через данную ограждающую конструкцию. Вся зона, подсвеченная желтыми тонами, имеет температуру не ниже $-5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

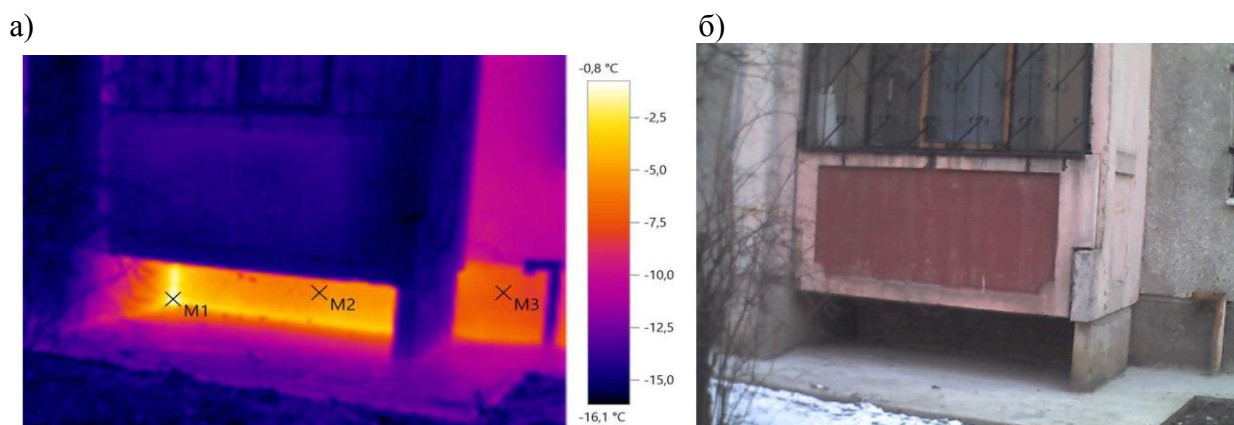


Рис. 2. Натурные исследования южной цокольной части здания (термограмма 1.2):
а – термограмма 1.2; б – реальное изображение 1.2

На рис. 3, 4, 5 для описания тепловых потерь принимаем модель, где точки температур по поверхности, наиболее удаленной от источника внутреннего косвенного нагрева конструкции равны температуре окружающей среды, в зависимости от высоты. Отличие термограмм с постфиксом «А» и «Б» заключается в том, что «А» – базовый замер по высоте, по наиболее холодному ребру с однородным материалом конструкции, а «Б» – замер, выполненный по характерным местам стеновых панелей.

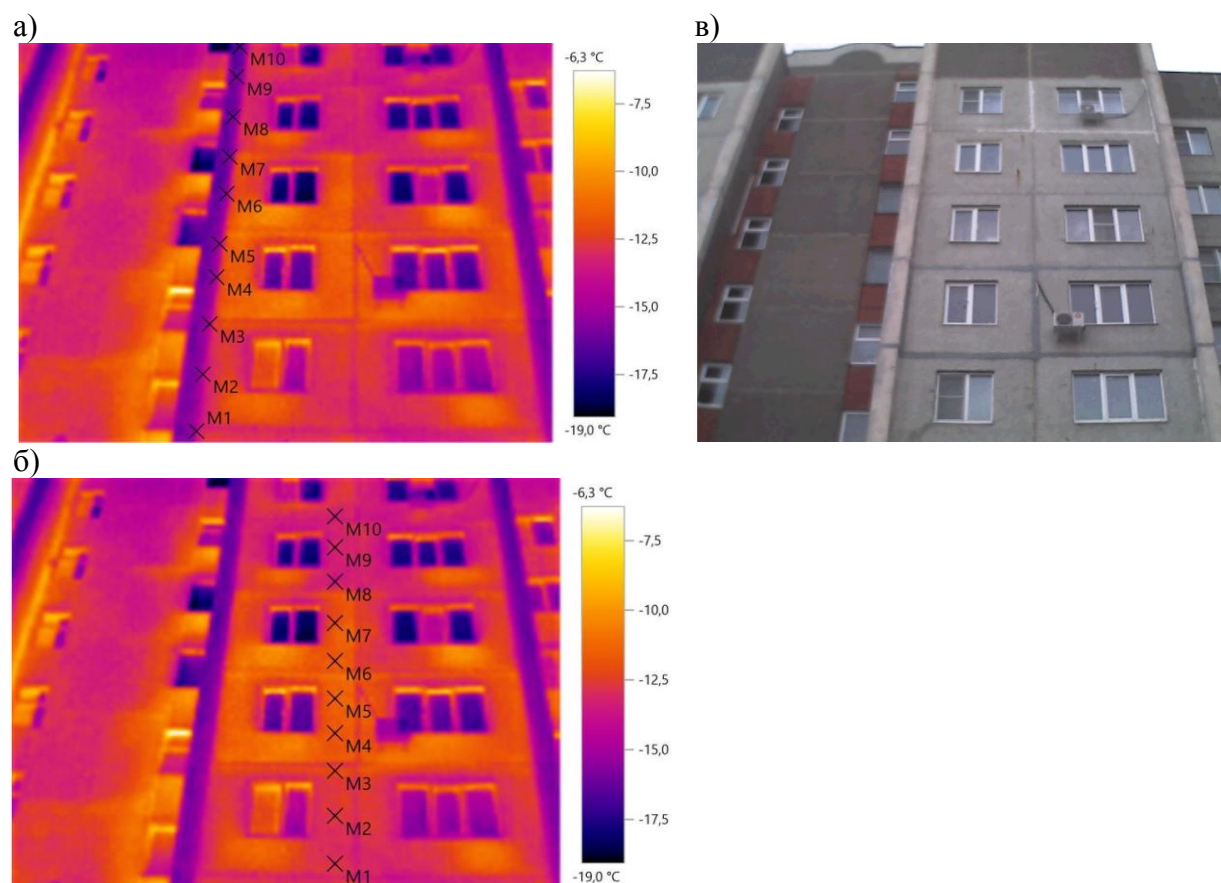


Рис. 3. Натурные исследования северного фасада здания, подъезд 4:
а – термограмма 2А; б – термограмма 2Б; в – реальное изображение 2

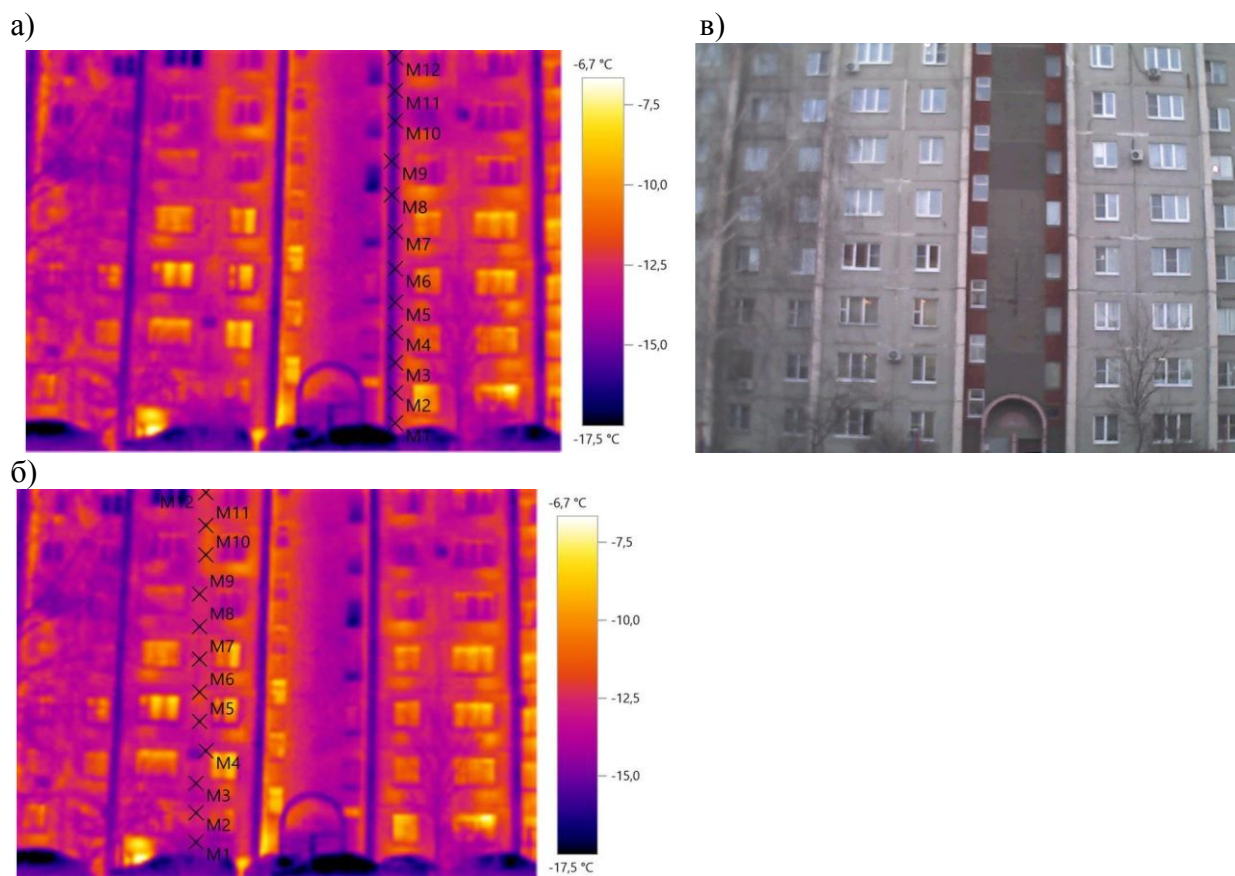


Рис. 4. Натурные исследования северного фасада здания, подъезд 3:
а – термограмма 3А; б – термограмма 3Б; в – реальное изображение 3

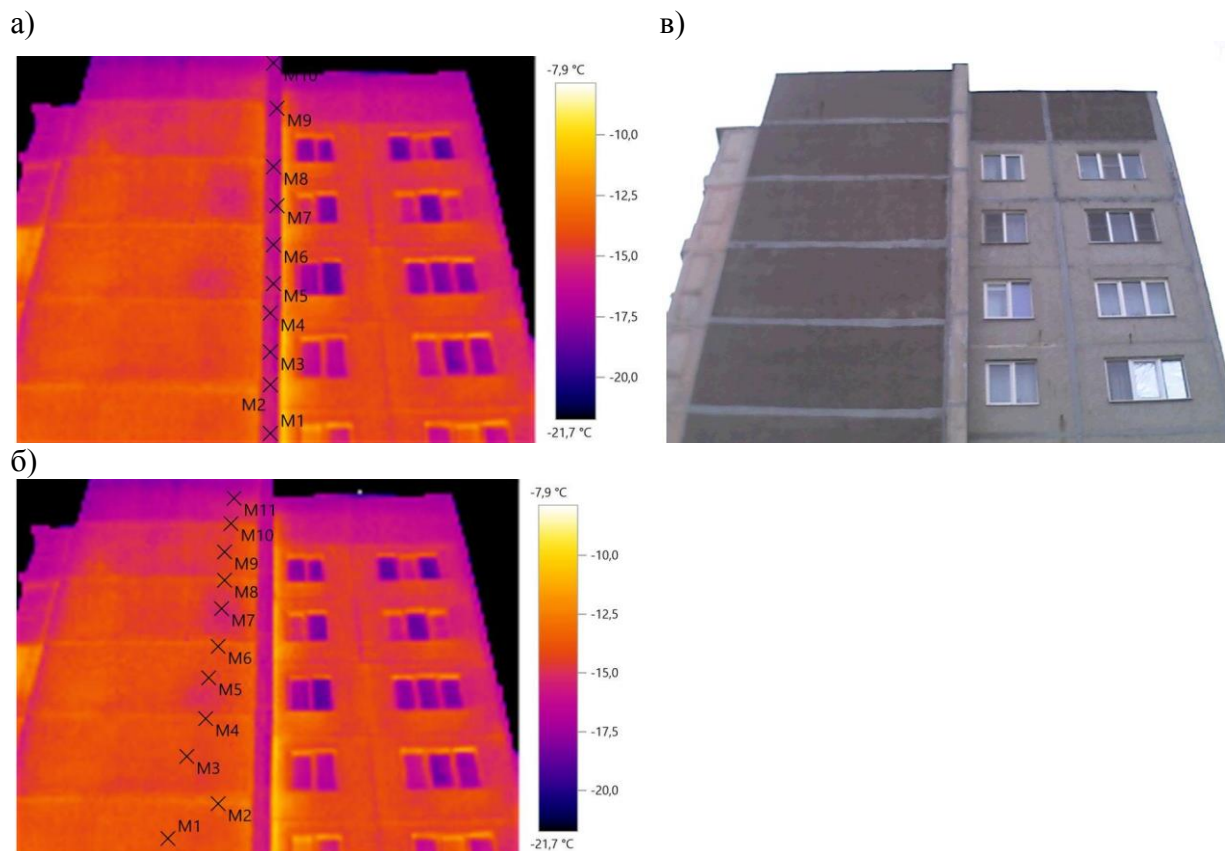


Рис. 5. Натурные исследования восточного фасада здания:
а – термограмма 4А; б – термограмма 4Б; в – реальное изображение 4

На рис. 6, 7, 8 представлена зависимость изменения температуры поверхности стеновых ограждений по высоте, согласно термограмм 2А (принятой за «эталонную») и измерения, описываемый графиком термограммы 2Б.

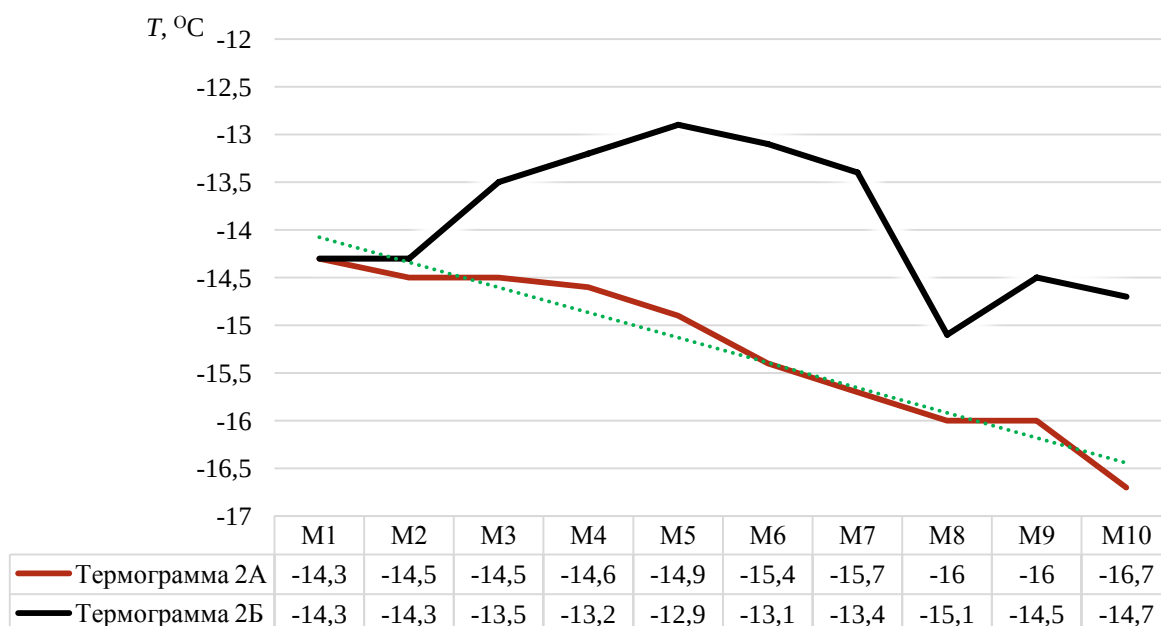


Рис. 6. Зависимость изменения температуры поверхности стеновых ограждений от высоты (термограмма 2)

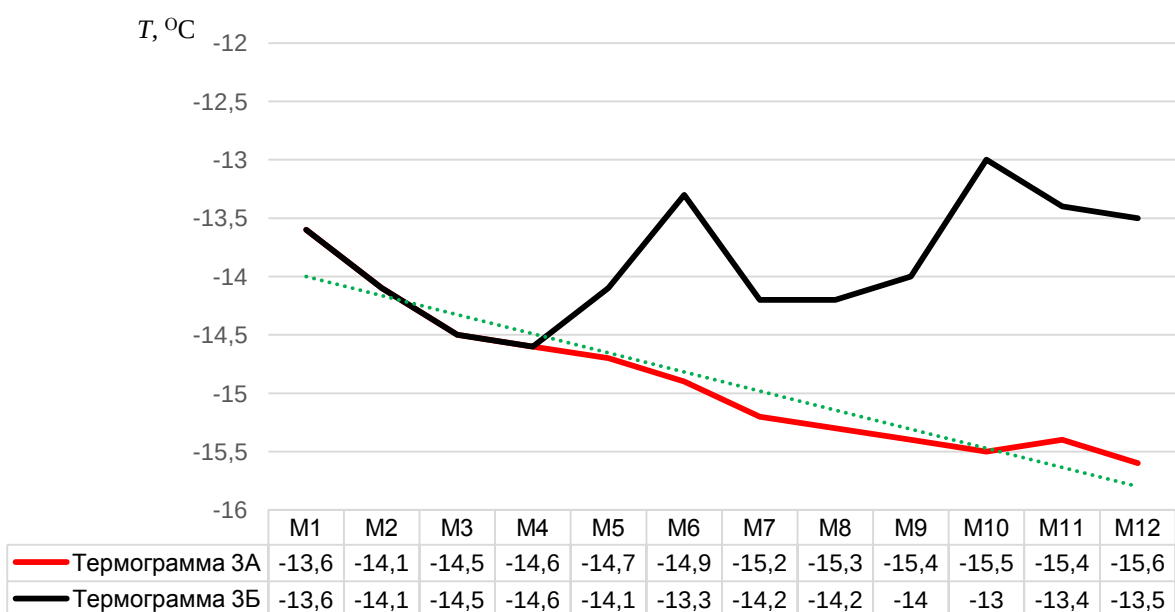


Рис. 7. Зависимость изменения температуры поверхности стеновых ограждений от высоты (термограмма 3)

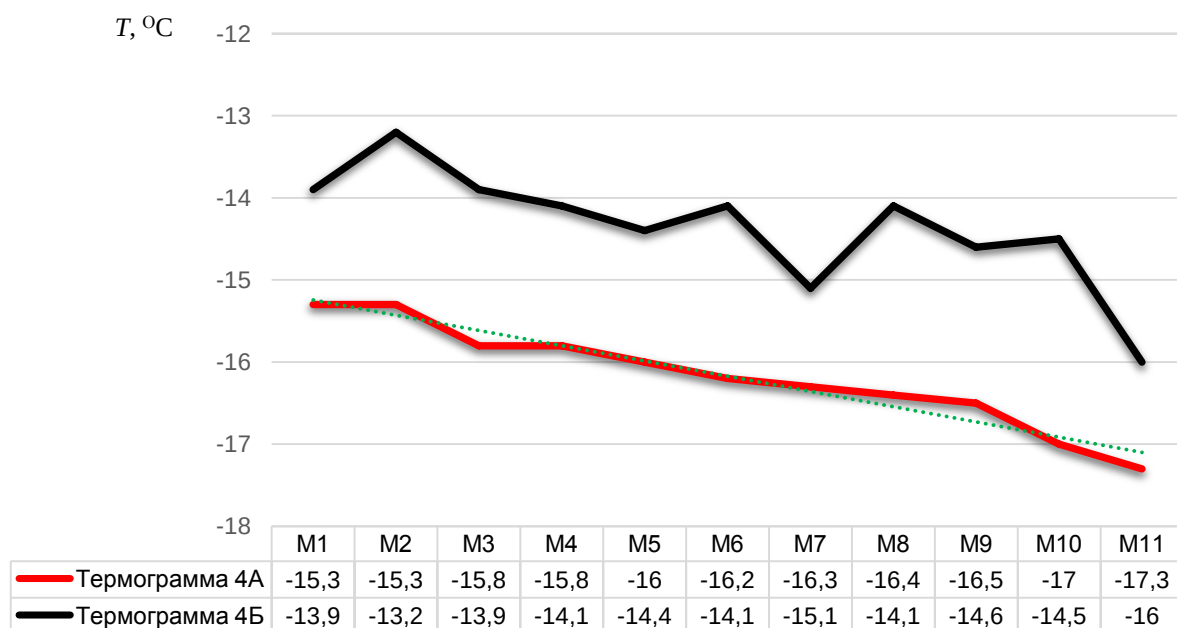


Рис. 8. Зависимость изменения температуры поверхности стеновых ограждений от высоты (термограмма 4)

Графики (рис. 6...8) имеют 2 линии, одна с постфиксом «А» обозначает базовую, практически линейную зависимость понижения температуры от высоты. Линия с постфиксом «Б» представляет замер по основной части стеновой панели и демонстрирует косвенные признаки теплопотерь, причём чем больше разница между графиками, тем больше теплопотери через конкретную ограждающую конструкцию в точке измерения. Таким образом, наблюдается стабильное понижение температуры с увеличением высоты замера, что представляет прямую линию тренда. В случае, если теплопотерь нет, линии термограмм «А» и «Б» на каждом графике будут совпадать.

Выполнен теоретический расчет теплотехнических характеристик конструкции стен жилого дома при различных температурах наружного воздуха в холодный период года [7] (рис. 9, рис. 10).

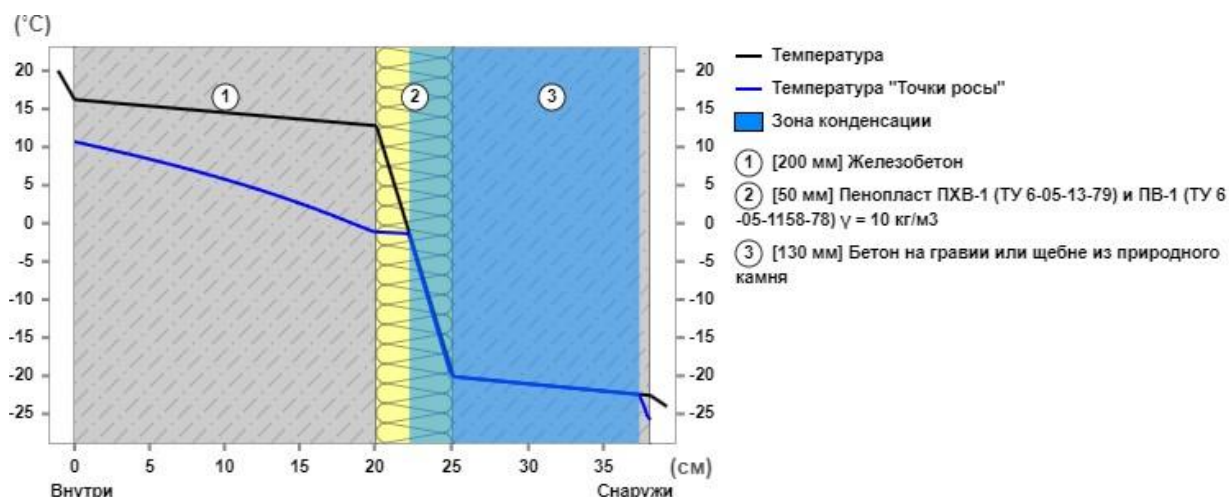


Рис. 9. Изменение температуры в толще конструкции наружной стены при температуре наружного воздуха -24 °С при влажности воздуха 85 %

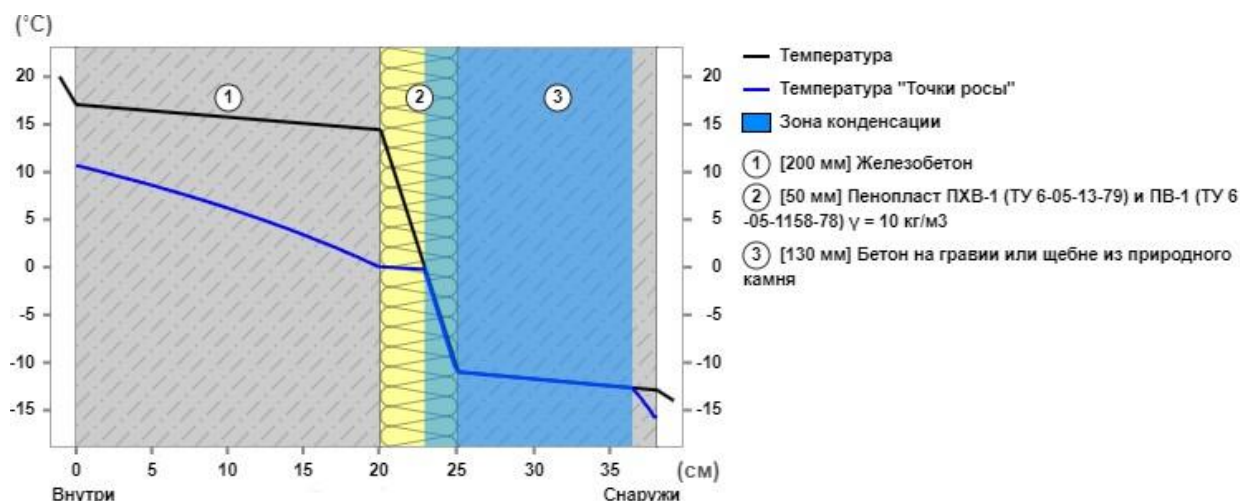


Рис. 10. Изменение температуры в толще конструкции наружной стены при температуре наружного воздуха -14°C при влажности воздуха 85 %

Расчетные значения сопротивления теплопередачи по слоям конструкции представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты теплотехнического расчета при температуре наружного воздуха -14°C

№	Толщина слоя, d , мм	Материал слоя	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт /м °С	Сопротивление теплопередаче R ,	Температура на границах слоя, °С	
					$T_{\max}$	$T_{\min}$
	Сопротивление тепловосприятию			0,11	18,0	15,2
1	200	Железобетон	1,92	0,10	15,2	12,8
2	50	Пенопласт ПХВ-1 $\gamma = 10 \text{ кг/м}^3$	0,05	1,00	12,8	-11,2
3	130	Бетон на гравии или щебне из природного камня	1,74	0,07	-11,2	-13,0
Сопротивление теплоотдаче				0,04	-13,0	-14,0

С учетом результатов расчетов, представленных в табл. 1, сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции составляет $1,34 \text{ (м}^2 \times ^{\circ}\text{C) / Вт}$

Сравнительный анализ требуемого сопротивления теплопередаче по действующим нормативам по тепловой защите зданий представлен в табл. 2.

Таблица 2

Требуемое сопротивление теплопередаче для климатических условий г. Воронежа, $(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{C) / Вт}$

Санитарно-гигиенические требования $[R_c]$	1,26
Нормируемое значение поэлементных требований $[R_{\Sigma}]$	1,82
Базовое значение поэлементных требований $[R_t]$	2,89

Таким образом, с учетом полученных значений сопротивления теплопередаче получаем: $R > R_c$, ограждающая конструкция удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам по тепловой защите; $R < R_{\Sigma}$, ограждающая конструкция не удовлетворяет нормам (поэлементные требования) по тепловой защите.

С учетом полученных теплозащитных характеристик посчитаны удельные потери теплоты, результаты представлены на рис. 11 и табл. 3, где показана зависимость потерь

теплоты через квадратный метр ограждающей конструкции в зависимости от различных теплотехнических характеристик, принятых при проектировании.

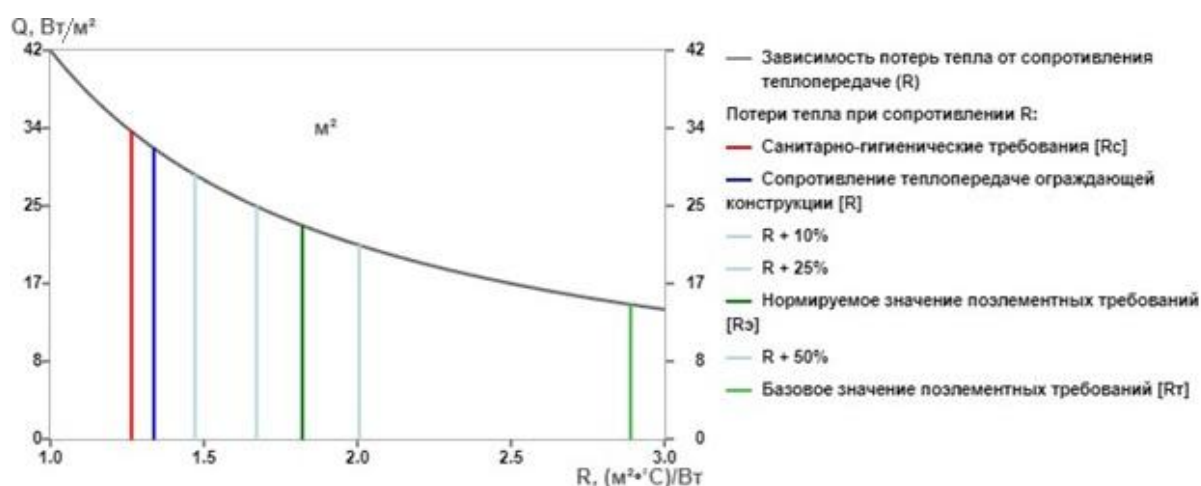


Рис. 11. Зависимость расчетного значения потерь теплоты ограждающей конструкции от сопротивления теплопередаче

Таблица 3

Расчетное значение потерь теплоты при разных требованиях к определению сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции

Сопротивление теплопередаче	Значение R ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт	Отклонение от расчетного $\pm R$, %	Удельные потери теп- лоты Q , Вт/ м^2	Отклонение от расчетного $\pm Q$, Вт/ м^2
Санитарно-гигиенические требования, R_c	1,26	-5,45	33,22	1,81
Нормируемое значение поэлементных требований, R_Σ	1,82	36,13	23,07	-8,34
Базовое значение поэлементных требований, R_t	2,89	116,08	14,53	-16,87
Расчетное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, R	1,34	0,00	31,41	0,00
$R + 10\%$	1,47	10,00	28,55	-2,86
$R + 25\%$	1,67	25,00	25,13	-6,28
$R + 50\%$	2,01	50,00	20,94	-10,47
$R + 100\%$	2,67	100,00	15,70	-15,70

Таким образом, удельные потери теплоты исследуемого стенового ограждения при температуре наиболее холодной пятидневки составляют $31,41 \text{ Вт/м}^2$, а потери тепла за отопительный сезон: $69,56 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ в расчете на один м^2 .

К особенностям при строительстве объекта исследования следует отнести тот факт, что жилое здание определенное время стояло недостроенным и не было законсервировано надлежащим образом. На нижних этажах в период отопительного сезона зачастую жарко и душно, жители перекрывают отопительные приборы, на средних этажах состояние микроклимата является комфортным, а на высоких – температуры внутреннего воздуха значительно ниже нормируемых. Наибольшие неудобства испытывают жители самого верхнего этажа: в результате проведения обследования двух квартир установлено, что:

✓ температура наружного ограждения (стен) не превышает $+12...+14^\circ\text{C}$ при наружной температуре -17°C , в углах и над окнами обильно присутствует влага, обои местами отклеены, имеются следы плесени;

✓ температура потолка (граничащего с техническим неотапливаемым этажом) $+8...+12^\circ\text{C}$;

- ✓ на потолке присутствует обильная конденсация влаги, воздух переувлажнен, естественная вытяжка не работает;
- ✓ зафиксировано усугубление проблем с переувлажнением после установки пластиковых окон, не обеспечивающих нормативную инфильтрацию воздуха, что только усугубило уже имеющуюся проблему;
- ✓ технический этаж не отапливаемый, температура местами отрицательная, фановая труба канализации выведена в помещение технического этажа;
- ✓ температура в стояках отопления по комнатам варьируется от $+34^{\circ}\text{C}$ до $+50^{\circ}\text{C}$.
- ✓ конструкция швов стыка стеновых панелей имеет повреждения на примерно 50 % длины, что также увеличивает теплопотери в помещениях;
- ✓ цокольная часть, которая является техническим подвалом с инженерными коммуникациями, не утеплена и при температуре наружного воздуха, на окончание обследования опустившейся до $-17,3^{\circ}\text{C}$, цокольная часть плит снаружи имела положительную температуру, о чём свидетельствуют термограммы, приведенные выше [8].

Также имелись веские замечания по поводу запорной арматуры в виде игольчатых кранов и неправильно выполненных «байпасов» по некоторым квартирам средних и нижних этажей, что обуславливало падение давления в системе отопления на более высоких этажах, и как следствие, температуру труб $+34^{\circ}\text{C}$ при наружной температуре воздуха до -17°C , и температуре подающей магистральной трубы на входе подвального технического помещения в районе $+78^{\circ}\text{C}$.

Следует отметить, что из мероприятий для повышения теплоэффективности здания исключено внутреннее утепление в помещениях [8]. Конденсат образуется от избыточной влаги в помещении, которую производят сами жильцы, предметы обихода, а также вследствие проникновения избыточной влаги через строительные конструкции. Перечисленные проблемы свойственны верхним этажам в домах с плоскими крышами, с минимальным возможным утеплением, не соответствующем требованиям современных стандартов [8].

Минимальные мероприятия, которые необходимо произвести – это скорректировать работу системы отопления, исключить недостатки в вентиляции помещений, утеплить пол технического этажа, произвести ремонт разрушенных швов стыков стеновых панелей, а также произвести теплосберегающую гидрофобизацию [9] всего периметра здания по верхнему ярусу. Имеются современные решения по нанесению специальных жидких утепляющих композитов на внешнюю поверхность стен с привлечением строительных альпинистов. Теоретически, в случае применения такого композита толщиной всего 2 мм даже при расчёте на среднюю температуру наиболее холодной пятидневки (-24°C), тепловая защита здания будет осуществляться в полном объеме (рис. 12, табл. 4).

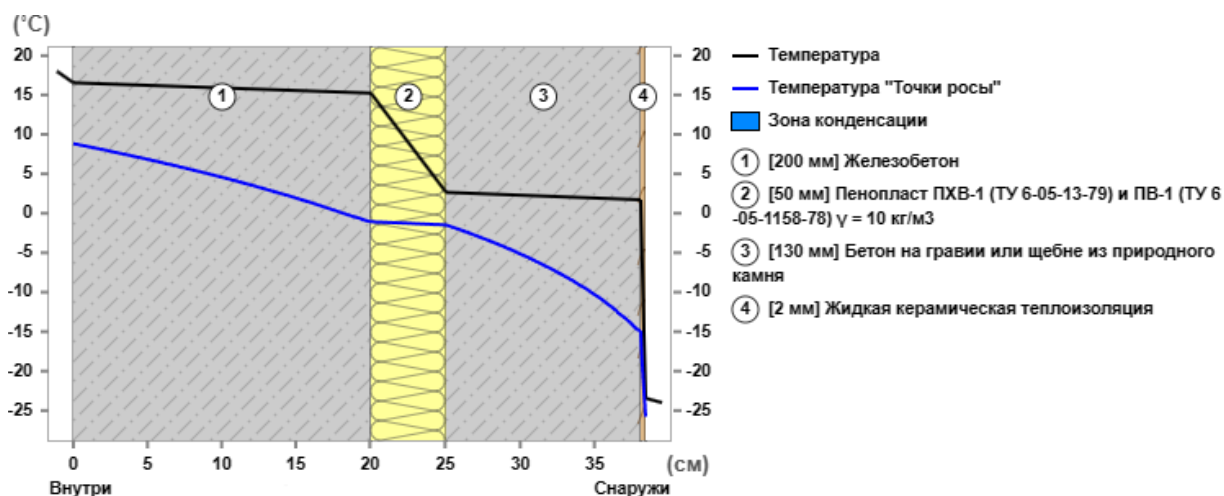


Рис. 12. Изменение температуры в толще конструкции наружной стены с учетом нового слоя при температуре наружного воздуха -24°C , влажность 85 %

С учетом результатов расчетов, представленных в табл. 4, сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции после нанесения дополнительного теплозащитного слоя составляет $3,34 \text{ (м}^2 \text{ °C)/Вт}$

Таким образом, санитарно-гигиенические требования выполнены $R > R_c$, поэлементные требования $R > R_t$ также выполнены. Зона конденсации смещена к наружному слою конструкции, находясь в первом внешнем слое жидкой керамической теплоизоляции.

