

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 2(29), 2024

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**

№ 2(29), 2024

**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





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



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

Scientific journal

Voronezh State Technical University



Housing and Utilities Infrastructure

The journal has been publishing since 2017

Founder and publisher:

**Federal state budgetary educational institution
«Voronezh State Technical University»**

Address of the publisher and founder:

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

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

Published 4 times a year

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

Journal publishes materials on the following topics:

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

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

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

Subscription index in the «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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дизайн обложки: Якубенко А. В. *Фото обложки:* Бичев Е.

Редактор перевода: Козлова В. В.

Подписной индекс в «Каталоге периодических изданий. Газеты и журналы» ГК «Урал Пресс» – 81025

Дата выхода в свет 28.06.2024. Усл. печ. л. 14,2. Формат 60×84/8. Тираж 45 экз. Заказ № 129

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 69631 от 02.05.2017

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

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

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

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief – Sergey Anatolevich Yaremenko, 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)

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 28.06.2024. Conventional printed sheets 14.2. Format 60×84/8. Circulation 45 copies. Order 129

Registration certificate III № ФС 77 – 69631 02.05.2017

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

Free price

The address of editorial office: 84, 20-letiya Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia;
phone: (473) 271-28-92; e-mail: vstu.gkh@gmail.com.

Printed: department of operative polygraphy in VSTU publishing house
84, 20-letiya Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Шмелев Г. Д., Кононова М. С., Копытин А. А.

Особенности проектирования и расчета температурно-усадочных деформационных швов зданий с каменными наружными стенами.....9

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

Иващенко С. Ю., Колосова Н. В.

Капитальный ремонт и замена запорной арматуры на системах теплогасоснабжения в рамках импортозамещения.....19

Чудинов Д. М., Петрикеева Н. А., Попова Н. М.

Оценка целесообразности применения гелиосистем в климатических условиях Центрального Черноземья.....28

Анциферов С. А., Чиркова Е. В.

Опыт цифрового моделирования по выявлению зон выпадения конденсата на светопрозрачных ограждениях.....35

Лобанов Д. В., Мерциев А. А., Кононова М. С.

Особенности расчета величины минимального расхода приточного воздуха.....44

Жерлыкина М. Н., Гармонов К. В., Яременко С. А., Макаров А. Р.

Исследование неравномерности температурного поля в объеме кондиционируемого помещения офисного здания.....52

Баскакова А. Г., Иванова Е. Ю.

Оценка микробиологических характеристик воды водоносных горизонтов Белгородской и Воронежской областей.....62

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

Артыщенко С. В., Панфилов Д. В., Чигарев А. Г., Бондарь С. П.

К вопросу о возможности достижения запланированного эффекта Бильбао и повышения инновационного потенциала территории.....71

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Подмаркова А. А., Прожорина Т. И., Суханов П. А., Вольчик Д. Д.

Мониторинг акустического загрязнения примагистральных территорий города Воронежа.....85

Акимов Е. Л., Акимов Л. М.

Разработка прогностического алгоритма загрязнения атмосферы канцерогенами при различных метеорологических условиях.....92

Яременко С. А., Гармонов К. В., Жерлыкина М. Н., Макаров А. Р.

Обоснование необходимости оценки экологической безопасности объектов многофункциональных зон дорожного сервиса транспортного туризма.....103

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Чернышов Л. Н.

Организационно-правовые проблемы кадровой трансформации в жилищно-коммунальном хозяйстве и пути их решения.....112

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....121

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

Shmelev G. D., Kononova M. S., Kopytin A. A.

Features of design and calculation of temperature-shrinkage expansion joints of buildings with stone external walls.....9

ENGINEERING SYSTEMS AND SERVICES

Ivashchenko S. Y., Kolosova N. V.

Major repairs and replacement of shut-off valves on heat and gas supply systems as part of import substitution19

Chudinov D. M., Petrikeeva N. A., Popova N. M.

Assessment of the feasibility of using solar systems in the climatic conditions of the Central Chernozem region.....28

Anciferov S. A., Chirkova E. V.

Experience of digital modeling to identify zones of condensate dropout on transparent enclosures.....35

Lobanov D. V., Mershchiev A. A., Kononova M. S.

Features of calculating the minimum flow rate of the supply air.....44

Zherlykina M. N., Garmonov K. V., Yaremenko S. A., Makarov A. R.

Investigation of the unevenness of the temperature field in the volume of an air-conditioned office building.....52

Baskakova A. G., Ivanova E. Yu.

Assessment of microbiological characteristics of water in aquifers in Belgorod and Voronezh regions.....62

URBAN PLANNING. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

Artyshchenko S. V., Panfilov D. V., Tchigarev A. G., Bondar S. P.

On the issue of possibility of achieving the planned Bilbao effect and increasing the innovative potential of the territory.....71

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

Podmarkova A. A., Prozhorina T. I., Sukhanov P. A., Volchik D. D.

Monitoring of acoustic pollution of territories adjacent to arterial roads in the city of Voronezh85

Akimov E. L., Akimov L. M.

Development of a predictive algorithm for atmospheric pollution by carcinogens under various meteorological conditions.92

Yaremenko S. A., Garmonov K. V., Zherlykina M. N., Makarov A. R.

Justification of the need for assessing the environmental safety of facilities of multi-functional road service zones for transport tourism.....103

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

Chernyshov L. N.

Organizational and legal problems of the personnel transformation in housing and communal services and ways of their solution.....112

WRITING RULES AND GUIDELINES.....121

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ **BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES**

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.001

УДК 692.232.4

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНО-УСАДОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ ЗДАНИЙ С КАМЕННЫМИ НАРУЖНЫМИ СТЕНАМИ

Г. Д. Шмелев, М. С. Кононова, А. А. Копытин

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

Кононова Марина Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: kniga18@mail.ru

Копытин Андрей Александрович, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: andreycqw78@gmail.com

Проведен анализ действующих нормативно-технических документов, касающихся вопросов расчета и назначения длин участков между температурно-усадочными вертикальными деформационными швами каменной кладки наружных стен зданий. Выполнен обзор конструктивных особенностей деформационных швов в типовых проектах первых массовых серий. Обозначены критерии, на основании которых принимают максимальное расстояние между температурно-усадочными швами. Представлен анализ нормативных документов, регламентирующих проектирование деформационных швов. Показано, что нет единых рекомендаций по методикам их расчетов, что может привести к разрушению отдельных строительных конструкций в процессе эксплуатации. Приведены примеры строительных конструкций зданий, имеющих температурные деформации в виде трещин, вызванных нарушением работы температурно-усадочных швов. Выявлена тенденция образования преимущественно вертикальных трещин. Рассмотрены основные положения методики расчета температурных деформаций каменных стен, основанные на одновременном использовании нескольких нормативных документов. Показано, что расчеты, выполненные с использованием формул из различных документов, дают значительно расходящиеся результаты.

Ключевые слова: вертикальный температурно-усадочный деформационный шов; каменные конструкции; многослойная кладка; лицевой слой кладки; расчет температурных деформаций.

Проектированию деформационных швов в зданиях в последние годы, как впрочем, и ранее, не уделяется должного внимания. Если с осадочными деформационными швами, разделяющими две разно-нагруженные части одного здания или два разновысоких здания, все обстоит достаточно хорошо, то при проектировании температурно-усадочных деформационных швов возникают значительные проблемы.

Так, например, в действующем СП 15.13330.2020 «СНиП П-22-81* Каменные и армокаменные конструкции», табл. 6.17, приведены значения коэффициентов линейного расширения для трех типов кладки. В том же документе в п. 9.84 отмечается, что при устройстве вертикальных температурно-усадочных швов в каменных стенах «расстояние между температурно-усадочными швами должны устанавливаться расчетом». Далее в п. 9.85 со ссылкой на табл. 9.7 (того же документа) приводятся требования по максимальным

расстояниям между температурно-усадочными швами, которые допускается принимать без расчета. В табл. 9.8 приводятся максимальные расстояния между вертикальными деформационными швами в лицевом слое многослойной кладки. При этом, для сплошной кладки расстояния между деформационными швами, по табл. 9.7, составляют 35...120 м (в зависимости от температуры, вида кирпича и марки раствора), а для лицевого слоя многослойных стен, по табл. 9.8, уже 2...8 м (в зависимости от температуры, формы кладки и типа кирпича). Для выполнения расчетов температурно-усадочных швов в лицевом слое кладки сделана отсылка к СП 327.1325800.2017 «Стены наружные с лицевым кирпичным слоем. Правила проектирования, эксплуатации и ремонта». Максимальные значения расстояний между вертикальными деформационными швами в лицевом слое многослойной кладки приведены в таблице 20.1 СП 327.1325800.2017.

Сравнение данных табл.20.1 СП 327.1325800.2017 с данными табл. 9.8 из СП 15.13330.2020 показывает, что аналогичные значения сильно разнятся. Так в табл. 20.1 СП 327.1325800.2017 максимальные значения расстояний между температурно-усадочными вертикальными швами составляют от 5 до 18 м. Налицо значительная неувязка требований разных нормативно-технических документов к аналогичным конструкциям. В приложении В, СП 327.1325800.2017, приведена инженерная методика оценки напряженно-деформированного состояния кладки лицевого слоя наружной стены с гибкими связями, позволяющая определить допустимые длины участков лицевого слоя кладки каменных стен современных зданий с многослойными стенами. Однако, все требования, приведенные в СП 327.1325800.2017, касаются только кладок с гибкими связями. При этом расчет температурных воздействий следует выполнять в соответствии с рекомендациями СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*», который, в свою очередь, дает отсылку к СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология».

Имеющиеся научные публикации на тему, связанную с расчетом, обоснованием и назначением расстояний между вертикальными температурно-усадочными швами для стен каменных зданий [1...4] не дают однозначного ответа на указанные выше нестыковки в расстояниях между температурно-усадочными деформационными швами. Между тем, неправильное расположение или выполнение деформационных швов в последующем, в ходе длительной эксплуатации зданий, а иногда еще до сдачи объекта в эксплуатацию, приводит к необратимым последствиям, связанным с появлением трещин как в наружных, так и внутренних стенах зданий [5...10].

В типовых проектах первых массовых серий, по которым построены все здания, относящиеся к периоду возведения 1960-1980 годов, температурно-усадочные деформационные швы устраивались по месту стыка наружной продольной и внутренней поперечной стен [1, 4]. Так, например, по серии 2.130-1 «Детали стен и перегородок жилых зданий», Выпуск 12 «Кирпичные стены эффективной кладки» (разработана ЛенЗНИИЭП и ЦНИСК им. Кучеренко в 1972 г.) деформационные швы рекомендуется выполнять по узлу, представленному на рис. 1.

По такому же принципу выполнены температурно-усадочные швы большинства зданий первых массовых серий, а так же и зданий более поздних периодов постройки.

Раскрытие таких швов в зимний период приводило и приводит к продуванию шва, образованию внутри конденсата, а при значительных отрицательных температурах наружного воздуха сопровождается образованием наледи [6, 7, 11, 12].

Позднее, при разработке новых норм, эти ошибки были учтены, и в Пособии по проектированию жилых зданий «Конструкции жилых зданий», выпуск 3 (к СНиП 2.08.01-85) появились следующие рекомендации:

✓ «Вертикальные деформационные швы рекомендуется выполнять в виде спаренных поперечных стен, располагаемых на границе планировочных секций. Поперечные стены вертикальных швов должны быть, как правило, утепленными и выполняться анало-

гично конструкциям торцевых стен, но без наружного отделочного слоя. Ширину вертикальных швов следует определять по расчету, но принимать не менее 20 мм в свету».