Таблица 4

Результаты теплотехнического расчета с учетом дополнительного теплозащитного слоя при -24 °C

№	Толщина слоя, d, мм	Материал слоя	Коэффициент тепло- проводности, λ, Вт /м °С	Сопротивление теплопередаче R,	Температура на границах слоя, °С	
					T _{max}	T _{min}
	Сопротивление тепловосприятию			0,11	18,0	16,6
1	200	Железобетон	0,10	0,10	16,6	15,2
2	50	Пенопласт ПХВ-1 γ = 10 кг/м ³	1,00	1,00	15,2	2,7
3	130	Бетон на гравии или щебне из природного камня	0,07	0,07	2,7	1,7
4	2	Жидкая керамическая те- плоизоляция	2,00	2,00	1,7	-23,5
Сопротивление теплоотдаче				0,04	-23,5	-24,0

Расчет тепловых потерь через конструкции с учетом нового внешнего слоя представлен на рис. 13, табл. 5.

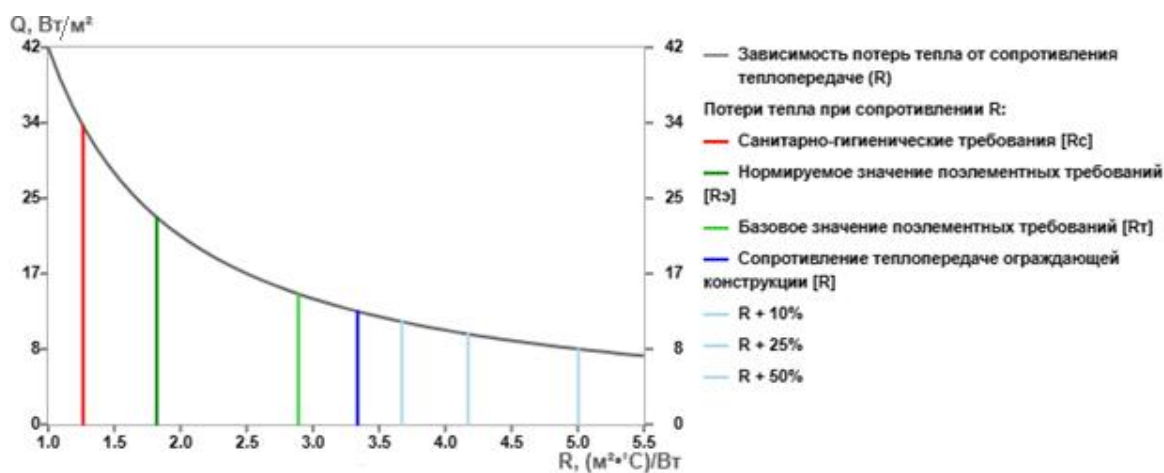


Рис. 13. Зависимость расчетного значения потерь теплоты ограждающей конструкции с учетом дополнительного теплозащитного слоя

Таблица 5

Расчетное значение потерь теплоты при разных требованиях к определению сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции

Сопротивление теплопередаче	Значение R ($\text{м}^2 \text{ °C)/Вт}$	Отклонение от расчетного $\pm R$, %	Удельные потери теплоты Q, Вт/м²	Отклонение от расчетного $\pm Q$, Вт/м²
Санитарно-гигиенические требования, R_c	1,26	-62,11	33,22	20,63
Нормируемое значение поэлементных требований, R_{ε}	1,82	-45,45	23,07	10,49
Базовое значение поэлементных требований, R_t	2,89	-13,42	14,53	1,95

Окончание табл. 5

Сопротивление теплопередаче	Значение R ($\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)/Вт	Отклонение от расчетного $\pm R$, %	Удельные потери теп- лоты Q , Вт/ м^2	Отклонение от расчетного $\pm Q$, Вт/ м^2
Расчетное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, R	3,34	0,00	12,59	0,00
$R + 10 \%$	3,67	10,00	11,44	-1,14
$R + 25 \%$	4,17	25,00	10,07	-2,52
$R + 50 \%$	5,01	50,00	8,39	-4,20
$R + 100 \%$	6,67	100,00	6,29	-6,29

Таким образом, удельные потери теплоты исследуемого стенового ограждения при температуре наиболее холодной пятидневки составляют $12,59 \text{ Вт/м}^2$, а потери тепла за отопительный сезон: $27,87 \text{ кВт} \times \text{ч}$ в расчете на один м^2 , что практически в два раза меньше, чем до утепления.

Заключение.

Проанализированы текущие и предшествующие требования по тепловой защите зданий. Выявлены причины отклонения теплотехнических характеристик ограждения от нормированных в настоящее время. Акцентируется внимание на соблюдении санитарно-гигиенических требований при определении значения сопротивления теплопередачи.

Выполнено обследование фасада жилого девятиэтажного многоквартирного здания, подвергавшегося консервации при строительстве, на наличие потерь теплоты. Результаты натурного эксперимента представлены в виде термограмм. Выявлена недостаточная тепловая защита здания в связи с несовершенством утепления ограждающих конструкций, некорректными конструктивными решениями системы отопления, что влечет за собой неизбежную конденсацию влаги на внутренней поверхности наружной стены и некомфортные условия микроклимата в квартирах верхних этажей.

Экспериментально установлено, что даже при температурах, значительно выше нормируемых в холодный период года, происходит промерзание строительной конструкции. Стандартного мероприятия в виде корректировки пришедших в негодность швов недостаточно, для верхних и цокольных этажей требуются дополнительные теплозащитные меры. На примере исследуемого здания расчетами обоснована эффективность применения жидкой керамической изоляции всего периметра здания по верхнему ярусу технического этажа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кононова, М. С. Оценка снижения теплотребования на отопление зданий при повышении сопротивления теплопередаче наружных ограждений / М. С. Кононова // Известия вузов. Строительство. – 2011. – № 8-9. – С. 78-83.
2. Особенности тепловлажностного режима чердачных помещений детских садов со скатными кровлями / Д. А. Драпалюк, Н. А. Драпалюк, А. В. Исанова, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 4(23). – С. 44-51.
3. Вавилов, В. П. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве и энергетике / В. П. Вавилов, А. Н. Александров. – Москва: НТФ «Энергопрогресс», 2003. – 76 с.
4. Нестерук, Д. А. Тепловой контроль и диагностика: учебное пособие / Д. А. Нестерук, В. П. Вавилов. – Томск, 2007. – 104 с.
5. Новиков, Н. С. Общие вопросы проведения технического обследования зданий и сооружений / Н. С. Новиков, С. О. Титков // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2019. – № 6(140). – С. 47-52.

6. **Корниенко, С. В.** Комплексная оценка энергоэффективности и тепловой защиты зданий / С. В. Корниенко // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 11(26). – С. 33-48.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611427 Российская Федерация. Программа для оценки соответствия теплозащитной оболочки жилого здания нормативным требованиям : № 2022610724 : заявл. 25.01.2022 : опубл. 25.01.2022 / М. В. Павлов, Д. Ф. Карпов, В. А. Писаренко [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодский государственный университет».

8. **Пешнин, А. Н.** Оценка качества результатов тепловизионных обследований ограждающих конструкций зданий / А. Н. Пешнин // Инновационная наука. – 2019. – № 7-8. – С. 27-29.

9. **Калинина, А. И.** Особенности формирования микроклимата в помещениях с повышенной влажностью, с учетом теплотехнических характеристик ограждающих конструкций / А. И. Калинина, А. Р. Макаров, Е. С. Аралов // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 256-259.

10. **Косухин, М. М.** Энергоэффективные материалы и технологии для теплоизоляционных фасадных систем гражданских зданий / М. М. Косухин, А. М. Косухин, А. С. Шаповалова // Энергетические системы. – 2018. – № 1. – С. 164-171.

Поступила в редакцию 12 ноября 2023

ANALYSIS OF THE HEAT PROTECTIVE CHARACTERISTICS OF WALL ENCLOSURES USING THERMAL IMAGING RESEARCH

S. P. Chernukhin, M. N. Zherlykina, M. A. Kretov

Sergey Pavlovich Chernukhin, Cand. Sc. (Tech.), master's student of the Department of Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(903)855-22-62; e-mail: reichard@mail.ru

Marya Nikolaevna Zherlykina, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-28-92; e-mail: zherlykina@yandex.ru

Maksim Aleksandrovich Kretov, master's student of the Department of Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(908)140-43-37; e-mail: km36.max@yandex.ru

In the article we consider the issues of thermal efficiency of enclosing structures, applied to a specific situation. The article shows an example of an experimental measurement of the actual characteristics of a building, erected in the mid-90s. Also we feature some general problems of the construction of buildings of that period as a whole, including the lack of thickness of the thermal insulation layer in the structure. The surveys were carried out by the Testo 881-1 thermal imager, serial number 2141704. We show compliance with sanitary and epidemiological requirements, but complete non-compliance with the normalized and basic values of the element requirements. Theoretical modeling of the resistance of materials to heat transfer is performed in layers. We as well determined some negative factors of influence on the structures, and recommended a few measures to correct design inconsistencies with modern requirements.

Keywords: thermal efficiency; resistance to heat transfer; sanitary and epidemiological requirements; element-by-element requirements; thermal imaging research; thermogram.

REFERENCES

1. **Kononova M. S.** *Estimation of lowering of consumption of heat on heating of buildings at a heightening of resistance to heat transfer of outside protections.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2011. No. 8-9. Pp. 78-83. (in Russian)
2. **Drapalyuk D. A., Drapalyuk N.A., Isanova A.V., Kononova M. S.** Features of the heat and humidity regime of attic rooms of kindergartens with pitched roofs. Housing and communal infrastructure. 2022. No. 4(23). Pp. 44-51. (in Russian)
3. **Vavilov V. P., Alexandrov A. N.** *Infrared thermographic diagnostics in construction and power engineering.* Moscow, NTF Energoprogress. 2003. 76 p. (in Russian)
4. **Nesteruk D. A., Vavilov V. P.** *Thermal control and diagnostics: textbook.* Tomsk. 2007. 104 p. (in Russian)
5. **Novikov N. S., Titkov S. O.** *General issues of technical inspection of buildings and structures.* Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture. 2019. No. 6(140). Pp. 47-52. (in Russian)
6. **Kornienko S. V.** *Comprehensive assessment of energy efficiency and thermal protection of buildings.* Construction of unique buildings and structures. 2014. No. 11(26). Pp. 33-48.
7. Certificate of state registration of the computer program No. 2022611427 Russian Federation. The program for assessing the compliance of the heat-protective shell of a residential building with regulatory requirements: No. 2022610724: application 25.01.2022: publ. 25.01.2022 / M. V. Pavlov, D. F. Karpov, V. A. Pisarenko [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Vologda State University. (in Russian)
8. **Peshnin A. N.** *Evaluation of the quality of the results of thermal imaging surveys of enclosing structures of buildings.* Innovative science. 2019. No. 7-8. Pp. 27-29. (in Russian)
9. **Kalinina A. I., Makarov A. R., Aralov E. S.** *Features of microclimate formation in rooms with high humidity, taking into account the thermal characteristics of enclosing structures.* Innovations and investments. 2021. No. 3. Pp. 256-259. (in Russian)
10. **Kosukhin M. M., Kosukhin A. M., Shapovalova A. S.** *Energy-efficient materials and technologies for heat-insulating facade systems of civil buildings.* Energy systems. 2018. (in Russian)

Received 12 November 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Чернухин, С. П. Анализ теплозащитных характеристик стеновых ограждений с использованием тепловизионных исследований / С. П. Чернухин, М. Н. Жерлыкина, М. А. Кретов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 40-52. – DOI 10.36622/VSTU.2023.29.89.004.

FOR CITATION:

Chernukhin S. P., Zherlykina M. N., Kretov M. A. *Analysis of the heat protective characteristics of wall enclosures using thermal imaging research.* 2023. No. 4(27). Pp. 40-52. DOI 10.36622/VSTU.2023.29.89.004. (in Russian)

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

ENGINEERING SYSTEMS AND SERVICES

DOI 10.36622/VSTU.2023.29.77.005

УДК 622.691.4

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ И ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

А. С. Волох, И. А. Провоторов, А. Р. Макаров

Волох Анастасия Сергеевна, аспирант кафедры цифровой и отраслевой экономики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473) 207-22-20; e-mail: voloh.a@mail.ru

Провоторов Иван Анатольевич, д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры цифровой и отраслевой экономики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(908)131-84-89; e-mail: ivanprovotorov@yandex.ru

Макаров Артем Русланович, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473) 207-22-20; e-mail: am67293822rambler.ru

С целью обеспечения надежного, безаварийного и безопасного транспорта нефти и газа по трубопроводам необходимо использовать комплекс мероприятий, в которых основным является анализ аварийности линейной части и объектов трубопроводного транспорта. Для анализа аварийности используются различные методы, один из которых представлен в данной работе – это исследование данных о произошедших авариях. Приведены результаты статистической обработки данных по авариям на магистральных нефте- и газопроводах. Проведено разделение аварийных ситуаций по причинам технического, организационного характера, а также связанных с чрезвычайными ситуациями природного характера. Анализ аварийности позволяет не только выявить причины аварий, но и принять меры для их предотвращения в будущем.

Ключевые слова: авария; статистика; трубопроводный транспорт; магистральный трубопровод; повреждения; причины аварий.

Магистральный трубопроводный транспорт занимает лидирующие позиции в обеспечении потребителей ресурсами, от его работы зависит не только функционирование всего нефтегазового комплекса в целом, но и экономика нашей страны. В настоящее время выявлена высокая степень аварийности на магистральном трубопроводном транспорте, таким образом задача исследования, направленная на снижение инцидентов на объектах нефтегазового комплекса, является актуальной.

В данной статье произведен анализ аварий, произошедших за последние пять лет на линейной части и объектах магистрального трубопроводного транспорта, а также выделены основные причины произошедшего и пострадавшие объекты, по данным, представленным в открытых источниках Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору¹. В ходе исследования, необходимо учитывать определённые допущения, в виду недостаточного количества информации в открытых источниках данных об авариях, их последствиях и причинах.

Объекты магистрального трубопроводного транспорта подразделяются на объекты

© Волох А. С., Провоторов И. А., Макаров А. Р., 2023

¹ Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. – Текст: электронный // Ростехнадзор: [сайт]. – URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/index.php?sphrase_id=2484181 (дата обращения: 01.11.2023).

линейной части и опасные производственные объекты (ОПО)². К объектам линейной части относят магистральные газопроводы, нефтепроводы и продуктопроводы. Общая протяженность линейной части магистральных трубопроводов в Российской Федерации, составляет более 225 тыс. км, из которых выделяют [1]:

- ✓ магистральные газопроводы – 155 тыс. км;
- ✓ магистральные нефтепроводы – 50 тыс. км;
- ✓ магистральные продуктопроводы – 20 тыс. км.

Среди опасных производственных объектов магистрального трубопроводного транспорта отмечают следующие³:

- ✓ участки магистральных газопроводов, нефтепроводов и продуктопроводов;
- ✓ площадки компрессорных станций магистральных газопроводов и площадки насосных станций магистральных продуктопроводов и нефтепроводов;
- ✓ резервуарные парки магистральных продуктопроводов и нефтепроводов;
- ✓ подземные хранилища газа (ПХГ);
- ✓ газораспределительные станции (ГРС);
- ✓ площадки сливноналивных терминалов (эстакад);
- ✓ автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС).

Анализ данных, полученных из открытых источников, за 2018...2022 г. определил 85 крупных аварий на линейной части и объектах магистрального трубопроводного транспорта⁴. Ранжирование аварий по объектам трубопроводного транспорта, случившихся за рассматриваемый период, представлено на рис. 1.

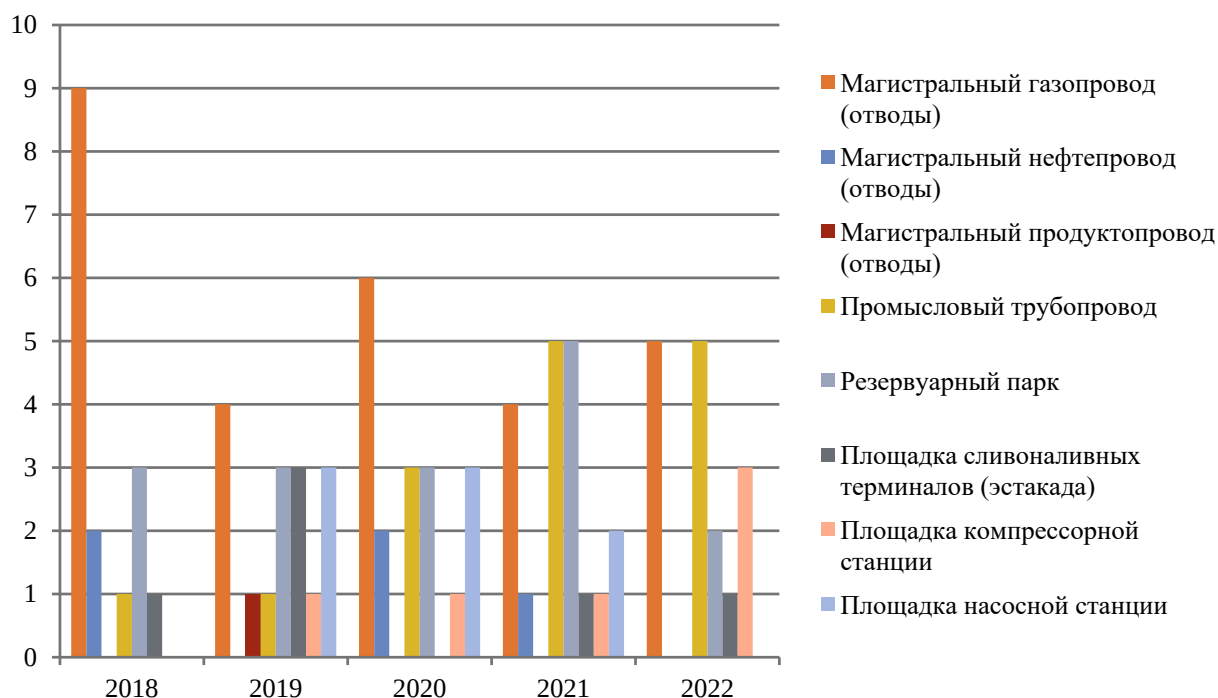


Рис. 1. Динамика аварий на линейных частях и объектах трубопроводного транспорта за 2018...2022 гг.

² Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 № 532 Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы» [Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 № 61963] – Текст: электронный. – Режим доступа: локальный.

³ Приказ Ростехнадзора от 30.11.2020 № 471 «Об утверждении Требований к регистрации объектов в государственном реестре опасных производственных объектов и ведению государственного реестра опасных производственных объектов, формы свидетельства о регистрации опасных производственных объектов в государственном реестре опасных производственных объектов» [Зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 № 61590] – Текст: электронный. – Режим доступа: локальный.

⁴ Уроки, извлеченные из аварий. – Текст: электронный // Ростехнадзор: [сайт]. – URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/> (дата обращения: 01.11.2023).

Установлено, что число аварий на линейной части магистральных трубопроводов от общего количества составляет 40 %. Большая часть происшествий приходится на магистральные газопроводы и их отводы. В первую очередь это связано с превышением срока эксплуатации трубопроводов, развитием коррозионного растрескивания под напряжением, отсутствием должного обследования и использованием несовершенных средств и оборудования для диагностирования магистралей⁴ [2, 3].

Авариям на опасных производственных объектах (ОПО) трубопроводного транспорта отводится 60 % происшествий от общего количества [4, 5]. Значительная часть аварий случается на территории резервуарных парков. Среди причин данных происшествий авторами определены: применение электрооборудования, не соответствующего требованиям технических регламентов, для работы во взрывоопасных средах, отсутствие наряда-допуска на проведение технологических операций, недостаточный производственный контроль со стороны инженерно-технического состава за выполнением работ подрядными организациями.

Проведенные авторами исследования данных об авариях за последние пять лет позволили установить основные причины их возникновения. Все причины, повлекшие за собой аварии на объектах нефтегазового комплекса, можно разделить на три крупные группы: технические, организационные и чрезвычайные ситуации природного характера⁴ (рис. 2).

Технические причины аварий, как показывает исследование, связаны с неисправностью оборудования и износом линейных участков трассы, нарушением герметичности и целостности, а также деформациями трубопровода, коррозионными процессами, оказывающими негативное влияние на материал конструкций и отрицательным механическим воздействием извне (например, строительной техникой) [6, 7].

К организационным причинам относят: нарушение правил проведения ремонтных и огневых работ, правил промышленной безопасности; осуществление работ без необходимых соглашений и уведомлений от эксплуатирующих организаций; отсутствие своевременного контроля состояния трубопровода и оборудования при помощи средств и методов современного диагностирования [8].

К чрезвычайным ситуациям природного характера, приводящим к авариям на магистральных трубопроводах и их объектах, относят опасные природные явления, такие как оползни, землетрясения, грозы и наводнения. ЧС могут повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и экологические ущербы [9].

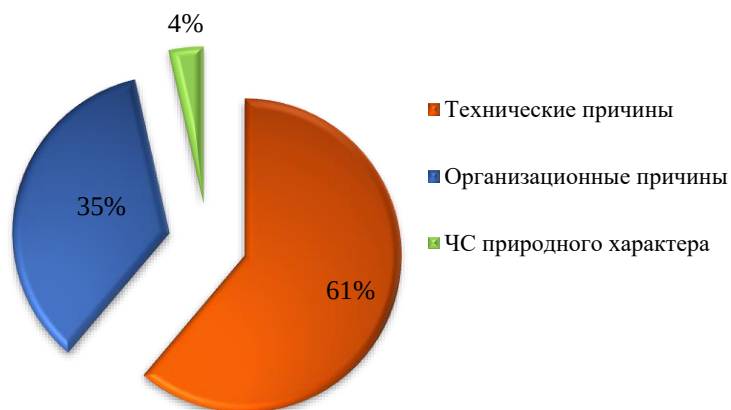


Рис. 2. Распределение аварий по причинам

В результате анализа определено, что около 61 % аварий на линейной части и объектах магистрального трубопроводного транспорта случаются по техническим причинам (рис. 3), среди которых выделяют [10, 11]:

- ✓ разрушение в результате коррозионного износа;
- ✓ брак сварочно-монтажных работ;
- ✓ повреждения при проведении работ в охранной зоне;
- ✓ механические воздействия на трубопровод во время строительства;
- ✓ износ и (или) неисправность оборудования.



Рис. 3. Распределение аварий по техническим причинам за 2018...2022 гг.

Необходимо отметить тенденцию к общему снижению количества аварий по техническим причинам в рассматриваемом периоде в целом и по отдельным факторам в частности. Это связано с постоянными исследованиями происшествий и изучением характера их возникновения, а также совершенствованием уровня диагностирования объектов.

Около 35 % аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта происходят по организационным причинам (рис. 4). К организационным причинам относятся [12]:

- ✓ допуск сотрудников к выполнению работ на взрывоопасных объектах без проведения профессиональной аттестации в области промышленной безопасности;
- ✓ нарушение порядка проведения огневых, ремонтных и сварочных работ;
- ✓ неудовлетворительное осуществление производственного контроля;
- ✓ нарушение требований и нормативных документов в области промышленной безопасности;
- ✓ отсутствие проектных и технических решений по безопасной эксплуатации производственного оборудования;
- ✓ выполнение газоопасных работ без оформления наряда-допуска, инструктажа и целевого разрешения;
- ✓ использование оборудования, не обеспечивающего безопасность его применения во взрывоопасных средах, при проведении газоопасных работ, а также применение электрооборудования, не соответствующего требованиям технических регламентов;

✓ отсутствие или недостаточный уровень бесперебойной связи между персоналом и руководителем (ответственным лицом), а также между службами осуществляющими контроль, что приводит к недостатку информации для проведения определенного вида работ.

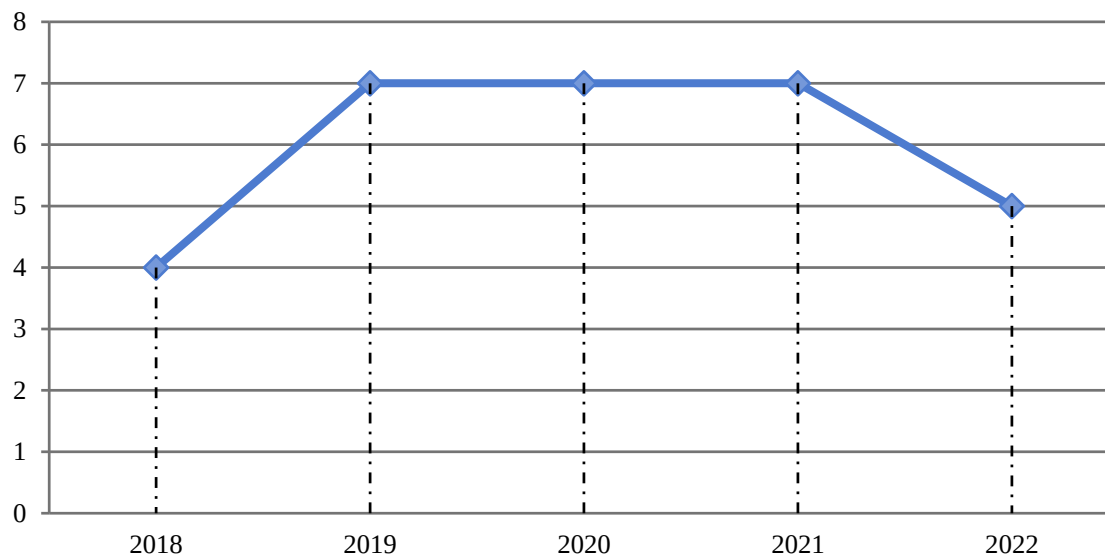


Рис. 4. Количество аварий по организационным причинам за 2018...2022 гг.

За исследуемый период 2018...2022 г. авариям, произошедшим в результате чрезвычайных ситуаций природного характера, отводится около 4 % от общего числа¹:

✓ в 2018 году произошла авария в результате чрезвычайной ситуации природного характера (сильные ливни, расширение русла реки Туапсе), которая привела к смещению трубопровода относительно проектного расположения, механическому повреждению нефтепровода, его разгерметизации и выбросу нефти в реку;

✓ в 2020 году произошла авария в результате прохождения грозового фронта над резервуарным парком и удара молнии в резервуар РВС-3000, которая привела к разгерметизации резервуара, а также разливу продукта и последующему возгоранию;

✓ в 2022 году произошла авария, вызванная сильными дождями и подъемом уровня воды в реке Большой Зеленчук. Это привело к обрушению опоры и фундамента, а также к смещению, деформации и разгерметизации газопровода с последующим выходом природного газа в атмосферу.

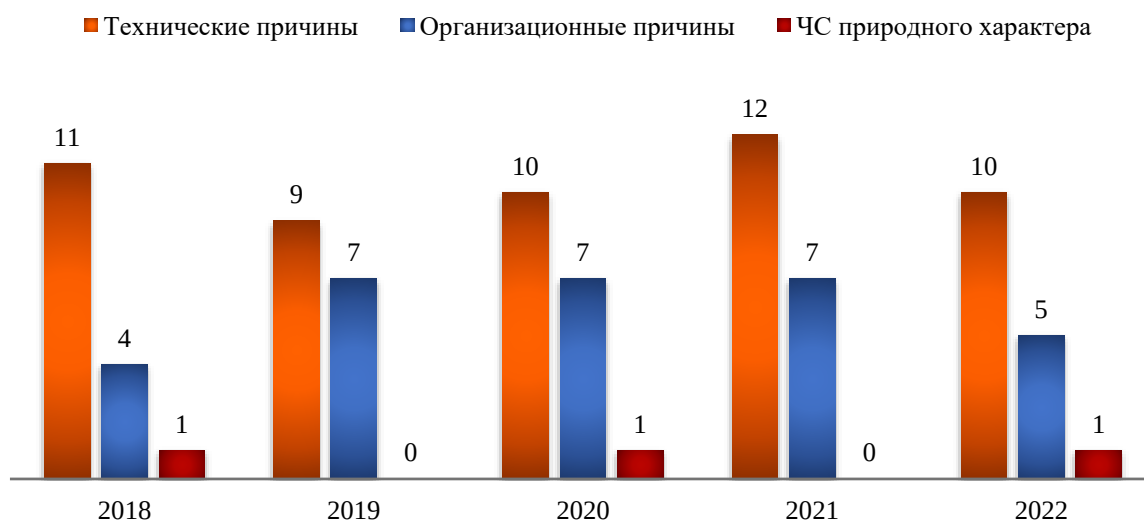


Рис. 5. Распределение аварий по причинам за 2018...2022 гг.

Заключение.

Объекты магистрального трубопроводного транспорта являются важными и чрезвычайно опасными компонентами энергетического комплекса страны, которые нуждаются в непрерывном исследовании и тщательном контроле со стороны эксплуатирующих организаций, с целью обеспечения бесперебойного и безаварийного снабжения потребителей ресурсами.

Установлено 85 крупных аварий на линейной части и объектах магистрального трубопроводного транспорта за прошедшие пять лет. Определено, что объекты магистрального трубопроводного транспорта в большей степени подвержены авариям (60 %), чем линейная часть трубопроводов (40 %).

Выявлено, что около 61 % происшествий вызвано техническими причинами, среди которых наиболее распространенной является разрушение в результате коррозионных процессов. Количество аварий по организационным причинам составляет 35 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гунькина, Т. А.** Эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ: учебное пособие (практикум) / Т. А. Гунькина. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2017. – 210 с.
2. **Печеркин, А. И.** Обзор причин аварий на магистральных нефтепроводах / А. И. Печеркин, М. И. Алимбаев // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2020. – № 5-1(61). – С. 183-186.
3. **Волох, А. С.** Причины возникновения аварий при эксплуатации магистральных газопроводов / А. С. Волох, З. С. Гасанов, С. Г. Тульская // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2022. – № 4(29). – С. 23-28.
4. **Идрисов, Р. Х.** Анализ аварийности магистральных трубопроводов России / Р. Х. Идрисов, К. Р. Идрисова, Д. С. Кормакова // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2019. – № 2. – С. 44-46.
5. **Макаров, А. Р.** Причины аварий на автомобильных газозаправочных станциях. Предупреждение их развития и ликвидация последствий / А. Р. Макаров, Е. С. Аралов, А. С. Волох // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2021. – № 1(22). – С. 44-49.
6. **Алешков, А. А.** Современные проблемы обеспечения физической безопасности магистральных трубопроводов / А. А. Алешков, Г. А. Цветков // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 70-2. – С. 109-118.
7. **Кузьмишкин, А. А.** Коррозия газопроводов и варианты защиты от нее / А. А. Кузьмишкин // Вестник магистратуры. – 2014. – № 11-1(38). – С. 38-41.
8. **Мокроусов, С. Н.** Проблемы обеспечения безопасности магистральных и межпромысловых нефтегазопроводов. Организационные аспекты предупреждения несанкционированных врезок / С. Н. Мокроусов // Безопасность труда в промышленности. – 2006. – № 9. – С. 16-19.
9. **Калинин, В. А.** Об оценке техногенного риска опасных геологических процессов / В. А. Калинин // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2022. – № 1(306). – С. 98-106.
10. **Голдобина, Л. А.** Анализ причин коррозионных разрушений подземных трубопроводов и новые решения повышения стойкости стали к коррозии / Л. А. Голдобина, Р. Орлов // Записки Горного института. – 2016. – Т. 219. – С. 459-464.
11. **Пышков, А. А.** Выявление основных факторов риска аварий на магистральных нефтепроводах и их последствий / А. А. Пышков, О. Н. Назарова, И. А. Нецкин // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 33. – С. 115-122.

12. **Билашев, Б. А.** Анализ состояния магистральных нефтепроводов / Б. А. Билашев, Д. А. Жанатауов, Г. К. Бектурганова // Вестник Казахстанско-Британского технического университета. – 2021. – № 18(1). – С. 7-10.

Поступила в редакцию 3 ноября 2023

ACCIDENT ANALYSIS OF LINEAR PART AND PIPELINE TRANSPORT FACILITIES

A. S. Volokh, I. A. Provotorov, A. R. Makarov

Anastasia Sergeevna Volokh, postgraduate student at the Department of Digital and Industrial Economics, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)207-22-20; e-mail: voloh.a@mail.ru

Ivan Anatolyevich Provotorov, Dr. Sc. (Economics), Professor at the Department of Digital and Industrial Economics, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(908)131-84-89; e-mail: ivanprovotorov@yandex.ru

Artem Ruslanovich Makarov, senior lecturer at the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473) 207-22-20; e-mail: am67293822rambler.ru

In order to ensure reliable, accident-free and safe transport of oil and gas through pipelines, it is necessary to use a set of measures, in which the main thing is the analysis of the accident rate of the linear part and pipeline transport facilities. Various methods are used to analyze accident incidence rate. One of these methods is presented in this article, namely, study of data on accidents that have occurred. Here we present the results of statistical processing of data on accidents on main oil and gas pipelines. We divided emergency situations on the basis of reasons of a technical, organizational and natural character. Accident analysis allows not merely identifying the causes of accidents but taking measures to prevent them in the future.

Keywords: accident; statistics; pipeline transport; main pipeline; analysis; damage; causes of accidents.

REFERENCES

1. **Gunkina T. A.** *Operation of gas and oil pipelines and gas and oil storage facilities: textbook (workshop)*. Stavropol, Publishing House of North Caucasian Federal University. 2017. 210 p. (in Russian)
2. **Pecherkin A. I., Alimbaev M. I.** *Review of the causes of accidents on main oil pipelines*. Current scientific research in the modern world. 2020. No. 5-1(61). Pp. 183-186. (in Russian)
3. **Volokh A. S., Gasanov Z. S., Tulskeya S. G.** *Causes of accidents during the operation of main gas pipelines*. Urban Planning. Infrastructure. Communications. 2022. No. 4(29). Pp. 23-28. (in Russian)
4. **Idrisov R. Kh., Idrisova K. R., Kormakova D. S.** *Analysis of the accident rate of main pipelines in Russia*. Transport and storage of oil products and hydrocarbon raw materials. 2019. No. 2. Pp. 44-46. (in Russian)
5. **Makarov A. R., Aralov E. S., Volokh A. S.** *Causes of accidents at automobile gas filling stations. Prevention of their development and elimination of consequences*. Urban planning. Infrastructure. Communications. 2021. No. 1(22). Pp. 44-49. (in Russian)
6. **Aleshkov A. A., Tsvetkov G. A.** *Modern problems of ensuring the physical safety of main pipelines*. Trends in the development of science and education. 2021. No. 70-2. Pp. 109-118. (in Russian)

7. **Kuzmishkin A. A., Kuzmishkin I. N.** *Corrosion of gas pipelines and options for protection against it.* Bulletin of magistracy. 2014. No. 11-1(38). Pp. 38-41. (in Russian)
8. **Mokrousov S. N.** *Problems of ensuring the safety of main and interfield oil and gas product pipelines. Organizational aspects of preventing unauthorized tapings.* Labor safety in industry. 2006. No. 9. Pp. 16-19. (in Russian)
9. **Kalinin V. A.** *On assessing the technogenic risk of hazardous geological processes.* Proceedings of the Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin. 2022. – No. 1(306). Pp. 98-106. (in Russian)
10. **Goldobina L. A., Orlov R.** *Analysis of the causes of corrosion damage to underground pipelines and new solutions to increase the resistance of steel to corrosion.* Notes of the Mining Institute. 2016. Vol. 219. Pp. 459-464. (in Russian)
11. **Pyshkov A. A., Nazarova O. N., Netskin I. A.** *Identification of the main risk factors for accidents on main oil pipelines and their consequences.* Innovations. The science. Education. 2021. No. 33. Pp. 115-122. (in Russian)
12. **Bilashev B. A., Zhanatauov D. A., Bekturganova G. K.** *Analysis of the condition of main oil pipelines.* Bulletin of the Kazakh-British Technical University. 2021. No. 18(1). Pp. 7-10. (in Russian)

Received 3 November 2023

Для цитирования:

Волох, А. С. Анализ аварийности линейной части и объектов трубопроводного транспорта / А. С. Волох, И. А. Провоторов, А. Р. Макаров // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 53-60. – DOI 10.36622/VSTU.2023.29.77.005.

FOR CITATION:

Volokh A. S., Provotorov I. A., Makarov A. R. *Accident analysis of linear part and pipeline transport facilities.* 2023. No. 4(27). Pp. 53-60. DOI 10.36622/VSTU.2023.29.77.005. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.75.33.006

УДК 697.921.42:004.942

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ ПРИ РАБОТЕ ВЫТЯЖНОГО ШКАФА

Н. А. Марков, С. В. Угорова

Марков Никита Алексеевич, ассистент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и гидравлики, инженер УЛР НОЦ ВЛТ, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, Российская Федерация, тел.: +7(980)755-17-41; e-mail: mnikita.markovm@gmail.com

Угорова Светлана Вениаминовна, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции и гидравлики, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, Российская Федерация, тел.: +7(909)272-07-14; e-mail: ughorova@mail.ru

Рассмотрена эффективность работы разработанного вытяжного шкафа для улавливания вредных веществ и тепловыделений при работе с химическими реагентами в лабораториях. Поставленными задачами являлось моделирование газовых потоков при работе вытяжного шкафа, а также оценка защиты органов дыхания работника лаборатории. При проведении расчётов учитывались тепловыделения от нагревательных приборов, выделения вредных веществ, а также рабочие характеристики вентилятора. Для достижения поставленной цели построена модель вытяжного шкафа по приведенным чертежам разработанной конструкции, проведен теоретический расчет производительности вентилятора, проведено моделирование газовых потоков при помощи компьютерного моделирования. Приведено описание, в котором отражены методики исследования, параметры математического моделирования, получены результаты, по которым можно оценить эффективность работы устройства, а также сформирован вывод о его работе.

Ключевые слова: местная вентиляция; местные отсосы; удаление воздуха; вытяжной шкаф; моделирование потоков; компьютерное моделирование.

В химических лабораториях, где используются реагенты, широкое применение имеют вытяжные лабораторные шкафы, оснащенные принудительной вентиляцией и изготовленные из химически стойких материалов. Такие модели обеспечивают безопасность органов дыхания и вредного воздействия на персонал посредством принудительной вентиляции и отвода воздуха с повышенной концентрацией химических веществ из рабочей зоны через вентиляционные отверстия и воздухопроводы в атмосферу.

Был проведен литературный обзор для подбора метода исследования и выбора конструкции вытяжного шкафа. В ГОСТ 22360-95 «Шкафы демонстрационные и лабораторные вытяжные» приведены лишь типовые шкафы и их габариты. В статье [1] приведены результаты оценки вытяжного шкафа с воздушной завесой, при этом аэродинамические характеристики диагностируются с помощью метода визуализации потока дыма, проявляющегося при лазерном луче. Исследование процессов турбулентной диффузии на примере двухтактных и вытяжных шкафов представлено в работе [2], в которой используются численные подходы для моделирования изменений расхода и концентрации.

Авторами рассмотрены также несколько патентов: лабораторный вытяжной шкаф с низким объемом воздуха [3], в котором рассматривается конструкция вытяжного шкафа с фильтрацией загрязненного воздуха; шкаф вытяжной [4], в котором приведена конструкция рабочей камеры, столешницы, системы водоснабжения и вытяжного канала, в котором последовательно по потоку воздуха установлены фильтр тонкой очистки воздуха,

вентилятор и сорбционный фильтр, позволяющий удалять очищенный воздух в помещение; патенты [5, 6], в которых приведены типовые конструкции вытяжных шкафов.

Данное исследование направлено на определение эффективности работы конструкции вытяжного шкафа с помощью компьютерного моделирования воздушных потоков и анализа их движения с целью определения обеспечения безопасности персонала от воздействия вредных химических веществ при работе в вытяжном шкафу. Количество (или расход) воздуха, удаляемого из шкафа, определяется по тепловыделениям и предельно допустимой концентрации веществ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- ✓ построить модель по разработанной конструкции вытяжного шкафа;
- ✓ провести компьютерное моделирование движение воздушных потоков в расчетной области;
- ✓ определить эффективность работы вытяжного шкафа и оценить безопасность дыхания персонала при работе вытяжного шкафа.

Теоретический расчет объемного расхода воздуха вентилятора рассчитывался по методике расчета укрытий шкафного типа [7, 8]. Для расчета производительности учитывались тепловыделения от нагретых поверхностей нагревательной плитки. Для оценки эффективности работы вытяжного шкафа сравнивалась скорость воздуха в рабочей зоне с рекомендуемой скоростью при работе с кислотами.

Построена модель вытяжного шкафа (рис. 1) по предложенной автором полезной модели, представленным в патенте «Вытяжной шкаф» [9] (внешние габариты – 1550 × 950 × 1550 мм).

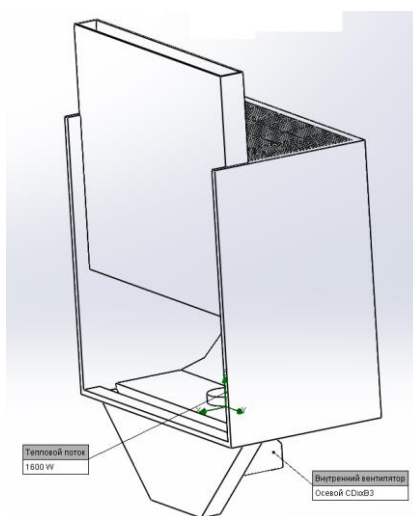


Рис. 1. Модель вытяжного шкафа

Принцип работы полезной модели вытяжного шкафа (рис. 2) заключается в том, что вредные вещества и тепловыделения, образующиеся в рабочей зоне 3 вытяжного шкафа, удаляются через щель 4, приточный воздух подается из отверстия в заслонке 5 и шиберует загрязнённый поток воздуха.

Через верхнюю часть вытяжного шкафа, затянутой металлической сеткой, поступает воздух помещения, который подпирает вредные вещества в рабочей зоне. В заслонки 5 установлен сотовый наполнитель 7 без верхнего вентилятора и расчески, установленные параллельно на задней стенке, выравнивают воздушный поток, что отличает конструкцию данного вытяжного шкафа от конструкции, предложенной в патенте [10], являющейся аналогом.

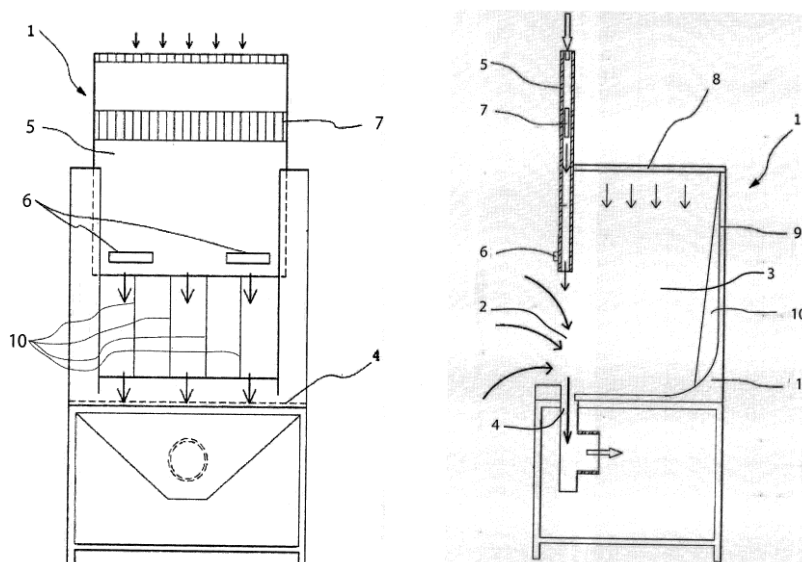


Рис. 2. Конструктивная схема модели вытяжного шкафа:

- 1 – корпус вытяжного шкафа; 2 – рабочий проем; 3 – рабочая зона; 4 – щелевое отверстие;
 5 – заслонка; 6 – ручки; 7 – сотовый наполнитель; 8 – металлическая решетка;
 9 – задняя стенка; 10 – рассечки; 11 – скругление корпуса

Для оценки эффективности применения разработанной конструкции вытяжного шкафа для химической лаборатории проведено математическое моделирование с помощью программного комплекса SolidWorks с разделом вычисления потока газа FlowSimulation, основанное на методе конечных объемов. (серийный номер: 9710 0250 0354 3538 JGWC T8H8, сетевая лицензия: 25735).

При расчете заданы граничные условия:

первого рода – подобран внутренний вентилятор по параметрам теоретического расчета, для параметров окружающего воздуха (температура $T = 280$ К, давление $P = 101333$ Па);

второго рода – условие градиента бесконечности на границах расчетной области по давлению, температуре и скорости;

третьего рода – тепловой поток от поверхности модели нагревательной плитки ($Q = 1600$ Вт).

Для расчета учтено выделение вредных веществ (углекислого газа и азотной кислоты) от поверхности рабочей зоны в вытяжном шкафу, а также характеристики производительности подобранных вентиляторов для назначения граничных условий. Фактическое время 3600 секунд, количество разбитых ячеек по текучей среде 60635, твердой среде – 21509, итераций – 315

Производительность внутреннего вентилятора рассчитана по формуле:

$$L_{\text{отс}} = 120(HQF^2)^{1/3}, \quad (1)$$

где H и F – высота, м, и площадь, м^2 рабочего проема; Q – тепловыделения, Вт.

Исходя из расчета необходимый расход воздуха составляет $L = 120 \times (0,65 \times (1,5 \times 0,65)^2 \times 1600)^{1/3} = 1195 \text{ м}^3/\text{ч}$, где $1,5 \times 0,65$ м – размеры рабочего проема вытяжного шкафа, 1600 Вт – мощность нагревательной плитки, используемой при рабочих операциях. По данному теоретически необходимому расходу воздуха для удаления тепловыделений подобрана характеристика вентилятора, представленная на рис. 3.

По заданным граничным условиям и параметрам вентилятора проведен расчет посредством компьютерного моделирования.

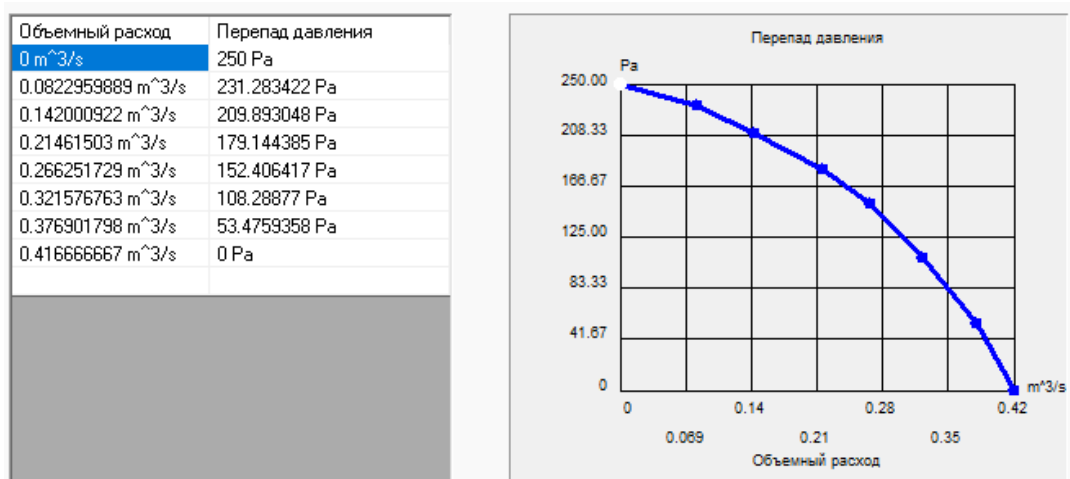


Рис. 3. Рабочие характеристики установленного вентилятора

На рис. 4, 5 и 6 показано движение газовых потоков в конечный момент времени расчета в вертикальном сечении справа и спереди.

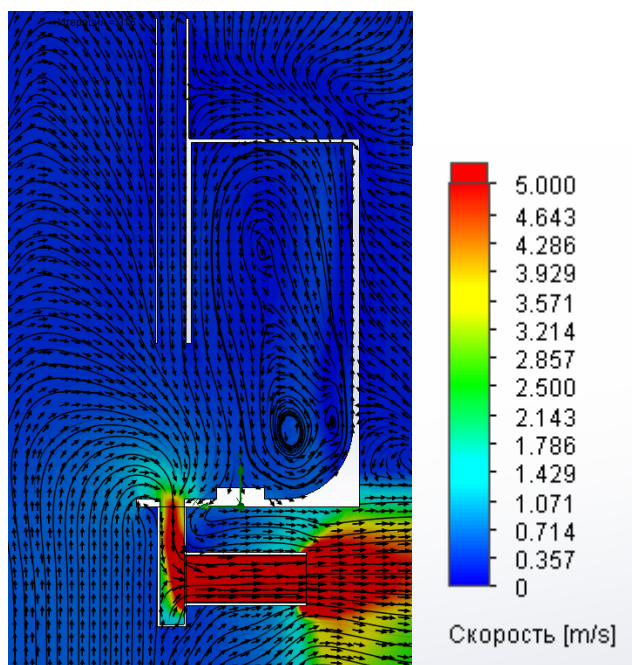


Рис. 4. Распределение скоростей и потока при работе вытяжного шкафа в сечении справа

Исходя из полученных результатов можно констатировать, что рассчитанный и подобранный вентилятор полностью обеспечивает работу вытяжного шкафа. Кроме этого, из линий тока воздуха на рис. 4 и рис. 5, а видно, что подпирающий воздух помещения, попадающий в вытяжной шкаф через металлическую решетку, не выходит из нее и создает завихрения внутри рабочей зоны. Способствуют этому и задние расчески и закругление стенки вытяжного шкафа (рис. 5, б), несмотря на принцип выравнивания воздуха, для которого они конструировались.

На рис. 6 показано распределение температуры над поверхностью нагревательной плитки при работе вытяжного шкафа. Из-за создаваемых завихрений поток воздуха от нагревательной плитки смещается, но все равно улавливается щелевым отверстием, что подтверждается представленной на рис. 7 распределением скорости в том же сечении.

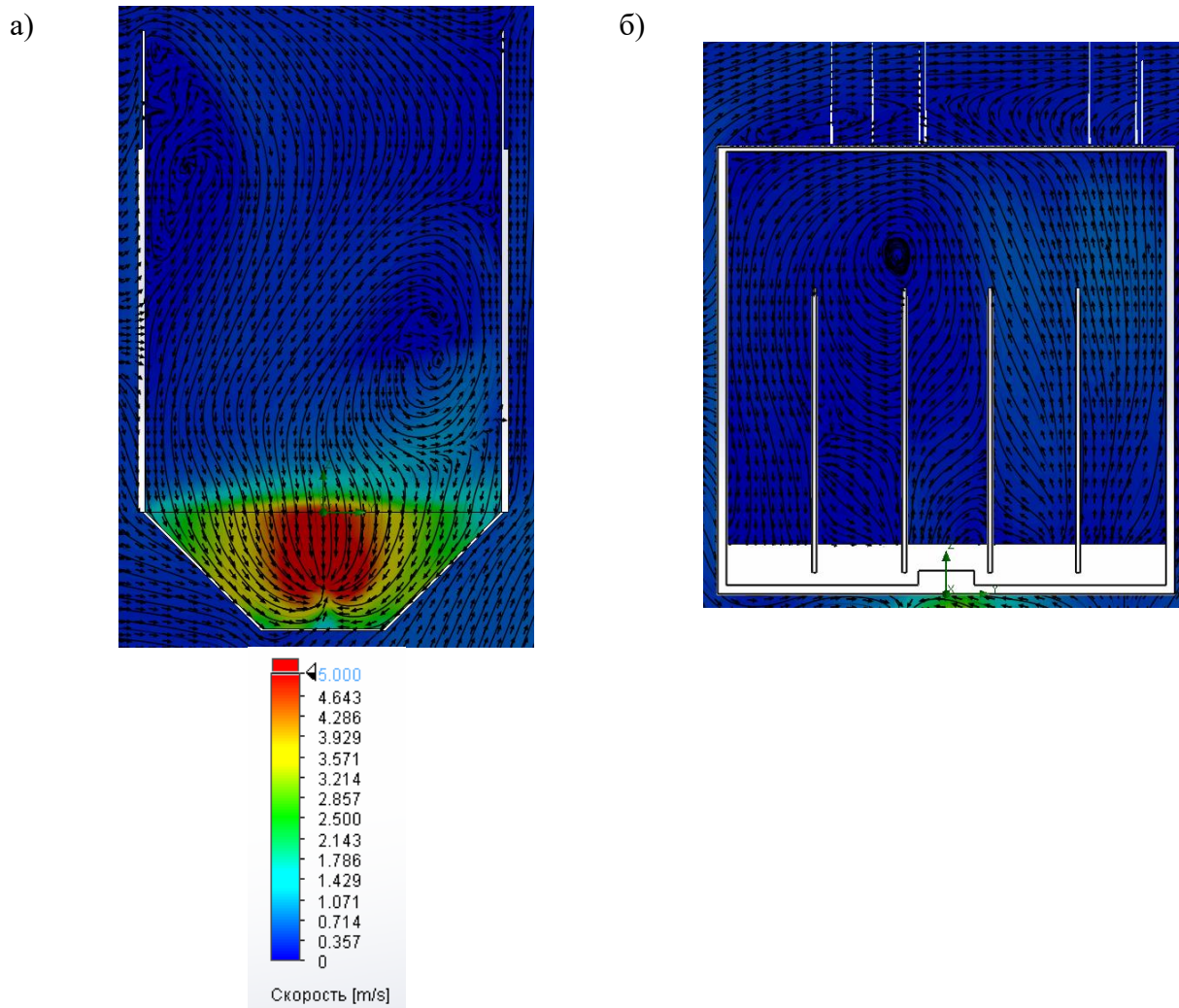


Рис. 5. Распределение скоростей и потока воздуха при работе вытяжного шкафа:
а – в сечении щелевого отверстия; б – в сечении задних рассечек

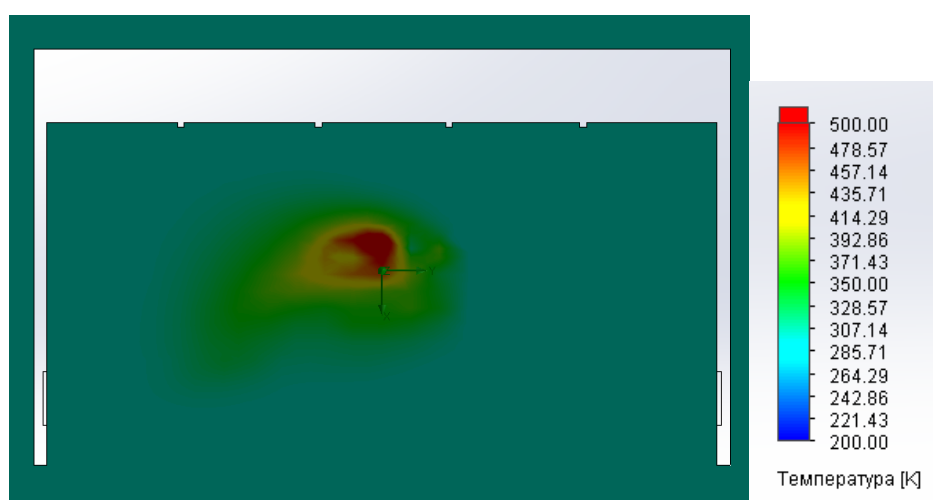


Рис. 6. Распределение температуры в сечении над поверхностью нагревательной плитки

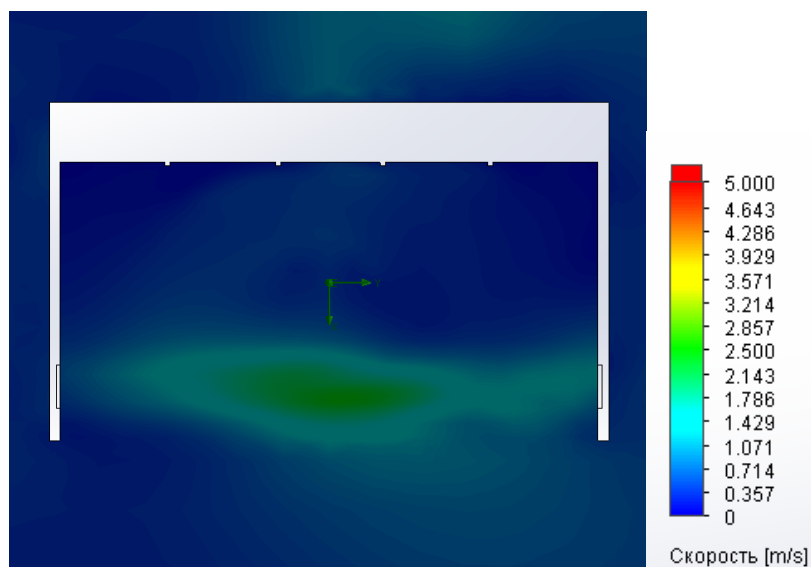


Рис. 7. Распределение скоростей в сечении поверхности нагревательной плитки

Скорость на границе рабочей зоны и проема, исходя из полученных результатов составляет 1-2 м/с. Для определения эффективности работы вытяжного шкафа сравним данное значение с рекомендуемой относительной скорости воздуха по предельно-допустимой концентрации вредных веществ в рабочей зоне по формулам:

$$a = \frac{lG}{D \text{ ПДК } F}, \quad (2)$$

$$\bar{v} = \frac{v_o F \text{ ПДК }}{G}, \quad (3)$$

где a – коэффициент нахождения параметра $\bar{v}$ по графику, l – расстояние от проема до места, где концентрация вредного вещества не должна превышать ПДК, м, G – выделения вредного вещества в укрытии, мг/с, D – коэффициент диффузии, м²/с (при скорости выпуска приточного воздуха до 5 м/с и кратности воздухообмена в помещении 10...20 ч⁻¹ следует принимать $D = 0,05$)

Из расчета относительная скорость воздуха в рабочем проеме вытяжного шкафа $v_o = 2,4$ м/с, при ПДК = 0,5 мг/м³, $G = 16$ мг/с.

Оценивая это значение с полученными результатами моделирования на рис. 4, 5 и 7, определяем, что фактическое значение скорости находится в пределах 1,4...3,5 м/с. Данный диапазон полученных значений можно считать положительным при условии отсутствия сильной скорости движения воздуха в помещении (сквозняков).

Возможность уменьшения рабочего проема (за счет подвижности заслонки) не учитывалась при моделировании, что означает наличие возможности изменения значения рассчитанной скорости и увеличения эффективности работы вытяжного шкафа.

Также следует отметить, что воздух из рабочей зоны полностью улавливается вентилятором через щелевое отверстие, что показывает на отсутствие необходимости сопоставления теоретических и фактических значений относительной скорости в рабочем проеме.

Заключение.

В результате компьютерного моделирования разработанной конструкции вытяжного шкафа установлено, что:

- ✓ загрязненный воздух из рабочей зоны полностью улавливается вентилятором через трапециевидное щелевое отверстие;
- ✓ тепловыделения от нагревательной плитки или мешалки химических реактивов с подогревом также забираются потоком воздуха вентилятором в щелевое отверстие;
- ✓ подпор воздуха через металлическую решетку на верхней панели вытяжного шкафа оправдывает принцип работы полезной модели;

✓ расщепки и закругление, установленные на задней панели вытяжного шкафа создают завихрение потока воздуха в пределах рабочей зоны;

✓ полая заслонка для подачи чистого воздуха помещения, подводит поток воздуха, который шиберует загрязненный воздух рабочей зоны вытяжного шкафа.

Полученные результаты моделирования показывают распределение линий тока воздуха в расчетной области и позволяют наглядно отобразить искомые параметры воздуха в рабочей зоне. Эффективность предложенной конструкции модели вытяжного шкафа полностью подтверждается с помощью компьютерного моделирования, при соблюдении правильного подбора вытяжного вентилятора по рекомендуемым методикам расчета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Huang, R. F.** Development and Evaluation of an Air-Curtain Fume Cabinet with Considerations of its Aerodynamics. / R. F. Huang, Y. D. Wu, H. D. Chen, C.-C. Chen, C.-W. Chen, C.-P. Chang and T.-S. Shih. // The Annals of Occupational Hygiene. Published by Oxford University Press on behalf of the British Occupational Hygiene Society. – 2007. – Vol. 51. – No. 2. – Pp. 189-206.

2. **Chern, Ming-Jyh.** Numerical Investigation of Turbulent Diffusion in Push-Pull and Exhaust Fume Cupboards / Ming-Jyh Chern, Wei-Ying Cheng // The Annals of Occupational Hygiene. Published by Oxford University Press on behalf of the British Occupational Hygiene Society, 2007. – Vol. 51. – No. 6. – Pp. 517-531.

3. **Kevin C. Gilkison, Larry G. Hambleton, Gary P. Roepke, Yu Rich Ma, Kermit W. Dyer.** Low Air Volume Laboratory Fume Hood. Pat. No. 6,461,233 (United States), Int. Cl. B08B 15/02 Labconco Corporation, Kansas City, MO, No. 09/932,142; Appl. Aug. 17, 2001; publ. 8.10.2002. 9 p.

4. **Супрун, В. И., Гринь, В. В., Томилов, А. Г., Куслиев, В. И.** Шкаф вытяжной. пат. №2393032 (Российская Федерация), МПК B08B 15/02 патентообладатель Закрытое акционерное общество «Асептические Медицинские Системы». – № 2009107474/12; заявл. 02.03.2009; – опубл. 27.06.2010, Бюл. № 18. – 13 с.

5. **Кузин, А. И.** Шкаф вытяжной. пат. № 32712 (Российская Федерация), МПК B08B 15/02 патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Металлди-зайн». – № 2003112323/20; заявл. 24.04.2003; – опубл. 27.09.2003. – 9 с.

6. **Кишин, П. И., Рогова Т. Н.** Вытяжной шкаф. пат. №2096692 (Российская Федерация), МПК F24F 7/06, патентообладатель Кишин Павел Иванович. – № 95110243/06; заявл. 16.06.1995; – опубл. 20.11.1997. – 5 с.

7. **Внутренние санитарно-технические устройства. Вентиляция и кондиционирование воздуха** / В. Н. Богословский [и др.] ; под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – Москва: Стройиздат, 1992. – 319 с.

8. **Шиляев, М. И.** Типовые примеры расчета систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / М. И. Шиляев, Е. М. Хромова, Ю. Н. Дорошенко. – Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2012. – 288 с.

9. **Боровицкий, А. А., Угорова, С. В., Тарасенко, В. И.** Вытяжной шкаф. пат. №93709 (Российская Федерация), МПК B08B 15/02 патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Владимирский государственный университет. – № 2009144528/22; заявл. 01.12.2009; – опубл. 10.05.2010, Бюл. № 13. – 2 с.

10. **Чэнь Юган Фото, Ши Дуншенг.** Вытяжной шкаф. пат. № 17147 (Тайвань), МПК F24F 9/00, патентообладатель Институт безопасности и гигиены труда. – № 094211660; заявл. 08.07.2005; – опубл. 06.07.2006. – 22 с.

Поступила в редакцию 15 ноября 2023

COMPUTER SIMULATION OF GAS FLOWS DURING THE OPERATION OF THE FUME HOOD

N. A. Markov, S. V. Ugorova

Nikita Alekseevich Markov, Assistant of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Hydraulics, Engineer of Scientific and Educational Center for the introduction of Laser Technologies, Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov, Vladimir, Russia, tel.: +7(980)755-17-41; e-mail: mnikita.markovm@gmail.com

Svetlana Veniaminovna Ugorova, Cand. Sc. (Techn.), Associate Professor, Head of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Hydraulics, Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov, Vladimir, Russia, tel.: +7(909)272-07-14; e-mail: ugorova@mail.ru

We have been examined the efficiency of the developed fume hood for capturing harmful substances and heat emissions during work with chemical reagents in laboratories. The objectives included modeling gas flows in the fume hood's operation and evaluating the respiratory protection of laboratory personnel. Calculations took into account heat emissions from heating devices, emissions of harmful substances, and the operational characteristics of the fan. To achieve the objectives set, a fume hood model was constructed based on the provided drawings of the developed design. We conducted theoretical calculations of the fan's performance, and performed gas flow modeling using computer simulation. The description outlines the research methodologies, parameters of mathematical modeling, and the obtained results, allowing an assessment of the device's effectiveness, along with forming conclusions about its operation.

Keywords: local ventilation; local exhaust systems; air removal; fume hood; flow modeling; computer simulation.

REFERENCES

1. **Huang R. F., Wu Y. D., Chen H. D., Chen C.-C., Chen C.-W., Chang C.-P., Shih T.-S.** *Development and Evaluation of an Air-Curtain Fume Cabinet with Considerations of its Aerodynamics*. The Annals of Occupational Hygiene. Published by Oxford University Press on behalf of the British Occupational Hygiene Society. 2007. Vol. 51. No. 2. Pp. 189-206.
2. **Chern Ming-Jyh, Cheng Wei-Ying.** *Numerical Investigation of Turbulent Diffusion in Push-Pull and Exhaust Fume Cupboards*. The Annals of Occupational Hygiene. Published by Oxford University Press on behalf of the British Occupational Hygiene Society, 2007. Vol. 51. No. 6. Pp. 517-531.
3. **Kevin C. Gilkison, Larry G. Hambleton, Gary P. Roepke, Yu Rich Ma, Kermit W. Dyer.** *Low Air Volume Laboratory Fume Hood*. Pat. No. 6,461,233 (United States), IPC. B08B 15/02 Labconco Corporation, Kansas City, MO, No. 09/932,142; Appl. Aug. 17, 2001; publ. 8.10.2002. 9 p.
4. **Suprun V. I., Grin V. V., Tomilov A. G., Kusliev V. I.** *Fume hood*. Pat. No. 2393032 (Russian Federation), IPC B08B 15/02 patentee Closed Joint Stock Company Aseptic Medical Systems. – No. 2009107474/12; Appl. 02.03.2009. publ. 27.06.2010, Bull. No. 18. 13 p. (in Russian)
5. **Kuzin A. I.** *Fume hood*. Pat. No. 32712 (Russian Federation), IPC B08B 15/02 patentee Metalldesign LLC. No. 2003112323/20; Appl. 24.04.2003. publ. 27.09.2003. 9 p. (in Russian)
6. **Kilin P. I., Rogova T. N.** *Fume hood*. Pat. No. 2096692 (Russian Federation), IPC F24F 7/06, patentee Pavel Ivanovich Kilin – No. 95110243/06; Appl. 16.06.1995. publ. 20.11.1997. 5 p. (in Russian)
7. **Bogoslovsky V.N.** *Internal sanitary and technical devices. Ventilation and air conditioning*. Moscow, Publishing Stroyizdat. 1992. 319 p.
8. **Shilyaev M. I., Khromova E. M., Doroshenko Yu. N.** *Typical examples of calculation of heating, ventilation and air conditioning systems*. Tomsk. Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2012. 288 p.

9. **Borovitsky A. A., Ugorova S. V., Tarasenko V. I.** *Fume hood*. Pat. No. 93709 (Russian Federation), IPC B08B 15/02 patentee is State educational institution of higher professional education Vladimir State University. No. 2009144528/22. Appl. 01.12.2009; publ. 10.05.2010. Bull. No. 13. 2 p. (in Russian)

10. **Chen Yonggang Photo, Shi Dongsheng.** *Fume hood*. pat. No. (Taiwan), IPC F24F 9/00 patentee Institute of Occupational Safety and Health. No. 094211660. Appl. 08.07.2005. publ. 06.07.2006. 22 p.

Received 15 November 2023

Для цитирования:

Марков, Н. А. Компьютерное моделирование газовых потоков при работе вытяжного шкафа / Н. А. Марков, С. В. Угорова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 61-69. – DOI 10.36622/VSTU.2023.75.33.006.

FOR CITATION:

Markov N. A., Ugorova S. V. *Computer simulation of gas flows during the operation of the fume hood*. 2023. No. 4(27). Pp. 61-69. DOI 10.36622/VSTU.2023.75.33.006. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.81.21.007

УДК 697.7, 697.329

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИИ АБСОРБЕРА ПЛОСКОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА С ИСКУССТВЕННЫМ ОРЕБРЕНИЕМ

И. С. Курасов

Курасов Илья Сергеевич, ассистент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(951)550-08-40; e-mail: ilya.kurasov@yandex.ru

Приведен обзор современных методов разработки новых конструкций высокоэффективных плоских солнечных коллекторов. Дана краткая характеристика параметров оценки эффективности различных типов конструкций. Предложен удобный для анализа вид уравнения КПД плоских солнечных тепловых коллекторов, позволяющий экспериментально оценить влияние оребрения на значение КПД. Проведен ряд экспериментальных исследований на образцах абсорберов с продольными ребрами и шипами-полусферами. Анализ массива экспериментальных данных показал рост производительности абсорбера с продольными ребрами на 5,44 %, при уменьшении коэффициента оптических потерь на 4,11 %. Доказано, что наличие оребрения определенной высоты не приводит к значительному росту теплопотерь абсорберов, как утверждалось ранее. Тепловизионным обследованием подтверждено, что увеличение поглощательной способности абсорбера сопровождается ростом средней температуры панели и незначительным увеличением радиационных теплопотерь. Данный эффект предлагается корректировать за счет изменения гидравлического режима теплообменника абсорбера в сторону увеличения расхода теплоносителя.

Ключевые слова: плоский солнечный коллектор; абсорбер; оребрение; КПД; коэффициент оптических потерь; солнечная энергия; эффективность.

При разработке новых высокоэффективных конструкций тепловых солнечных коллекторов наибольшей популярностью пользуется математическая модель «Хоттеля-Уиллера-Блисса», подробно представленная в [1, 2]. Используемый в модели «узловой подход» позволяет представить зависимости основных параметров плоского солнечного коллектора в аналитическом виде, удобном для оценки влияния некоторых конструктивных особенностей на эффективность преобразования теплоты. Например, приводимые в [1, 2] зависимости показывают изменения полезного теплосъема коллектора от изменения расстояния между трубками при применении различных типов соединений трубок с листом, а также при возможных вариантах конструктивного исполнения теплообменника (меандровый, арфовый или др.). Результаты моделирования, даже при наличии ряда допущений, привели к увеличению количества разнообразных конструкций тепловых и гибридных солнечных коллекторов, запатентованных как в нашей стране, так и за рубежом, что способствовало развитию тепловой солнечной энергетики в целом [3, 4].

Важным этапом для России в развитии инженерной школы тепловой гелиотехники стало введение в 2000 году, с последующей актуализацией в 2014 году, ГОСТа «Возобновляемая энергетика. Установки солнечные термические и их компоненты. Солнечные коллекторы. Часть 2. Методы испытаний» (ГОСТ Р 55617.2-2013), регламентирующего проведение испытаний тепловых солнечных коллекторов и описывающего методику оценки их эффективности [5...7]. Таким образом, при разработке новых гелиотехнических устройств, основным критерием оценки стал показатель КПД, что привело к концентрации внимания разработчиков по двум основным направлениям: удешевление конструкций

© Курасов И. С., 2023

коллекторов за счет применения недорогих, по сравнению с традиционными, полимерных материалов [8...10], и увеличение длины тепловоспринимающих трубок [11, 12], способствующей возрастанию конечной температуры теплоносителя.

Факторами, тормозящими производство и применение подобного рода конструкций, являются возникающие технологические трудности. Некоторые решения по исполнению коллекторов, теоретически приводящие к увеличению эффективности, требуют дополнительных, технически сложных и дорогостоящих операций уже на этапе подготовки и выполнения лабораторных образцов, что, безусловно, препятствует созданию промышленных моделей или опытных партий. Именно по этой причине в современной тепловой гелиотехнике применяются лишь несколько типов конструкций солнечных коллекторов, наиболее распространенными из которых являются плоские [13].

Следует также отметить, что при моделировании разрабатываемых гелиоустройств теплотехническим свойствам инновационных абсорберов и их влиянию на общий показатель эффективности уделяется достаточно малое внимание. Общепринятым методом увеличения поглощательной способности абсорберов является использование специальных селективных покрытий [14]. Механическая обработка для этого не находила широкого применения, так как считалось, что наличие ребер способствует конвективному теплообмену абсорбера со средой, заполняющей пространство под остекленной поверхностью коллектора, и, как следствие, увеличивает потери [15]. Однако, опубликованные результаты в работах [1, 16], а также исследования, проведенные автором в рамках договора №15597ГУ/2020 от 06.07.2020 по гранту от Фонда содействия инновациям [17], дают основание полагать, что простая механическая обработка поверхности абсорбера, направленная на увеличение площади поглощения излучения, приводит к росту полезного теплосъема и, соответственно, КПД коллектора [18].

Наиболее точным способом доказательства эффективности той или иной конструкции является экспериментальное сравнительное исследование образцов инновационного исполнения и эталонного, классического исполнения. При этом отсутствуют указания на методику проведения испытаний и на критерии оценки эффективности возможных результатов [19].