✓ «Вертикальные швы во избежание попадания и накопления в них снега, влаги и мусора рекомендуется закрывать по всему периметру, включая крышу, нащельниками (например, из гофрированных оцинкованных листов железа). Нащельники и утепление вертикальных швов не должны препятствовать деформации отсеков, разделенных швом».

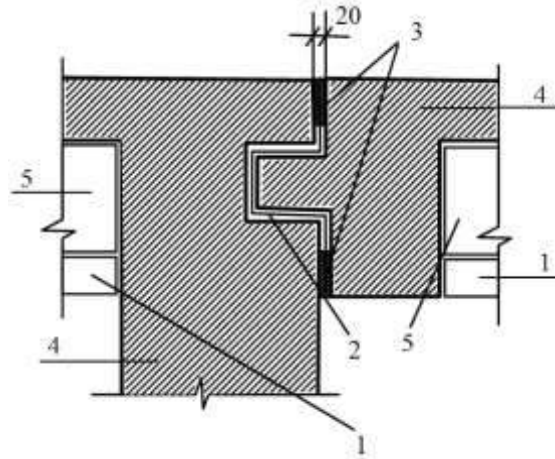


Рис. 1 – Узел выполнения деформационных швов в многослойной каменной кладке по серии 2.130-1:
1 – внутренний слой стены; 2 – два слоя толя; 3 – конопатка (волокнистый материал);
4 – внешний слой стены; 5 – утепляющий слой

При этом расстояние между температурно-усадочными швами рекомендовалось определять расчетом или назначать по табличным значениям. Так, для средней полосы России с годовым перепадом среднесуточных температур на уровне 60 °С, в зависимости от типа и конструктивного исполнения здания, расстояние между температурно-усадочными швами колебалось от 40 м (для сборных и монолитных зданий) до 125 м (для бескаркасных крупнопанельных зданий).

В действующих на сегодня нормах СП 15.13330.2020 Каменные и армокаменные конструкции в п. 9.84 указывается, что «расстояния между температурно-усадочными швами должны устанавливаться расчетом». При этом далее, в п. 9.85 отмечается, что максимальные расстояния между температурно-усадочными швами, которые допускается принимать для неармированных наружных стен, следует принимать по табл. 9.7. Для г. Воронежа максимальное расстояние между температурно-усадочными деформационными швами, для однослойной каменной кладки, с годовым перепадом среднесуточных температур на уровне 60 °С рекомендуется принимать не более 50 м.

В качестве критериев, на основании которых принимают максимальное расстояние между температурно-усадочными швами, выступают:

- ✓ средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки;
- ✓ вид кирпича (глиняный, керамический или силикатный);
- ✓ марка строительного раствора по прочности на сжатие.

Как показывает практика проектирования зданий и сооружений различного назначения, проектировщики не утруждали себя выполнением расчета ограждающих каменных конструкций на температурные воздействия, а принимали максимально допустимые по табл. 9.7 СП 15.13330.2020 значения.

Со временем отсутствие температурно-усадочных деформационных швов в зданиях или ошибки в их расположении приводят к развитию в наружных и внутренних стенах трещин с преобладанием вертикального направления, которые по факту сами становятся такими температурно-усадочными деформационными швами. Последствия образования и развития таких трещин могут быть очень серьезными.

Рассмотрим такие ошибки на примере жилых и общественных зданий в г. Воронеже и Воронежской области. Для примера на рис. 1...4 приведены фотографии температурных трещин в наружных и внутренних стенах и по другим конструкциям зданий, с однослойными каменными стенами, выполненными в виде каменной кладки из силикатного кирпича. Как видно из представленных фотографий, (рис. 1...4), для всех зданий характерны вертикальные трещины.

Так, например, при обследовании причин появления и развития трещин в наружных и внутренних стенах здания детского сада № 99 в г. Воронеже, запроектированного в 2009 году, при максимальном размере здания в плане 49.12 м по главному и дворовому фасадам не предусмотрено ни одного температурно-усадочного шва по несущей внутренней части трехслойных каменных наружных стен, выполненных из силикатного кирпича. Требования табл. 9.7 СП 15.13330.2020 по максимальному расстоянию между температурно-усадочными деформационными швами, для однослойной каменной кладки, равное 50 м (для г. Воронежа), выдержано. При этом в облицовочном слое каменной кладки температурно-усадочные деформационные швы выполнены (по всем выступающим и западающим углам). При этом к началу 2021 года в конструкциях детского сада, вдоль внутренних поперечных стен образовались трещины (рис. 2, 3).

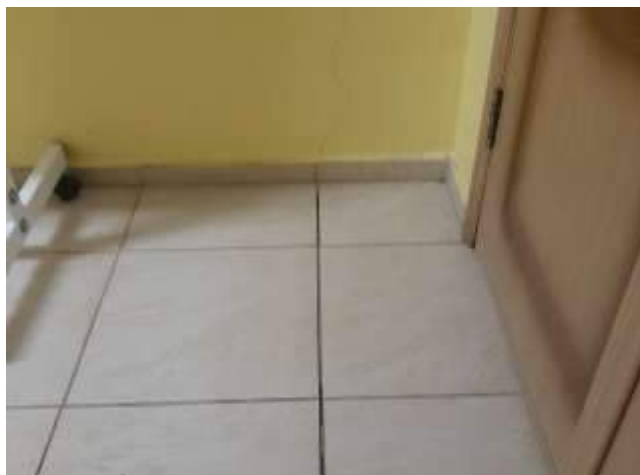


Рис. 2. Трещина в полах и внутренней продольной стене, вдоль поперечной внутренней стены детского сада № 99 по пер. Павловский, д. 58 в г. Воронеже



Рис. 3. Трещина на стыке плит перекрытия и внутренней поперечной стены детского сада № 99 по пер. Павловский, д. 58 в г. Воронеже

Так же обстоит дело и с новым детским садом в пос. Пески Поворинского района Воронежской области, запроектированном в 2016 году (уже другой проектной организацией). При общей длине здания по разбивочным осям – 72,38 м, здание разделено одним

температурно-усадочным швом на два температурных блока длиной (по разбивочным осям) 21,240 м и 51,140 м соответственно. Следует отметить, что в детском саду в пос. Пески к началу 2024 года температурные трещины начали образовываться (пока в виде еле заметных волосных трещин).

Расчет расстояния между температурно-усадочными деформационными швами и ширины самого шва, ни в том, ни в другом случае выполнены не были.

Следует дополнительно отметить, что жилой дом по ул. Чкалова, д. 4, в г. Борисоглебске (рис. 4) имеет 3 подъезда, конфигурацию в плане в форме буквы «Г», при максимальной длине здания не более 60 м. Трещина образовалась в крайнем подъезде (рис. 4). Подъезд признан аварийным и расселен.



Рис. 4. Вертикальная трещина по фасаду жилого дома № 4 в г. Борисоглебск, ул. Чкалова, Воронежская область

В жилом доме по ул. Кирова, д. 10 в г. Воронеже при длине здания 144 м (5 подъездов), со стороны дворового фасада, обращенного на север, не выполнено ни одного температурно-усадочного деформационного шва, что привело к образованию вертикальных трещин в стенах всех лестничных клеток (рис. 5).



Рис. 5. Вертикальная трещина в стенах лестничной клетки на верхних этажах жилого дома № 10 по ул. Кирова в г. Воронеже

Технические обследования по дому, начиная с 1999 года, выполнены 3 раза, разработан проект усиления конструкций лестничных клеток. В настоящее время выполняются

работы по мониторингу технического состояния здания. Предварительные результаты мониторинга показывают, что при изменении наружных температур (от +27 °С до -10 °С) происходит как вертикальное так и горизонтальное смещение берегов трещин, на которых установлены цифровые маяки.

Рассмотрим основные положения методики расчета температурных деформаций каменных стен, расстояний между температурно-усадочными деформационными швами, выполним расчеты и проанализируем полученные результаты.

Методика расчета основана на одновременном использовании четырех нормативно-технических документов:

- ✓ СП 15.13330.2020 «СНиП II-22-81* Каменные и армокаменные конструкции»;
- ✓ СП 327.1325800.2017 «Стены наружные с лицевым кирпичным слоем. Правила проектирования, эксплуатации и ремонта»;
- ✓ СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»;
- ✓ СП 131.13330.2018 «Строительная климатология».

При этом следует отметить, что в двух первых имеются определенные противоречия, которые будут рассмотрены ниже.

В табл. 6.17 СП 15.13330.2020 приведены значения коэффициентов линейного расширения каменных кладок различных типов, в зависимости от использованных камней и блоков. Фактически, приведенные в табл. 6.17 коэффициенты линейного расширения учитывают свободное деформирование участка каменной кладки, не ограниченной с боков никакими конструкциями и не испытывающие на себе различные силовые воздействия.

В идеале, свободный от других воздействий и различного рода ограничений участок каменной кладки, может быть рассчитан на температурные воздействия по простейшей формуле $\sigma_t = t_c \cdot \alpha_t \cdot E$, учитывающей изменение температуры окружающего воздуха и особенности конкретного вида каменной кладки. Фактически, при расчете температурных деформаций каменных стен зданий, пользоваться этой формулой нельзя, так как она не учитывает реальных условий работы каменной кладки.

С 2012 по 2021 год методика расчета температурных деформаций каменной кладки, основывающаяся на наработках ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и ОАО «НИЦ «Строительство»», несколько раз претерпела изменения.

Так, в соответствии с изменением № 3 от 28 января 2019 года к СП 15.13330.2012 "Каменные и армокаменные конструкции", расчет лицевого слоя трехслойной каменной кладки рекомендуется выполнять по формуле:

$$\sigma_t = -\chi_3 \cdot \chi_4 \cdot \chi_5 \cdot \chi_6 \cdot (\chi_1 \cdot L - \chi_2) \cdot \Delta t_c \cdot \alpha_t \cdot E, \quad (1)$$

где σ_t – горизонтальные растягивающие напряжения в основании стены, МПа; $\chi_1 = 0,0005$ МПа/(м·°С); $\chi_2 = 0,0008$ МПа/°С; χ_3 – для кладки из керамического кирпича = 1,0, для кладки из силикатного кирпича и бетонных камней = 1,3; χ_4 – коэффициент, учитывающий влияние температуры замыкания и температуры плиты в эксплуатационный период, равный 1,0 при $\Delta t_{\text{плит}} = 0$ °С, 1,1 при $\Delta t_{\text{плит}} = 5$ °С и 1,25 при $\Delta t_{\text{плит}} = 10$ °С и выше; χ_5 – коэффициент учитывающий возможность концентрации растягивающих напряжений на опоре вблизи соединяющих торцевую часть плиты с внутренней железобетонных ребер, равный 1,4 – для кладки из керамического кирпича и 1,1 – для кладки из силикатного кирпича и бетонных камней; $\chi_6 = 114$ °С/МПа; L – расстояние между двумя вертикальными деформационными швами, м; Δt_c – нормативное значение средней температуры по сечению элемента в холодное время года, °С; α_t – коэффициент линейного расширения каменной кладки, град⁻¹ (по таблице 6.17 СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции»); E – модуль деформации каменной кладки, МПа, определяется в соответствии с указаниями п. 6.21 СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции».