Методы компьютерного моделирования (TRNSYS, COMSOL и др.) дают хорошее понимание физики протекающих в отдельных элементах процессов, но не в полной мере учитывают особенности работы проектируемого устройства (нестационарные условия потока излучения, воздействия ветра и т.д.). Такое положение в сравнительной оценке влияния вносимых изменений в исполнение коллекторов оставляет главным критерием эффективности КПД генерируемых солнечным излучением тепловых процессов [20]. При этом, на ранних этапах разработки только компьютерное моделирование позволяет адекватно оценить выносимые в инновационную конструкцию изменения без проведения лабораторных испытаний [21].

Как правило, КПД стандартных конструкций гелиоустановок с достаточной точностью для инженерных расчетов определяется по зависимости [1]:

$$\eta = \eta_0 - k_1 \frac{\Delta T}{I_K} - k_2 \frac{\Delta T^2}{I_K}, \quad (1)$$

где k_1 , k_2 – коэффициенты, характеризующие потери теплоты в окружающую среду; ΔT – перепад между средней температурой теплоносителя в коллекторе и температурой окружающей среды, К, определяемый по зависимости:

$$\Delta T = 0,5(T_{ТН} + T_{ТК}) - T_H, \quad (2)$$

где $T_{ТН}$ – температура теплоносителя на входе в коллектор, К; $T_{ТК}$ – температура теплоносителя на выходе из коллектора, К; T_H – температура наружного воздуха, К.

Полагая, что численные значения коэффициентов k_1 и k_2 являются эмпирическими и отражают влияние на КПД полных тепловых потерь в окружающую среду, а значение η_0

отражает эффективность коллектора только при наличии оптических потерь, для коллекторов с одинаковым типом остекления, выражение (1) можно представить в виде, отражающем влияние конструкции абсорбера на оптические потери коллектора:

$$\eta = 1 - k_1 \frac{\Delta T}{I_K} - k_2 \frac{\Delta T^2}{I_K} - k_3 A, \quad (3)$$

где k_3 – эмпирический коэффициент, характеризующий оптические потери абсорбера при ограничении светопрозрачным наружным покрытием; A – площадь абсорбера, м^2 . Данный коэффициент будет являться функцией конструкции абсорбера при прочих равных условиях проведения эксперимента.

Таким образом, измеряя поток излучения, поступающего на абсорбер, с рассчитанной площадью поверхности, а также температуру теплоносителя на входе и выходе из коллектора, и расход теплоносителя, определяется КПД устройства. Совокупность полученных значений позволяет аппроксимировать зависимость КПД от достигаемого теплового режима по выражениям (1) или (3). Использование формулы (3) предпочтительнее, так как зависимость адекватно отражает влияние протекающих процессов с учетом всех составляющих потерь – как конвективных и радиационных, так и оптических. Таким образом, для оценки эффективности различных типов искусственного оребрения на поверхности абсорберов достаточным будет провести испытания лабораторных образцов, с аппроксимацией результатов по уравнению (3).

Для подтверждения гипотезы было изготовлено 3 лабораторных образца солнечных коллекторов с разными конструкциями абсорбера (рис. 1).

Параметры абсорберов, выносимых на испытания, были определены в [17, 21]. Перед изготовлением элементы лабораторных образцов были протестированы в программе COMSOL с целью выявления лучшей конфигурации ребра [21]. При сборке образцов учитывалось, что опыты будут проводиться в лабораторных условиях на специализированном стенде, поэтому тепловую изоляцию корпуса в рамках опыта можно не использовать, а габаритные размеры образцов могут быть уменьшены [22].

Абсорберы были изготовлены из медного листа марки М1, толщиной 0,5 мм, размерами 500 × 600 мм. Затем, с помощью специально подготовленного основания и пуансонов ударным методом было сформировано оребрение в пределах 4 мм в виде ребер и полусфер. При проведении штамповки ввиду деформации металла появилась незначительная разница в габаритных размерах образцов, что, однако, не влияет на чистоту эксперимента, согласно уравнению (3). Один из листов был оставлен без оребрения и в дальнейшем использовался в качестве контрольного (рис. 1).

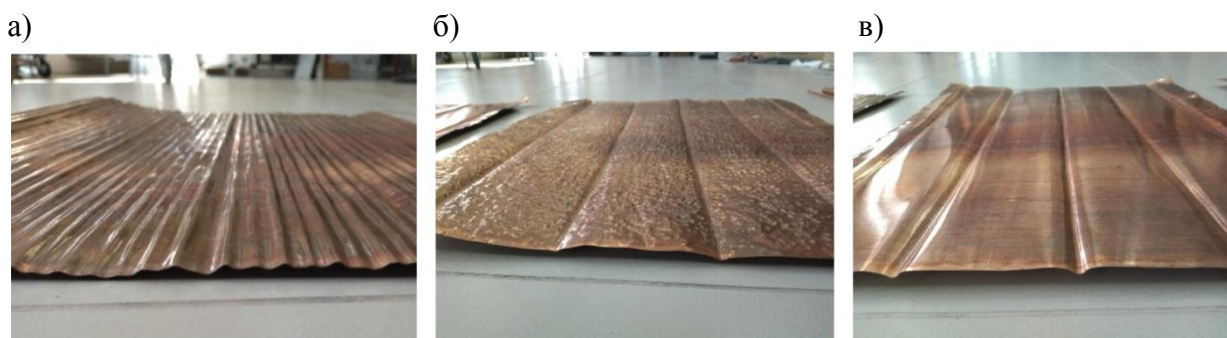


Рис. 1. Образцы листов для абсорберов:

а – образец 1 (с продольными рёбрами); б – образец 2 (шпиль-полусферы);
в – плоский (контрольный) образец

Затем на листы, в специально заранее подготовленные канавки, были припаяны медные трубки, диаметром 6 мм с толщиной стенки 1 мм. Трубный коллектор, собирающий теплоноситель от трубок абсорбера был выполнен из трубы диаметром

15 мм, толщиной 1 мм, и был припаян по краям листа (рис. 2). Корпуса образцов были изготовлены из соснового бруса 30×40 , задняя стенка из OSB-3 толщиной 8 мм, а верхнее покрытие из термостойкого стекла, толщиной 4 мм.



Рис. 2. Внешний вид паяного соединения «лист – труба – коллектор»



Рис. 3. Собранный абсорбер образца 1 в корпусе

Испытательный стенд представляет собой контур гелиоустановки, где можно изучать влияние различных факторов на эффективность работы коллекторов: угол наклона, гидравлический режим, влияние запыленности, интенсивность излучения и т.д. (рис. 4, 5). В качестве источника солнечного излучения использовались 3 галогеновых проектора ИО 500 мощностью 500 Вт.

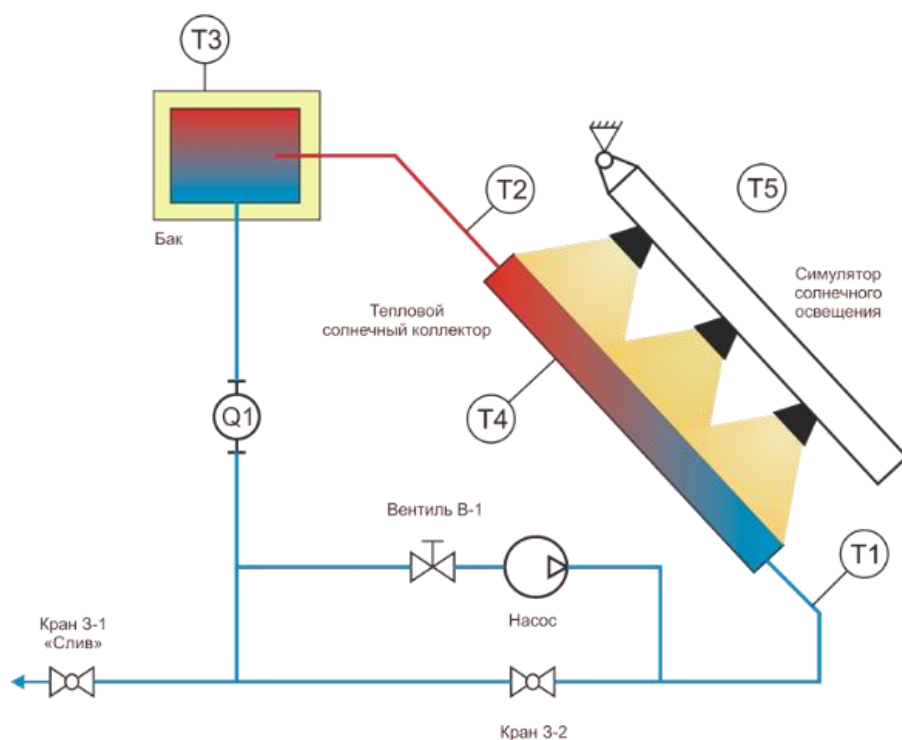


Рис. 4. Схема лабораторной установки



Рис. 5. Внешний вид лабораторной установки

Испытания проводились трижды для каждого образца в течение расчетного времени (около 4...5 часов). Согласно [1] измерения проходили в определенных диапазонах входных температур. При испытаниях фиксировались значения средней температуры пластины, температуры жидкости на входе и выходе из коллектора, расход теплоносителя, его скорость, температура окружающей среды и интенсивность излучения от имитаторов солнечной радиации. Эффективность оребрения оценивалась при равенстве гидравлического режима, тепловых потерь, конвективных потоков и искусственного излучения для всех трех образцов. Фиксация выходных параметров происходила в режиме реального времени. Массивы измеряемых данных были аппроксимированы согласно уравнению (3) для каждого образца, результаты приведены в таблице.

Значения коэффициентов теплопотерь для исследуемых образцов

Тип абсорбера	Значения параметров, используемых в уравнении (3)				
	I_k , Вт	k_1	k_2	$k_3 \cdot 10^{-5}$	A , м ²
Продольные ребра (образец 1)	900	3,7685	28,304	202,3682	0,282429
Шипы-полусферы (образец 2)	900	1,6156	141,99	208,5587	0,296212
Плоский (контрольный образец)	900	1,351	182,08	211,0514	0,288948

Анализ значений коэффициентов тепловых потерь показал, что оребренные образцы отличаются не только большим значением КПД, но и меньшими оптическими и конвекционными теплопотерями, о чем говорят значения коэффициентов k_1 и k_3 . В случае с коэффициентом k_3 разница между образцом 1 и контрольным составляет 4,11 %, даже при том, что площади образцов различаются не более, чем на 2,25 %. В графическом виде, разницу можно представить при аппроксимации того же массива данных по уравнению (1), где разница в значениях оптических КПД между образцом 1 и контрольным в пределах 5,44 % (рис. 6).

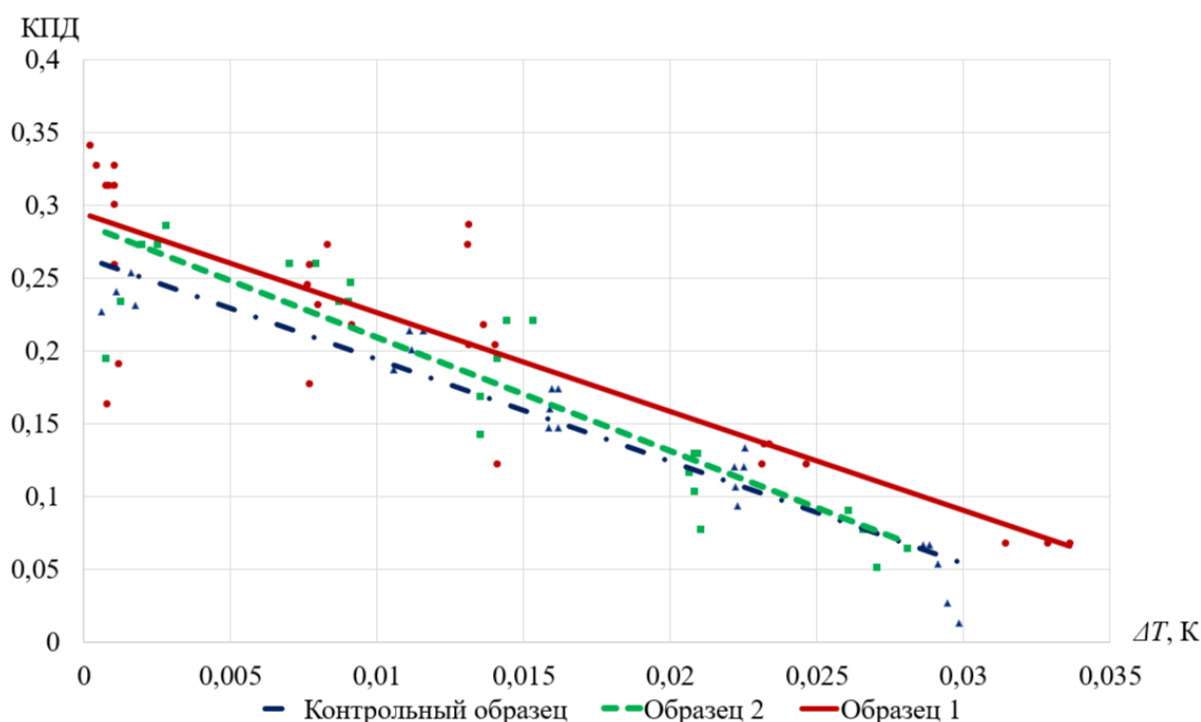


Рис. 6. Результаты определения КПД на примере одного цикла испытаний образцов (поток излучения 900 Вт/м², расход воды 0,5 л/мин)

Более высокое значение коэффициента k_1 для оребренных образцов, по сравнению с контрольным, предположительно объясняется большей средней температурой пластины, в связи с чем происходит рост радиационных потерь абсорбера. Чтобы проверить это предположение при проведении испытаний дополнительно фиксировалось температурное поле абсорберов при помощи тепловизора NEC TH7700 (рис. 7...9). Как было упомянуто выше, гидравлические режимы пластин в условиях испытаний совпадали, следовательно, перегрев оребренных пластин объясняется увеличением эффективности поглощения солнечного излучения за счет механической обработки [17, 21].

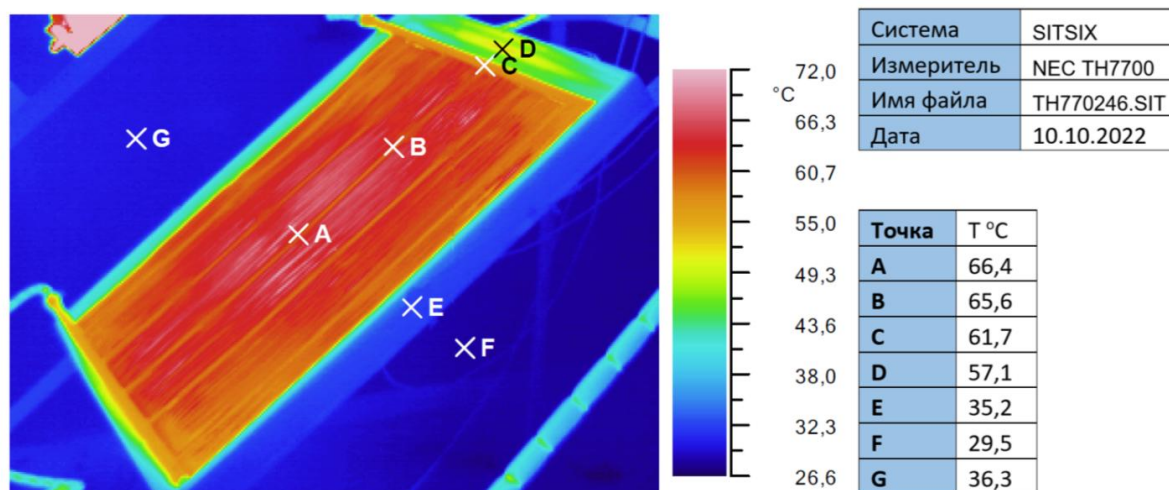


Рис. 7. Результаты тепловизионного обследования образца 1

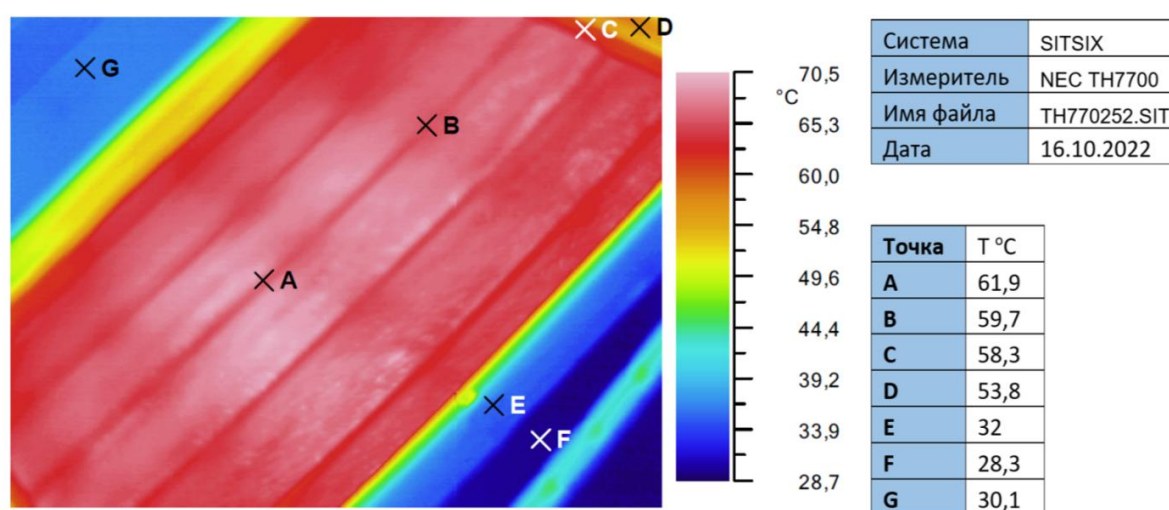


Рис. 8. Результаты тепловизионного обследования образца 2

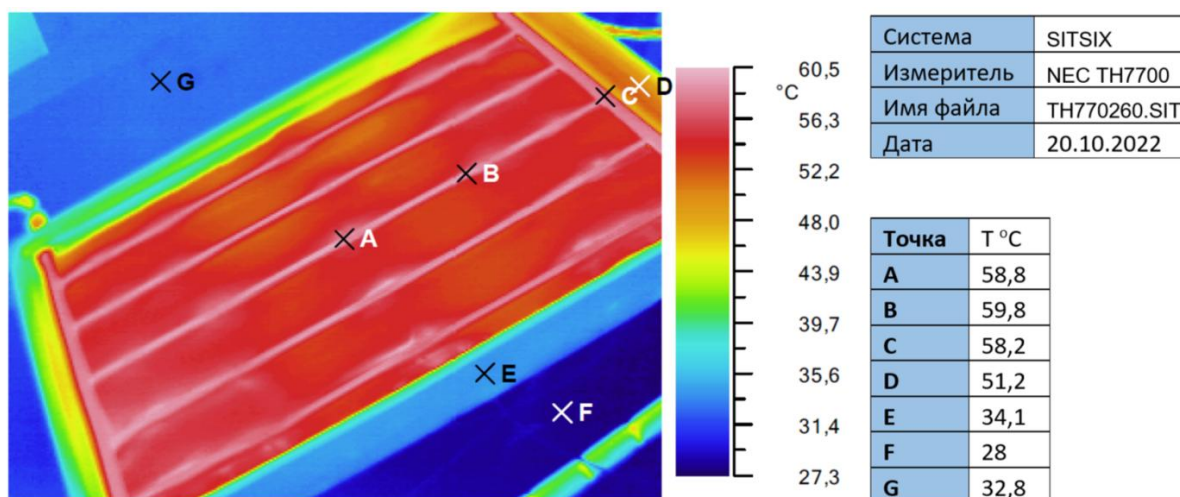


Рис. 9. Результаты тепловизионного обследования контрольного образца

Сравнение термограмм, представленных на рис. 7...9 видно, показывает, что образец 1 имеет большую среднюю температуру поверхности, по сравнению с другими образцами, что явно приводит к увеличению излучения через корпус и светопрозрачное покрытие. Образец 2 также имеет незначительное превышение температуры поверхности

по сравнению с контрольным образцом. Чтобы исключить влияние перегрева пластин у образцов 1 и 2 достаточно будет увеличить расход теплоносителя через коллектор, относительно расхода на контрольном образце [23]. Потенциально, это может уменьшить влияние коэффициента k_1 и привести к дополнительному приросту производительности, однако, данное утверждение требует проведения дополнительных исследований.

Заключение.

Аппроксимация массива экспериментальных данных и анализ результатов показывает, что абсорберы солнечных коллекторов при наличии искусственного оребрения обладают меньшими оптическими потерями, по сравнению с абсорберами плоской конструкции.

Абсорбер с продольными ребрами малой высоты (в пределах 4 мм) обладает большим значением оптического КПД по сравнению с плоским абсорбером – на 5,44 %. Наличие ребер в абсорбере не приводит к значительному увеличению конвективных теплопотерь, но вызывает незначительный рост теплопотерь излучением. Наблюдаемый эффект, объясняющийся ростом средней температуры за счет улучшения поглощательной способности, предлагается в дальнейшем исключать за счет изменения гидравлического режима теплоносителя в абсорбере, что является перспективной темой для дальнейшего исследования.

Проведенные исследования доказывают возможность увеличения поглощающей способности абсорберов солнечных коллекторов за счет формирования на плоских теплопринимающих участках различного вида искусственного оребрения путем механической обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Даффи, Дж.** Основы солнечной теплоэнергетики. Пер. с англ.: учебно-справочное руководство / Дж. Даффи, У. Бекман. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2013. – 888 с.
2. **Бекман, У.** Расчет систем солнечного теплоснабжения. Пер. с англ. / У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. – Москва: Энергоиздат, 1982. – 80 с.
3. **Бутузов, В. А.** Солнечное теплоснабжение: статистика мирового рынка и особенности российского опыта / В. А. Бутузов // Теплоэнергетика. – 2018. – № 10. – С. 78-88. – DOI 10.1134/S0040363618100016.
4. **Бутузов, В. А.** Солнечное теплоснабжение. Опыт столетнего развития / В. А. Бутузов // Промышленная энергетика. – 2020. – № 4. – С. 52-62. – DOI 10.34831/EP.2020.96.97.001.
5. **Фрид, С. Е.** Исследование эффективности солнечных коллекторов и водонагревательных установок и разработка методических основ их тепловых испытаний : специальность 05.14.01 «Энергетические системы и комплексы» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Фрид Семен Ефимович. – Москва, 2002. – 152 с.
6. **Попель, О. С.** Сравнительная эффективность использования солнечных водонагревателей различных типов в климатических условиях Российской Федерации / О. С. Попель, С. Е. Фрид, Ю. Г. Коломиец, Е. В. Сушникова // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2011. – № 12(104). – С. 33-38.
7. **Бутузов, В. А.** Гелиоустановки в России: анализ результатов сооружения в 2018-2019 годах / В. А. Бутузов, В. В. Бутузов, Е. В. Брянцева, И. С. Гнатюк // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2020. – № 2(218). – С. 88-93. – EDN NDDBTN.
8. **Попель, О. С.** Опыт разработки солнечных коллекторов из теплостойких пластмасс / О. С. Попель, И. В. Прокопченко, А. В. Мордынский [и др.] // Теплоэнергетика. – 2008. – № 12. – С. 6-8.

9. **Дорошенко, А. В.** Металло-полимерные солнечные коллекторы с многоканальным абсорбером для многофункциональных энергетических систем / А. В. Дорошенко, В. П. Данько, Ю. Т. Турбовец // Проблемы региональной энергетики. – 2012. – № 2. – С. 42-50.
10. **Щукина, Т. В.** Повышение эффективности поглощения солнечного излучения многофункциональным солнечным коллектором / Т. В. Щукина, М. Н. Жерлыкина, И. С. Курасов // Проблемы современных экономических, правовых и естественных наук в России - синтез наук в конкурентной экономике: Сборник статей по материалам VIII Международной научно-практической конференции, Воронеж-Ганновер, 17...19 мая 2019 года / Редколлегия: С. А. Колодяжный [и др.]. – Воронеж-Ганновер: Издательско-полиграфический центр Научная книга, 2019. – С. 170-173.
11. **Щемелев, Д. Ю.** Повышение эффективности плоского солнечного коллектора / Д. Ю. Щемелев, А. С. Штым // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – №4 (130). – URL: <https://research-journal.org/archive/4-130-2023-april/10.23670/IRJ.2023.130.8> (дата обращения: 11.11.2023). – DOI: 10.23670/IRJ.2023.130.8
12. **Туник, А. А.** Математическая модель процессов тепломассопереноса в плоском солнечном коллекторе SUN 1 / А. А. Туник // Вестник МГСУ. – 2016. – № 1. – С. 126-142.
13. **Коломиец, Ю. Г.** Эффективность использования солнечного излучения для нагрева воды на территории Российской Федерации / Ю. Г. Коломиец, О. С. Попель, С. Е. Фрид // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2009. – № 6(74). – С. 16-23.
14. **Шашев, А. В.** Современные селективные покрытия солнечных коллекторов / А. В. Шашев, Е. А. Герман, Ю. Ю. Почекайлов // Ползуновский альманах, 2016, № 1. – С. 227-231.
15. **Elsherbiny S. M., Hollands K. G. T., Raithby G. D.** Three Convection Across Inclined Air Layers with One Surface V-Corrugated. – Heat Transfer in Solar Energy Systems (J. R. Howell and T. Min, eds.). American Society of Mechanical Engineers. – New York, 1977.
16. **Hollands, K. G. T.** Directional selectivity, emittance, and absorptance properties of vee corrugated specular surfaces / K. G. T. Hollands // Solar Energy. – 1963. – 7(3). – Pp. 108-116. – DOI 10.1016/0038-092x(63)90036-7.
17. Влияние искусственной шероховатости поверхности абсорбера теплового солнечного коллектора на поглощение солнечного излучения / И. С. Курасов, Т. В. Щукина, Д. Н. Китаев, А. Ю. Рязанцев, С. С. Юхневич // Промышленная энергетика. – 2021. – № 12. – С. 45-51.
18. **Kurasov, I. S.** Concerning the issue of alternative cold supply for building climate control systems / I. S. Kurasov, T. V. Shchukina, A. A. H. Al Saedi // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2020. – Pp. 962 032006. – DOI 10.1088/1757-899X/962/3/032006.
19. **Зуев, И. А.** Разработка нового солнечного коллектора SUN 3 для теплоснабжения и горячего водоснабжения объектов социальной и жилищной сферы Иркутской области / И. А. Зуев, М. Ю. Толстой, А. А. Туник // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2016. – № 4(19). – С. 100-113.
20. Modeling of heat transfer in an element with anisotropic porosity / N. N. Kozhukhov, E. A. Kozhukhova, D. A. Konovalov [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : XIII School-Seminar of Young Scientists and Specialists under the leadership of the Academician, Professor A.I. Leontiev Problems of Heat and Mass Transfer and Gas Dynamics in Power Plants (XXIII SSYSS 2021), Yekaterinburg, 24...28 мая 2021 года. Vol. 2039. – Yekaterinburg: IOP Publishing Ltd, 2021. – Pp. 012011. – DOI 10.1088/1742-6596/2039/1/012011.
21. Разработка модели солнечного коллектора в пакете конечно-элементного анализа / Д. А. Прутских, И. С. Курасов, Т. В. Щукина, А. А. Надеев // Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения: труды 24-й научно-

технической конференции, Воронеж, 16 июня 2022 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2022. – С. 25-28.

22. **Фирсов, А. Н.** О методах теории подобия и размерности / А. Н. Фирсов, А. Журавская // Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XXIV Международной научной и учебно-практической конференции: в 3 ч., Санкт-Петербург, 13...14 октября 2020 года. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Том Часть 2. – Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2020. – С. 121-131. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id20-159.

23. **Shchukina, T. V., Efanova, A. S., Kurasov, I. S.** Impact of the Coolant Flow Velocity on the Thermal Condition of Flat-Plate Solar Collectors. In: Radionov A. A., Ulrikh D. V., Timofeeva S. S., Alekhin V. N., Gasiyarov V. R. (eds) Proceedings of the 6th International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. ICCATS 2022. Lecture Notes in Civil Engineering. – 2023. – Vol. 308. – Springer, Cham. – https://doi.org/10.1007/978-3-031-21120-1_10.

Поступила в редакцию 15 ноября 2023

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF PERFORMANCE INDICATORS OF THE DESIGN OF A FLAT SOLAR COLLECTOR ABSORBER WITH ARTIFICIAL SECONDARY SURFACE

I. S. Kurasov

Ilya Sergeevich Kurasov, post-graduate student, Head of the Laboratory, Department of Housing and Utilities services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)277-02-65; e-mail: ilya.kurasov@yandex.ru

The article provides an overview of modern methods for developing new designs of high-efficiency flat solar collectors. First, I briefly describe the parameters for evaluating the effectiveness of various types of structures. Then, I propose to analyze a convenient form of the efficiency equation of flat solar thermal collectors, which allows us to experimentally evaluate the effect of secondary surface on the efficiency value. I carried out a number of experimental studies on samples of absorbers with longitudinal ribs and hemispherical spikes. Analysis of the body of experimental data showed an increase in the performance of the absorber with longitudinal ribs by 5,44 % with a decrease in the optical loss coefficient by 4,11 %. It is proved that the presence of ribs of a certain height does not lead to a significant increase in heat loss of absorbers, as previously stated. Thermal imaging examination confirmed that an increase in the absorption capacity of the absorber is accompanied by an increase in the average temperature of the panel and a slight increase in radiation heat loss. I propose to correct this effect by changing the hydraulic mode of the absorber heat exchanger in the direction of increasing the coolant flow.

Keywords: flat solar collector; absorber; secondary surface; efficiency factor; optical loss coefficient; solar energy; efficiency.

REFERENCES

1. **Duffy J., Beckman W.** *Fundamentals of solar thermal power engineering*. Translated from English: Educational reference guide. Dolgoprudny, Publishing House Intellect. 2013. 888 p. (in Russian)
2. **Beckman W., Klein S., Duffy J.** *Calculation of solar heat supply systems*. Translated from English. Moscow, Energoizdat. 1982. 80 p. (in Russian)

3. **Butuzov, V. A.** *Solar Heat Supply: World Statistics and Peculiarities of the Russian Experience*. Thermal Engineering. 2018. Vol. 65. No. 10. Pp. 741-750. DOI 10.1134/S0040601518100014. (in Russian)
4. **Butuzov V. A.** *Solar heat supply. Experience of centennial development*. Industrial power engineering. 2020. No. 4. Pp. 52-62. DOI 10.34831/EP.2020.96.97.001. (in Russian)
5. **Fried S. E.** *The study of the efficiency of solar collectors and water heating installations and the development of methodological foundations for their thermal tests: specialty 05.14.01 Energy systems and complexes: dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences*. Fried Semen Efimovich. Moscow. 2002. 152 p. (in Russian)
6. **Popel O. S., Fried S. E., Kolomiets Yu. G., E. V. Sushnikova.** *Comparative efficiency of using solar water heaters of various types in the climatic conditions of the Russian Federation*. International Scientific Journal Alternative Energy and Ecology. 2011. No. 12(104). Pp. 33-38. (in Russian)
7. **Butuzov V. A., Butuzov V. V., Bryantseva E. V., Gnatyuk I. S.** *Solar installations in Russia: analysis of the results of construction in 2018...2019*. Plumbing, Heating, Air conditioning. 2020. No. 2(218). Pp. 88-93. (in Russian)
8. **Popel O. S., Prokopchenko I. V., Mordynsky A.V.** *Experience in the development of solar collectors made of heat-resistant plastics*. Teploenergiya. 2008. No. 12. Pp. 6-8. (in Russian)
9. **Doroshenko A. V., Danko V. P., Turbovets Yu. T.** *Metal-polymer solar collectors with a multichannel absorber for multifunctional energy systems*. Problems of regional energy. 2012. No. 2. Pp. 42-50. (in Russian)
10. **Shchukina T. V., Zherlykina M. N., Kurasov I. S.** *Improving the efficiency of solar radiation absorption by a multifunctional solar collector*. Problems of modern economic, legal and natural sciences in Russia - synthesis of sciences in a competitive economy: A collection of articles based on the materials of the VIII International Scientific and Practical Conference, Voronezh-Hanover, May 17...19, 2019. Editorial Board: S. A. Kolodyazhny [et al.]. Voronezh-Hanover Publishing and Printing Center Scientific Book. 2019. Pp. 170-173. (in Russian)
11. **Shchemelev D. Yu., Shtym A. S.** *Improving the efficiency of a flat solar collector*. International Research Journal. 2023. №4 (130). URL: <https://research-journal.org/archive/4-130-2023-april/10.23670/IRJ.2023.130.8> (date of application: 11.11.2023). DOI: 10.23670/IRJ.2023.130.8. (in Russian)
12. **Tunik A. A.** *Mathematical model of heat and mass transfer processes in a flat solar collector SUN 1*. A. A. Tunik. Vestnik MGSU. 2016. No. 1. Pp. 126-142. (in Russian)
13. **Kolomiets Yu. G., Popel O. S., Fried S. E.** *The efficiency of using solar radiation to heat water on the territory of the Russian Federation*. International Scientific Journal Alternative Energy and Ecology. 2009. No. 6(74). Pp. 16-23. (in Russian)
14. **Shashev A. V., Herman E. A., Pochekailov Yu. Yu.** *Modern selective coatings of solar collectors*. Polzunovsky Almanac. 2016. No. 1. pp. 227-231. (in Russian)
15. **Elsherbiny S. M., Hollands K. G. T., Raithby G. D.** *Three Convection Across Inclined Air Layers with One Surface V-Corrugated*. Heat Transfer in Solar Energy Systems (J. R. Howell and T. Min, eds.). American Society of Mechanical Engineers. New York. 1977.
16. **Hollands K. G. T.** *Directional selectivity, emittance, and absorptance properties of vee corrugated specular surfaces*. Solar Energy. 7(3). 108-116. DOI:10.1016/0038-092x(63)90036-7.
17. **Kurasov I. S., Shchukina T. V., Kitaev D. N., Ryazantsev A. Yu., Yukhnevich S. S.** *The effect of artificial surface roughness of the absorber of a thermal solar collector on the absorption of solar radiation*. Industrial energy. 2021. No. 12. Pp. 45-51. (in Russian)

18. **Kurasov I. S., Shchukina T. V., Saedi A. A. H. Al.** *Concerning the issue of alternative cold supply for building climate control systems.* IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 962 032006. DOI: 10.1088/1757-899X/962/3/032006.
19. **Zuev I. A., Tolstoy M. Y., Tunik A. A.** *Development of a new SUN 3 solar collector for heat supply and hot water supply of social and housing facilities in the Irkutsk region.* Izvestiya vuzov. Investment. Construction. Realty. 2016. No. 4(19). Pp. 100-113. (in Russian)
20. **Kozhukhov N. N., Kozhukhova E. A., Kononov D. A. et al.** *Modeling of heat transfer in an element with anisotropic porosity.* Journal of Physics: Conference Series: XIII School-Seminar of Young Scientists and Specialists under the leadership of the Academician, Professor A.I. Leontiev Problems of Heat and Mass Transfer and Gas Dynamics in Power Plants (XXIII SSYS 2021), Yekaterinburg, 24...28 May 2021. Vol. 2039. Yekaterinburg: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 012011. DOI 10.1088/1742-6596/2039/1/012011.
21. **Prutskikh D. A., Kurasov I. S., Shchukina T. V., Nadeev A. A.** *Development of a solar collector model in a finite element analysis package.* Physical and technical problems of energy, ecology and energy conservation: proceedings of the 24th Scientific and Technical Conference, Voronezh, June 16, 2022. Voronezh, Voronezh State Technical University. 2022. Pp. 25-28. (in Russian)
22. **Firsov A. N., Zhuravskaya A.** *On the methods of the theory of similarity and dimension.* System analysis in design and management: Collection of scientific papers of the XXIV International Scientific and Educational-practical conference: at 3 o'clock, St. Petersburg, October 13-14, 2020 / Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Volume Part 2. St. Petersburg: Polytech Press. 2020. Pp. 121-131. DOI 10.18720/SPBPU/2/id20-159. (in Russian)
23. **Shchukina T. V., Efanova A. S., Kurasov I. S.** *Impact of the Coolant Flow Velocity on the Thermal Condition of Flat-Plate Solar Collectors.* In: Radionov A. A., Ulrikh D. V., Timofeeva S. S., Alekhin V. N., Gasiyarov V. R. (eds) Proceedings of the 6th International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. ICCATS 2022. Lecture Notes in Civil Engineering. Vol. 308. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21120-1_10.

Received 15 November 2023

Для цитирования:

Курасов, И. С. Экспериментальное определение показателей эффективности конструкции абсорбера плоского солнечного коллектора с искусственным оребрением / И. С. Курасов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 70-81. – DOI 10.36622/VSTU.2023.81.21.007.

FOR CITATION:

Kurasov I. S. *Experimental determination of performance indicators of the design of a flat solar collector absorber with artificial secondary surface.* 2023. No. 4(27). Pp. 70-81. DOI 10.36622/VSTU.2023.81.21.007. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.50.81.008

УДК 628.2:628.3

ОПЫТ РАЗВИТИЯ ОБЪЕКТОВ ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТЮМЕНИ

В. А. Гурский, Д. А. Бычков, М. В. Обухова

Гурский Виталий Алексеевич, главный инженер «Росводоканал Тюмень», ООО «Тюмень Водоканал», Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(3452)54-09-40; e-mail: mn@rosvodokanal.ru

Бычков Дмитрий Александрович, директор по производству «Росводоканал Тюмень», ООО «Тюмень Водоканал», Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(3452)54-09-40; e-mail: mn@rosvodokanal.ru

Обухова Марина Витальевна, канд. техн. наук, доцент кафедры инженерных систем и сооружений, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(3452)28-39-23; e-mail: obuhovamv@tyuiu.ru

Цель работы – оценка модернизации объектов водоотведения города Тюмени с позиции повышения экологической и ресурсной эффективности предприятия ООО «Тюмень Водоканал». Представлено описание системы водоотведения хозяйственно-бытовых сточных вод города Тюмени, в том числе городских очистных сооружений канализации. Освещены результаты поэтапной реализации программ реконструкции действующих и создания новых объектов системы водоотведения: модернизация системы транспортировки и перекачки городских сточных вод, реконструкция городских канализационных очистных сооружений. Приведены основные достижения в сфере внедрения цифровых технологий. Масштабная работа по реконструкции объектов системы водоотведения города Тюмени и Тюменского района обеспечивает высокий уровень оказания коммунальных услуг населению и способствует улучшению экологии в регионе. Стратегия развития системы водоотведения, мероприятия по модернизации объектов, проведенные в городе Тюмени, могут быть реализованы во многих крупных городах России.

Ключевые слова: система водоотведения; реконструкция; сбор и очистка сточных вод; очистные сооружения; экология.

Система водоотведения является важной частью инженерного хозяйства современных населенных пунктов, от которой зависит нормальная работа промышленных предприятий и организаций социальной сферы. Она обеспечивает здоровье населения и комфортную городскую среду, является одним из главных факторов защиты окружающей природной среды от загрязнения сточными водами.

Система хозяйственно-бытового водоотведения города Тюмени эксплуатируется с 1965 г.¹ В городе используется раздельная система водоотведения, где хозяйственно-бытовые и дождевые сточные воды отводятся по отдельным системам трубопроводов.

По состоянию на 2023 г. в систему водоотведения входят:

- ✓ 1017,96 км канализационных сетей;
- ✓ 114 насосных станций водоотведения;
- ✓ 1 станция очистки сточных вод.

Сточные воды формируются в основном хозяйственно-бытовыми стоками. Количество промышленных стоков составляет около 25 % от общего объема водоотведения.

Смесь хозяйственно-бытовых и производственных стоков города по напорным трубопроводам поступает на городские очистные сооружения канализации, расположенные на правом берегу р. Туры ниже по течению города Тюмени. Очистная станция начала

¹ Росводоканал Тюмень. О Водоканале. Общая информация. История. URL: <https://tyumen.rosvodokanal.ru/about/history/>

прием стоков в 1973 г., ровно 50 лет назад. Площадь территории очистных сооружений составляет 50 га².

Первая очередь очистных производительностью 130 тыс. м³/сут. введена в эксплуатацию в 1973 г., вторая очередь (90 тыс. м³/сут.) – в 2004 г. Общая проектная производительность очистных сооружений 220 тыс. м³/сут.

В состав очистной станции входят сооружения: механической очистки (решетки, песколовки, первичные отстойники, насосная станция сырого осадка); биологической очистки (аэротенки, вторичные отстойники, насосно-воздуходувные станции); обеззараживания (станция УФ-обеззараживания); обработки осадка (цех механического обезвоживания осадка, иловые площадки). Контроль за качественным составом поступающих на очистные сооружения и очищенных стоков осуществляется аккредитованными лабораториями ООО «Тюмень Водоканал».

С 2006 г. функции по водоснабжению и водоотведению в городе выполняет «Росводоканал Тюмень» (ООО «Тюмень Водоканал»). С декабря 2017 г. компания работает на основании концессионного соглашения, заключенного с Администрацией города Тюмени. Проводятся мероприятия по снижению аварийности, увеличению энергоэффективности, комплексному перевооружению водоочистных сооружений и сооружений очистки стоков с целью повышения экологической и ресурсной эффективности предприятия. Общий объем инвестиций в развитие систем водоотведения и водоснабжения по концессионному соглашению за период с 2018 по 2031 г. запланирован в объеме 26,551 млрд. рублей³.

Реконструкция системы транспортировки и перекачки стоков

Для улучшения экологической обстановки построены две сливных станции для приема ассенизаторских машин, расположенных за пределами города:

- ✓ станция по ул. Раневской, производительность 3050 м³/сут (рис. 1);
- ✓ станция в р-не ул. Воронинские горы, производительность 1800 м³/сут.

а)



б)



Рис. 1. Сливная станция по ул. Раневской:

- а – одновременная разгрузка ассенизаторских машин;
б – система распознавания номеров машин и автоматического расчета

Вынос сливных станций за пределы города обеспечил исключение неприятных и вредных запахов для населения. Станции рассчитаны на одновременную разгрузку от 8 до 10 машин, работа станций происходит в автоматизированном режиме, установлена система распознавания номеров машин, сравнение их с базой данных, автоматический расчет за прием стоков [1].

Для уменьшения количества засоров на водоотводящей сети установлены автоматизированные сороудерживающие комплексы в 15 крупных канализационных насосных станциях (КНС). В результате в 5 раз увеличилась автономность работы КНС, сократилось в 17 раз количества выездов ремонтных бригад [2].

² Постановление Администрации города Тюмени № 295-пк от 20.09.2016 «Об утверждении схем водоснабжения и водоотведения муниципального образования городской округ город Тюмень до 2040 года (с изменениями на 26 октября 2020 года)»

³ Росводоканал Тюмень. О Водоканале. Общая информация. URL: https://tyumen.rosvodokanal.ru/about/general_info/

Важной задачей является поддержание водоотводящей сети в работоспособном состоянии. Для существующих трубопроводов проводится санация навивкой или синтетическим тканевым рукавом с использованием специального двухкомпонентного клея.

Основные восстановленные объекты:

- ✓ самотечный коллектор, $d=1400$ мм, длиной 1,5 км, ул. Монтажников;
- ✓ напорный коллектор, $d=1000$ мм, длиной 1,0 км, ул. Харьковская;
- ✓ самотечный коллектор, $d=1000..1200$ мм, длиной 3,3 км, ул. 50 лет Октября;
- ✓ самотечный коллектор, $d=600$ мм, длиной 0,5 км, ул. Червишевский тракт;
- ✓ самотечный коллектор, $d=500$ мм, длиной 1,2 км, ул. 30 Лет Победы;
- ✓ самотечный коллектор, $d=1000$ мм, длиной 0,8 км, ул. Первомайская.

Также отремонтированы и восстановлены 350 колодцев, выполненных из кирпича.

Общий объем реконструированных и вновь построенных сетей – 101,5 км. Реновация магистралей водоотведения не доставила неудобств горожанам, многие работы велись в ночное время с минимальным нарушением элементов благоустройства. Реализованные мероприятия повысят надежность и пропускную способность системы [3].

В результате реконструкции сетей водоотведения города Тюмени и при увеличении их протяженности за 10 лет на 33,8 %, количество засоров на сетях сократилось на 49,3 % (рис. 2).

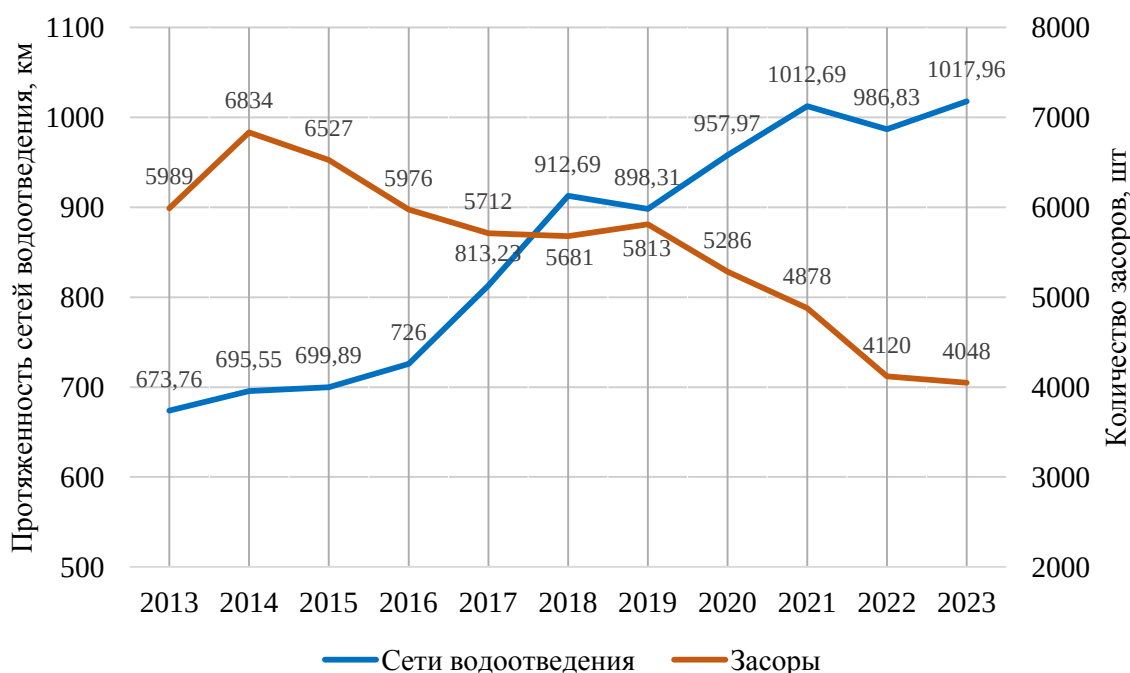


Рис. 2. Протяженность сетей водоотведения г. Тюмени и количество засоров на них

Выполнена замена напорного коллектора (диаметром 1400 мм, длиной 3,2 км в районе Гилевской рощи), транспортирующего стоки от КНС-7 на городские очистные сооружения канализации.

Модернизация городских очистных сооружений канализации г. Тюмени

Основные достигнутые результаты модернизации системы очистки представлены в таблице.

Мероприятия по модернизации и реконструкции городских очистных сооружений

Объект, характеристика проведенных работ	Результат
Реконструкция приемной камеры	Увеличение производительности станции с 220 тыс. м ³ /сут. до 260 тыс. м ³ /сут.; предотвращение распространения неприятных запахов за счет перекрытия камеры
Реконструкция сороудерживающего комплекса (рис. 3)	Повышение качества очистки стоков за счет устройства решеток с прозорами 5 мм, исключение выбросов неприятных запахов из здания решеток за счет установки сорбционных фильтров воздуха, почти полное исключение ручного труда за счет механизации сбора и удаления грубых отходов
Строительство аэрируемых песколовков (рис. 4)	Увеличение производительности станции с 220 тыс. м ³ /сут. до 260 тыс. м ³ /сут.; увеличение эффективности задержания песка в 3 раза, в том числе мелкой фракции, что повысило надежность работы и качество очистки сточных вод на последующих сооружениях
Реконструкция первичных отстойников с устройством перекрытия (рис. 5)	Повышение надежности работы сооружений; улучшение качества очистки; исключение распространения неприятных запахов
Строительство третьей очереди сооружений биологической очистки (рис. 6)	Увеличение производительности станции с 220 тыс. м ³ /сут. до 260 тыс. м ³ /сут.; повышение качества очистки стоков за счет реализации процессов нитри-денитрификации, обеспечение нормативных требования по качеству очищенных сточных вод
Модернизация существующих и строительство новых вторичных отстойников, монтаж вакуумных башен	Повышение качества очистки за счет снижения содержания в сточной воде взвешенных веществ
Реконструкция воздуходувной станции	Повышение надежности и эффективности работы станции; обеспечение необходимым объемом воздуха станции при увеличении ее мощности до 260 тыс. м ³ /сут.; снижение потребления электроэнергии на 17 %; автоматизация процесса подачи воздуха в аэротенки
Реконструкция цеха механического обезвоживания осадка	Повышение надежности и эффективности работы цеха за счет замены оборудования и внедрения систем автоматизации; предотвращение выбросов неприятных запахов за счет фильтрации воздуха

а)



б)



в)



г)



Рис. 3. Реконструкция сороудерживающего комплекса:

а, б – внешний вид здания до и после реконструкции;
в, г – внешний вид оборудования до и после реконструкции

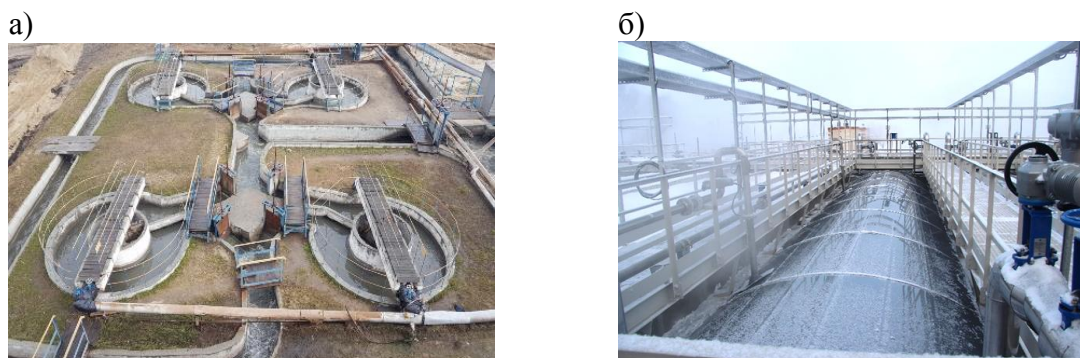


Рис. 4. Строительство аэрируемых песколовок:

а – существующие песколовки горизонтальные с круговым движением воды;
б – новые аэрируемые песколовки

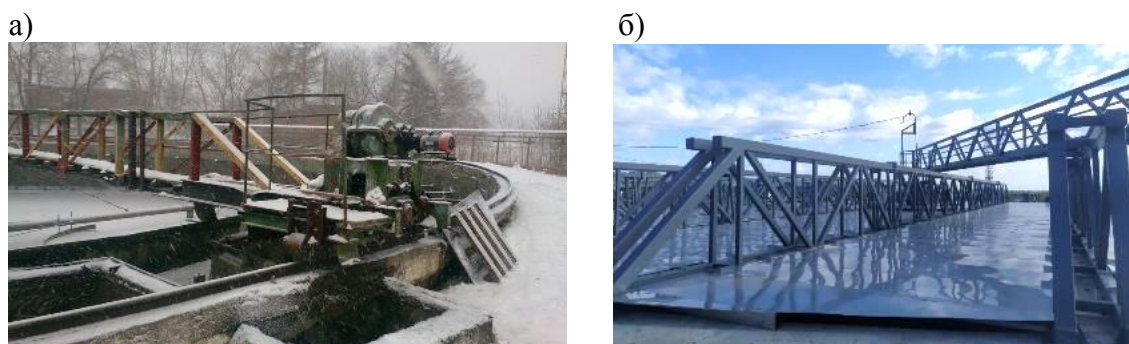


Рис. 5. Реконструкция первичных отстойников с устройством перекрытия:

а, б – внешний вид сооружений до и после реконструкции



Рис. 6. Строительство третьей очереди сооружений биологической очистки

«Тюмень Водоканал» ведет работу по улучшению экологической обстановки не только в г. Тюмени, но и в Тюменском районе. С 2020 г. построено 50 км сетей водоотведения, проводятся мероприятия по санации существующих трубопроводов, что обеспечило значительное сокращение засоров и повышение надежности работы системы. Выполнена реконструкция канализационных очистных сооружений, КНС, ведется строительство сливных станций⁴ [4]. Выведены из эксплуатации канализационные очистные сооружения п. Новотуринск, п. Богандинский, п. Винзили, п. Молодежный и п. Новотарманск. Сточные воды от этих населенных пунктов централизованно направляются на очистку на сооружения канализации города Тюмени.

Цифровизация служб водоканала

Еще одним достижением «Росводоканал Тюмень» является автоматизация производства. Работа по развитию этого направления на предприятии началась еще в 2009 г. с отказа от электронных журналов и запуска автоматизированной информационной системы «Астра». Система позволяет равномерно распределять заявки, с ее помощью происхо-

⁴ Росводоканал Тюмень. Пресс-центр. Новости. URL: <https://tyumen.rosvodokanal.ru/pressroom/news/1599/>

дит взаимодействие с абонентами и координируется работа мобильных ремонтных подразделений. В 2019 г. была завершена модернизация систем автоматического управления сооружениями и оборудованием с выводом информации на экран центрального диспетчерского пункта. Управление системами водоснабжения и водоотведения осуществляется в режиме реального времени. Кроме того, в компании полностью автоматизирован контроль над двумя сотнями насосных станций⁵ [5...7].

В «Тюмень Водоканал» уже много лет существует лаборатория телеинспекции трубопроводов, которая осуществляет контроль за состоянием коллекторов, позволяет более эффективно распределять средства на их обслуживание и ремонт, что дает возможность повысить надежность работы системы транспортировки сточных вод и качество строительно-монтажных работ [8].

Заключение.

Представлен положительный опыт реализации мероприятий по реконструкции, модернизации и строительству объектов системы водоотведения г. Тюмени. Показана важность комплексного подхода, заключающегося в планомерном проведении работ, связанных как с поддержанием эксплуатационных характеристик существующих объектов, так и направленных на увеличение мощности системы водоотведения в целом.

Эффективность проводимых мероприятий по реконструкции сетей водоотведения подтверждается статистическими данными, иллюстрирующими, что на фоне увеличения протяженности водоотводящих сетей, происходит уменьшение количества засоров, а значит повышается надежность системы.

Проводимые мероприятия по реконструкции системы водоотведения города Тюмени обеспечивают высокий уровень оказания коммунальных услуг населению и улучшение экологической обстановки в регионе.

Внедрение современных информационных технологий в производственные процессы обеспечивает повышение надежности и ресурсной эффективности работы предприятия, упрощает отношения между потребителями и ресурсной организацией. Стратегия развития системы водоотведения, реализованная в Тюмени, может быть эффективна для других крупных городов России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ширшова, А. Ю.** Строительство единой станции приема сточных вод в рамках территориального развития города Тюмени, как инструмент повышения качества жизни населения / А. Ю. Ширшова, Е. Г. Черных, К. А. Демина // Актуальные вопросы землепользования и управления недвижимостью: сборник статей II Национальной научно-практической конференции, Екатеринбург, 07 апреля 2020 года. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2020. – С. 288-294.

2. **Смелов, Я. С.** Направления энергоресурсосбережения на насосных станциях водоотведения / Я. С. Смелов // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, Тюмень, 21...23 декабря 2020 года. Том I. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 178-181.

3. **Бычков, Д. А.** Перспективы применения и опыт санации трубопроводов водоснабжения и канализования Тюмени / Д. А. Бычков, А. А. Максимов, Д. С. Пономаренко // Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального изменения климата планеты в XXI веке: сборник докладов XIX Международ-

⁵ Росводоканал Тюмень. Пресс-центр. Новости. URL: <https://tyumen.rosvodokanal.ru/pressroom/news/1430/>.

ной научно-практической конференции, Тюмень, 17 марта 2017 года. Том I. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. – С. 17-22.

4. **Кравец, А. В.** Подключение малых населенных пунктов к централизованным системам водоотведения (на примере города Тюмень) с использованием механизмов ГЧП / А. В. Кравец // Водные ресурсы – основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке : Сборник статей национальной научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 19...20 марта 2021 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 75-79.

5. Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения / А. А. Кадысева [и др.]. – Тюмень: Изд-во ТИУ, 2023. – 273 с.

6. Повышение эффективности производственных процессов с помощью мобильных устройств / М. Ф. Галиуллин, В. А. Гурский, Е. В. Кричковский, Д. А. Бычков // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 6. – С. 19-23.

7. **Рейхерт, В. С.** Разработка цифрового двойника городской системы безнапорного водоотведения / В. С. Рейхерт // Сборник научных трудов Всероссийской весенней школы по цифровой экономике, Тюмень, 14...15 марта 2020 года / ответственный редактор Д. В. Лазутина. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2020. – С. 42-46.

8. **Щавелев А. С.** Опыт внедрения систем телеинспекции коллекторов / А. С. Щавелев, С. В. Цвилий, К. Б. Сливенко // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 6. – С. 82-85.

Поступила в редакцию 31 октября 2023

EXPERIENCE OF WASTEWATER FACILITIES DEVELOPMENT ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF TYUMEN

V. A. Gurskiy, D. A. Bychkov, M. V. Obukhova

Vitaliy Alekseevich Gurskiy, Chief Engineer of Tyumen Rosvodokanal, Tyumen Vodokanal LLC, Tyumen, Russia, tel.: +7(3452)54-09-40; e-mail: mn@rosvodokanal.ru

Dmitriy Aleksandrovich Bychkov, director of production of Tyumen Rosvodokanal, Tyumen Vodokanal LLC, Tyumen, Russia, tel.: +7(3452)54-09-40; e-mail: mn@rosvodokanal.ru

Marina Vital'evna Obukhova, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor of the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia, tel.: +7(3452)28-39-23; e-mail: obuhovamv@tyuiu.ru

The purpose of the work is to assess the modernization of wastewater disposal facilities in the city of Tyumen from the perspective of increasing the environmental and resource efficiency of the enterprise of *Tyumen Vodokanal LLC*. We present a description of the municipal wastewater disposal system of the city of Tyumen, including urban sewage treatment facilities. We highlight the results of the phased implementation of programs for the reconstruction of existing and creation of new wastewater disposal system facilities, namely modernization of the system for transporting and pumping urban wastewater; and reconstruction of urban sewerage treatment facilities. We describe the main achievements in the field of implementation of digital technologies. Large-scale work on the reconstruction of the wastewater system facilities of the city of Tyumen and the Tyumen region ensures a high level of provision of public services to the population and helps improve the environment in the region. The strategy for the development of the wastewater disposal system and measures to modernize facilities carried out in the city of Tyumen can be implemented in other large cities of Russia.

Keywords: wastewater system; reconstruction; sewage collection and treatment; treatment facilities; ecology.

REFERENCES

1. **Shirshova A. Yu., Chernykh E. G., Demina K.** *Construction of a unified wastewater reception station within the territorial development of Tyumen as a tool to improve the quality of the population life.* Topical issues of land use and real estate management: Collection of articles of the II National Scientific and Practical Conference. Ekaterinburg, Publishing Ural State Mining University 2020. Pp. 288-294. (in Russian)
2. **Smelov Y. S.** *Areas of energy and resource saving at wastewater pumping stations.* Energy saving and innovative technologies in fuel and energy complex: materials of the National with international participation scientific-practical conference of students, postgraduates, scientists and specialists. Tyumen, Publishing Industrial University of Tyumen. 2020. Vol. 1. Pp. 178-181. (in Russian)
3. **Bychkov D. A., Maksimov A. A., Ponomarenko D. S.** *Prospects of application and experience in sanitation water supply and sewerage of Tyumen.* Problems of river basin management in the development of Siberia and the Arctic in the context of global climate change in the XXI century: collection of reports of the XIX International Scientific and Practical Conference. Tyumen, Publishing Industrial University of Tyumen. 2017. Vol. 1. Pp. 17-22. (in Russian)
4. **Kravets A. V.** *Connecting small settlements to centralized water disposal systems (by the example of the city of Tyumen) using PPP mechanisms.* Water resources - the basis of global and regional projects for the development of Russia, Siberia and the Arctic in the XXI century: Collection of articles of the national scientific-practical conference with international participation. Tyumen, Publishing Industrial University of Tyumen. 2021. Pp. 75-79. (in Russian)
5. **Kadyseva A. A., Maksimova S. V., Obukhova M. V. [et al.]** *Operation of water supply and wastewater disposal systems.* Tyumen, Publishing Industrial University of Tyumen. 2023. 273 p. (in Russian)
6. **Galiullin M. F., Gurskiy V. A., Krichkovsky E. V., Bychkov D. A.** *Improving the efficiency of production processes with the help of mobile devices.* Water Supply and Sanitary Technique. 2019. No 6. Pp. 19-23. (in Russian)
7. **Reichert V. S.** *Development of a digital twin of the city system of non-pressure drainage.* Collection of scientific papers of the All-Russian Spring School on Digital Economy. Tyumen, Publishing University of Tyumen. 2020. C. 42-46. (in Russian)
8. **Shchhavelev A. S., Tsvilii S. V., Slivenko K. B.** *The experience of introducing tv-inspection of sewers.* Water Supply and Sanitary Technique. 2014. No 6. Pp. 82-85. (in Russian)

Received 31 October 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

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(27). – С. 82-89. – DOI 10.36622/VSTU.2023.50.81.008.

FOR CITATION:

Gurskiy V. A., Bychkov D. A., Obukhova M. V. *Experience of wastewater facilities development on the example of the city of Tyumen.* 2023. No. 4(27). Pp. 82-89. DOI 10.36622/VSTU.2023.50.81.008. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.39.10.009

УДК 628.166:628.19

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Н. В. Попов, И. В. Журавлева, В. В. Помогаева

Попов Никита Владимирович, магистрант кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», технический директор компании ООО «Индустрия Бассейнов», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(904)213-97-03; e-mail: inbassvrn@mail.ru

Журавлева Ирина Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(910)744-41-23; e-mail: izhuravleva@cchgeu.ru

Помогаева Валентина Васильевна, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(950)753-28-86; e-mail: pomogaeva8@mail.ru

Проведен анализ загрязнений, попадающих в воду плавательных бассейнов. Определены основные проблемы, влияющие на качество фильтрации и циркуляции воды плавательных бассейнов. На основе продолжительного практического опыта рассмотрены основные методы обеззараживания воды химическими реагентами с образованием побочных продуктов дезинфекции, а также общедоступные методы их удаления. Рассмотрены методы обеззараживания воды дополнительными установками, с описанием образующихся вредных веществ в процессе их применения. Приведено описание возможных вариантов определения свободного, связанного хлора. Рассмотрены особенности работы анализаторов воды плавательных бассейнов по типам датчиков, определяющих содержание свободного хлора и влияние внешних факторов на конечные показания. Рекомендованы пути улучшения эксплуатации плавательных бассейнов.

Ключевые слова: плавательные бассейны; фильтрация; циркуляция; обеззараживание; побочные продукты дезинфекции; анализатор хлора.

Развитие строительства плавательных бассейнов в России выходит на новый уровень: строятся новые бассейны, происходит реконструкция и модернизация существующих [1], появляется современное оборудование, которое позволяет использовать большое количество систем автоматизации в процессах водоподготовки плавательных бассейнов. Активно уделяется внимание наличию в воде плавательного бассейна продуктов распада после обеззараживания воды [2].

Определение конкретного метода обеззараживания воды бассейна сложная задача. Необходимо собрать большой объем данных: параметры исходной воды, расположение чаши бассейна, пиковая нагрузка, тип бассейна, покрытие и многое другое. Современные анализаторы воды плавательных бассейнов, позволяют определять параметры воды с минимальными погрешностями и максимальным количеством измеряемых параметров.

Плавательные бассейны являются сложными гидротехническими сооружениями, при эксплуатации которых возникает ряд проблем, связанных как с конструкцией сооружений, так и с химическим составом воды. В воде происходят постоянные реакции с образованием продуктов распада, которые могут влиять на состояние здоровья купающихся и оборудования бассейна. При эксплуатации вода в бассейнах загрязняется различными примесями в виде ПАВ, косметики, волос, тяжелых металлов, бактерий, вирусов, грибов, водорослей и других компонентов [2]. Основная часть поверхностно активных веществ в воде бассейна находится в растворе молекулярной или коллоидной формы.

Бактериальные загрязнения представляют серьезную опасность при эксплуатации

бассейнов. Например, от одного пловца в воду бассейна попадает от трехсот до четырехсот миллионов бактерий. Появление в воде паразитов криптоспоридии (не чувствительны к хлору) приводит к развитию заболевания криптоспоридиоза симптомами, которых являются тошнота, рвота в тяжелых случаях летальный исход. При уменьшении обеззараживающего агента в воде плавательного бассейна, происходит образование биоплёнки на поверхностях трубопроводов, фильтров, облицовки бассейна. Биоплёнка защищает патогенные вещества от воздействия дезинфицирующих препаратов. Полное удаление возможно только механическим путём.

Конструкция систем забора воды плавательных бассейнов влияет не только на эксплуатационные характеристики, но и химический состав воды. Вода из бассейна забирается насосами через систему всасывания. Виды систем всасывания могут включать прямое всасывание и переливную систему:

✓ в прямой системе всасывания насос забирает воду непосредственно из бассейна в скиммеры и направляет её через системы водоподготовки в бассейн. В действующем законодательстве запрещено строительство общественных бассейнов скиммерного типа (СП 2.1.3678-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг»);

✓ в переливной системе вода постоянно переливается в переливной лоток бассейна, закрытый специальной решеткой. Для сбора воды с обходных дорожек бассейна устраивается отдельный лоток. Вытесненная вода собирается в переливные лотки, далее в компенсационные баки, из которых насосом перекачивается в систему водоподготовки и возвращается в бассейн через впускные форсунки.

Применение систем забора должно быть обосновано в зависимости от назначения бассейна с учетом преимуществ его характеристик (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные характеристики по видам забора воды

Вид забора воды	Виды загрязнений	Достоинства	Недостатки
Скиммерный	Поверхностные загрязнения 300...400 мм. от зеркала воды.	Меньшие затраты на материалы. Легкость обслуживания. Забор для измерения параметров из возвратной магистрали. Невысокая стоимость монтажа.	Расположение возвратных форсунок в стене чаши. Менее качественное перемешивание воды. Локальный забор в месте расположения скиммера. Неровный уровень воды. Менее эффективная фильтрация. Запрещено строительство общественных бассейнов скиммерного типа
Переливной	Загрязнения по всей глубине воды.	Расположение возвратных форсунок в дне чаши. Качественное перемешивание воды. Забор воды по всему периметру чаши. Ровный уровень воды. Лучшая фильтрация.	Затраты на материалы и монтаж более 30 %. Более сложное обслуживание. Большее испарение воды.

Циркуляция воды в бассейне зависит от многих факторов: формы бассейна, конструкции и расположения впускных форсунок, мощности и расположения циркуляционных насосов, системы трубопроводов, конструкции фильтров и высоты загрузки. Некоторые дополнительные факторы такие, как нагреватели, тепловые насосы, солнечные коллекто-

ры и размещение канализационной системы, могут также влиять на циркуляцию. Анализ параметров гидравлического расчёта и расположение всасывающих устройств показывает, что скорость в них не должна превышать 0,5 м/с, согласно СП 2.1.3678-20. Увеличение скорости всасывания может привести к засасыванию купающихся к всасывающим трубопроводам. Решением проблемы является установка на всасывающие трубопроводы дополнительных клапанов, которые срабатывают в момент аварийной ситуации, а также антивихревых накладок, дублирующих забор воды.

Несмотря на сложности и ограничения, правильно организованная циркуляция воды является ключевым фактором для эффективной очистки воды в бассейне. Она обеспечивает равномерное перемешивание воды и улучшает ее качество, особенно в верхних слоях, которые обычно содержат наибольшую концентрацию загрязнений. Циркуляционная система в бассейне обычно работает круглосуточно, чтобы обеспечить непрерывное движение воды и эффективную обработку. Однако из-за экономии или по незнанию обслуживающий персонал пренебрегает нормативными требованиями и устанавливает свои промежутки времени работы системы.

Постоянный химический состав воды достигается при использовании систем водоподготовки, включающей процесс фильтрации. Фильтрация является одним из главных факторов, отвечающих за нормативное состояние качественных и количественных характеристик воды плавательных бассейнов. Сейчас можно встретить проекты плавательных бассейнов, в которых проектировщики при расчетах ссылаются на европейский стандарт DIN, что не приемлемо и ведет к серьезным последствиям. Европейский стандарт DIN указывает скорости фильтрации 50 м/час, что превышает российскую норму, равную 30 м/час согласно СП 2.1.3678-20.

Мутность воды плавательного бассейна напрямую зависит от скорости фильтрации и площади фильтрации в соответствии с СП 2.1.3678-20. Нормативная скорость фильтрации бассейновой воды составляет не более 30 м/ч. Оптимальной можно считать скорость фильтрации 18 м/ч, при увеличении скорости количество загрязнений, проходящих сквозь слой фильтрующей загрузки без задержки, значительно увеличивается. Это может привести к неполной очистке воды и ухудшению ее качества. Кроме того, повышенная скорость фильтрации может вызвать повреждение фильтрующей загрузки, повышенный износ оборудования и увеличение энергопотребления.

На качество воды влияет показатель pH, который должен быть в пределах 7,2...7,6, при отклонении от нормы снижается эффективность процессов обеззараживания воды. При эксплуатации необходимо регулярно проверять уровень pH в воде бассейна. Оптимальным препаратом для снижения уровня pH, являются кислоты:

- ✓ соляная кислота, позволяет уменьшить образование малорастворимых солей в жесткой воде;
- ✓ серная – увеличивает общий уровень растворенных твердых веществ, может образовывать сульфаты.

Проблемы обеззараживания воды в плавательных бассейнах

Основным препаратом для обеззараживания воды в плавательных бассейнах, является гипохлорит натрия, фасовка которого производится в канистры различного объема, концентрацией от 5...19 %. Потери концентрации рабочего раствора могут достигать 50% и зависят от условий транспортировки и хранения. Для применения в плавательных бассейнах, используется гипохлорит натрия марки А. Многие предприимчивые поставщики наливают в тару известных производителей гипохлорит натрия марки В или разводят препараты бытовой химии, содержащие хлор, с водой, тем самым подвергают опасности посетителей бассейна и обслуживающий персонал.

При обеззараживании воды гипохлоритом кальция, рабочий раствор производится непосредственно на объекте из гранул концентрацией 70 %. Использование продукции от проверенных производителей, может гарантировать качество продукта. Подделка гипохлорита кальция, может привести к серьезным последствиям.

хлорита кальция встречается реже, чем гипохлорита натрия. Определить некачественный товар можно перед применением. При разведении гипохлорита кальция 2,5 кг с водой 100 л, в дозирующей ёмкости образуется осадок высотой более 150 мм.

Сравнительные характеристики основных средств дезинфекции воды плавательных бассейнов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительные характеристики основных средств дезинфекции воды
плавательных бассейнов

Вид дезинфекции	Достоинства	Недостатки
Гипохлорит кальция. Концентрированный сухой продукт (обычно содержит от 68 % до 75 % свободного хлора)	При хранении в сухом прохладном месте не теряет свои свойства более 2 лет. Увеличивает качество воды и жёсткость. Лучший контроль за водой. Отсутствие проблем излишней стабилизации. Более устойчивый уровень pH. Увеличивается срок жизни оборудования, труб и межплиточного раствора. Нечувствителен к теплу и свету. Нечувствителен к морозу. Занимает меньше места для хранения. Не требует специальных условий при транспортировке. Нет потерь в концентрации свободного хлора. Применение в станциях автоматической дозации.	Высокая стоимость Европейских производителей. Осадок в дозирующих ёмкостях. Более частое обслуживания форсунок впрыска реагента. Снижение концентрации в воде открытых бассейнов под воздействием солнечных лучей.
Гипохлорит натрия (обычно содержит от 5 % до 19 % свободного хлора)	Не требует приготовления раствора, дозируется из поставляемой тары. Менее частое обслуживания форсунок впрыска реагента. Применение в станциях автоматической дозации.	Большое количество жидкости. Непостоянная концентрация. Требуется в 5 раз больше места для хранения. По факту 10...14 % свободного хлора. Срок годности – 6 месяцев. Нет добавки кальция. Значительно повышает уровень общего солесодержания. Невозможно длительное хранение из-за короткого срока годности. Ежедневные потери в концентрации свободного хлора в дозирующей ёмкости. Сильная щелочь – необходимость в значительной коррекции pH (pH 12). Снижение концентрации в воде открытых бассейнов под воздействием солнечных лучей. Очень чувствителен к теплу и свету при хранении. Замерзает при $t < 0^{\circ}\text{C}$. Требуется специальных условий при транспортировке.