Нормативное значение средней температуры по сечению элемента в холодное время года определяется по таблицам 13.1 и 13.2 СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», с

использованием значений из табл. 3.1, 4.1 и 5.1 СП 131.13330.2018 «Строительная климатология».

В соответствии с прил.В к СП 327.1325800.2017 «Стены наружные с лицевым кирпичным слоем. Правила проектирования, эксплуатации и ремонта» горизонтальные растягивающие напряжения лицевого слоя в основании стены рекомендуется вычислять по формуле:

$$\sigma = (0,67 + 0,0088 \cdot l) \cdot E_k \cdot \alpha_t \cdot \Delta t, \quad (2)$$

где l – безразмерный коэффициент, численно равный суммарной длине стен фрагментов L , м; E_k – модуль деформации кладки, вычисляемый с учетом влияния ползучести кладки при длительных деформациях, МПа; α_t – коэффициент линейного расширения каменной кладки, град⁻¹ (по таблице 6.17 СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции»); Δt – перепад температур, рассчитывают по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», принимая его равным Δt_c – для холодного времени года, и равным Δt_w – для теплого времени года.

В формулах (1) и (2) значение Δt определяется с использованием формул для определения нормативных значений средних температур по сечению элемента:

- ✓ $t_c = t_{ic} + 0,6 \times (t_{ec} - t_{ic}) - 0,5 \times \theta_2$ (для холодного времени года);
- ✓ $t_w = t_{ew} + \theta_1 + \theta_4$ (для теплого времени года).

Пример использования формулы (2) для расчета температурных деформаций наружных каменных стен здания жилого дома старой постройки в г. Воронеже, выполненный с учетом всех особенностей эксплуатации, включая ориентированность стен зданий по сторонам света, освещенность и затененность различных участков наружных стен приведен в работе [13], где был доказан температурный характер трещин, полученных стенами здания в реальных условиях эксплуатации.

Расчеты, выполненные с использованием формул (1) и (2) дают значительно расходящиеся результаты. Например, расчет, выполненный для лицевого слоя стен из каменной кладки с применением силикатного кирпича марки СУЛ 125/25 (марка по прочности на сжатие М125) и раствора М100, без учета ползучести кладки при длительных деформациях, на длине участка равном 5 м (максимальное расстояние между деформационными швами в лицевом слое по таблице 9,92 СП 15.13330.2020 «Каменные и армокаменные конструкции») в первом случае дает напряжения, равные 0,029 МПа, а во втором случае – 0,068 МПа. При этом расчетное сопротивление каменной кладки осевому растяжению по перевязанному сечению, определяемые по таблицам 11 и 12 СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции» с учетом всех коэффициентов, составляет 0,112 МПа.

Заключение.

Проведенный анализ существующих нормативных документов, регламентирующих расчет и проектирование температурно-усадочных деформационных швов, позволил установить, что отсутствует единая методика, объединяющей различные нормативы. На практике это приводит к неточностям в проектировании, способным в процессе эксплуатации привести к образованию дефектов строительных конструкций в виде температурных трещин.

В результате проведенного обзора результатов технических обследований строительных конструкций зданий, имеющих температурные деформации в виде трещин, вызванных нарушением работы температурно-усадочных швов, выявлена тенденция образования преимущественно вертикальных трещин.

Проанализированы методики расчета температурных деформаций каменных стен, представленные в различных нормативных документах. Выявлено, что расчеты растягивающих напряжений, выполненные с использованием формул из различных документов, дают значения, расходящиеся почти в два раза.

Как показывает практика длительной эксплуатации зданий гражданского назначения, отсутствие расчета температурных деформаций наружных стен зданий, назначение расстояний между температурно-усадочными деформационными швами по максимальному значению, рекомендуемому нормативно-техническими документами (СНиПами, СП и др.), а также отсутствие температурно-усадочных деформационных швов в наружных стенах зданий, включая внутренние слои кладки, приводит к образованию и развитию температурных трещин и ухудшению микроклимата во внутренних помещениях отапливаемых зданий. Иногда это заканчивается возникновением аварийных ситуаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Прокопьева, Д. А.** Кирпичная кладка: виды, терминология и температурные швы (технология) / Д. А. Прокопьева, И. Н. Сегаев // Аллея науки. – 2018. – Т. 2. – № 6(22). – С. 546-549.
2. **Замаруева, И. В.** Особенности устройства температурных и антисейсмических швов при строительстве высотных зданий / И. В. Замаруева, А. Н. Леонова // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2022. – № 4. – С. 105-108.
3. **Гуревич, Т. М.** Влияние разрезки здания температурным швом нанпряжённо-деформированное состояние элементов каркаса / Т. М. Гуревич, С. С. Бойко // В сборнике: Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии. Кострома. – 2017. – С. 29-33.
4. **Малахова, А. Н.** Конструктивные решения наружных стен кирпичных зданий / А. Н. Малахова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2009 – № 1. – С. 22-23.
5. **Ищук, М. К.** Российский опыт возведения наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки / М. К. Ищук // Технологии строительства. – 2009. – № 2. – С. 30-37.
6. **Немчикова, Л. А.** Анализ существующих конструктивных решений устройства деформационных швов / Л. А. Немчикова, Е. В. Рубель // Colloquium-Journal. – 2019. – № 17-1(41). – С. 52-55.
7. **Избицкая, Ю. С.** Исследование причин появления дефектов в многослойных стенах с облицовочным слоем из кирпича / Ю. С. Избицкая, С. В. Калошина // Строительство и архитектура. – 2018. – Т. 6. – № 4. – С. 58-63.
8. **Вишняков, Ю. В.** Раскрытие деформационных швов в стенах зданий из силикатного кирпича / Ю. В. Вишняков, Р. О. Овчаренко, И. А. Рытова // Строительная механика и расчет сооружений. – 2014. – № 2(253). – С. 10-13.
9. **Вишняков, Ю. В.** Раскрытие деформационных швов в наружных стенах из керамического кирпича / Ю. В. Вишняков, И. А. Рытова, Е. П. Сладкова // Строительная механика и расчет сооружений. – 2013. – № 4(249). – С. 10-14.
10. **Ищук, М. К.** Вертикальные температурные швы в стенах с лицевым слоем из каменной кладки / М. К. Ищук // Жилищное строительство. – 2018. – № 9. – С. 54-59.
11. **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. – DOI 10.36622/VSTU.2021.18.3.001.
12. **Шмелев, А. Г.** Влияние трещин в наружных стенах здания на их теплозащитные характеристики / А. Г. Шмелев, Н. А. Драпалюк, Г. Д. Шмелев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 1(24). – С. 18-25
13. **Шмелев, Г. Д.** Расчетное обоснование температурных деформаций каменных стен здания / Г. Д. Шмелев, Э. В. Сазонов, А. Н. Ишков // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 1 (28). – С. 9-18.

Поступила в редакцию 13 февраля 2024

FEATURES OF DESIGN AND CALCULATION OF TEMPERATURE-SHRINKAGE EXPANSION JOINTS OF BUILDINGS WITH STONE EXTERNAL WALLS

G. D. Shmelev, M. S. Kononova, A. A. Kopytin

Gennady Dmitrievich Shmelev, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor of the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(4732)271-52-49; e-mail: shmelev8@mail.ru

Kononova Marina Sergeevna, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-28-92; e-mail: kniga18@mail.ru

Kopytin Andrey Alexandrovich, student at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-28-92; e-mail: andreyqw78@gmail.com

The article analyzes the current regulatory and technical documents concerning issues of calculating and assigning the lengths of sections of masonry on the outer walls of buildings between temperature-shrinkable vertical expansion joints. We reviewed the design features of expansion joints in standard designs of the first mass construction. We indicated some criteria on the basis of which the maximum distance between temperature-shrinkage expansion joints is accepted. We also analyzed regulatory documents governing the design of expansion joints. It is shown that there are no uniform recommendations on the methods of their calculations, which can lead to the destruction of individual building structures during operation. We present some examples of structures that have thermal deformations in the form of cracks caused by malfunction of temperature-shrinkage expansion joints. We revealed a tendency for the formation of predominantly vertical cracks. We as well considered the main provisions of the methodology for calculating temperature deformations of stone walls, based on the simultaneous use of several regulatory documents. It is shown that calculations performed using formulas from various documents give significantly divergent results.

Keywords: vertical temperature-shrinkage expansion joint; stone structures; multilayer masonry; facing layer of masonry; calculation of temperature deformations.

REFERENCES

1. **Prokopyeva D. A., Segaev I. N.** *Brickwork: types, terminology and expansion joints (technology)*. Alley of Science. 2018. V. 2. No. 6 (22). Pp. 546-549. (in Russian)
2. **Zamarueva I. V., Leonova A. N.** *Features of the design of temperature and anti-seismic joints in the construction of high-rise buildings*. Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). 2022. No. 4. Pp. 105-108. (in Russian)
3. **Gurevich T. M., Boyko S. S.** *The influence of cutting a building with an expansion joint: the stress-strain state of frame elements*. In the collection: Proceedings of the Kostroma State Agricultural Academy. Kostroma. 2017. Pp. 29-33. (in Russian)
4. **Malakhova A. N.** *Constructive solutions for external walls of brick buildings*. Construction materials, equipment, technologies of the XXI century. 2009. No. 1. Pp. 22-23. (in Russian)
5. **Ishchuk M. K.** *Russian experience in the construction of external walls with a facing layer of brickwork*. Construction technologies. 2009. No. 2. Pp. 30-37. (in Russian)
6. **Nemchikova L. A., Rubel E. V.** *Analysis of existing design solutions for the construction of expansion joints*. Colloquium-Journal. 2019. No. 17-1 (41). Pp. 52-55. (in Russian)
7. **Izbitskaya Yu. S., Kaloshina S. V.** *Study of the causes of defects in multilayer walls with a facing layer of brick*. Construction and architecture. 2018. T. 6. No. 4. Pp. 58-63. (in Russian)

8. **Vishnyakov Yu. V., Ovcharenko R. O., Rytova I. A.** *Opening of expansion joints in the walls of buildings made of sand-lime brick.* Structural mechanics and calculation of structures. 2014. No. 2(253). Pp. 10-13. (in Russian)

9. **Vishnyakov Yu. V., Rytova I. A., Sladkova E. P.** *Opening of expansion joints in external walls made of ceramic bricks.* Structural mechanics and calculation of structures. 2013. No. 4(249). Pp. 10-14. (in Russian)

10. **Ishchuk M. K.** *Vertical expansion joints in walls with a facing layer of masonry.* Housing construction. 2018. No. 9. Pp. 54-59. (in Russian)

11. **Shmelev G. D., Sazonov E. V., Kononova M. S.** *Monitoring and prediction of technical condition of structural units of buildings and structures.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 3(18). Pp. 9-18. DOI 10.36622/VSTU.2021.18.3.001. (in Russian)

12. **Shmelev A. G., Drapalyuk N. A., Shmelev G. D.** *The influence of cracks in the external walls of a building on their heat-shielding characteristics.* Housing and communal infrastructure. 2023. No. 1(24). Pp. 18-25. (in Russian)

13. **Shmelev G. D., Sazonov E. V., Ishkov A. N.** *Calculation justification of temperature deformations of stone walls of a building.* Housing and communal infrastructure. 2024. No. 1(28). Pp. 9-18. (in Russian)

Received 13 February 2024

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Шмелев, Г. Д. Особенности проектирования и расчета температурно-усадочных деформационных швов зданий с каменными наружными стенами / Г. Д. Шмелев, М. С. Кононова, А. А. Копытин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 9-18. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.001.