При обеззараживании гипохлоритом натрия, концентрация соли (NaCl) в воде бассейна составляет 2 мг/л, вкус соли практически не ощутим. Раствор получают в электролизерах [3]. При использовании этих устройств необходимо периодически очищать электроды от катодных отложений. При выборе данного вида обеззараживания необходимо применять закладные элементы из нержавеющей стали марки AISI 316L, титановый теплообменник, циркуляционные насосы для соленой воды. Необходимо использовать дополнительные методы обеззараживания воды для борьбы с хлораминами.

При эксплуатации бассейнов один раз в день, при отсутствии посетителей, проводится предельное хлорирование - добавление достаточного количества хлора в воду бассейна для уничтожения бактерий, вирусов и других микроорганизмов.

Хлорирование производится до точки перелома: повышением концентрации свободного хлора в 10 раз большей, чем концентрация связанного хлора. Во время этого процесса уровень хлора в воде может быть выше обычного, но после полного следующего оборота воды в бассейне он обычно возвращается к нормальному уровню. Уровень свободного (остаточного) хлора при хлорировании должен быть не менее 0,3 мг/л, для комбинированного метода очистки – не менее 0,1 мг/л, уровень связанного хлора - не более 0,2 мг/л по нормам СП 2.1.3678-20.

Хлор при взаимодействии с загрязнениями воды бассейна образует трихлорметан или хлороформ. Хлороформ – это токсическое вещество, максимально допустимые концентрации в воде бассейна составляют 0,06 мг/л, согласно ГОСТ Р 70688-2023 «Бассейны для плавания. Водоподготовка». Хлороформ содержится не только в воде бассейна, а также в воздухе над поверхностью воды. Признаками отравления хлороформом является повышенная утомляемость, головокружение, также хлороформ является причиной раковых заболеваний. Определить наличие хлороформа в воздухе по запаху, в концентрациях, которые наносят вред здоровью проблематично. Замерять хлороформ необходимо один раз в месяц.

В результате реакции хлора с аммиаком образуются хлорамины [5]:

- ✓ монохлорамин – реакция хлора с аммиаком, стабилен при нормальных уровнях pH, мало эффективен для дезинфекции воды, не раздражает кожу и глаза;

- ✓ дихлорамин – вторая реакция. Он вызывает раздражение глаз и носа и неустойчив при нормальных уровнях pH, но может быть разложен при наличии достаточного количества хлора;

- ✓ трихлорамин (комбинированный хлор) вызывается третьей реакцией. Может образоваться, если хлора недостаточно, появляется специфический запах хлора, содержит большое количество раздражителей для слизистых оболочек. Уровень связанного хлора нормируется СП 2.1.3678-20 и составляет не более 0,2 мг/л.

Реакция хлорноватистой кислоты с азот-содержащими органическими соединениями является следствием образования органических хлораминов. В основном накопление органических хлораминов в воде происходит в закрытых бассейнах. Ультрафиолет солнечных лучей препятствует образованию и способствует разложению органических хлораминов. После проведения шокового хлорирования концентрация связанного хлора может не только сохраняться, но и привести к большей концентрации вредных веществ в воде бассейна. Концентрация в воде плавательного бассейна может составлять до 3 мг/л, без заметного снижения качества воды.

Удаление органических хлораминов происходит при добавлении пресной воды, или воды с низким содержанием хлора в бассейн, для уменьшения их концентрации. Для полного удаления используются фильтры с загрузкой из активированного угля с высокой поверхностной активностью. Фильтры должны периодически чиститься или заменяться для улучшения их эффективности.

Дополнительные методы обеззараживания воды плавательных бассейнов

Сравнительные характеристики дополнительных методов обеззараживания воды плавательных бассейнов показаны в табл. 3.

Таблица 3

Сравнительные характеристики дополнительных методов обеззараживания воды плавательных бассейнов

Наименование средства дезинфекции	Чем привлекает заказчика	Достоинства	Недостатки
Серебро и медь для обеззараживания воды	Отсутствие хлора в воде	Отсутствие дополнительных методов обеззараживания. Применение в небольших частных бассейнах	Затруднен контроль концентрации что приводит к увеличению ПДК. Происходит накопление меди в организме, что приводит к серьёзным заболеваниям печени. Возможно образование формальдегида
Ультрафиолетовые установки	Удаление хлорного запаха	Удаление хлораминов. Высокая эффективность при применении ламп высокого давления. Уничтожение бактерий и вирусов. Может снизить зависимость от хлора и других химических дезинфицирующих средств	Не имеет остаточного последствие. Необходимо поддерживать прозрачность воды. Требуется периодическая чистка кварцевого чехла. Эффективны только против определенных видов бактерий и вирусов. Низкая эффективность установок с лампами низкого давления. Высокая стоимость установок с лампами высокого давления
Перекись водорода (активный кислород).	Низкая стоимость	С профессиональной точки зрения, в воде бассейна не имеет	Образование формальдегида. Специализированный контроль концентрации. Нормы концентрации перекиси превышают рекомендованные в несколько раз. Происходит процесс консервации, который инициирован формальдегидом
Озонирование воды	Эффективность обеззараживания воды	Уничтожение бактерий, вирусов, грибов и др. патогенных организмов. Озон работает намного быстрее, чем хлор. Устраняет запахи хлора и других органических загрязнителей. Уменьшение количества требуемого хлора или др. дезинфицирующих средств	Не имеет остаточного последствие. Требуется установки дополнительных фильтров. Образование формальдегида, способствует токсическому воздействию на ЦНС. Требуется специализированного обслуживания

Ультрафиолетовые (УФ) установки для обеззараживания воды на Российском рынке представлены с лампами низкого и высокого (многие производители указывают среднего) давления сроком службы до 16 000 часов. Диапазон излучения установок с лампами низкого давления составляет 254 нм, именно в этом спектре происходит разложение монохлораминов, мощность излучения не превышает 40 мДж, что не обеспечивает удаление специфического хлорного запаха за который отвечают ди- и трихлорамины. Эти установки имеют малую эффективность в плавательных бассейнах.

УФ-установки с лампами высокого (среднего) давления имеют диапазон от 200-600 нм при мощности излучения до 120 мДж сроком службы до 6 000 часов [3]. Оптимальная мощность составляет 60 мДж, при таких показателях происходит эффективное разложение ди-трихлораминов и удаление хлорного запаха [4]. Указанные установки имеют высокую эффективность в плавательных бассейнах.

При выборе установки необходимо соблюдать прозрачность воды, повышенная мутность приводит к уменьшению эффективности. На кварцевом чехле УФ-установки образовывается налет препятствующий проникновению УФ-лучей снижая эффективность. Ультрафиолетовое излучение не имеет последствий и эффективно только в комбинации с хлором.

Озонирование воды также применимо в плавательных бассейнах. Выработка озона для производится в основном с использованием коронного разряда или УФ-облучения чистого кислорода или кислорода воздуха [6]. Озон эффективно удаляет из воды плавательных бассейнов хлорамины, являющиеся причиной запаха хлора. Камеры дегазации, представленные некоторыми производителями, не могут обеспечить удаление озона, также необходим постоянный контроль над отведением озона и предотвращение его повышенного содержания в техническом помещении. Необходимо наличие отдельного фильтра с озон-устойчивым покрытием и сорбентом, для предотвращения попадания остаточного озона в воду бассейна. Принципиальным недостатком озона, является отсутствие обеззараживающего последствие, в следствии быстрого разложения в воде. Бактериальная чистота обеспечивается дополнительным добавлением в воду бассейна хлора.

При использовании перекиси водорода и озонирования в воде плавательных бассейнов образуются побочные продукты, негативно влияющие на здоровье посетителей. Перекись водорода, озон, кислород, являются радикал-образующими веществами. Цепные радикалы инициируют процесс окисления дегидрирования углеводов. Углеводы представлены в виде: насыщенных, ненасыщенных, ароматических и даже полимерных веществ [7]. Реакции, проходящие в воде бассейна, приводят к образованию побочного продукта, а именно формальдегида:



Формальдегид способствует токсическому воздействию на центральную нервную систему (ЦНС). При ингаляции или контакте формальдегида с кожей или слизистыми оболочками, он может вызвать различные негативные эффекты на здоровье, включая головные боли, утомление и подавленное состояние. К симптомам отравления можно отнести изменение цвета кожных покровов, нарушения состояния сознания, ухудшение дыхательных функций, мигрень, судорожные припадки в ночное время. Потенциально он может вызывать астму и астматические приступы.

Дозирующее и измерительное оборудование

Дозирующее и измерительное оборудование для плавательных бассейнов широко представлено в различных конфигурациях [8, 9]. Станции контроля и дозирования производят измерения по следующим параметрам: рН (потенциометрические датчики), Редокс (окислительно-восстановительный потенциал), прямые показатели свободного и связанного хлора (фотоколориметрическая, амперометрическая). Сравнительная характеристика дозирующих устройств приведена в табл. 4.

Измерения в воде бассейна свободного хлора колориметрическим методом проводятся при добавлении в воду реагента в виде таблеток или жидкости [8]. Под воздействием реагента вода меняет цвет от светло красного до темно бордового, показания сравниваются с эталонным значением [3]. Погрешности колориметрического метода достигают значений 1...2 мг/л (свободный хлор), а содержание в 7...10 мг/л показывают значения 0,1...0,8 мг/л. Определение связанного хлора по цвету воды, с превышением нормы в 0,2 мг/л, практически невозможно. Во время измерения связанного хлора показания содержат в себе органические и неорганические хлорамины, в следствие чего содержание связанно-

го хлора может доходить до 3 мг/л, что превышает нормы в 15 раз. Производить измерения по свободному хлору необходимо каждые 4 часа с записью в журнал, многие игнорируют данные предписания. На многих объектах отсутствуют не только лаборатории, но и простые фотометрические контроллеры, с помощью которых можно определить опасный – связанный хлор.

Таблица 4

Сравнение дозирующих устройств

Тип дозирующего устройства	Единицы измерения параметров	Достоинства	Недостатки
Анализаторы Редокс	мВ	Невысокая стоимость	Необходимо перевести в мг/л свободного хлора, зависимость от pH, температуры. Электромагнитные помехи
Датчик свободного хлора	мг/л	Невысокая стоимость	Не совместим с наличием изоциануровой кислоты, поверхностно-активными веществами (ПАВ), флокулянтам, железом и марганцем
Амперометрическая ячейка	мг/л	Измерения производятся по ионам гипохлорита	Влияют на показания органического хлора в виде трихлоризоциануровой кислоты, дихлоризоцианурат натрия, pH, температура, загрязнение электрода, неправильная калибровка.
Мембранный амперометрический датчик	мг/л	Наличие мембраны, низкая зависимость от изменения показателя в воде pH может работать в воде с изоциануровой кислотой, поверхностно-активных веществ (ПАВ), флокулянта	Высокая стоимость, электролит как расходный материал. Необходимо следить за чистотой подаваемой воды на датчик.
Фотометрический контроллер	мг/л	Определение показаний воды происходит с помощью оптической системы, что исключает погрешности измерения связанные с расходом воды, температурой или реагентами, применяемыми для хлорирования (гипохлорит, изоцианурат и т.д.)	Высокая стоимость анализатора и реагентов.

Измерения в воде бассейна свободного хлора анализаторами Редокс усложняется при переводе значений из милливольт в мг/л свободного хлора. Значения по Редокс, имеют прямую зависимость от pH, проводимости и температуры воды. Применение данных анализаторов приводит к получению недостоверных данных, что может стать причиной серьезных изменений параметров качества воды.

При измерении датчиком свободного хлора по остаточной концентрации свободного хлора в воде бассейна, недостатком является прямая зависимость от pH и термокомпенсации, ПАВ, флокулянтов, изоциануровой кислоты, Fe, Mn.

Измерение свободного неорганического хлора с использованием амперометрической ячейки основан на процессе окисления и восстановления хлора (измерение тока). Хлорноватистая кислота разлагается на ион водорода и ион гипохлорита, измерения производятся по ионам гипохлорита. На измерения могут повлиять наличие других окислителей (органический хлор в виде трихлоризоциануровой кислоты, дихлоризоцианурат натрия), pH,

температура, загрязнение электрода, неправильная калибровка. Некоторые реактивные вещества, такие как аммиак, сероводород, соединения железа и другие, могут взаимодействовать с хлором и вызывать ложные сигналы или искажения в измерениях.

Анализ свободного хлора мембранным амперометрическим датчиком является более точным, вследствие низкой зависимости от изменения показателя pH. Датчик может работать в воде с изотиоциануровой кислотой, ПАВ, флокулянтами [10]. Конструктивная особенность заключается в наличии мембраны, не допускающей потерю электролита, пропуская только необходимый для измерения состав жидкости, отфильтровывая ненужные примеси. Измерения производятся по органическому и неорганическому хлору в свободной или связанной форме. При проведении замеров необходимо следить за чистотой подаваемой воды на датчик.

Определение свободного хлора фотометрическим контроллером, показывает более достоверный результат, чем показания амперометрических и потенциостатических датчиков хлора. Анализ основан на методе фотометрии для измерения оптической плотности воды, что позволяет точно определить содержание дезинфицирующих средств. Определение показаний воды происходит с помощью оптической системы, что исключает погрешности измерения связанные с расходом воды, температурой или реагентами, применяемыми для хлорирования.

В процессе эксплуатации возникают ошибки в работе дозирующего оборудования и настройки анализаторов, которые приводят к негативным последствиям. При неверной настройке или сбое в работе дозирующего оборудования может произойти одновременная подача в систему гипохлорита натрия и серной кислоты. При низком уровне воды в скиммерных (заборный трубопровод) бассейнах происходит образование воздушной пробки и накопление большой концентрации хлора, который попадая в бассейн, ведет к отравлению купающихся. Необходима установка датчиков протока на ячейку измерения с возможностью отключения анализатора при уменьшении скорости протока.

Для безопасной и эффективной работы систем очистки воды бассейна следует соблюдать следующие рекомендации:

- ✓ забор воды из бассейна на датчик или измерительную ячейку необходимо производить минимум из двух мест чаши бассейна;
- ✓ при настройке контроллеров воды бассейна необходимо определить последовательность дозирования кислоты и дезинфектанта;
- ✓ пропорциональный режим предотвращает резкое повышение дезинфицирующего вещества в воде;
- ✓ для уменьшения pH воды плавательного бассейна необходимо настроить насосы для расчетного объема воды в чаше бассейна на минимальную производительность. Высокая производительность может привести к резкому падению значений pH воды;
- ✓ установка времени дозирования для предотвращения повышения дезинфицирующего вещества в воде.

Современные анализаторы имеют широкий диапазон настроек, которые необходимо использовать в процессе эксплуатации плавательных бассейнов.

Опыт эксплуатации показывает, причиной возникновения основных проблем плавательных бассейнов безусловно является неверно выполненный проект. В момент разработки проекта обычно нет контакта проектировщиков и инженеров, которые будут эксплуатировать плавательный бассейн. Встречаются ситуации, когда проектировщики просто берут типовый проект и, внося небольшие корректировки, переводят его в стадию рабочего, так как в стадии проектного он прошел экспертизу и был утвержден.

Часто возникают ситуации, когда после строительства бассейна заказчик решает сэкономить на последующей эксплуатации. Обслуживание бассейна осуществляется персоналом, который, не имея навыков и определенного опыта, не понимает всей ответственно-

сти и может нанести не только вред себе, но и посетителям бассейна, в некоторых случаях с летальным исходом.

Заключение.

Представлен анализ основных методов обеззараживания воды химическими реагентами с описанием образующихся вредных веществ в процессе их применения. Приведены сравнительные характеристики основных и вспомогательных средств дезинфекции воды и особенности работы дозирующих устройств, от корректной работы которых также зависит качество воды в бассейне.

Приведено описание возможных вариантов определения свободного, связанного хлора. Рассмотрены особенности работы анализаторов воды плавательных бассейнов по типам датчиков, определяющих содержание свободного хлора и влияние внешних факторов на конечные показания. Рекомендованы пути улучшения эксплуатации плавательных бассейнов.

Основываясь на анализе исследований данных из различных источников и изученном опыте эксплуатации плавательных бассейнов, можно рекомендовать комбинированный метод очистки воды. Ультрафиолетовые установки с лампами высокого давления мощностью излучения 60 мДж и гипохлорит кальция, как остаточный обеззараживающий агент в воде плавательного бассейна, являются оптимальным комбинированным методом с точки зрения эффективности обеззараживания, а также технико-экономического обоснования для применения в плавательных бассейнах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Селезнев, В. А.** Основные условия, влияющие на выбор системы водоподготовки плавательного бассейна / В. А. Селезнев, А. А. Корнеев // Вестник НГИЭИ. – 2014. – № 12(43). – С. 74-78.
2. **Кофман, В. Я.** Токсичные побочные продукты обеззараживания воды в плавательных бассейнах: пути образования и санитарные риски (обзор) / В. Я. Кофман // Водоснабжение и санитарная техника. – 2017. – № 7. – С. 38-47.
3. **Завьялова, А. А.** Разработка электрохимических устройств для повышения эффективности процесса очистки воды в бассейнах: автореф. дис. на соискание ученой ст. канд. техн. наук 02.00.05 – Электрохимия / А. А. Завьялова. – Москва: Московский энергетический институт, 2007. – 20 с.
4. **Собур, Д. А.** О целесообразности использования ультрафиолета для удаления хлораминов в плавательных бассейнах / Д. А. Собур, А. А. Ткачев, С. В. Костюченко // Водоснабжение и санитарная техника. – 2023. – № 8. – С. 17-22.
5. **Маслюков, А. П.** О механизме бактерицидного действия химических дезинфектантов / А. П. Маслюков, Ю. А. Рахманин, Г. А. Матюшин // Гигиена и санитария. – 1991. – № 11. – С. 6-11.
6. **Разумовский, С. Д.** Озон и его реакции с органическими соединениями / С. Д. Разумовский, Г. Е. Заиков. – Москва: Наука, 1974. – 316 с.
7. **Аристова, Н. А.** Генерирование озono-гидроксильной смеси в коронном электрическом разряде / Н. А. Аристова, И. М. Пискарев // Журнал физической химии. – 2003. – Т. 77. – № 5. – С. 813-816.
8. **Бухаров, Д. Г.** Микропроцессорный электрохимический прибор для безреагентного определения параметров активированных растворов в реальном времени / Д. Г. Бухаров, В. Г. Алешин, С. И. Нефедкин // Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления» сборник материалов Российской метрологической академии. – Москва: МГИЭМ, 2002. – С. 38-45.

9. **Каратаев, О. Р.** Проблема физико-химических методов анализа водной среды плавательных бассейнов / О. Р. Каратаев, Э. В. Тимеркаева // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2013. – Т 3. – С. 3211-3215.

10. **Гиззатова, Г. Л.** Разработка метода очистки воды в плавательных бассейнах от поверхностно-активных веществ: автореф. дис. на соискание ученой ст. канд. техн. наук 05.23.04 / Г. Л. Гиззатова, ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, 2014. – 19 с.

Поступила в редакцию 30 октября 2023

PROBLEMS OF OPERATION OF SWIMMING POOLS AND THEIR SOLUTION METHODS

N. V. Popov, I. V. Zhuravleva, V. V. Pomogaeva

Nikita Vladimirovich Popov, postgraduate student at Voronezh State Technical University, engineering manager at Industry of pools LLC, Voronezh, Russia, tel.: +7(904)213-97-03; e-mail: inbassvrn@mail.ru

Irina Vladimirovna Zhuravleva, Cand. Sc. (Techn.), Associate Professor at the Department of Hydraulics, Water Supply and Sewerage at Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(910)744-41-23; e-mail: izhuravleva@cchgeu.ru

Valentina Vasilyevna Pomogaeva, Cand. Sc. (Techn.), Associate Professor at the Department of Hydraulics, Water Supply and Sewerage, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(950)753-28-86; e-mail: pomogaeva8@mai.ru

The article provides an analysis of pollutants entering the water of swimming pools. We identified the main factors affecting the quality of water filtration and circulation in swimming pools. Based on extensive practical experience, we considered the main methods of water disinfection using chemical reagents with the formation of disinfection by-products as well as commonly used methods of their removal. We also analyzed additional water disinfection methods using specialized equipment, with a description of the harmful substances formed during their application. We described possible options for determining free and combined chlorine levels. We as well discussed water analyzers for swimming pools, focusing on the types of sensors that determine the free chlorine content and the impact of external factors on the final readings. Finally, we recommended ways to improve the operation of swimming pools.

Keywords: swimming pools; filtration; circulation; disinfection; disinfection; disinfection by-products; chlorine analyzer.

REFERENCES

1. **Seleznev V. A., Korneev A. A.** *Basic conditions influencing the choice of water treatment system for a swimming pool.* Bulletin of NGIEI. 2014. No. 12(43). Pp. 74-78. (in Russian)
2. **Kofman V. Ya.** *Toxic byproducts of water disinfection in swimming pools: ways of formation and health risks (review).* Water supply and sanitary technology. 2017. No. 7. Pp. 38-47. (in Russian)
3. **Zavyalova A. A.** *Development of Electrochemical Devices for Increasing the Efficiency of Water Treatment in Swimming Pools.* Power Engineering Institute (Technical University). Moscow. 2007. 20 p. (in Russian)
4. **Sobourg D. A., Tkachev A. A., Sobourg D. A., Kostyuchenko S. V.** *On the practicality of using ultraviolet to remove chloramines in swimming pools.* Water supply and sanitary equipment. 2023. No. 8. Pp. 17-22. (in Russian)

5. **Maslyukov A. P., Rakhmanin Yu. A., Matyushin G. A.** *On the Mechanism of Bactericidal Action of Chemical Disinfectants.* Hygiene and Sanitation. 1991. No.11. Pp. 6-11. (in Russian)
6. **Razumovsky S. D., Zaikov G. E.** *Ozone and its Reactions with Organic Compounds.* Moscow. 1974. 316 p. (in Russian)
7. **Aristova N. A., Piskarev I. M.** *Generation of Ozone-Hydroxyl Radical Mixture in a Corona Electrical Discharge.* Journal of Physical Chemistry. 2003. Vol. 77. No. 5. Pp. 813-816. (in Russian)
8. **Bukharov D. G., Aleshin V. G., Nefedkin S. I.** *Microprocessor Electrochemical Device for Reagentless Real-time Determination of Activated Solutions Parameters.* Conference Proceedings Sensors and Information Conversion Devices for Measurement, Control, and Management Systems. Russian Metrological Academy (Moscow). MGIEM. 2002. Pp. 38-45. (in Russian)
9. **Karataev O. R., Timerkaeva E. V.** *The problem of physical and chemical methods for analyzing the aquatic environment of swimming pools.* Scientific and methodological electronic journal Concept. 2013. No. 3. Pp. 3211-3215. (in Russian)
10. **Gizzatova G. L.** *Development of a method for purifying water in swimming pools from surfactants: abstract of thesis.* Volgograd State Agrarian University. Volgograd. 2014. 19 p. (in Russian)

Received 30 October 2023

Для цитирования:

Попов, Н. В. Проблемы эксплуатации плавательных бассейнов и методы их решения / Н. В. Попов, И. В. Журавлева, В. В. Помогаева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 90-101. – DOI 10.36622/VSTU.2023.39.10.009.

FOR CITATION:

Popov N. V., Zhuravleva I. V., Pomogaeva V. V. *Problems of operation of swimming pools and their solution methods.* 2023. No. 4(27). Pp. 90-101. DOI 10.36622/VSTU.2023.39.10.009. (in Russian)

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

DOI 10.36622/VSTU.2023.83.94.010

УДК 711.5

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ КОМФОРТНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ЖИЛОГО РАЙОНА Г. ОРЛА

Е. В. Золотарева, Л. А. Волкова

Золотарева Елена Васильевна, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры проектирования городской среды, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», Орел, Российская Федерация, тел.: +7(953)811-21-98; e-mail: flower64@mail.ru

Волкова Людмила Александровна, канд. архитектуры, доцент, заведующая кафедрой проектирования городской среды, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», Орел, Российская Федерация, тел.: +7(905)167-85-20; e-mail: l.a.v.2701@mail.ru

Накопленный в градостроительной практике как отрицательный, так и положительный опыт требуют поиска качественно новых принципов формирования городского жилья как на новых застраиваемых территориях, так и в условиях сложившейся застройки. Подавляющую часть жилых территорий в больших и крупных городах нашей страны составляют «спальные» микрорайоны с многоквартирными домами массовых серий. Качество жилой среды большинства таких микрорайонов и района в целом не соответствует современным требованиям и представлениям о комфорте и безопасности. Эффективность решений по реновации территории кварталов и всего района напрямую зависит от полноты и качества градостроительной оценки комфортности жилой среды на предпроектной стадии работ. Градостроительный анализ и оценку качества городской жилой среды необходимо приводить к комплексным показателям комфортности, включающим экономическую, экологическую, социо-психологическую составляющую. В процессе проведенных исследований оценивалась комфортность Северного района г. Орла с точки зрения формирования общих функционально-комфортных, биоклиматически комфортных условий, условий комфортности и безопасности пешеходных путей, эстетических и психологических качеств жилой среды. Сформулированы основные направления по созданию более благоприятной для пребывания человека урбанизированной среды.

Ключевые слова: комфортная городская среда; градостроительный анализ; микрорайон; благоустройство дворовых территорий; доступная среда; критерии оценки городской среды.

Сложившаяся благоприятная урбанизированная среда является важным фактором успешности социально-экономического развития города, его привлекательности для людей. Проблема формирования комфортных условий проживания людей в градостроительной среде становится все более актуальной по мере развития городов. Важным этапом формирования таких условий должно стать проведение анализа компонентов градостроительной среды, формирующих те самые комфортные условия. Комплексный анализ градостроительной среды жилых районов позволит выявить степень безопасности, благоустройства и иные особенности территории, т.е. тем самым определить ее социально-экономический статус.

Современный подход к формированию комфортной городской среды напрямую влияет на уровень качества жизни населения. И этот показатель включает в себя не только

экономическую составляющую, но и экологическую, и психологическую.

Если говорить о неблагоприятных воздействиях, которым человек подвергается в урбанизированной среде, то их можно разделить на 3 группы:

- ✓ ситуации техногенного характера (транспортная аварийность, пожары и т.п.);
- ✓ ситуации природного происхождения (наводнения, снежные и песчаные бури, извержения вулкана и т.д.);
- ✓ ситуации экологического происхождения (загрязнения водного и воздушного бассейнов, ухудшение состояния почв и растительности) [1].

Конечно, все перечисленные ситуации так или иначе связаны между собой, но в первую очередь прослеживается связь между неблагоприятными воздействиями техногенного характера и ухудшением экологической обстановки городов, особенно крупных. Поэтому для формирования комфортной городской среды необходимо в процессе анализа выявить на конкретной территории комплекс отрицательных факторов, чтобы в перспективе градостроительными методами минимизировать их воздействие [2].

Градостроительная среда – сложный объект, формирующийся под влиянием множества факторов: природных, архитектурно-ландшафтных, социально-экономических, инфраструктурных, техногенных [2, 3].

Проблема формирования комфортной жилой среды в России затрагивается на различных уровнях власти, в обсуждении этой проблемы участвуют специалисты различных профессий: архитекторы, социологи, девелоперы, риелторы и др. Вместе с тем на настоящий момент нет четкого представления и общего понимания, как воспринимается, как определяется и как оценивается «комфортность среды» архитекторами, проектировщиками, застройщиками, а главное, теми людьми, которые проживают и планируют проживать в имеющихся условиях, соответствует ли эта среда запросам сегодняшнего дня для жителей российских городов [4].

К жилой среде районов, кроме собственно жилища, относятся как территории в непосредственной близости от дома – придомовые территории, внутريدворовые пространства, так и территории общего пользования: улицы, скверы, переулки, набережные и др., представляющие собой территориально-пространственные образования и пути перемещения и движения одновременно, где реализуются социальные, бытовые и рекреационные потребности населения.

Такие факторы, как: функциональная насыщенность, форма, размеры, ориентация различных участков жилой среды, а также их взаимное расположение друг относительно друга, создают соответствующие условия с одной стороны – климатического и биоклиматического характера, с другой – социально-психологические установки, формирующие устойчивый стереотип поведения человека в жилой среде.

Важнейшим показателем комфортности и безопасности как жилой среды, так и в целом территорий и объектов города независимо от функциональной составляющей, является комфорт и доступность объектов среды, то есть габариты и конфигурация, удобные для подхода, перемещения, манипуляций и использования любым человеком, не зависимо от его роста, фигуры или степени подвижности, а также простота и интуитивная доступность, независимо от опыта, знаний, языковых навыков и уровня концентрации пользователя в данный момент.

В группе факторов, оцениваемых с точки зрения соответствия биоклиматически комфортным условиям жилой среды, являются инсоляция, аэрация жилых открытых пространств, ветровой режим.

В современном городе человек теряет значительную часть биологически активного естественного освещения. Многоэтажная городская застройка и загрязнение атмосферного воздуха городов уменьшают натуральную освещенность и ультрафиолетовую радиацию на уровне земли более чем на 40 %. Застройка малоэтажными домами понижает этот неблагоприятный показатель более чем на половину [5].

Немаловажное значение имеет рациональное, с гигиенической точки зрения, искусственное освещение. Уровень освещения объектов благоустройства дворовых и придомовых территорий, общественного назначения, пешеходно-транспортной инфраструктуры города, степень светового загрязнения, «засвечивания» открытых участков в вечернее-ночное время оценивается на соответствие требованиям СанПИН и СП. Анализу подлежит также показатель сформированности единой цветоцветовой среды, в том числе элементов озеленения жилых зон.

Оценка аэрации и ветрового режима территории жилой застройки микрорайонов проводится на основе закономерностей его формирования под влиянием отдельных элементов городского ландшафта и его структуры в целом (планировочное решение микрорайонов и характер застройки в целом, ориентации магистралей, улиц и проездов, соотношения застроенных и озеленённых территорий; условия рельефа, наличия водоёмов и т. п.). Результатом оценки ветрового режима является карта аэрации всего города или его отдельных районов.

Умеренные величины скорости ветра обеспечивают проветриваемость дворов, предотвращая скапливание мусора и выхлопных газов. Трансформированные же застройкой ветровые потоки (сильный ветер, порывы) способны нанести вред как людям, так и окружающим нас объектам: потеря равновесия и чрезмерное переохлаждение как результат воздействия шквального ветра, срыв элементов вентилируемых фасадов со стен зданий, помеха для проведения строительных и прочих работ на высоте. Задача исследования – выявить места, где воздушные течения могут вызвать дискомфортные условия, и применить требуемые проектные решения [6].

Забота о человеке, стремление создать комфортную среду, обеспечивающую здоровые условия проживания, является одним из главных факторов, определяющих архитектурные решения. Значение архитектуры зданий, их влияние на эстетические и визуальные качества городской среды диктуют целесообразность оценки их архитектурно-художественного облика [7, 8].

Особенности сложившихся эстетических характеристик жилой среды городов отражает период времени, в который среда формировалась. Жилая застройка середины 1970-х...1980-х годов на современном этапе представляет собой насущную проблему для многих жителей, властей города, а также архитекторов, строителей, занимающихся вопросами ее реконструкции. Являясь прогрессивным шагом на пути развития жилищной архитектуры, этапом массовой индустриализации строительства, она в свое время помогла реализовать в сжатые сроки правительственную программу по обеспечению жильем населения с посемейным расселением. В каждом городе, районе появились жилые массивы с комплексным социально-бытовым обслуживанием в виде школ, детских садов, магазинов. При этом глобальные масштабы стройки и желание скорейшего удовлетворения в жилье населения, несовершенство индустриальной базы привели к незавершенным жилым структурам с точки зрения комплексности их решений, общей невыразительности архитектуры индустриальных жилых зданий [9].

Анализ эстетической составляющей жилой среды микрорайонов является в большинстве своем субъективной оценкой. Исследование архитектурно-художественных качеств застройки и средовых объектов представляется возможным проводить, опираясь как на мнение жителей обследуемых микрорайонов, так и на результаты экспертной оценки. Критериями эстетической оценки жилой среды могут служить такие средства гармонизации, как: масштабность, архитектоничность, композиционная целостность фронта застройки, целостность застройки по высоте, упорядоченность распределения масс композиции, объемно-пространственная целостность структуры композиции, композиционные нюанс-контраст, статичность-динамичность, ритм-метр, модульность, синтез искусств, фактура, освещение, полнота восприятия и др. [10].

В качестве объекта исследований выбран Северный район г. Орла. Город Орел – областной центр, расположен в 368 км к юго-западу от Москвы на Среднерусской возвышенности. Город считается экологически благоприятным, основная доля загрязнения воздуха приходится на автотранспорт. В его состав входит 4 административных района, Северный район – самый молодой, образован в 1999 году в связи с развитием территории рядом со сталепрокатным заводом. Поэтому можно говорить, что район создавался в течение непродолжительного времени (с 1970-х годов), что повлияло на его архитектурные и градостроительные особенности (рис. 1).

Для детального анализа были выбраны 5 микрорайонов, расположенных компактно (рис. 2).

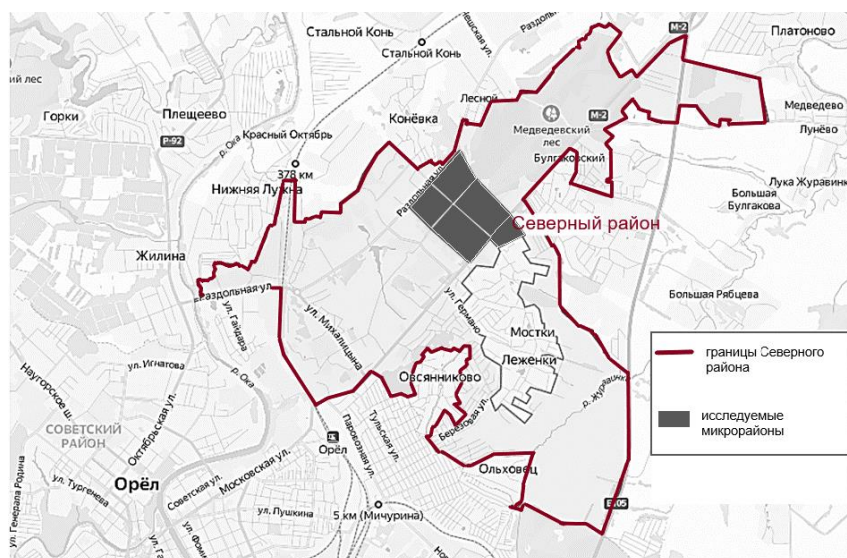


Рис. 1. Северный район г. Орла Карта Северного района г. Орла¹



Рис. 2. Расположение анализируемых микрорайонов

В процессе проведенных исследований авторы постарались учесть все многообразие факторов и оценить их с позиций комфортности для пребывания человека. Для проведения градостроительного анализа использовались различные методы, такие как:

- ✓ интервьюирование жителей микрорайонов. Опрос жителей позволил выявить их потребности и оценить удовлетворенность качеством городской среды.
- ✓ натурное обследование, сбор и анализ статистических данных позволили оценить экономическое и социальное развитие района;

¹ Яндекс карты: <https://yandex.ru/maps/-/CDaTQY6B>

✓ анализ картографических данных. Использовался в целях визуализирования территорий и определения основных элементов ее инфраструктуры.

Комплекс градостроительных исследований Северного жилого района включает следующие положения:

1) оценка общих функционально-комфортных условий микрорайона: удобство местоположения микрорайона по отношению к линиям пассажирского общественного транспорта, автомагистралям городского или районного значения; рациональность системы транспортно-пешеходных связей микрорайона; удобство местоположения микрорайона по отношению к местам приложения труда, центрам периодического обслуживания; удобство положения микрорайона по отношению к рекреационным объектам и территориям общегородского, районного значения; оценка системы рекреационных объектов и территорий микрорайона;

2) оценка биоклиматически комфортных условий жилых пространств: инсоляция и аэрация жилых открытых пространств, оценка ветрового режима;

3) оценка функционально-комфортных условий дворовых территорий: уровень благоустроенности дворовых территорий;

4) оценка условий комфортности и безопасности пешеходных путей: анализ элементов благоустройства пешеходных путей, соответствие ширины тротуара требуемой, соответствие пешеходных путей требованиям безбарьерной среды;

5) оценка эстетических и психологических качеств жилой среды: сомасштабность застройки размерам человека, эстетическая выразительность зданий и сооружений, элементов благоустройства и озеленения, индивидуальность облика жилых градостроительных образований.