FOR CITATION:

Shmelev G. D., Kononova M. S., Kopytin A. A. *Features of design and calculation of temperature-shrinkage expansion joints of buildings with stone external walls.* Housing and utilities infrastructure. 2024. No. 2(29). Pp. 9-18. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.001. (in Russian)

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

ENGINEERING SYSTEMS AND SERVICES

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.002

УДК 621.643.053

КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ И ЗАМЕНА ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ НА СИСТЕМАХ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ В РАМКАХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

С. Ю. Иващенко, Н. В. Колосова

Иващенко Сергей Юрьевич, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-53-21; e-mail: sivashchenko23@list.ru

Колосова Нелля Викторовна, канд. экон. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-53-21; e-mail: kolosnv@yandex.ru

В процессе эксплуатации запорной арматуры происходит снижение эффективности ее работы, а при выходе из строя поднимается вопрос капитального ремонта или же полной замены оборудования. Основной целью исследования является оценка возможности продления срока эксплуатации трубопроводной арматуры, а также замены или проведения капитального ремонта в условиях санкционного давления и действия программы импортозамещения. Рассмотрены основные варианты сохранения работы узлов трубопроводного транспорта. Проведена оценка реализации производства отечественных аналогов запорной арматуры в рамках импортозамещения. Определены основные направления импортозамещения в производстве трубопроводной арматуры на системах теплогазоснабжения, а также возможности ремонта и продления срока ее эксплуатации.

Ключевые слова: запорная арматура; импортозамещение; капитальный ремонт; магистральный газопровод.

На сегодняшний день количество запорно-регулирующей арматуры на компрессорных станциях (КС) и линейных участках магистральных газопроводов превышает 500 тысяч единиц. Номенклатура ее разнообразна по функциональным, конструктивным и техническим особенностям. По результатам технической оценки специалистов из ПАО «Газпром» около 5 % трубопроводной арматуры (ТПА) требует капитального ремонта или ее замены. Определение выбора метода ликвидации критических дефектов ТПА является важной задачей, решение которой, позволяет не допустить аварийных ситуаций, экологических катастроф, а также минимизировать экономические риски [1].

Оценка работоспособности ТПА. При проведении периодических осмотров и сезонных обслуживаний, проверяются все технические характеристики запорной арматуры с целью выявления существующих дефектов. Помимо технического осмотра, проводятся испытания ТПА на прочность и плотность водой и воздухом (6 Атм.) и составляется протокол испытаний, пример которого приведен в табл. 1.

Если в процессе обслуживания и последующих испытаний выявлены дефекты, которые невозможно исправить при проведении текущего ремонта, а имеющиеся нарушения конструкции ТПА могут привести к авариям в системах теплогазоснабжения, принимается решение о капитальном ремонте, либо полной замене запорно-регулирующей арматуры.

Таблица 1

Пример протокола испытаний шарового крана ТМ Маршал 11с67п [2, 3]

Вид испытаний	Пробное вещество	Давление фактическое, МПа	Время выдержки t, сек
Проверка прочности и плотности материала 1,5 PN п.4.7 ТУ У 04671406-003-1999	вода	3,8	120
Проверка герметичности относительно внешней среды 1,1 PN п. 4.8 ТУ У 04671406-003-1999	вода	2,8	180
Проверка герметичности затвора 1,1 PN п. 4.9 ТУ У 04671406-003-1999	вода	2,8	180
Проверка герметичности затвора 0,6 МПа п. 4.9 ТУ У 04671406-003-1999	воздух	0,6	120
Проверка работоспособности п. 4.10; 4.11 ТУ У 04671406-003-1999	работоспособен		

Оценка технического состояния запорной арматуры и принятие решения о возможности продления срока ее безопасной эксплуатации. Техническое состояние запорной арматуры определяется по совокупности результатов:

- ✓ анализа документации;
- ✓ проверки работоспособности;
- ✓ проверки герметичности;
- ✓ проверки корпуса и сварных соединений методами НК;
- ✓ поверочных расчетов на прочность корпуса.

Независимо от результатов технического диагностирования демонтажу из трубопровода подлежат:

- ✓ запорная арматура Ду 50...250 мм, находящаяся в эксплуатации более 40 лет;
- ✓ запорная арматура Ду 50...700 мм с коническим затвором, находящаяся в эксплуатации более 40 лет;
- ✓ запорная арматура Ду 300...1400 мм с выработанным сроком службы (установленным НТД) или находящаяся в эксплуатации более 30 лет (в случае если в технической документации отсутствуют сведения о назначенных показателях), у которой:
 - не предусмотрена (конструкцией завода-изготовителя) подача смазки к уплотнительным элементам седла затвора, или набивочные фитинги и трубопроводы демонтированы или заварены в процессе эксплуатации;
 - уплотнительные кольца седла затвора изготовлены из материала PCTFE (политрифторохлорэтилена);
 - седла затвора имеют гидравлическую систему принудительного отжатия;
 - затвор использовался в качестве регулирующего органа;
 - запорная арматура, находящаяся в аварийном состоянии;
 - запорная арматура, у которой проводился ремонт корпуса (подварка свищей или трещин) [4].

Важнейшим критерием, благодаря которому возможно продолжение срока эксплуатации запорно-регулирующей арматуры, является полностью работоспособное состояние всех узлов и элементов ТПА в соответствии с требованиями ТУ, НТД Методики проведения технического диагностирования запорной арматуры на объекте ПАО «Газпром», определенное в процессе технического диагностирования оборудования.

Существует возможность пролонгации эксплуатации запорно-регулирующей арматуры на срок до 7 лет, если при диагностике технического состояния ТПА определено, что:

- ✓ отсутствие дефектов или отклонений, которые недопустимы по требованиям НД и техпаспорта, а также влекут за собой полную дальнейшую неработоспособность запорной

арматуры;

✓ при подаче расчетной нагрузки (давление и температура), запорная арматура должна находиться в полностью работоспособном состоянии. Это означает, что ни коррозионные, ни эрозионные дефекты никак не снижают технические характеристики нагруженных элементов ниже расчетных значений [5];

✓ вся конструкция полностью отвечает всем необходимым требованиям НД;

✓ состояния металла, с учётом имеющихся дефектов, не противоречит требованиям НД;

✓ элементы и соединения запорной арматуры полностью герметичны, достаточно прочные и плотные, согласно регламенту НД.

Запорная арматура допускается к дальнейшей эксплуатации на срок 5 лет, если в результате проведенного технического диагностирования определено, что она имеет допустимые дефекты:

✓ одиночные поры и включения до 5 % толщины корпуса и сварных соединений при ВИК и до 10 % при ФЗК, МПК или УЗК;

✓ протечка газа в седлах затвора: до $180 \text{ (см}^3\text{/мин)} \times \text{Du (мм)}$ для Du 300...1400 мм при $\Delta P=6,0 \text{ МПа}$; до $18 \text{ (см}^3\text{/мин)} \times \text{Du (мм)}$ для Du 50...250 мм при $\Delta P=6,0 \text{ МПа}$.

Проведение технического диагностирования завершается оформлением заключения по техническому диагностированию запорной арматуры.

Заключение содержит:

✓ наименование;

✓ вводную часть, содержащую основание для проведения диагностики, сведения об экспертной организации, включая наличие лицензии, сведения об экспертах;

✓ перечень объектов диагностики;

✓ данные о заказчике;

✓ цель технического диагностирования;

✓ результаты проведения работ;

✓ заключительную часть с выводами, а также рекомендациями по техническим решениям и проведению компенсирующих мероприятий;

✓ приложения, содержащие перечень использованной нормативно-технической и методической документации, программу, протоколы и карты контроля, копии лицензии Ростехнадзора [6].

Заключение подписывается всеми членами экспертной группы и утверждается руководителем Подрядчика, после чего оно согласовывается с Заказчиком.

Если в Заключении принимается решение о продлении срока безопасной эксплуатации арматуры, Заказчик передает Заключение на утверждение в территориальный орган Ростехнадзора.

Заключение становится неотъемлемой частью эксплуатационной документации. В эксплуатационном паспорте (сервисной книжке) на арматуру должна быть сделана соответствующая отметка о продлении срока безопасной эксплуатации арматуры.

Капитальный ремонт ТПА. Если экспертной группой, которой проводились техническое диагностирование запорной арматуры, выносится решение о капитальном ремонте (КР) ТПА, то происходит подготовка всей необходимой технической документации, составляется дефектная ведомость. Капитальный ремонт арматуры целесообразно проводить параллельно с плановым капитальным ремонтом участка магистрального газопровода. Это позволяет последовательно ремонтировать вышедшие из строя элементы, без опасений об аварии на уже отремонтированном участке. Сам по себе капитальный ремонт проводится с вырезкой ТПА с участка газопровода [7]. КР состоит из следующих типов работ:

✓ восстановление герметичности;

✓ ремонт деталей корпуса и патрубков;

- ✓ работы по ремонту привода запорной арматуры;
- ✓ замену дефектных деталей запорной арматуры.

Основой для капитального ремонта, исходя из статистики, является потеря герметичности ТПА (98 % от всех причин). Помимо всех основных работ по КР, производится нанесение на внутренние элементы специальных уплотнительных паст, которые заметно повышают герметические свойства, при небольшом их расходе. Типовой объем работ при капитальном ремонте приведен в табл. 2.

Таблица 2

Типовой объем работ при капитальном ремонте

Типы работ	Этапы работ
Основной этап работ КР	все этапы текущего ремонта ТПА
	вырезка ТПА из состава линейной части газопровода
	полная разборка и устранение всех дефектов, которым подвержены узлы и детали ТПА
	замена деталей и узлов полностью пришедших в негодность
	нанесение герметизирующих материалов
	сборка ТПА
Дополнительные работы по КР	проверка ТПА на прочность в соответствии с ГОСТ 5762-74Е и технической документацией по КР
	проверка ТПА на плотность в соответствии с ГОСТ 5762-74Е и технической документацией по КР
	проверка ТПА на герметичность по отношению к внешней среде в соответствии с ГОСТ 5762-74Е и технической документацией по КР
	врезка ТПА в состав линейной части газопровода

По результатам ремонтам ТПА, в ее тех. паспорт вносятся все сведения по КР, включающие:

- ✓ наименование специализированной ремонтной организации (подразделения);
- ✓ объем (состав) ремонта;
- ✓ материал введенных в состав арматуры элементов;
- ✓ материал наплавов при пайке;
- ✓ марка электродов при сварке;
- ✓ значения показателей надежности – при их изменении;
- ✓ проведенные испытания и их результаты;
- ✓ значения назначенных показателей, в случае их продления.

Общая оценка отрасли в рамках импортозамещения в условиях нынешнего кризиса. В новой экономической реальности, которая характеризуется турбулентностью в мировой экономике и нарушением выстроенных логистических цепочек, задача импортозамещения в многих сферах производства становится близка к критической. Особенно, такая тенденция заметна в топливно-энергетическом сегменте экономики, что напрямую связано с экономической безопасностью России. Запорная арматура – одно из важнейших устройств трубопроводного транспорта, который, как раз и является частью этого важнейшего экономического сегмента.

Заметную роль в импортозамещении ТПА сыграл кризис 2019...2021 годов, связанный с эпидемиологической ситуацией в мире. Многие производители запорной арматуры, особенно в Италии и Германии, на фоне пандемии сокращали свое производство, а цена оборудования была слишком высокой из-за курса евро. Благодаря этому, а также реализации программы импортозамещения в России, отечественные производители запорной арматуры вывели на рынок аналоги иностранной ТПА.

Основными производителями запорно-регулирующей арматуры в России являются ООО «Гусар», АО «ПТПА», ЗАО «ЧТЗО» и АО «БАЗ». На рис. 1 показана динамика выручки за 2007...2021 гг., откуда можно сделать вывод, что за 2008...2011 гг. и 2013...2015 гг. компании наращивали производство. Это говорит о том, что экономические кризисы мало сказываются на объеме заказов, а основным показателем является долгосрочные программы модернизации инфраструктуры промышленных объектов, курсы иностранных валют и цены на энергоносители в мире [8].

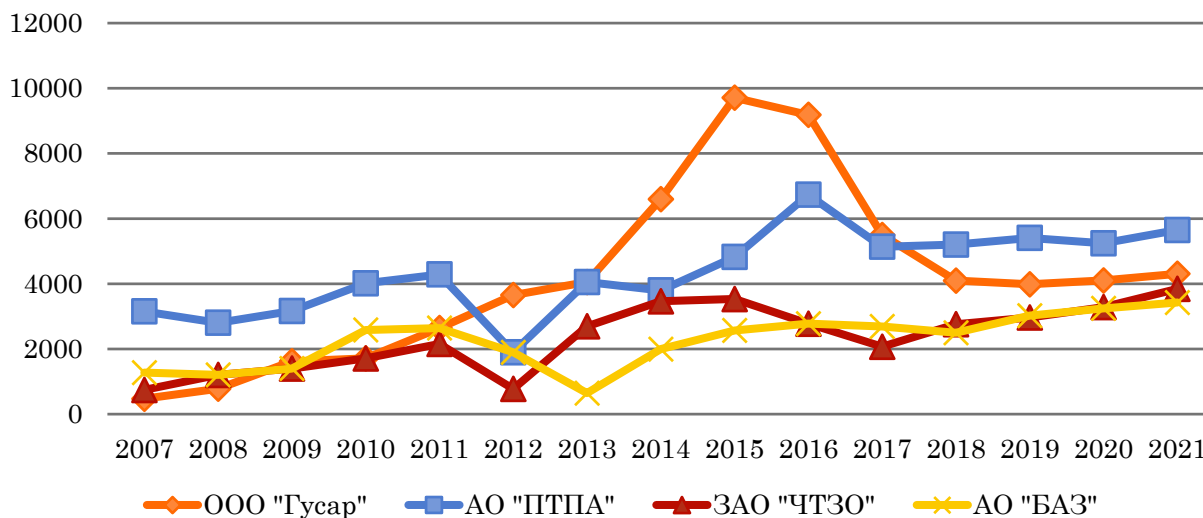


Рис. 1. Динамика выручки по крупнейшим российским игрокам на рынке ТПА, 2007...2021 гг., млн. руб.

В условиях кризиса, рынок отечественной запорной арматуры будет развиваться под влиянием таких условий как:

- ✓ падение цен на энергоносители, что повлечет за собой уменьшение финансирования на государственные программы поддержки промышленности;
- ✓ вынужденное сокращение финансирования инвестиционных программ производителями, в связи с неопределенностью в экономическом секторе;
- ✓ существующие оборудование трубопроводного транспорта, даже при отсутствии программ по модернизации и внедрению новых решений, будут требовать замены и ремонта;
- ✓ энергетика, как одна из важнейших отраслей потребления, будет обеспечивать крупных производителей заказами, поскольку она является одним из главных драйверов экономики Российской Федерации.

Таким образом, на ближайшие годы уменьшение объемов потребления промышленной ТПА в России неизбежно из-за снижения деловой активности и сокращения инвестиций. Однако от серьезного падения рынок будет удерживать относительно стабильный уровень спроса со стороны отраслей-потребителей [9].

Замена ТПА в условиях санкций. При возникновении потребности в замене запорной арматуры, возникает задача, как в условиях санкций заменить вышедший из строя элемент, если он является импортным. Исходя из статистики ПАО «Газпром», процент импортной продукции на линейном участке магистральных газопроводов составляет 16 %, а отечественных 84 % [10]. Это говорит о том, что сфера производства запорной арматуры относительно импортозаместима. С другой стороны, несмотря на то, что доля зарубежной продукции не так высока, стоит отметить, что вся эта продукция высокотехнологична, а решения, предоставляемые зарубежными производителями, являются передовыми на рынке и большинство из них находятся в странах Европы и Северной Америки: Klinger

Fluid Control GmbH (Австрия), Pietro Fiorentini Spa (Италия), VEXVE OY (Финляндия), Georg Fisher Piping Systems (Switzerland) Ltd. (Швейцария) и др.). Однако, несмотря на очевидные сложности, процесс импортозамещения в России продолжает развиваться. Например, Пензенской кампанией АО «ПТПА» был разработан обратный клапан осевого потока, который является аналогом голландского производителя Mokveld. Сравнение основных характеристик обратных клапанов осевого потока приведено в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики обратных клапанов осевого потока			
Производитель	АО «ПТПА»	Mokveld	ЗАО «ЧЗТО»
Описание	Обратный клапан осевого потока		
Назначение	предназначен для предотвращения обратного потока среды, малые гидравлические потери, безударная работа, отсутствие склонности к кавитации, вибрации и шуму, для сложных условий работы оснащается внутренним демпфером		
Характеристики	DN400...1400, PN1,6...16 МПа, Т до +200 °С; уплотнение в затворе – «металл – металл»; герметичность – в пределах установленных норм; присоединение к трубопроводу – фланцевое, под приварку, срок службы 40 лет	DN50...1600, PN2...42 МПа, Т до +650 °С; уплотнение в затворе – «металл – металл»; присоединение к трубопроводу – фланцевое, под приварку	DN15...500, PN1,6...6,3 МПа, Т до +400 °С герметичность – в пределах установленных норм; присоединение к трубопроводу – фланцевое, под приварку

Внешний вид обратного клапана осевого потока разных производителей представлен на рис. 2.

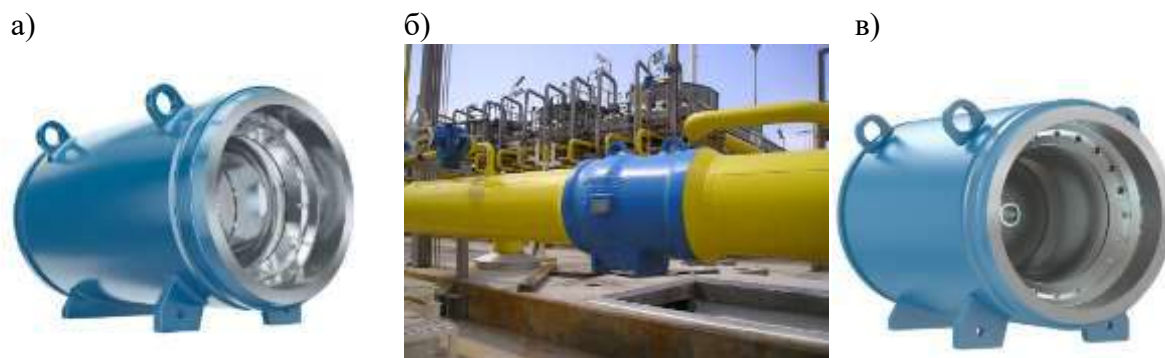


Рис. 2. Обратный клапан осевого потока:
а – от компании АО «ПТПА»; б – от компании «Mokveld»; в – от компании ЗАО «ЧЗТО»

Еще одним примером грамотной работы по импортозамещению, является АО «Благовещенский Арматурный Завод». Производитель уже давно зарекомендовал себя как разработчик отечественных решений по замене импортных ТПА. Предприятием освоена целая линейка новых продуктов. Одной из таких является задвижка шиберная, сравнение которой с зарубежным аналогом представлено в табл. 4.

На рис. 3 показан внешний вид шиберной задвижки АО «БАЗ» и Cameron.

Можно сделать вывод, что в области замещения импортной запорной арматуры, несмотря на все сопутствующие сложности, производители начинают активно внедрять аналоги иностранного оборудования, что положительно сказывается на отрасли в целом.

Таблица 4

Характеристики шиберных задвижек		
Производитель	АО «БАЗ»	Cameron
Наименование	задвижка шиберная ЗМ, ЗМС	FL and FLS Gate Valve
Описание	Задвижка прямоточная шиберная маслonaполненная; Шибер установлен под углом 90° для перекрытия потока в трубопроводе	
Характеристики	DN65, PN21 МПа	DN65, PN21 МПа

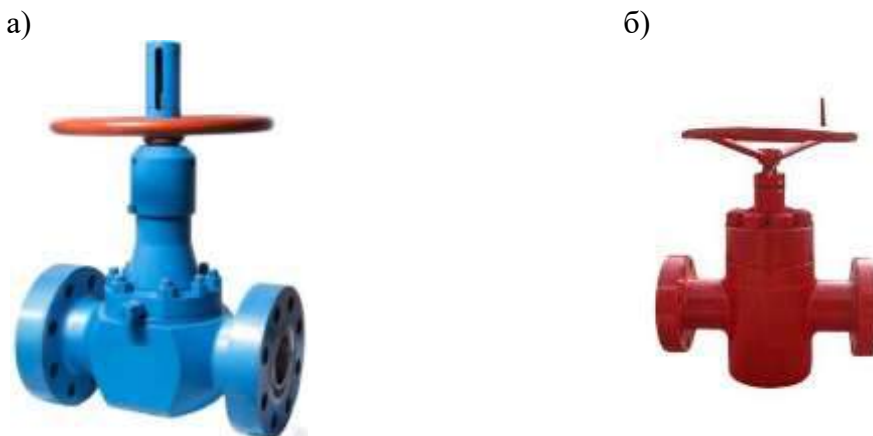


Рис. 3. Внешний вид шиберных задвижек:
а – производитель АО «БАЗ»; б – производитель Cameron

Заключение.

Показано, что последовательный порядок проведения работ по оценке технического состояния эксплуатируемой трубопроводной арматуры в системах теплогазоснабжения позволяет своевременно выявлять дефекты узлов и конструкций, а, следовательно, избежать возможных аварий на объектах трубопроводного транспорта. Определен основной объем работ при проведении капитального ремонта запорно-регулирующей арматуры, если такое решение выносит экспертная группа по результатам технической диагностики объекта.

Проведен анализ динамики производительности выпускаемой продукции российскими заводами-изготовителями. показан рост выручки крупнейших российских производителей ТПА за период 2008...2021 гг. Выявлены основные условия и ограничения для дальнейшего развития рынка отечественной трубопроводной арматуры.

Представлен анализ разработанных в рамках импортозамещения аналогов иностранного оборудования. Приведены примеры разработанных аналогов иностранного оборудования, которые уже зарекомендовали себя с положительной стороны в процессе эксплуатации на системах теплогазоснабжения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ликвидация последствий аварий на объектах инженерных систем теплогазоснабжения / Н. В. Колосова, К. М. Сенькин, Ю. А. Соя, В. О. Бочаров // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – № 3(8). – С. 44-50.
2. Гуревич, Д. Ф. Трубопроводная арматура: справочное пособие 2-е изд. / Д. Ф. Гуревич. – Ленинград: Машиностроение, 1981.
3. Эйсмонт, В. П. Трубопроводная предохранительная арматура / В. П. Эйсмонт. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 336 с.
4. Гуревич, Д. Ф. Справочник конструктора трубопроводной арматуры / Д. Ф. Гуревич, О. Н. Шпаков. – Ленинград: Машиностроение, 1987.