В процессе исследований были выявлены положительные и отрицательные характеристики обследуемых микрорайонов, что позволило представить полученные результаты в табличной форме.

Результаты градостроительного анализа Северного района г. Орла

Критерии анализа	Выявленные положительные характеристики	Выявленные отрицательные характеристики
1. Оценка общих функционально-комфортных условий микрорайонов	✓ расположение остановок пассажирского общественного транспорта в зоне пешеходной доступности (в пределах 5...10-минутной ходьбы); ✓ хорошая инфраструктурная обеспеченность, т.е. расположение учреждений образования, здравоохранения, объектов торговли в радиусе 500 м;	✓ сложно-воспринимаемая схема внутриквартальных проездов, затрудняющая ориентацию в жилом массиве; ✓ несоответствие расположения пешеходной сети с покрытием протоптанным путям движения, что свидетельствует о ее непродуманности; ✓ низкая обеспеченность учреждениями культуры (в самой дальней точке исследуемого участка находится ДК «Металлург»); ✓ отсутствие крупных благоустроенных рекреационных объектов в радиусе 1,5 км; ✓ неухоженность элементов озеленения; ✓ хаотичность расположения насаждений внутри микрорайонов; ✓ множество старовозрастных деревьев и кустарников.
2. Оценка биоклиматически комфортных условий жилых пространств	✓ благоприятный ветровой режим территории; ✓ размещение защитных насаждений, препятствующих действию основных неблагоприятных ветров и выполняющих шумозащитную функцию	✓ выявлены неинсолируемые в течение дня участки на территории микрорайонов, что говорит о несоблюдении норм инсоляции жилых помещений (рис. 3)

Окончание табл.

Критерии анализа	Выявленные положительные характеристики	Выявленные отрицательные характеристики
3. Оценка функционально-комфортных условий дворовых территорий	✓ крупный размер дворовых территорий; ✓ вовлеченность жильцов ряда микрорайонов в процесс благоустройства двора	✓ в целом низкий уровень благоустройства, устаревшее оборудование спортивных и детских площадок или его отсутствие, недостаточное количество скамей в местах отдыха
4. Оценка условий комфортности и безопасности пешеходных путей	✓ -частичная оборудованность пешеходных путей микрорайона тактильной плиткой и понижениями тротуара в местах пешеходных переходов для передвижения МГН	✓ ширина тротуаров меньше расчетной практически на всей исследуемой территории, - отсутствие тротуара на некоторых участках, несмотря на потребность в его наличии; ✓ отсутствие велодорожек; ✓ недостаточность благоустройства для передвижения МГН на территориях микрорайонов (пешеходные пути, входы в жилые и общественные здания)
5. Оценка эстетических и психологических качеств жилой среды, простота и интуитивная доступность средовых объектов	нет	✓ основной массив застройки микрорайонов составляют типовые 5- и 9-этажные панельные дома, мало отличающиеся друг от друга, что затрудняет ориентацию в микрорайоне; ✓ отсутствие композиционного единства на исследуемой территории; ✓ дисгармоничность объемно-пространственной структуры жилых групп - общая площадь фронта застройки превышает площадь плана композиции; ✓ однообразие застройки, лишенной архитектурно-выразительных или ландшафтно-привлекательных акцентов



Рис. 3. Зоны постоянного затенения территории микрорайона

Одновременно с натурными исследованиями был проведен опрос жителей Северного района (по 5...6 человек из каждого микрорайона, всего 25 человек) с целью оценки композиционных качеств района. Результаты опроса представлены на рис. 4. При опросе выявлялись такие блоки показателей, как: формальная занимательность (оценка композиционных качеств района);

ции с точки зрения оригинальности и разнообразия), утилитарная правдивость (оценка удобства ориентирования в пределах района) и эстетическая выразительность застройки и ландшафта. Каждому показателю присваивался балл от +2 до -2. Первый и последний блоки получили низкую оценку жителей, тогда как второй блок показал, что люди, постоянно живущие в районе, считают, что ориентироваться в нем достаточно легко, несмотря на невыразительную застройку.



Рис. 4. Оценка композиционных качеств Северного района г. Орла по результатам опросов жителей

На основании проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы:

1) целью создания Северного района было обеспечение жильем работников промышленных предприятий, расположенных на его границе. Поэтому главное внимание было уделено жилой застройке и необходимой для проживающих инфраструктуре (детские сады, школы, магазины, учреждения здравоохранения). Объекты культуры и рекреации предусматривались (Северный район граничит с зеленым массивом Медвежьего леса), но обустройство их по разным причинам не состоялось. В настоящее время Северный район – это обширный жилой массив с развитой системой общественного транспорта, позволяющей жителям достаточно комфортно добираться до центра города. Внутри микрорайонов проложена достаточно сложная по конфигурации и восприятию сеть проездов и пешеходных путей, затрудняющих ориентирование.

2) благодаря крупным зеленым массивам, расположенным на границе и внутри района, территория защищена от неблагоприятного воздействия ветра северных направлений, а микрорайоны, граничащие с магистральными дорогами – от их шума. Общее состояние насаждений района можно назвать удовлетворительным, но большинство нуждается в уходе (в первую очередь санитарная и формирующая обрезка), а старые и малодекоративные экземпляры – в замене.

3) уровень благоустройства дворовых территорий в целом неудовлетворительный. Отдельные дворы содержатся в порядке, оборудование обновляется, на основной же части дворов оно устарело морально и физически, его недостаточно.

4) с точки зрения безопасности и комфорта пешеходных путей и дворовых территорий для МГН только небольшая часть района оборудована всем необходимым – пандусами, тактильной плиткой, светофорами со звуковыми сигналами. Ширина тротуаров не рассчитана на фактический поток пешеходов и нуждается в корректировке. Велосипедные дорожки в пределах исследуемой территории отсутствуют.

5) с эстетической точки зрения застройка района маловыразительна, из-за однообразия в ней сложно ориентироваться новому человеку. В целом район непривлекательный, в нем очень мало точек притяжения, мест проведения досуга для различных групп населения, хотя потенциальные места для этого есть.

Заключение.

В процессе градостроительного анализа были выявлены основные достоинства и недостатки Северного района г. Орла, на основе выявленных характеристик определены направления по формированию комфортной городской среды и повышению её привлекательности для настоящих и потенциальных жителей.

Установлено, что задачи градостроительного анализа среды жилых районов на современном этапе включают в себя достаточно широкий спектр компонентов, всеобъемлющий учет которых позволит более рационально и полноценно провести регенерацию существующих градостроительных структур, создать полноценную социально-психологическую, архитектурно-выразительную среду, отвечающую не только современным требованиям, но и обеспечивающим потенциал развития городской среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Владимиров, С. Н.** Влияние урбанизированных территорий на качество жизни / С. Н. Владимиров // Научный альманах. – 2018. – № 5-3(31). – С. 56-59.
2. **Растяпина, О. А.** Критерии, определяющие уровень качества городской среды / О. А. Растяпина, В. В. Прокопенко, О. А. Ганжа // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2022. – Вып. 2(87). – С. 281-291.
3. **Балакин, В. В.** Градостроительные мероприятия по регулированию аэрационного режима и снижению загрязнения атмосферного воздуха транспортных коммуникаций / В. В. Балакин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2022. – Вып. 2(87). – С. 218-232.
4. Комплексные градостроительные исследования жилой среды в условиях сложившейся застройки (на примере троллейбусного микрорайона г. Орла) / Л. А. Волкова, А. В. Анищенко, Е. А. Иванчикова, В. В. Панасенкова // Безопасный и комфортный город: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. – Орел, 2023. – С.249-256.
5. **Осипов, Ю. К.** Комфорт и безопасность жилой среды / Ю. К. Осипов, О. В. Матехина // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2014. – Вып. 4(10). – С.43-47.
6. Особенности учета ветрового режима при проектировании жилой застройки в целях проветривания и ветрозащиты / В. Д. Оленьков, А. О. Колмогорова, И. И. Бараков, М. А. Белов, В. Ю. Хакимов // Вестник ЮУрГУ. Серия Строительство и архитектура. – 2022. – Т. 22. – № 3. – С. 14-23.
7. **Громова, Е. Е.** Архитектурный облик зданий и сооружений как важный компонент в городском строительстве [Электронный ресурс] / Е. Е. Громова, А. Р. Силантьева //

Студенческий научный форум-2015: материалы VII Международной студенческой научной электронной конференции. – 2015. Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017468?ysclid=lovs706tfz887623049>, свободный – Загл. с экрана.

8. Герцберг, Л. Я. Стратегия сбалансированного пространственного развития 2030: от научных обоснований к реализации / Л. Я. Герцберг // Academia. Архитектура и строительство. – 2021. – № 4. – С. 5-12.

9. Сапрыкина, Н. С. Архитектурный альманах: Основные градостроительные концепции и современные проблемы реконструкции жилой среды середины 1950-х...1960-х годов / Н. С. Сапрыкина // Архитектурный альманах. – 2002. – Корпус 4. – Москва: Архитектурный альманах, 2002. – Режим доступа: <https://cih.ru/k4/p1f.html>, свободный. – Загл. с экрана.

10. Божко, Ю. Г. Система эстетических свойств архитектуры (общая концепция, классификация, моделирование, проектирование: дисс. ... д. архитектуры в форме научного доклада: 18.00.01 / Юрий Григорьевич Божко ; Киевский гос. технический ун-т строительства и архитектуры. – Киев, 1995. – 62 с.

Поступила в редакцию 14 ноября 2023

INTEGRATED APPROACH IN URBAN PLANNING ASSESSMENT OF THE URBAN ENVIRONMENT COMFORT BY EXAMPLE OF A NEIGHBORHOOD IN THE CITY OF OREL

E. V. Zolotareva, L. A. Volkova

Elena Vasilievna Zolotareva, Cand. Sc. (Agriculture), Associate Professor, Associate Professor the Department of urban environment design, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia, tel.: +7(953)811-21-98; e-mail: flower64@mail.ru

Lyudmila Aleksandrovna Volkova, Cand. Sc. (Architecture), Associate Professor, Head of the Department of Urban Environment Design, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia, tel.: +7(905)167-85-20; e-mail: l.a.v.2701@mail.ru

Both negative and positive experience accumulated in urban planning practice require the search for qualitatively new principles for the formation of urban housing both in new built-up areas and in existing developments. The overwhelming majority of residential areas in towns and cities of our country are “sleepers” neighborhoods with mass-produced apartment buildings. The quality of the living environment in most of these areas does not meet up-to-date requirements and ideas about comfort and safety. The effectiveness of decisions for the renovation of neighborhoods and the entire area directly depends on the completeness and quality of the urban planning assessment of the comfort of the living environment at the pre-design step of work. Urban planning analysis and assessment of the quality of the urban residential environment must be led to complex indicators of comfort, including economic, environmental, socio-psychological components. In the process of the research, the comfort of the Northern neighborhood of the city of Orel was assessed from the point of view of the formation of general functional and comfortable conditions; bioclimatically comfortable conditions; conditions of comfort and safety of pedestrian paths; aesthetic and psychological qualities of the residential environment. We formulated the main criteria for creating a more favorable urban environment for people.

Keywords: comfortable urban environment; urban planning analysis; neighbourhood unit; improvement of courtyard areas; accessible environment; criteria for assessing the urban environment.

REFERENCES

1. **Vladimirov S. N.** *The influence of urbanized territories on the quality of life*. Scientific almanac. 2018. No.5-3 (31). Pp. 56-59. (in Russian)
2. **Rastyapina O. A., Prokopenko V. V., Ganzha O. A.** *Criteria that determine the quality level of the urban environment*. Herald of the Volgograd State University of the Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and architecture. 2022. Issue 2(87). Pp. 281-291. (in Russian)
3. **Balakin V. V.** *Urban planning measures to regulate the aeration regime and reduce air pollution of transport communications*. Herald of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and architecture. 2022. Issue 2(87). Pp. 218-232. (in Russian)
4. **Volkova L. A., Anishchenko A. V., Ivanchikova E. A., Panasenkov V. V.** *Comprehensive urban planning studies of the residential environment in the conditions of existing development (using the example of the Trolleybus microdistrict of Orel)*: collection of materials from the VI International Scientific and Practical Conference. Orel. 2023. Pp. 249-256. (in Russian)
5. **Osipov Yu. K., Matekhina O. V.** *Comfort and safety of the living environment*. Herald of the Siberian State Industrial University. 2014. Issue 4(10). Pp.43-47. (in Russian)
6. **Olenkov V. D., Kolmogorova A. O., Barakov I. I., Belov M. A., Khakimov V. Yu.** *Features of taking into account the wind regime when designing residential buildings for the purposes of ventilation and wind protection*. Herald of the South Ural State University. Series Construction and architecture. 2022. T. 22. No. 3. Pp. 14-23. (in Russian)
7. **Gromova E. E., Silantyeva A. R.** *Architectural appearance of buildings and structures as an important component in urban construction*. Student Scientific Forum-2015: materials of the VII International Student Scientific Electronic Conference. 2015. <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017468?ysclid=lovs706tfz887623049>, free. – Ver. from the screen. (in Russian)
8. **Hertsberg L. Ya.** *Strategy for balanced spatial development 2030: from scientific justification to implementation*. Academia. Architecture and construction. 2021. No. 4. Pp. 5-12. (in Russian)
9. **Saprykina N. S.** *Basic urban planning concepts and modern problems of reconstruction of the residential environment in the mid-1950 s...1960 s*. Moscow, Architectural almanac. Building 4. 2002. <https://cih.ru/k4/p1f.html>, free. – Ver. from the screen. (in Russian)
10. **Bozhko Yu. G.** *System of aesthetic properties of architecture (general concept, classification, modeling, design*. Kiev, Kiev State Technical University of Construction and Architecture. 1995. 62 p. (in Russian)

Received 14 November 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Золотарева, Е. В. Комплексный подход в градостроительной оценке комфортности городской среды на примере жилого района г. Орла / Е. В. Золотарева, Л. А. Волкова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 102-111. – DOI 10.36622/VSTU.2023.83.94.010.

FOR CITATION:

Zolotareva E. V., Volkova L. A. *Integrated approach in urban planning assessment of the urban environment comfort by example of a neighborhood in the city of Orel*. 2023. No. 4(27). Pp. 102-111. DOI 10.36622/VSTU.2023.83.94.010. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.78.66.011

УДК 72.012

АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ОБЛИК ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, КАК ВАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ В ФОРМИРОВАНИИ ОРГАНИЧНОГО АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ

Н. В. Коростелева, М. С. Полицинская, А. П. Иванова

Коростелева Наталия Владимировна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры городского строительства, экономики и управления проектами, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(8442)96-98-64; e-mail: korostelevanv@mail.ru

Полицинская Марина Сергеевна, студент Института Архитектуры и Строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(8442)96-98-64; e-mail: politsinskaya@mail.ru

Иванова Алёна Петровна, студент Института Архитектуры и Строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(8442)96-98-64; e-mail: ivanovaalena.2001@mail.ru

Проведено исследование степени проработанности требований к архитектурно-градостроительному облику объекта (АГО) в нормативно-правовых актах Волгограда и их реализации в градостроительной практике города в сравнении с Москвой и Санкт-Петербургом. В ходе исследования проведен анализ развития нормативно-правового регулирования архитектурно-градостроительного облика объектов в рамках страны, Москвы, Санкт-Петербурга и Волгограда. Проведен анализ положений федерального закона № 612-ФЗ на предмет нововведений регулирования АГО в последние годы. Определена актуальность и важность соблюдения требований по архитектурно-градостроительному облику объектов капитального строительства, возводимых в Волгограде, проведен анализ местных нормативно-правовых актов на предмет соответствия требований постановлению Правительства РФ № 857. Выполнен сравнительный анализ нормативно-правовых актов по соблюдению требований к АГО в Волгограде, Москве и Санкт-Петербурге и проведена оценка степени их реализации. Проведен фотоанализ результатов регулирования АГО в центральной части Москвы и Санкт-Петербурга. Выделены основные изменения архитектурно-градостроительного облика центров в соответствии с требованиями местных нормативно-правовых документов и постановления Правительства РФ № 857, регулирующих АГО. Выделены основные проблемы регулирования архитектурно-градостроительного облика в Волгограде и основные недочеты при соблюдении требований АГО. Проведен фотоанализ существующего архитектурно-градостроительного облика зданий в центре города. Основываясь на положительном опыте соблюдения требований к АГО в Москве и Санкт-Петербурге выделено несколько дополнительных требований к АГО, которые стоит добавить в Волгограде и даны конкретные рекомендации по улучшению АГО города Волгограда.

Ключевые слова: архитектурный облик территорий; архитектурно-градостроительный облик объекта капитального строительства; правила землепользования и застройки; нормативно-правовые акты

Как известно, архитектурный облик любого города формируется в течение продолжительного периода времени, на его планировочную структуру и архитектурный стиль значительное влияние оказывают определенные исторические этапы [1...4]. На сегодняшний день многие города утратили свой единый архитектурный облик, это происходит из-за того, что строительство новых зданий достаточно продолжительное время велось без учета архитектурного стиля существующей застройки [5, 6].

Новые здания, появляющиеся в центральных частях исторических городов, как правило, не только не вписываются в архитектурный облик городских территорий, но и оказывают негативное влияние на визуальное восприятие видов и панорам исторических центров городов в части силуэтного характера [7]. В связи с этим видится важность внедрения в градостроительную практику требований к архитектурно-градостроительному облику строящихся объектов капитального строительства [8].

Согласно Градостроительному кодексу РФ под архитектурно-градостроительным обликом (АГО) объектов капитального строительства понимается внешний облик здания, строения, воплощающий совокупность архитектурных, колористических, объемно-планировочных, композиционных решений, которыми определяются функциональные, конструктивные и художественные особенности объекта.

До недавнего времени только в Федеральном законе от 17.11.1995 № 169-ФЗ «Об архитектурной деятельности в Российской Федерации» лишь косвенно упоминалось, что внутренний облик объекта должен определяться в его архитектурном решении. А в 2021 году в статью 63 Градостроительного кодекса РФ были внесены дополнения, касающиеся согласования АГО зданий при реализации проекта по строительству объекта капитального строительства, но только для Москвы, Санкт-Петербурга и Севастополя. Для ряда регионов и городов этот вопрос регулировался локальными актами. Так, например, для Московской области согласно требованиям постановления Правительства Московской области N 1022/47 было определено, что АГО объекта капитального строительства является одним из основных документов, без которого невозможно получить разрешение на строительство и реконструкцию здания [9].

Ситуация кардинально изменилась в прошлом году, когда был принят Федеральный закон № 612-ФЗ, который ввел ряд единых требований к регулированию на местах архитектурного облика зданий и сооружений. Из его положений следует, что теперь АГО должен быть предметом регулирования в Правилах землепользования и застройки или в едином документе территориального планирования и градостроительного зонирования, если в муниципальном образовании произошло объединение генерального плана и правил землепользования и застройки.

Целью исследования является детальный анализ степени проработанности данного требования в местных нормативно-правовых актах и их реализации в градостроительной практике города Волгограда в сравнении с такими городами, как Москва и Санкт-Петербург.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- ✓ обоснование актуальности и важности соблюдения требований по АГО объектов капитального строительства, возводимых в Волгограде;
- ✓ проведение анализа местных нормативно-правовых актов Волгограда на предмет соответствия требований постановлению Правительства РФ № 857;
- ✓ проведение сравнения нормативно-правовых актов по соблюдению требований по АГО в Волгограде, Москве и Санкт-Петербурге и оценка степени их реализации.
- ✓ разработка конкретных рекомендаций по улучшению АГО города Волгограда.

В качестве объекта исследования выбран АГО объектов капитального строительства, расположенных в центральных зонах Волгограда, Москвы и Санкт-Петербурга.

В качестве инструмента исследования использован метод системного анализа.

Так как обязательные требования к соблюдению АГО объектов капитального строительства для Волгограда были введены сравнительно недавно, по сравнению с Москвой и Санкт-Петербургом, то и их реализация находится только на стадии проработки и утверждения документации. Это можно наглядно наблюдать по фото центральной части города (рис. 1).

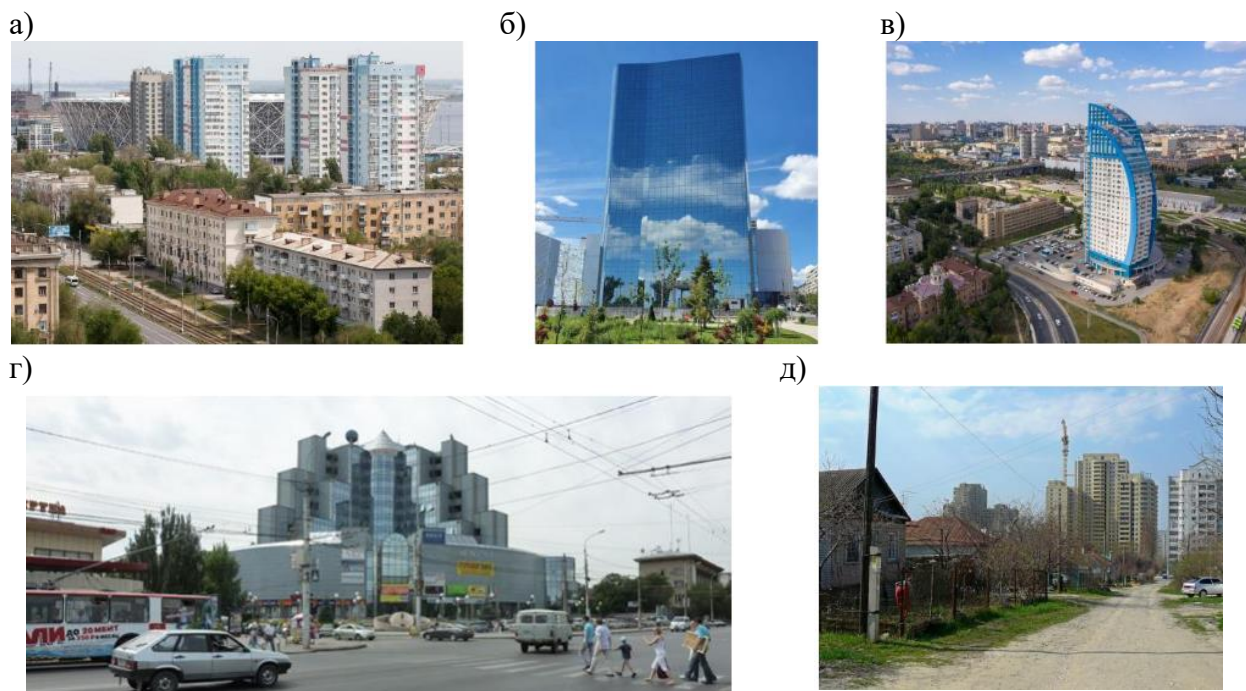


Рис. 1. Фото центра Волгограда на данный момент, без соблюдения требований АГО, закрепленных в ПЗЗ: а – разноэтажная застройка; б – несоответствие строительных материалов и отделки новой застройки историческим объектам; в, г – несочетание высотных объектов и стиля новой застройки с окружающей средой; д – нарушение высотности исторического квартала.

На сегодняшний день, в центре города присутствует большое количество зданий, разрушающих общий архитектурно-строительный облик исторического центра Волгограда. На данный момент можно выделить шесть основных недочетов при соблюдении требований АГО в городе:

✓ этажность новых объектов значительно превышает среднюю этажность исторического центра, что нарушает композицию и перетягивает внимание на более массивную новую застройку, не несущую историческую ценность;

✓ стилистические решения новых объектов не соответствуют историческому стилю застройки центра. Новые объекты выглядят инородно, имеют другую систему членений и пропорций фасадов, форму здания, часто являются типовой застройкой, игнорирующей архитектурно-градостроительные особенности места, куда они помещены. В целом такое обилие форм и геометрии разрушает целостность городской среды и «забывает» сложившуюся композицию исторического центра;

✓ цветовые решения новой застройки в большинстве случаев не соответствуют цветовой гамме существующей архитектуры. Для новостроек зачастую выбирают яркие кричащие цвета, которые визуальнo перетягивают на себя внимание с исторической застройки;

✓ отделочные и строительные материалы, используемые в новой застройке, не соответствуют материалам, которые использованы для исторических зданий. Для новых объектов выбираются популярные для современности сборные бетонные конструкции, сплошное остекление, навесные фасады, которые дисгармонируют с материалами исторического центра, такими как кирпич, отделки из песчаника, гранита, мокрая штукатурка;

✓ на фасадах в историческом центре в большом количестве размещены короба вентиляции, кондиционирования, телевизионные антенны и спутниковые тарелки, на кровлях установлены различные ретрансляторы и другая техника. Подобное не только негативно сказывается на здоровье жителей, но и полностью разрушает целостность фасадов и общий архитектурно-градостроительный облик улиц за счет визуального впечатления перегруженности и нагроможденности;

✓ большинство исторических зданий в центре Волгограда не имеют подсветки. В то время как многие общественные объекты нового строительства подсвечиваются прожекторами и имеют крупные рекламные экраны на фасадах. Таким образом, историческая застройка в ночное время полностью теряется.

Исходя из всех вышеперечисленных пунктов, можно сделать вывод о важности введения требований к АГО строящихся объектов капитального строительства и необходимости более жесткого контроля по их соблюдению при застройке и реконструкции исторического центра Волгограда.

По состоянию на 2023 год в Волгограде требования к АГО прописаны и закреплены Решением Волгоградской городской Думы Волгоградской области № 5/115 «Об утверждении Правил землепользования и застройки городского округа город-герой Волгоград» статьей 22.1 и Постановлением Администрации Волгоградской области № 524-п «О порядке получения согласования архитектурно-градостроительного облика объекта капитального строительства на территории Волгоградской области». Данные нормативно-правовые акты разработаны в соответствии с требованиями, изложенными в Постановлении Правительства №857.

Так основные положения статьи 22.1 определяют зоны регулирования АГО, требования к архитектурно-градостроительному облику объекта капитального строительства и конкретные требования к застройке в каждой из выделенных зон. Помимо этого, для города разработана карта зон регулирования АГО объектов капитального строительства. Таким образом, можно говорить о том, что правовая база для формирования органичного архитектурного пространства Волгограда сформирована и теперь лишь необходимо в точности соблюдать все требования для достижения поставленной цели.

Для того, чтобы проверить верность данного утверждения, проанализируем опыт регулирования АГО в Москве и Санкт-Петербурге, для которых данные требования были внедрены значительно раньше. Так регулирование АГО в Москве началось с 2016 года в соответствии с Постановлением Правительства МО № 1022/47. Сейчас согласование АГО регламентируется Распоряжением Комитета по Архитектуре и градостроительству МО № 27РВ-765. В Санкт-Петербурге регулирование АГО закреплено в Распоряжении Правительства Санкт-Петербурга № 10-н и Постановлении Правительства Санкт-Петербурга № 407.

Сравнение проведем по виду нормативно правовых актов (НПА), регулирующих АГО, по требованию к архитектурно-градостроительному облику объекта капитального строительства (их количество и перечень), по наличию графического материала, по наличию зонирования территорий по требованиям АГО, по требованиям по процедуре согласования документации по АГО и т.д.

На основе сравнительного анализа нормативно-правовых актов, которые регулируют требования по АГО и действуют в Москве, Санкт-Петербурге и Волгограде можно сделать несколько выводов:

- ✓ требования к АГО внесены в ПЗЗ города только в Волгограде;
- ✓ в Волгограде существует четкое разделение по зонам регулирования АГО. В Москве и Санкт-Петербурге такого не обнаружено;
- ✓ в Волгограде существует особенная зона регулирования АГО – прибрежная территория р. Волга. В Москве и Санкт-Петербурге подобного выделения не наблюдается;
- ✓ в каждом из городов требования к соблюдению требований АГО различные. Это позволяет проанализировать требования Москвы и Петербурга и применить некоторые наиболее удачные и подходящие из них и в Волгограде.

Анализируя преобразование архитектурного облика Москвы и Санкт-Петербурга, можно выделить следующие положительные моменты:

- ✓ исчезли вывески, коробка для инженерного оборудования на фасадах стали запрещены или имеют единый вид и ограничения по количеству и размещению;

- ✓ соблюдается принцип доминант, где первое место занимает историческая застройка, а новострой дополняет среду;
- ✓ высотность застройки жестко ограничена, регламентируются материалы строительства и отделки;
- ✓ функциональность и планировочные решения объекта неизменны или имеют незначительные изменения;
- ✓ интеграция новых объектов происходит с учетом сложившихся особенностей окружающей застройки;
- ✓ архитектурные решения соответствуют композиционным приемам и фасадным решениям сложившихся и формируемых стилевых характеристик окружающей застройки;
- ✓ определены требования и параметры подсветки объектов;
- ✓ среда проектируется с учетом благоустройства в том числе ММГН.

Данные изменения можно наглядно наблюдать по фото центральной части городов (рис. 2...5).



Рис. 2. Фото центра Москвы до введения требований АГО



Рис. 3. Фото центра Москвы после введения требований АГО



Рис. 4. Фото центра Санкт-Петербурга до введения требований АГО



Рис. 5. Фото центра Санкт-Петербурга после введения требований АГО

Заключение.

Основываясь на положительном опыте соблюдения требований к АГО в Москве и Санкт-Петербурге, выделим несколько дополнительных требований к АГО, которые стоит добавить в Волгограде, что позволит ему достичь более органичного архитектурного облика:

- ✓ ввести дополнительные требования по благоустройству территорий исторического центра – регламентировать параметры озеленения, тротуаров, их мощения, ввести требования к МАФ и их материалам, размещению;
- ✓ учитывать при реконструкции и проектировании новых объектов благоустроенных пространств и путей перемещения при них, гармонично соединяющихся с существующей транспортно-пешеходной структурой. Предусмотреть доступность существующих пространств при реконструкции и новых пространств при строительстве маломобильным группам населения;
- ✓ регламентировать параметры размещения новых объектов в соотношении к существующей застройке - ширину промежутков между застройкой, соблюдение единой линии застройки, учет существующих красных линий, предельные габариты новых объектов;
- ✓ учитывать при размещении новых зданий нагрузку на существующие инженерные сети;
- ✓ регламентировать функциональное назначение реконструируемых зданий и новых объектов в соответствии с существующим функциональным наполнением. Избегать повторяемости и конфликтов функций – например не размещать в жилой зоне функций, нарушающих комфорт проживания или объекта торговли при наличии в радиусе нескольких объектов с одноименной функцией;
- ✓ учитывать при размещении новой функции объемно-пространственных параметров существующих объектов и избегать перепланировок исторической застройки без лишней необходимости. При размещении новых объектов учитывать его функциональное

наполнение и корректировать его в соответствии с соблюдением фасадных и композиционных решений в стиле существующей застройки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Волкова, Е. М.** Исторические особенности формирования архитектурного облика старинных улиц Нижнего Новгорода / Е. М. Волкова // Приволжский научный журнал. – 2019. – № 2(50). – С. 106-112.
2. **Иголкин, Н. В.** Формирование Архитектурного облика Кировска в 1930-е...1950-е гг / Н. В. Иголкин // Системные технологии. – 2022. – № 4(45). – С. 127-135.
3. **Кюребекова, М. Н.** Архитектурная среда как смыслообразующий концепт города (на примере средневекового и современного Дербента) / М. Н. Кюребекова // Умные композиты в строительстве. – 2023. – № 1. – С. 81-90.
4. **Юдина, А. В.** Архитектурный облик городов Центральной России в аспекте геометрических форм / А. В. Юдина // Ярославский педагогический вестник. – 2015. – № 4. – С. 354-360.
5. **Дорошук, Н. Р.** Проблемы архитектурного облика города / Н. Р. Дорошук // International scientific review. – 2016. – № 21(31). – С. 94-95.
6. **Кулаков, А. В.** Роль архитектуры в формировании социальной среды города / А. В. Кулаков, О. Г. Романовская // Вестник молодежной науки. – 2023. – № 3(40). – С. 2.
7. **Makakli, E. S.** High rise buildings in historic cities / E. S. Makakli, S. Ozker // The Online Journal of Science and Technology. – 2017. – Vol. 7. – Issue 2. – Pp. 60-67
8. **Korosteleva, M. V.** Planning territory as control element city development / M. V. Korosteleva, N. V. Korosteleva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 687: International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS-2019) (25-27 September 2019, Chelyabinsk, The Russian Federation) Issue 5. Architecture, urban studies and design, eds A. A. Radionov, D. V. Ulrikh; South Ural State University (Chelyabinsk), Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk and Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin. – Ekaterinburg, 2019. – 7 p.
9. **Шамаева, Т. В.** Свидетельство архитектурно-градостроительного облика (АГО) в Московской области. Общие положения. Проблемы / Т. В. Шамаева // Вестник евразийской науки. – 2018. – Т. 10. – № 2. – С. 66.

THE ARCHITECTURAL AND URBAN APPEARANCE OF THE FACILITIES UNDER CAPITAL CONSTRUCTION AS AN IMPORTANT TOOL IN THE FORMATION OF AN ORGANIC ARCHITECTURAL SPACE OF CITIES

N. V. Korosteleva, M. S. Politsinskaya, A. P. Ivanova

Nataliya Vladimirovna Korosteleva, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Urban Construction, Economics and Project Management, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, tel.: +7(8442)96-98-64; e-mail: korostelevanv@mail.ru

Marina Sergeevna Politsinskaya, student of the Institute of Architecture and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, tel.: +7(8442)96-98-64; e-mail: politcinskaya@mail.ru

Alyona Petrovna Ivanova, student of the Institute of Architecture and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, tel.: +7(8442)96-98-64; e-mail: ivanovaalena.2001@mail.ru

In this article the authors study the degree of elaboration of the requirements for architectural and urban appearance (AUA), in the normative legal acts of the city of Volgograd and their implementation in the urban planning practice of the city in comparison with Moscow and St. Petersburg. In the course of the study, we analyzed development of regulatory and legal

regulation of the architectural and urban appearance of facilities within the country, namely cities of Moscow, St. Petersburg and Volgograd. We as well analyzed the provisions of Federal Law No. 612-FZ concerning innovations in the regulation of AUA in recent years. The article defines the relevance and importance of compliance with the requirements for the architectural and urban appearance of capital construction facilities being built in Volgograd, as well analyzes local regulatory legal acts for compliance with the requirements of the Decree of the Government of the Russian Federation No. 857. We analyzed regulatory legal acts on compliance with the requirements for AUA in Volgograd, Moscow and St. Petersburg, as well we assessed the degree of their implementation. We also carried out photo analysis of the results of the regulation of AUA in the central part of Moscow and St. Petersburg. The main changes in the architectural and urban appearance of the centers are highlighted in accordance with the requirements of local regulatory documents and the Decree of the Government of the Russian Federation No. 857 regulating the AUA. We also highlighted the main problems of regulating the architectural and urban appearance in Volgograd and the main shortcomings in compliance with the requirements of the AUA. Based on the positive experience of compliance with the requirements for AUA in the cities of Moscow and St. Petersburg, we identified several additional requirements for AUA that should be added in the city of Volgograd, and gave some recommendations for improving the AUA of the city of Volgograd.

Keywords: architectural appearance of the territories; architectural and urban appearance of facilities under capital construction; land use and development rules; legal acts.

REFERENCES

1. **Volkova E. M.** *Historical features of the formation of the architectural appearance of the ancient streets of Nizhny Novgorod*. Volga Scientific Journal. 2019. No. 2(50). Pp. 106-112. (in Russian)
2. **Igolkin N. V.** *Formation of the Architectural appearance of Kirovsk in the 1930...1950*. System technologies. 2022. No. 4(45). Pp. 127-135. (in Russian)
3. **Kurebekova M. N.** *Architectural environment as a meaning-forming concept of the city (on the example of medieval and modern Derbent)*. Smart composites in construction. 2023. No. 1. Pp. 81-90. (in Russian)
4. **Yudina A. V.** *The architectural appearance of the cities of Central Russia in the aspect of geometric forms*. Yaroslavl Pedagogical Bulletin. 2015. No. 4. Pp. 354-360. (in Russian)
5. **Doroshchuk N. R.** *Problems of the architectural appearance of the city*. International scientific review. 2016. No. 21(31). Pp. 94-95. (in Russian)
6. **Kulakova A. V., Romanovskaya O. G.** *The role of architecture in the formation of the social environment of the city*. Bulletin of Youth Science. 2023. No. 3(40). Pp. 2. (in Russian)
7. **Makakli E. S., Ozker S.** *High rise buildings in historic cities*. The Online Journal of Science and Technology. 2017. Vol. 7. Issue 2. Pp. 60-67.
8. **Korosteleva M. V., Korosteleva N. V.** *Planning territory as control element city development*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 687: International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS-2019) (25...27 September 2019, Chelyabinsk, The Russian Federation) Issue 5. Architecture, urban studies and design / eds A. A. Radionov, D. V. Ulrikh ; South Ural State University (Chelyabinsk), Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk and Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg. 2019. 7 p.
9. **Shamaeva T. V.** *Evidence of the architectural and urban appearance (AGO) in the Moscow region. General provisions. Problems*. Bulletin of Eurasian Science. 2018. Vol. 10. No. 2. Pp. 66. (in Russian)

Received 22 November 2023

Для цитирования:

Коростелева, Н. В. Архитектурно-градостроительный облик объекта капитального строительства, как важный инструмент в формировании органичного архитектурного пространства городов / Н. В. Коростелева, М. С. Полицинская, А. П. Иванова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 112-121. – DOI 10.36622/VSTU.2023.78.66.011.