5. **Асеев, О. И.** Арматура предохранительная: выбор, установка и расчет: справочное пособие / О. И. Асеев. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. – 209 с.

6. **Язовцев, В. В.** Наружные газопроводы: мониторинг, обслуживание и ремонт: учебное пособие / В. В. Язовцев, В. А. Вершилович. – Москва: Инфра-Инженерия, 2020. – 380 с.

7. **Бочарников, В. Ф.** Справочник мастера по ремонту нефтегазового технологического оборудования: учебно-практическое пособие / В. Ф. Бочарников. – Москва: Инфра-Инженерия, 2016. – Том 2. – 577 с.

8. Формирование и развитие инновационной инфраструктуры в целях коммерциализации технических проектов / Е. В. Шкарупета, О. А. Попова, О. Шальнев, Н. Колосова // Энергетическое управление муниципальными объектами и устойчивые энергетические технологии: сборник трудов по материалам XXI Международной научной конференции. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2020. – С. 52-56.

9. **Тер-Матеосянц, И. Т.** Импортозамещение трубопроводной арматуры в российском нефтегазовом секторе / И. Т. Тер-Матеосянц // «Neftegaz.RU». – 2016. – № 4.

10. **Дьяконенко, Е. Л.** Анализ опыта эксплуатации различных типов запорно-регулирующей арматуры / Е. Л. Дьяконенко, Н. В. Колосова // Студент-Наука: Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет. – 2022. – С. 273-275.

Поступила в редакцию 19 января 2024

MAJOR REPAIRS AND REPLACEMENT OF SHUT-OFF VALVES ON HEAT AND GAS SUPPLY SYSTEMS AS PART OF IMPORT SUBSTITUTION

S. Y. Ivashchenko, N. V. Kolosova

Sergey Yuryevich Ivashchenko, student of the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-53-21; e-mail: sivashchenko23@list.ru
Nellya Viktorovna Kolosova, Cand. Sc. (Econom.), Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-53-21; e-mail: kolosnv@yandex.ru

During the operation of the shut-off valves, the efficiency of its operation decreases, and in case of failure, the issue of major repairs or complete replacement of equipment is raised. The main purpose of the study is to extend the service life of pipeline fittings, as well as to determine the possibility of replacement or major repairs under the sanctions pressure and the import substitution program. In this article we consider the main options for maintaining the operation of pipeline transport nodes. We as well evaluated the implementation of the production of domestic analogues of shut-off valves in the context of import substitution. Also, we identified the main directions of import substitution in the production of pipeline fittings for heat and gas supply systems, as well as the possibility of repair and extension of its service life.

Keywords: shut-off valves; import substitution; major repairs; main gas pipeline.

REFERENCES

1. **Kolosova N. V., Senkin K. M., Soy Yu. A., Bocharov V. O.** *Liquidation of the consequences of accidents at the facilities of engineering systems of heat and gas supply.* Scientific Journal. Engineering systems and structures. 2012. No. 3(8). Pp. 44-50. (in Russian)

2. **Gurevich D. F.** *Pipeline fittings: reference manual* 2nd ed. Machine-building. Leningrad department. 1981. (in Russian)

3. **Eismont V. P.** *Pipeline safety valves*. Moscow. Vologda, Infra-Engineering. 2020. 336 p. (in Russian)
4. **Gurevich D. F., Shpakov O. N.** *Handbook of the designer of pipeline fittings*. Mechanical engineering, Leningrad department. 1987. (in Russian)
5. **Aseev O. I.** *Safety valves: selection, installation and calculation: reference manual: reference book*. Moscow, Infra-Engineering. 2018. 209 p. (in Russian)
6. **Yazovtsev V. V., Vershilovich V. A.** *External gas pipelines: monitoring, maintenance and repair: textbook*. Moscow, Infra-Engineering, 2020. 380 p. (in Russian)
7. **Bocharnikov V. F.** *Handbook of the master of repair of oil and gas technological equipment: an educational and practical guide*. Moscow. Infra-Engineering. 2016. Vol. 2. 577 p. (in Russian)
8. **Shkarupeta E. V., Popova O. A., Shalnev O., Kolosova N.** *Formation and development of innovative infrastructure for the commercialization of technical projects*. Energy management of municipal facilities and sustainable energy technologies: proceedings of the XXI International Scientific Conference. Voronezh. Voronezh State Technical University, 2020. Pp. 52-56. (in Russian)
9. **Ter-Mateosyants I. T.** *Import substitution of pipeline fittings in the Russian oil and gas sector*. 'Neftegaz.RU'. 2016. No. 4. (in Russian)
10. **Dyakonenko E. L., Kolosova N. V.** *Analysis of the operating experience of various types of shut-off and control valves*. Student-Science: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Voronezh. Voronezh State Technical University, 2022. Pp. 273-275. (in Russian)

Received 19 January 2024

Для цитирования:

Иващенко, С. Ю. Капитальный ремонт и замена запорной арматуры на системах теплогазоснабжения в рамках импортозамещения / С. Ю. Иващенко, Н. В. Колосова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 19-27. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.002.

FOR CITATION:

Ivashchenko S. Y., Kolosova N. V. *Major repairs and replacement of shut-off valves on heat and gas supply systems as part of import substitution*. Housing and utilities infrastructure. 2024. No. 2(29). Pp. 19-27. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.002. (in Russian)

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.003

УДК 697.7

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕЛИОСИСТЕМ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Д. М. Чудинов, Н. А. Петрикеева, Н. М. Попова

Чудинов Дмитрий Михайлович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(951)549-19-57; e-mail: dmch_@mail.ru

Петрикеева Наталья Александровна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(952)101-72-96; e-mail: petrikeeva.nat@yandex.ru

Попова Наталья Михайловна, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(908)137-23-33; e-mail: exclusiv.na@mail.ru

Мини-гелиостанции достаточно эффективно применяются для генерации электроэнергии в частном секторе, промобъектах и небольших общественных объектах типа частных гостиниц. Целесообразность их использования обусловлена достаточным количеством солнечной радиации. В работе проанализирована стоимость солнечной установки горячего водоснабжения в исполнении подрядчика в текущем уровне цен и основные технико-экономические показатели аналогичных установок отечественных и зарубежных производителей. Рассмотрены четыре варианта гелиоустановок, три из которых широко известны и являются на данный момент наиболее конкурентоспособными. Представлены результаты расчета срока окупаемости, коэффициента замещения, стоимости данных установок в условиях Центрального Черноземья в зависимости от производителя. Показано, что целесообразность применения зависит от начальных капитальных вложений и варианта исполнения, причем важным показателем является стоимость обслуживания и возможность дублирования этих систем традиционным способом.

Ключевые слова: гелиоустановка; энергоэффективность; себестоимость; целесообразность; горячее водоснабжение.

Спрос на нетрадиционные генераторы выработки тепла и энергии растет пропорционально росту цен на электроэнергию и органическое топливо. Несмотря на их энергоэффективность и значительные энергосберегающую и экологическую составляющие, крупные потребители предпочитают использовать традиционные системы. Для частных домовладений, небольших промобъектов и общественных зданий со старой инфраструктурой, частыми перебоями в энергоснабжении, удаленными от центра и ожидающими выезда аварийно-диспетчерских бригад длительное время, перспективным кажется использование либо дизельных генераторов, либо систем с альтернативным генератором на базе гелиоустановок.

Областью применения гелиосистем является отопление жилых и общественных помещений, промпредприятий, нагрев воды для их нужд, производство электроэнергии в небольших количествах с помощью солнечных батарей. За последние двадцать лет спрос на гелиоустановки и доступность их использования возросли. Это связано с информационной грамотностью потребителей, разнообразием производителей, комплектацией и модификаций установок. Себестоимость выработки и срок окупаемости также возросли и сдерживающим фактором остаются начальные капитальные затраты.

Как отмечено в ряде работ, например [1...4], использование гелиосистем для нужд

горячего водоснабжения, ввиду их относительно небольшого энергетического потенциала, оказывается эффективным.

Рассмотрим полную стоимость солнечной системы горячего водоснабжения для нужд частной гостиницы в условиях Черноземья в текущих ценах. По техническому заданию и согласно расчета период использования установки – круглогодично, рассматриваемый расчетный период – 20 лет, общее количество коллекторов – 6 штук, площадь каждого коллектора – 2 м², объем бака-аккумулятора – 600 литров.

Стоимость коллектора представлена в табл. 1. Выполнение строительно-монтажных работ и изготовление солнечных коллекторов предусмотрено заказчиком (потребителем).

Таблица 1

Стоимость солнечного коллектора в ценах 2023 года

Наименование материала	Ед. измер.	Количество	Цена, руб./ед.	Стоимость, руб.
Солнечный коллектор [4]				
Труба медная жесткая диаметром 15 мм	м	14	727,0	10178,0
Угол 900 диаметром 15 мм	шт.	12	46,0	552,0
Переходной ниппель с наружной резьбой 15х1/2	шт.	2	398,0	796,0
Припой мягкий (250 гр.)	шт.	0,5	2091,0	1045,5
Флюс для мягкого припоя (250 гр.)	шт.	0,17	2770,0	470,9
Лист медный толщиной 0,6 мм, шириной 0,6 м, длиной 1,5 м	шт.	2	6116,0	12232,0
Минеральная вата URSA шириной 1 м, толщиной 0,07 м, длиной 12 м	шт.	0,17	3662,0	622,54
Уголок 25х25х4	м	6	810,0	4860,0
Лист железный толщиной 0,5 мм, шириной 1,25 м, длиной 2,5 м	шт.	1	1439,0	1439,0
Стекло толщиной 4 мм	м ²	2	1660,0	3320,0
Грунтовка 2,5 кг	шт.	0,17	825	140,25
Краска чёрная 0,9 кг	шт.	0,2	394	78,8
Герметик	шт.	1	551	551,0
Итого на солнечный коллектор			6257,36	36285,99
Итого на общее количество солнечных коллекторов в гостинице (6 шт.)			32830,17	217715,94

В состав стандартной гелиоустановки входят: плоские солнечные коллекторы, бак-аккумулятор, циркуляционный насос, автоматика, запорно-регулирующая арматура, трубопроводы, фитинги. Стоимость составляющих установки в целом приведена в табл. 2.

Общая стоимость солнечной водонагревательной установки в исполнении заказчика в текущих ценах составит 267315,15 рублей. Для сравнения, по расчету эта же установка двадцать лет назад с учетом инфляции и изменения текущего уровня цен обошлась бы в 46794,85 рублей. Как мы видим изменение стоимости данного объекта составило за исследуемый период порядка пятикратного увеличения.

Стоимость обслуживания и возможность дублирования этих систем традиционным способом должны быть учтены при расчете экономической целесообразности [5]. В условиях Черноземья, с достаточно умеренным климатом, следует рассматривать полученный результат как достаточно неплохой экономический и экологический эффект. Использование таких систем в быту, особенно для нужд горячего водоснабжения, обычно более эффективно [6...8].

Таблица 2

Стоимость составляющих солнечной установки в ценах 2023 года

Наименование материала	Ед. измер.	Количество	Цена, руб./ед.	Стоимость, руб.
Трубопроводы, фитинги, арматура, автоматика				
Расширительный бак отопления, 8 л	шт.	1	1 630,0	1 630,0
Циркуляционный насос BW 152 R 1/2"	шт.	1	5950,0	5950,0
Двухканальный измеритель - регулятор 2TRM1A-H.TC.P	шт.	1	9 316,0	9 316,0
Термопреобразователь сопротивления дТСО14-50М.В3.20/0,5	шт.	1	792,0	792,0
Термопреобразователь сопротивления дТСО45-50М.В3.120	шт.	2	1320,0	2640,0
Воздухоотводчик автоматический 1/2"	шт.	2	686	1372,0
Предохранительный клапан 3 bar 1/2"	шт.	1	396,0	396,0
Манометр 0-6 bar., 60 мм, нижнее подключение, 1/4"	шт.	1	252,21	252,21
Счетчик для воды 1/2"	шт.	1	604,0	604,0
Кран шаровой 1/2" ВН	шт.	5	443,0	2215,0
Терморегулирующий вентиль прямой 1/2" нижний	шт.	6	531,0	3186,0
Кран шаровой 3/4" «американка»	шт.	1	808,0	808,0
Кран шаровой 20 ПП	шт.	1	174,0	174,0
Кран шаровой 32 ПП	шт.	2	505,0	1010,0
Обратный клапан пружинный 1/2" латунь	шт.	1	300,0	300,0
Обратный клапан 1/2"	шт.	1	300,0	300,0
Обратный клапан пружинный 3/4"	шт.	1	694,0	694,0
Шаровой кран из PPRC D-25	шт.	3	223,0	669,0
Труба PN20-20 AQUARA белая	м	16	75,5	1208,0
Труба PN20-25 AQUARA белая	м	2	264,5	529,0
Труба PN20-32 AQUARA белая	м	40	271,5	10860,0
Угольники, тройники, муфты	шт.	90	55,4	4986,0
Термоизоляция «Isoform» 22x6 мм	м	14	117,0	1638,0
Термоизоляция «Isoform» 34x6 мм	м	28	119,5	3346,0
Теплоноситель «Тёплый Дом 65», 10 литров	шт.	2	2 020,0	4040,0
Итого на трубопроводы, фитинги, арматуру, автоматику			13964,68	49599,21

Ранее в работах [1, 3, 4, 5] рассчитывался ряд показателей, таких как валовый потенциал суммарной солнечной радиации, технический потенциал системы через коэффициент замещения. Экономический потенциал можно выразить через срок окупаемости системы. В работе рассматриваются два варианта реализации альтернативного теплогенератора:

- ✓ выполнение строительно-монтажных работ и изготовление солнечных коллекторов заказчиком (подрядчиком);
- ✓ строительство по подрядному договору с приобретением всех элементов солнечной водонагревательной установки у специализированного дилера.

В качестве специализированных дилеров в работе рассмотрены как зарубежные, так и отечественные крупнейшие производители, установки которых широко известны и являются на данный момент конкурентоспособными. Это ООО «Новый Полус» (рис. 1 а), Viessmann (рис. 1 б), Nuch Entec (рис. 2 а), а также расчетный вариант (табл. 1 и 2), в исполнении подрядчика (рис. 2 б) [3, 7].

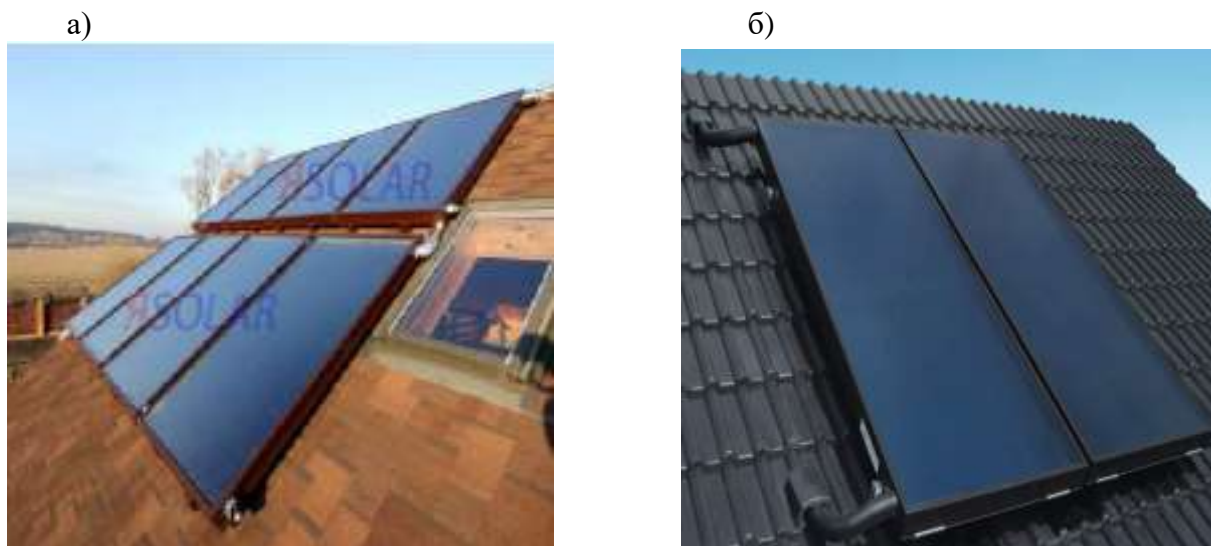


Рис. 1. Солнечная установка горячего водоснабжения производителя:
а – ООО «Новый Полос»; б – Viessmann



Рис. 2. Солнечная установка горячего водоснабжения производителя:
а – Huch Entec; б – аналог установки в исполнении подрядчика

Плоский солнечный коллектор состоит из следующих элементов: поглощающего солнечное излучение, или по-другому абсорбер, прозрачного покрытия и термоизолирующего слоя.

Абсорбер связан с теплопроводящей системой. Он покрыт чёрной краской либо специальным селективным покрытием для повышения эффективности. Прозрачный элемент изготавливается из закалённого стекла с пониженным содержанием металлов. Задняя часть панели покрыта теплоизоляционным материалом [9, 10].

Одной из проблем больших городов является промышленный смог, создающий дополнительный слой загрязнения на поверхности солнечных панелей и препятствующий поглощению прямой солнечной радиации непосредственно активным покрытием панелей и рассеиванию в атмосфере. Это может создавать дополнительные сложности, в загородных условиях такие проблемы сведены к минимуму [10...12].

Результаты сравнительного расчета и некоторые технико-экономические показатели по данным четырем вариантам представлены в табл. 3.

Таблица 3

Технико-экономические показатели солнечной водонагревательной установки
в зависимости от производителя в ценах 2023 года

Продукция (производитель)	Технико-экономический показатель		
	Расчетный период	Стоимость гелиосистемы, $C_{гс}$, руб. Срок окупаемости, Ток, лет	Годовой коэффициент замещения, $f_{год}$, % Годовая экономия де- нежных средств, $\Delta_{год}$, руб./год
Солнечная установка водонагревательная (заказчик/ подрядчик)	2023 г.	$\frac{267315,15}{14,2}$	$\frac{44}{18893,8}$
Солнечная установка водонагревательная (ООО «Новый Полюс»)	2023 г.	$\frac{323199,21}{17,1}$	$\frac{44}{18893,8}$
Солнечная установка водонагревательная (Viessmann)	2023 г.	$\frac{440799,21}{23,3}$	$\frac{44}{18893,8}$
Солнечная установка водонагревательная (Huch Entec)	2023 г.	$\frac{646965,21}{34,2}$	$\frac{44}{18893,8}$

Согласно проведенному расчету годовая тепловая нагрузка гостиницы на нужды горячего водоснабжения составляет 45430000 кДж. Годовая экономия электроэнергии, обеспечиваемая использованием солнечной радиации, составляет 5557 кВт·ч/год [5, 6, 13]. Тариф на электроэнергию в 2023 году составил 3,4 руб./(кВт·ч).

Заключение.

Представлен анализ гелиосистем отечественных и зарубежных специализированных производителей. Показано, что их рентабельность снижается по причине более высоких начальных капитальных вложений, что является сдерживающим фактором на активное внедрение гелиоустановок в системы теплоснабжения.

Отмечено, что аналогичные установки в изготовлении заказчика (подрядчика) более конкурентоспособны, но уступают по качеству изготовления. Среди основных недостатков, выявленных в результате исследования, можно выделить следующее: для абсорбера применяется черная краска, а не селективное покрытие; возможны трещины на прозрачной изоляции; неплотное прилегание каналов абсорбера к оребрению.

Анализ роста цен на материалы и энергоносители, согласно расчета, за последние двадцать лет показал снижение привлекательности с экономической точки зрения в пять раз. Результаты исследования показали, что в текущих условиях целесообразность применения солнечных установок значительно повысится при использовании систем отечественных производителей с внедрением программ господдержки и финансирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Чудинов, Д. М.** Влияние параметров оборудования гелиоустановок на эффективность альтернативного теплоснабжения зданий / Д. М. Чудинов, Т. В. Щукина, О. А. Сотникова // Промышленная энергетика. – 2008. – № 9. – С.44-46.
2. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии в гелиоустановках / Т. В. Щукина, Д. М. Чудинов, Н. А. Петрикеева, Н. М. Попова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2017. – № 1. – С. 118-121.

3. Оценка конкурентной способности гелиосистемы гостиницы в Воронежской области / Н. М. Попова, Д. М. Чудинов, О. А. Сотникова, Н. А. Петрикеева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 3(18). – С. 97-105.
4. **Сотникова, О. А.** Использование тепловой энергии солнца в пассивных и активных системах теплоснабжения / О. А. Сотникова, Д. М. Чудинов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2005. – № 6. – С. 56-63.
5. **Сотникова, О. А.** Экономическое обоснование и перспективы развития солнечного теплоснабжения / О. А. Сотникова, Д. М. Чудинов, Т. В. Щукина // Промышленная энергетика. – 2008. – № 6. – С. 50-52.
6. **Бекман, У.** Расчёт систем солнечного теплоснабжения / У. Бекман, С. Клейн. – Москва: Энергоиздат. – 1982. – 168 с.
7. **Чудинов, Д. М.** Обеспечение необходимого уровня энергоактивности солнечных систем, проектируемых для регионов Российской Федерации / Д. М. Чудинов, О. А. Сотникова, Т. В. Щукина // Энергосбережение. – 2009. – № 3. – С. 74-76.
8. **Попель, О. С.** Солнечные водонагреватели: возможности использования в климатических условиях средней полосы России / О. С. Попель, С. Е. Фрид // Теплоэнергетика. – 2001. – № 7. – С. 44-47.
9. Солнечные коллекторы и водонагревательные установки / Б. П. Тарнижевский, В. Б. Алексеев, З. А. Кабилов, И. М. Абуев // Теплоэнергетика. – 1995. – № 6. – С. 48-51.
10. 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.
11. **Шульга, К. С.** Гибридные солнечные коллекторы / К. С. Шульга, Ю. О. Астапова, А. Е. Астапов // Научный журнал. Молодой ученый. – 2016. – № 17(121). – С. 101-105.
12. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Под ред. Э. В. Сарницкого, С. А. Чистовича. – Москва: Стройиздат. – 1990. – 325 с.
13. **Неижмак, А. Н.** Методика оценки климатического потенциала солнечной и ветровой энергии / А. Н. Неижмак, И. П. Расторгуев // Гелиогеофизические исследования. – 2014. – № 9. – С. 150-160.