FOR CITATION:

Korosteleva N. V., Politsinskaya M. S., Ivanova A. P. *The architectural and urban appearance of the facilities under capital construction as an important tool in the formation of an organic architectural space of cities.* 2023. No. 4(27). Pp. 112-121. DOI 10.36622/VSTU.2023.78.66.011. (in Russian)

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

DOI 10.36622/VSTU.2023.42.81.012

УДК 528.852:551.52

МОНИТОРИНГ ОСТРОВОВ ТЕПЛА И ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДА БЕЛГОРОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Д. В. Сарычев, И. В. Попова, С. А. Куролап

Сарычев Дмитрий Владимирович, старший преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, ФГБОУ ВО «Воронежской государственной университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)266-56-54; e-mail: sarychev.geo@gmail.com

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

Куролап Семен Александрович, д-р геогр. наук, профессор, декан факультета географии геоэкологии и туризма, заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)266-56-54; e-mail: skurolap@mail.ru

Изучение явления положительной температурной аномалии в городе, «городского острова тепла», и процессов, причиной которых он является, – актуальная научная задача, стоящая на стыке научных направлений, – градостроительства, географии и климатологии, геоэкологии. Использование и анализ результатов дистанционного зондирования Земли, в частности космической съемки в тепловом диапазоне, является широко применяемым и перспективным методом изучения пространственной структуры городских островов тепла. В работе выполнен анализ материалов космической съемки, полученных с аппаратов Landsat 8 и 9 в период с 2020 по 2022 гг. для территории города Белгород. С учетом требований к качеству снимков в исследовании тепловых аномалий было отобрано 5 «зимних» и 5 «летних» снимков за 2022 год. В результате обработки отобранных снимков, были получены мультитременные снимки, по которым построены карты вариаций температур подстилающей поверхности над фоном, на основе которых были установлены местоположения основных 17 источников теплового загрязнения. Поверхностные температуры их очагов были в среднем выше фоновых значений приблизительно на 4...10 °С зимой и 10...15 °С – летом. Результаты исследования формируют информационно-методическую основу для дальнейшего мониторинга теплового загрязнения в городах Центрального Черноземья.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли; тепловая съемка в инфракрасном диапазоне; городской остров тепла; тепловое загрязнение; Landsat.

Превышение среднемировой температуры на 1,5 °С по сравнению с доиндустриальным уровнем эксперты называют критическим, при котором будут происходить необратимые последствия в экосистемах Земли. При этом на урбанизированных пространствах уже больше полувека отмечается рост средних температур вследствие факторов техногенного характера – увеличения плотности и этажности застройки, доли территорий, занятых твердыми покрытиями с регулируемым стоком, уменьшением площади зеленых насаждений в городах. Возникающие над урбанизированными пространствами тепловые аномалии, характеризующиеся периодическим или постоянным превышением средних температур в сравнении с окружающей местностью, называется «городским островом тепла»

[1, 2]. Данное явление носит антропогенный характер и возникает в результате роста городов, плотности и этажности застройки, увеличения доли искусственных твердых покрытий с регулируемым стоком и уменьшением плотности зеленых насаждений. Причиной образования тепловых аномалий также является работа промышленных предприятий, транспорта и объектов жилищно-коммунального хозяйства [3]. Возникающие при этом микроклиматические изменения приводят к снижению комфортности городской среды и ухудшению здоровья и благополучия населения [4].

Существующая сеть метеорологических станций не позволяет детально отслеживать микроклиматические особенности городской среды. Однако, с появлением методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в частности космической съемки в тепловом диапазоне инфракрасного излучения, стало возможным исследование пространственной структуры городских островов тепла и выявление источников теплового загрязнения [5,6,7,8]. Накопленный опыт исследований в области изучения тепловых аномалий, показывает, что ДЗЗ является наиболее часто применяемым и доступным методом исследования температурной неоднородности поверхности Земли [9, 10].

Ранее авторами проводились исследования для города Воронежа по данным с космических аппаратов Landsat 8 и Terra Aster за 2011...2021 гг., в результате чего было выполнено геоинформационное картографирование «летнего», «зимнего» и «ночного» состояния городского острова тепла, выявлены главные техногенные источники тепла и оценена их активность [11, 12, 13].

Накопление данных ДЗЗ за новый зимний и летний сезоны 2022 гг. обусловило интерес для дальнейших исследований в Центральном Черноземье. В данной работе представлены результаты мониторинга острова тепла и источников теплового загрязнения в городе Белгород. Актуальность исследования связана также с внедрением данных с нового спутника Landsat 9, открытых для общественного использования с 10 февраля 2022 г.

Таким образом, цель данной работы заключалась в картографировании городского острова тепла и анализе теплового загрязнения окружающей среды в городе Белгород по данным ДЗЗ. В задачи работы входило:

- ✓ анализ плана и результатов ДЗЗ космическими аппаратами Landsat 8 TIRS и Landsat 9 TIRS в период с 2020 по 2022 гг. для исследуемой территории.
- ✓ геоинформационное картографирование теплового загрязнения города Белгород по данным ДЗЗ и наземных инструментальных наблюдений.
- ✓ выявление техногенных источников теплового загрязнения и сбор информации для их мониторинга.

Одним из открытых источников более детальной тепловой съемки в инфракрасном спектре с длиной волны 8-15 мкм являются космические аппараты серии Landsat, в частности спутники Landsat 8 и 9, выполняющие свои миссии ДЗЗ, соответственно, с апреля 2013 и с сентября 2021 гг. Каждый из этих аппаратов несет на борту оптико-электронный сенсор OLI и ИК-радиометр TIRS. Последний регистрирует тепловое излучение по двум диапазонам: 10,6...11,2 мкм (канал съемки № 10) и 11,5...12,5 мкм (канал № 11). По данным каналам получают 12-битные снимки с охватом территории 183*170 км и пространственным разрешением 100 м/пиксель [источник – Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. USGS. EROS.Version 5.0.2019.]. С учетом, обращения аппаратов по орбите в противофазе друг относительно друга, а также существенного перекрытия кадров, выполняемых с соседних витков орбиты, регулярность съемки рассматриваемыми аппаратами может достигать до 1 суток.

Для города Белгорода доступны снимки с периодичностью до 1...4 суток вследствие своего местоположения в зоне перекрытия кадров с четырех витков (съемка с Landsat 8 на витке 35, ряду 219 и витке 177, ряду 25, а также с аппарата Landsat 9 на витке 36, ряду 219 и витке 178, ряду 25).

Несмотря на довольно высокую потенциальную возможность получения данных, число подходящих для исследования снимков ограничено из-за облачности: как правило, за сезон удается получить до 5 пригодных разновременных снимков. Все исходные мультиспектральные снимки получали в уровне обработки L1TP из открытого официального источника [United States Geological Survey. EarthExplorer URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения 01.08.2023)]. Главными критериями отбора снимков были: полный охват снимком исследуемой городской территории и отсутствие запечатленных облаков над ней, а также приближенность даты съемки к зимним и летним сезонам. Безотносительно к календарному определению сезонов, условно считали «летними» снимки с середины мая по начало сентября, а «зимними» – снимки, на которых был запечатлен устойчивый снежный покров.

Расчет поверхностных температур проводился по ранее описанной авторами методике [11, 12]. Для проведения расчетов и картографирования использовали геоинформационную среду QGIS 3.20 и модуль Semi-Automatic Classification Plugin 7.10 [14].

Пространственная структура острова тепла

Для г. Белгорода (кадры WRS 177/25, 178/25, 35/219, 36/219) за период 2020–2022 гг. выполнено 38 зимних снимков, из которых для анализа отобраны пять: снимки от 23 января, 15 февраля, 12, 19 и 20 марта 2022 г. Летних снимков выполнено 58, из них также отобрано пять: снимки от 2 и 9 июля, 10, 18 и 19 августа 2022 г.

Идентификаторы данных сцен, а также метеорологические параметры на момент их съемки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Использованные космические снимки Landsat 8/9 TIRS
и метеорологические условия на момент их съемки

Идентификатор сцены	Дата съемки*	Метеорологические параметры**	
		Температура фона по снимку **, °C	Температура воздуха ***, °C
Зимний период			
LC81770252022023LGN00	23.01.2022	-7,5	-5,3
LC81780252022046LGN00	15.02.2022	-3,2	+0,9
LC81770252022071LGN00	12.03.2022	-5,9	-6,1
LC81780252022078LGN00	19.03.2022	-1,2	+0,5
LC91770252022079LGN00	20.03.2022	+0,3	+0,7
Летний период			
LC81770252022183LGN00	02.07.2022	+19,2	+20,2
LC81780252022190LGN00	09.07.2022	+26,7	+30,6
LC81780252022222LGN00	10.08.2022	+19,4	+26,5
LC91780252022230LGN00	18.08.2022	+20,7	+26,3
LC81770252022231LGN00	19.08.2022	+18,3	+23,0

Примечание: * – съемка в указанные даты производилась около 11:20 по местному времени; ** – в качестве фоновых значений взяты средние температуры по данным снимков для удаленных от дорог и застройки однородных участков лесопарковых зон: 50.547°с.ш., 39.610°в.д.; *** – данные государственной метеостанции № 34214 «Белгород» на 12:00 по местному времени.

В результате обработки отобранных снимков (табл. 1) были получены производные растровые слои, отображающие превышения температур подстилающей поверхности над фоном в городе Белгород на каждую дату съемки [15, 16, 17]. Объединение этих растров в мультिवременные композитные слои для «зимнего» и «летнего» сезонов позволило для каждого получившегося мультिवременного пикселя рассчитать среднее значение превышения температуры над фоном и ее стандартное отклонение в каждом сезоне. Полученные таким образом карты (рис. 1) позволяют установить местоположение тепловых аномалий, оценить их относительную интенсивность и стабильность во времени [17].

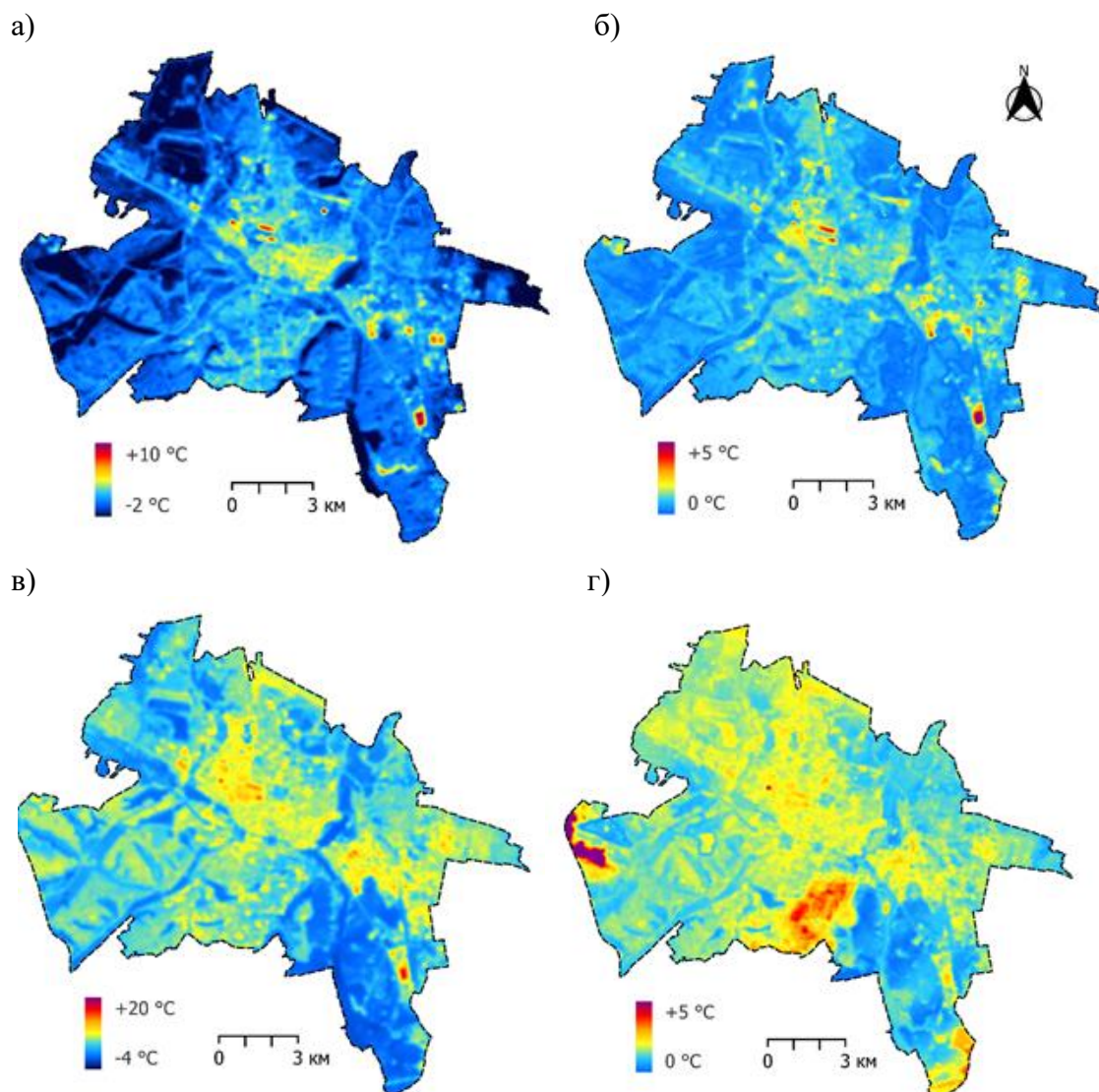


Рис. 1. Карта характеристик теплового острова в пределах городского округа город Белгород в 2022 г.:

- а – среднее превышение температуры подстилающей поверхности над температурой фона зимой;
- б – стандартное отклонение среднего превышения температуры зимой;
- в – среднее превышение температуры подстилающей поверхности над температурой фона летом;
- г – стандартное отклонение среднего превышения температуры летом

На картах зимнего сезона (рис. 1. а, б) оранжевые и красные пятна отображают очаги с наибольшими превышениями температуры над фоновыми значениями и, как правило, соответствуют источникам теплового загрязнения от промышленных зон. Причем, красные вкрапления – это в основном отдельные сооружения, от которых происходят эмиссии тепла (например, цеха заводов, дымовые трубы промышленных предприятий, гидротехнические очистные сооружения и др.). Поверхностные температуры для таких объектов зимой 2022 гг., по данным использованных снимков, в среднем на 3...5 °C превышали температурный фон от окружающих жилых кварталов и на 5...7 °C – от загородных ненаселенных пространств. В то время как летом средние превышения температур над фоном в этих очагах оценивалось уже в 7,5 и 15,5 °C, соответственно. Оттенки синего цвета на картах среднего превышения температуры подстилающей поверхности над температурой фона зимой (рис. 1, а) и летом (рис. 1, в) показывают участки, где наблюдались температуры ниже фоновых: в зимний сезон (рис.1.,а) – это, как правило открытые заснеженные пространства, а летом (рис. 1, в) – поверхность воды; в целом, достаточно четко выделя-

ются границы городских островов тепла, видны различия их пространственной структуры в зимний и летний сезоны.

В свою очередь, карты стандартных отклонений (рис. 1, б, г) дают возможность оценить стабильность видимых, соответственно, на картах очагов температурных аномалий (см. рис. 1, а, в): для карт, приведенных на рис. 1, б, г, оранжевый и красный цвета индицируют участки с сильной изменчивостью температур внутри сезона, синий – показывает территории, где от снимка к снимку в ходе сезона температура в среднем варьировалась минимально. По карте на рис. 1, б видно, что зимой высокие перепады температур больше характерны для городской застройки, в том числе выявленных промышленных зон – это говорит о низкой стабильности приуроченных к ним тепловых аномалий во времени, что может быть связано с большей амплитудой температур контрастных подстилающих поверхностей, более динамичной циркуляцией атмосферы, и соответственно, более быстрым рассеиванием теплового загрязнения от источников, в сравнении с летним сезоном. Летом (рис. 1, г), наоборот, амплитуда температур для очагов техногенного теплового загрязнения меньше в отношении к абсолютным показателям их температур. В то же время видно, что летом для ряда очагов отмечены очень высокие перепады температур, особенно для участков, где между датами съемки происходили коренные изменения подстилающей поверхности (например, вырубки и гари леса, распахка полей, осушение или затопление территорий и т.п.).

Источники теплового загрязнения

На основе созданных карт были установлены местоположения основных источников теплового загрязнения по условно выбранным изотермам превышений температуры над фоном на 3,5 °С и выше зимой и на 10 °С и выше – летом. Выделенные таким образом источники теплового загрязнения совпали с местоположениями строений, отдельных цехов или объектов инфраструктуры (рис. 2).

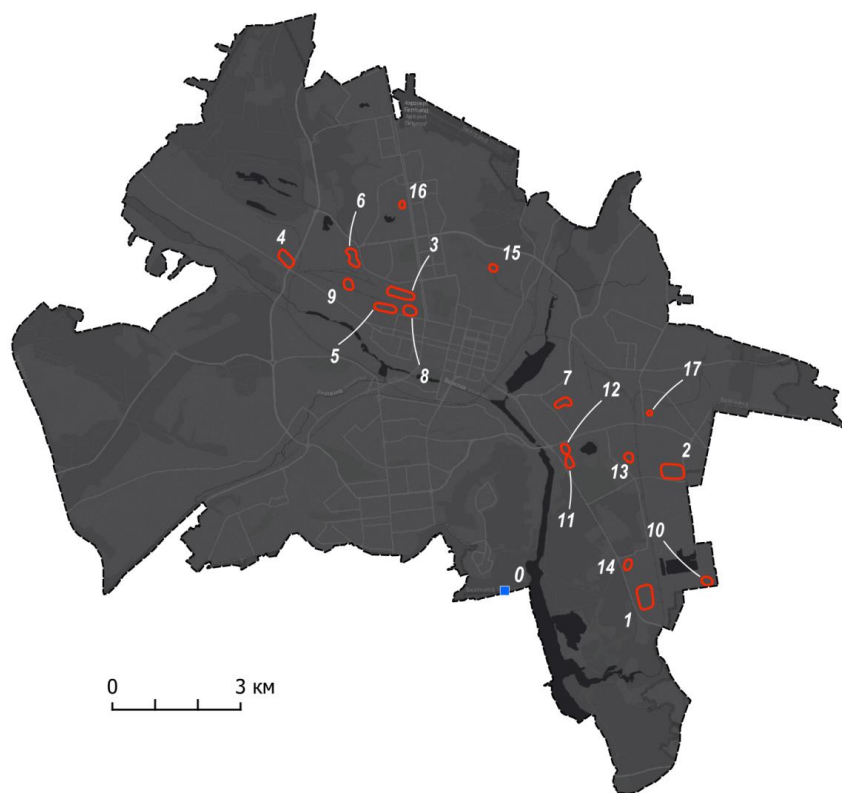


Рис. 2. Карта источников теплового загрязнения г. Белгорода на 2021-2022 гг.
(нумерация объектов на карте соответствует строкам табл. 2,
точка 0 – показывает место определения фоновых значений)

Для обеспечения последующего мониторинга были получены координаты выявленных таким образом источников теплового загрязнения – сведения по ним представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные источники теплового загрязнения г. Белгорода

№	Источник теплового загрязнения (в скобках указан ближайший адрес)	Географические координаты		Площадь объекта по снимку, га	Превышение максимума средних температур очага над фоном*, °С	
		° с. ш.	° в. ш.		зимой	летом
1	Производственная площадка № 2 ООО «Энергомаш – БЗЭМ» (ул. Волчанская, 165)	50.5467	36.6565	17,6	10,8	16,6
2	ООО СХП «Теплицы Белогорья» (ул. Зеленая поляна, 14В)	50.5732	36.6641	16,3	7,3	6,7
3	Производственная площадка № 1 ООО «Энергомаш – БЗЭМ» (5-й Заводской переулок, 1А)	50.6087	36.5724	11,6	8,5	12,8
4	АО «Гормаш» (ул. Сумская, 76)	50.6153	36.5342	8,8	6,2	12,2
5	Производственная площадка № 1 ООО «Энергомаш – БЗЭМ» (пр. Богдана Хмельницкого, 111)	50.6056	36.5676	8,1	5,4	11,2
6	ПАО «Белгородасбестоцемент» (ул. Мичурина, 104)	50.616	36.5563	8	5,6	11,2
7	Промышленная зона (ул. Корчанская, 85А)	50.5869	36.6273	5,9	4,1	13,3
8	Производственная площадка № 1 ООО «Энергомаш – БЗЭМ» (ул. Котлозаводская, 17)	50.6052	36.5756	5,8	7,7	13,8
9	ЗАО «Белгородский цемент» (ул. Сумская, 50)	50.6103	36.5552	4,5	8,5	14,5
10	Очистные сооружения (ул. Рабочая, 14Г)	50.5504	36.6767	4,1	6,3	4,6
11	ООО «Завод-Новатор» (ул. Волчанская, 141)	50.5744	36.63	4	6,5	12,2
12	ОАО «Белгородский абразивный завод» (ул. Михайловское шоссе, 2А)	50.5772	36.6285	3,6	5,6	9,6
13	АО «ЗАВОД ЖБК-1» (ул. Коммунальная, 5к)	50.5759	36.6496	3,5	7,1	11,3
14	ООО «Белгородский завод фрез и специнструмента» (ул. Волчанская, 159)	50.5533	36.6504	3,5	3,5	11,3
15	ООО «Белгородский комбинат строительных материалов» (ул. Мелзавод 2)	50.6148	36.6028	2,5	10,6	8,6
16	ООО «Стандарт Пластик Групп» (пр. Богдана Хмельницкого, 137Л)	50.6275	36.572	1,8	4,4	10,5
17	ОАО «Белагрономаш-Сервис имени В.М. Рязанова» (ул. Дзгоева, 2)	50.5853	36.656	1	5,1	10,7

Примечание: * – в качестве фоновых значений взяты температуры лесопарковых зон по данным снимков (см. табл. 1).

В городском округе город Белгород по данным ДЗЗ нами выявлено 17 основных источников теплового загрязнения, активных в 2021-2022 гг. (табл. 2). Выявленные источники расположены в управах Сумской, Мичуринской и Крейда, ни одного значительного и постоянного источника не выявлено в юго-западной части города (рис. 2).

В зимний и летний сезоны наиболее крупные и интенсивные тепловые следы наблюдались от производственных площадок №1 и №2 ООО «Энергомаш-БЗЭМ», промышленных зон ЗАО «Белгородский цемент», ООО «Завод-Новатор», ОАО «Белгородский абразивный завод», АО «Завод ЖБК-1», ООО «Белгородский завод фрез и специнструмента», ООО «Белгородский комбинат строительных материалов», ООО «Стандарт Пластик Групп», ОАО «Белгормаш-Сервис имени В.М. Рязанова». Для ООО СХП «Теплицы Белогорья» и очистных сооружений тепловой след в зимний период был относительно более выражен, чем летом.

В среднем по 17 объектам максимальные температуры от выявленных источников превышали фоновые значения на 11°C летом и на 7 °C – зимой. Наиболее интенсивный и крупный по площади очаг теплового загрязнения наблюдается над производственной площадкой № 2 ООО «Энергомаш-БЗЭМ»: летом температура здесь в среднем до 17 °C выше фоновой, зимой – до 11 °C.

Заключение.

В исследовании были рассмотрены вопросы мониторинга теплового загрязнения окружающей среды в городах. Для оценки городского острова тепла были использованы снимки с космических аппаратов Landsat 8 / 9 TIRS. На их основе построены карты пространственной структуры городского острова тепла в городе Белгород за летний и зимний сезоны. Определены тепловые аномалии и выявлено 17 основных техногенных источников теплового загрязнения. Наиболее интенсивный и крупный по площади очаг теплового загрязнения наблюдается над производственной площадкой № 2 ООО «Энергомаш-БЗЭМ»: летом температура здесь в среднем до 17 °C выше фоновой, зимой – до 11 °C.

Выявляемые по картам пространственные структуры городских островов тепла в общих чертах повторяют рисунок застройки с очагами в промышленных зонах, высокими превышениями температур над фоном в областях плотной жилой застройки и умеренными значениями превышений над фоном в зонах малоэтажной жилой застройки. Так, в летний период температура воздуха в условиях городской застройки отличается от фоновых характеристик в среднем на 4,5...5 °C.

Можно отметить, что наименьшие вариации температуры наблюдаются в «частном секторе» и на территории застройки средней плотности с достаточным озеленением, а наиболее высокие – на открытых пространствах, вблизи проезжей части крупных дорог, либо на участках плотной высокотажной застройки, где минимально внутриквартальное озеленение.

Цифровые карты пространственно-временных структур городских островов тепла и источников теплового загрязнения могут служить для учета влияния термодинамических факторов в исследованиях распространения загрязняющих веществ в атмосфере. Такие карты необходимо учитывать в моделировании и урбокодиагностике состояния воздушной среды, так как структура теплового поля города является определяющим фактором возникновения конвекционных потоков и перераспределения загрязняющих веществ в его атмосфере.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда
№ 20-17-00172, <https://rscf.ru/project/20-17-00172/>*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Григорьева, Е. А.** Комфорт и здоровье человека в климатических условиях городской среды / Е. А. Григорьева // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогноза. Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3...5 октября 2019 г.). – Том 2. – Воронеж, 2019. – С. 320-322.
2. Оценка техногенного загрязнения воздушного бассейна и микроклиматической комфортности городской среды / С. А. Куролап, И. В. Попова, Д. В. Сарычев и др. // Экологическая ситуация и риски для здоровья населения города Воронежа : сборник научных статей. – Воронеж: ООО «Издательство «Научная книга»», 2018. – С. 34-56.
3. **Попова, И. В.** Моделирование «городского острова тепла» средствами геоинформационного анализа / И. В. Попова, С. А. Куролап, П. М. Виноградов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – С. 87-95.
4. Интегральное эколого-микроклиматическое зонирование городской среды (на примере г. Воронежа) / И. В. Попова, С. А. Куролап, В. П. Закусилов, Г. И. Мазуров // Естественные и технические науки. – 2018. – № 11(125). – С. 277-281.
5. **Балдина, Е. А.** Использование космических снимков в тепловом инфракрасном диапазоне для географических исследований / Е. А. Балдина, М. Ю. Грищенко, Ю. В. Федорова. – Москва: Мысль, 2012. – 120 с.
6. Исследования городских островов тепла с помощью данных дистанционного зондирования в инфракрасном диапазоне / Е. А. Балдина, П. И. Константинов, М. Ю. Грищенко, М. И. Варенцов // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. – 2015. – № 5. – С. 38-42.
7. **Kaplan, G.** Urban heat island analysis using the Landsat 8 satellite data: A case study in Skopje, Macedonia / G. Kaplan, U. Avdan, Z.Y. Avdan // Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings. – 2018. – Vol. 2 (7). – Pp. 358.
8. **Сутырина, Е. Н.** Изучение параметров городских «островов тепла» на территории Иркутской области по данным дистанционного зондирования // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2020. – Т. 34. – Pp. 131-140.
9. **Almeida, C. R. d.** Study of the Urban Heat Island (UHI) Using Remote Sensing Data / C. R. d. Almeida, A. C. Teodoro, A. Gonçalves // Techniques: A Systematic Review. Environments. – 2021. – V. 8(10). – Pp. 105.
10. **Miky, Y. H.** Remote sensing analysis for surface urban heat island detection over Jeddah, Saudi Arabia. // Appl. Geomat. – 2019. – V. 11. – Pp. 243-258.
11. **Сарычев, Д. В.** Применение тепловых космических снимков для оценки моделей городского острова тепла / Д. В. Сарычев, И. В. Попова, С. А. Куролап // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы X Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 14...16.11.2018). – Воронеж, 2018. – С. 142-150.
12. **Сарычев, Д. В.** Дистанционное зондирование источников теплового загрязнения города Воронежа / Д. В. Сарычев, И. В. Попова, С. А. Куролап // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 54-65.
13. **Sarychev, D. V.** Verification of Urban Heat Island Microclimatic Model by Using Thermal Remote Sensing Data / D.V. Sarychev, S.A. Kurolap, I.V. Popova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – V. 272. 022085.
14. **Congedo, L.** Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS / L. Congedo // Journal of Open Source Software. – 2021. – 6(64): 3172. – DOI: 10.21105/joss.03172
15. **Mallick, J.** Land surface emissivity retrieval based on moisture index from LANDSAT TM satellite data over heterogeneous surfaces of Delhi city / J. Mallick, C. K. Singh, S. Shashtri, A. Rahman, S. Mukherjee // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2012. – No. 19. – Pp. 348-358.

16. **Weng, Q.** Techniques and Methods in Urban Remote Sensing. New Jersey. Wiley-IEEE Press. – 2019. – 353 p.

17. **Weng, Q.** Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies / Q. Weng, D. Lu, J. Schubring // Remote Sensing of Environment. – 2004. – No. 89. – Pp. 467-483.

Поступила в редакцию 8 августа 2023

REMOTE SENSING OF THE URBAN HEAT ISLAND AND THERMAL POLLUTION SOURCES IN THE CITY OF BELGOROD, RUSSIA

D. V. Sarychev, I. V. Popova, S. A. Kurolap

Dmitrii Vladimirovich Sarychev, senior lecturer, Department of geoecology and environmental monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)266-56-54; e-mail: sarychev.geo@gmail.com

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

Semen Alexandrovich Kurolap, Dr. Sc. (Geogr.), Professor, dean of the faculty of geography, geoecology and tourism, Head of the Department of geoecology and environmental monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)266-56-54; e-mail: skurolap@mail.ru

Studying the phenomenon of a positive temperature anomaly in the city, the urban heat island, and the processes that cause it, is an urgent scientific task that stands at the intersection of scientific fields, namely urban planning, geography and climatology, geoecology. The use and analysis of the results of remote sensing of the Earth, in particular space imaging in the thermal range, is a widely used and promising method for studying the spatial structure of urban heat islands. The article analyzed satellite imagery materials obtained from Landsat 8 and 9 in the period from 2020 to 2022 for the territory of the city of Belgorod. Taking into account the requirements for the quality of images in the study of thermal anomalies, we selected 5 «winter» and 5 «summer» images for 2022. As a result of processing the selected images we obtained multi-temporal images, on the basis of which we created maps of temperature variations of the underlying surface above the background; later we determined there locations of the main 17 sources of thermal pollution. Surface temperatures of these locations were approximately 4-10 degrees above background in winter and 10...15 degrees in summer, respectively. Our findings and produced maps form a geodatabase and contribute to further thermal pollution monitoring in urban areas of the Black Earth Region.

Keywords: remote Earth sensing; thermal photography in the infrared range; urban heat island; thermal pollution; Landsat.

REFERENCES

1. **Grigor'eva E. A.** *Comfort and human health in the climatic conditions of the urban environment.* Global climate change: regional effects, models, forecasts. Materials of the International Scientific and Practical conference (Voronezh, October 3...5, 2019). Vol. 2. Voronezh. 2019. Pp. 320-322. (in Russian)

2. **Kurolap S. A., Popova I. V., Sarychev D. V., Klepikov O. V., Vinogradov P. M.** *Assessment of technogenic pollution of the air and microclimatic comfort of the urban environment.* The ecological situation and risks to the health of the population of the city of Voronezh: a collection of scientific articles. Voronezh, Nauchnaya kniga Publ. 2018. Pp. 34-56. (In Russian)

3. **Popova I. V., Kurolap S. A., Vinogradov P. M.** *Modeling «urban heat islands» by tools of gis-analysis.* Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 87-95. (in Russian)

4. **Popova I. V., Kurolap S. A., Zakusilov V. P., Mazurov G. I.** *Integral ecological and microclimatic zoning of the urban environment (on the example of Voronezh).* Natural and technical Sciences. 2018. No. 11(125). Pp. 277-281. (in Russian)

5. **Baldina E. A., Grishchenko M. Yu., Fedorkova Yu. V.** *The use of satellite images in the thermal infrared range for geographical research*. Moscow, Publishing house 'Mysl'. 2012. 120 p. (in Russian)
6. **Baldina E. A., Konstantinov P. I., Grishchenko M. Yu., Varentsov M. I.** *Studies of urban heat islands using remote sensing data in the infrared range*. Earth from space – the most effective solutions. 2015. No. 5. Pp. 38-42. (in Russian)
7. **Kaplan G., Avdan U., Avdan Z. Y.** *Urban heat island analysis using the Landsat 8 satellite data: A case study in Skopje, Macedonia*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings. 2018. Vol. 2(7). Pp. 358. DOI: 10.3390/ecrs-2-05171.
8. **Sutyryna E. N.** *Study of the Parameters of Urban Heat Islands on the Irkutsk Region Territory According to Remote Sensing Data*. Proceedings of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences. 2020. Vol. 34. Pp. 131-140. (In Russian). DOI: 10.26516/2073-3402.2020.34.131. (in Russian)
9. **Almeida C. R. D., Teodoro A. C., Gonçalves A.** *Study of the Urban Heat Island (UHI) Using Remote Sensing Data*. Techniques: A Systematic Review. Environments. 2021. V. 8(10). Pp. 105. DOI: 10.3390/environments8100105.
10. **Miky Y. H.** *Remote sensing analysis for surface urban heat island detection over Jeddah, Saudi Arabia*. Appl. Geomat. 2019. V. 11. Pp. 243-258. DOI:10.1007/s12518-019-00256-9.
11. **Sarychev D. V., Popova I. V., Kurolap S. A.** *Application of thermal satellite images to evaluate urban heat island models*. Geoinformation mapping in the regions of Russia: Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference (Voronezh, 14...16.11.2018). Voronezh. 2018. Pp. 142-150. (in Russian)
12. **Sarychev D. V., Popova I. V., Kurolap S. A.** *Remote sensing of sources of thermal pollution of the city of Voronezh*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 54-65. (In Russian). DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.006. (in Russian)
13. **Sarychev D. V., Kurolap S. A., Popova I. V.** *Verification of Urban Heat Island Microclimatic Model by Using Thermal Remote Sensing Data*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 272. 022085. DOI:10.1088/1755-1315/272/2/022085.
14. **Congedo L.** *Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS*. Journal of Open Source Software. 2021. V. (64). Pp. 3172. DOI: 10.21105/joss.03172.
15. **Mallick J., Singh C. K., Shashtri S., Rahman A., Mukherjee S.** *Land surface emissivity retrieval based on moisture index from LANDSAT TM satellite data over heterogeneous surfaces of Delhi city*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2012. V. 19. Pp. 348-358. DOI: 10.1016/j.jag.2012.06.002.
16. **Weng Q., Lu D., Schubring J.** *Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies*. Remote Sensing of Environment. 2004. No. 89. Pp. 467-483. DOI: 10.1016/j.rse.2003.11.005.
17. **Weng Q.** *Techniques and Methods in Urban Remote Sensing*. New Jersey. Wiley-IEEE Press. 2019. 353 p.

Received 8 August 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Сарычев, Д. В. Мониторинг островов тепла и источников теплового загрязнения города Белгород с использованием данных дистанционного зондирования земли / Д. В. Сарычев, И. В. Попова, С. А. Куролап // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 122-131. – DOI 10.36622/VSTU.2023.42.81.012.

FOR CITATION:

Sarychev D. V., Popova I. V., Kurolap S. A. *Remote sensing of the urban heat island and thermal pollution sources in the city of Belgorod, Russia*. 2023. No. 4(27). Pp. 122-131. DOI 10.36622/VSTU.2023.42.81.012. (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 «Каталоге периодических изданий. Газеты и журналы» ГК «Урал Пресс» – **81025. Физические лица могут оформить подписку в интернет-магазине «Деловая пресса»** <http://www.ural-press.ru/dlya-fizicheskikh-lits/>

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 присылают 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 присылает:

- ✓ 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 высылает 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);
- ✓ **инициалы, 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



23 >