Поступила в редакцию 10 апреля 2024

ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF USING SOLAR SYSTEMS IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

D. M. Chudinov, N. A. Petrikeeva, N. M. Popova

Dmitry Mikhailovich Chudinov, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(951)549-19-57; e-mail: dmch_@mail.ru

Natalya Aleksandrovna Petrikeeva, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(952)101-72-96; e-mail: petrikeeva.nat@yandex.ru

Natalya Mikhailovna Popova, senior Lecturer of the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(908)137-23-33; e-mail: exclusiv.na@mail.ru

Mini-solar stations are used quite effectively to generate electricity in the areas of detached housing, industrial facilities and small public facilities such as private hotels. The feasibility of their use is determined by the sufficient amount of solar radiation. The work analyzes the cost of a solar hot water supply installation performed by a contractor at the current price level and the main technical and economic indicators of similar installations from domestic and foreign manufacturers. In this article we consider four options for solar power plants, three of which are widely known and are currently the most competitive. We also present the

results of calculating the payback period, replacement rate, and cost of these installations in the conditions of the Central Chernozem Region, depending on the manufacturer. It is shown that the feasibility of application depends on the initial capital investment and design option, with an important indicator being the cost of maintenance and the possibility of duplicating these systems in the traditional way.

Keywords: solar installation; energy efficiency; cost price; expediency; hot water supply.

REFERENCES

1. **Chudinov D. M., Shchukina T. V., Sotnikova O. A.** *The influence of solar installation equipment parameters on the efficiency of alternative heat supply to buildings*. Industrial energy. 2008. Vol. 9. Pp.44-46. (in Russian)
2. **Shchukina T. V., Chudinov D. M., Petrikeeveva N. A., Popova N. M.** *Combined generation of thermal and electrical energy in solar power plants*. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High technologies. Ecology. 2017. Vol. 1. Pp.118-121. (in Russian)
3. **Popova N. M., Chudinov D. M., Sotnikova O. A., Petrikeeveva N. A.** *Assessment of the competitive ability of a hotel solar system in the Voronezh region*. Housing and communal infrastructure. 2021. Vol. 3 (18). Pp.97–105. (in Russian)
4. **Sotnikova O. A., Chudinov D. M.** *Use of solar thermal energy in passive and active heat supply systems*. Bulletin of Voronezh State Technical University. 2005. Vol. 6. Pp. 56-63. (in Russian)
5. **Sotnikova O. A., Chudinov D. M., Shchukina T. V.** *Economic justification and prospects for the development of solar heat supply*. Industrial energy. 2008. Vol.6. Pp. 50-52. (in Russian)
6. **Beckman U., Klein S.** *Calculation of solar heating systems*. Moscow, Energoizdat. 1982. 168 p. (in Russian)
7. **Chudinov D. M., Sotnikova O. A., Shchukina T. V.** *Ensuring the required level of energy activity of solar systems designed for regions of the Russian Federation*. Energy saving. 2009. Vol. 3. Pp. 74-76. (in Russian)
8. **Popel O. S., Fried S. E.** *Solar water heaters: possibilities of use in the climatic conditions of central Russia*. Thermal power engineering. 2001. Vol. 7. Pp.44 – 47. (in Russian)
9. **Tarnizhevsky B. P. Alekseev V. B., Kabilov Z. A., Abuev I. M.** *Solar collectors and water heating installations*. Thermal power engineering. 1995. Vol. 6. Pp. 48 – 51. (in Russian)
10. **Kurasov I. S., Shchukina T. V., Kitaev D. N., Ryazantsev A. Yu., Yukhnevich S. S.** *The influence of artificial roughness of the surface of a thermal solar collector absorber on the absorption of solar radiation*. Industrial energy. 2021. Vol. 12. Pp. 45–51. (in Russian)
11. **Shulga K. S., Astapova Yu. O., Astapov A. E.** *Hybrid solar collectors*. Scientific journal. Young scientist. 2016. Vol. 17 (121). Pp. 101–105. (in Russian)
12. **Sarnitsky E. V., Chistovich S. A.** *Solar heat and cold supply systems*. Moscow. Stroyizdat. 1990. 325 p. (in Russian)
13. **Neizhmak A. N., Rastorguev I. P.** *Methodology for assessing the climatic potential of solar and wind energy*. Heliogeophysical research. 2014. Vol. 9. Pp. 150-160. (in Russian)

Received 10 April 2024

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Чудинов, Д. М. Оценка целесообразности применения гелиосистем в климатических условиях центрального Черноземья / Д. М. Чудинов, Н. А. Петрикеева, Н. М. Попова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 28-34. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.003.

FOR CITATION:

Chudinov D. M., Petrikeeveva N. A., Popova N. M. *Assessment of the feasibility of using solar systems in the climatic conditions of the central Chernozem region*. Housing and utilities infrastructure. 2024. No. 2(29). Pp. 28-34. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.003. (in Russian)

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.004

УДК 697.147

ОПЫТ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ ЗОН ВЫПАДЕНИЯ КОНДЕНСАТА НА СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДЕНИЯХ

С. А. Анциферов, Е. В. Чиркова

Анциферов Сергей Александрович, старший преподаватель Центра инженерного оборудования, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Тольятти, Российская Федерация, тел.: +7(905)306-65-38; e-mail: salan63@mail.ru

Чиркова Елена Владимировна, канд. техн. наук, доцент, доцент Центра инженерного оборудования, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Тольятти, Российская Федерация, тел.: +7(927)217-37-59; e-mail: e-mail: chirkovaev@mail.ru

Представлен опыт применения цифрового моделирования температурно-влажностного режима жилого помещения с целью выявления и прогнозирования факторов, влияющих на процесс выпадения конденсата на внутренней поверхности светопрозрачных ограждений. Так как решение данного вопроса затруднено многофакторностью воздействия на качество воздуха, поскольку температура, влажность, погодные условия могут меняться случайным образом, то применение методов, базирующихся на обоснованных научных подходах в совокупности с современными цифровыми технологиями, приобретают особую значимость. На основании методики, изложенной в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», теоретически проверена возможность выпадения конденсата на внутренней поверхности окна для дальнейшего сравнения расчётных величин с результатами, полученными на основе натурного эксперимента, проведённого в жилых помещениях. При этом сходимость расчётных и экспериментальных данных составила 75 %. По результатам цифрового эксперимента определен характер распределения температур на поверхности оконного блока и остекления. Определено и визуализировано влияние отопительного прибора на формирование нисходящего потока у остекления и восходящего от конвектора. Получена удовлетворительная сходимость (в пределах 18 %) результатов определения температур на основе натурного и цифрового экспериментов, что позволяет сделать вывод об адекватности цифровой модели и возможности её применения для решения практических задач.

Ключевые слова: натурный и цифровой эксперименты; цифровая модель; температурно-влажностный режим; параметры микроклимата; конденсат; оконный блок.

Повышение комфортности жилищных условий является ключевым аспектом современной социальной политики. В последнее время наблюдается резкое увеличение количества времени, которое люди проводят внутри помещений, особенно это касается городского населения: более 80 % их активной жизни протекает в замкнутых пространствах (офисы, торговые центры, спортивные комплексы, и пр.), а остальное время – в своих личных квартирах [1].

По этой причине возникает острая необходимость обеспечения надлежащего качества воздуха в жилых и общественных помещениях. Воздушная среда в них может содержать разнообразные вредности, превышающие гигиенические нормы, включая повышенный уровень влажности. Помимо создания неудобств и дискомфорта, отклонения параметров воздуха от нормы могут представлять опасность для здоровья, особенно для наиболее уязвимых групп населения, которые проводят преобладающую часть своей жизни дома. Обеспечение здоровой и комфортной воздушной среды в жилых помещениях становится важным фактором общественного здоровья и благополучия [2].

Также следует отметить необходимость предотвращения повреждений материалов и оборудования, чувствительных к повышенной влажности. Высокое содержание влаги может привести к коррозии металлических деталей, ухудшению тепловых и прочностных характеристик конструкционных и отделочных материалов, образованию плесени *Aspergillus niger* [3, 4, 5].

Практический опыт обследования жилых помещений показывает, что не всегда удаётся однозначно установить причину выпадения конденсата на окнах, т.к. это затруднено многофакторностью воздействия на данный процесс окружающей среды, поскольку температура, влажность, погодные условия могут меняться случайным образом [6, 7]. В связи с этим совершенствование методов диагностики и прогнозирования температурно-влажностного режима жилого помещения, которые базируются на обоснованных научных подходах и современных цифровых технологиях, приобретают особую значимость.

С целью выявления влияющих факторов и возможности прогнозирования выпадения конденсата на светопрозрачных ограждениях, нами была разработана цифровая модель температурно-влажностного режима жилого помещения. Для её валидации, т.е. подтверждения, что модель в области своего применения обладает удовлетворительным диапазоном точности согласно ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения» в жилых панельных домах проведён натурный эксперимент по фактическому замеру параметров микроклимата. Разработанная цифровая модель позволяет имитировать различные температурно-влажностные условия в жилых помещениях, а также устанавливает причины выпадения конденсата на окнах. Зная причины и условия выпадения конденсата в конкретном помещении, появляется возможность предлагать мероприятия по устранению данной проблемы. В дополнение к своей основной функции, цифровая модель наглядно демонстрирует распределение температур на поверхности наружных ограждений и в толще стены, что позволяет разъяснить населению суть происходящих явлений и избегать конфликтов между жильцами и службами ЖКХ.

При проведении обследования жилых зданий нередко встречаются жалобы жильцов на выпадение конденсата в нижней части оконной конструкции. Капли формируются, как правило, на стекле, чему способствует его гладкая поверхность, отсутствие пор и гораздо реже на рамах и откосах. Расположение мест конденсации приурочено к локальным температурным аномалиям, например, повреждение утеплителя, наличие мостиков холода, а также к движению конвективных потоков вблизи окна. При обильном выпадении конденсата происходит его стекание на подоконную доску и далее возможно на стену (рис. 1), что приводит уже к трудно устранимым последствиям – замене обоев, штукатурного слоя.



Рис. 1. Выпадение конденсата на стекле

Несмотря на достаточно большое количество обследованных объектов, не всегда получается однозначно ответить на вопрос о причине выпадения конденсата. При этом рассматриваются наиболее вероятные причины и их совокупности:

- ✓ нарушение температурно-влажностного режима жилого помещения;

- ✓ временное повышение влажности на кухне при приготовлении пищи;
- ✓ нарушение работы вентиляции (отсутствие притока, засорение вытяжных каналов);
- ✓ неправильная установка или работа отопительных приборов (рис. 2);
- ✓ повреждённая или неправильно выполненная тепловая изоляция откосов;
- ✓ неправильно подобранный стеклопакет без учёта требуемого термического сопротивления.



Рис. 2. Неправильная эксплуатация конвектора – снят кожух

На основании данных, приведённых в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», а также рекомендаций по технологии разработки цифровых двойников [8] были сформулированы исходные требования к построению цифровой модели:

- ✓ исходные данные для расчёта: геометрические, температурно-влажностные параметры помещения;
- ✓ конструкция и теплотехнические свойства окна;
- ✓ моделирование температурного режима отопительных приборов.

Как уже было отмечено выше, для возможности проверки корректности работы цифровой модели, авторами проведен натурный эксперимент. С этой целью в рамках энергетического обследования за отопительный период 2023...2024 г. осуществлён сбор и обработка информации, необходимой для определения условий выпадения конденсата в помещениях жилых зданий. Обследование состояния помещений и внутренних поверхностей ограждающих конструкций проводилось по ГОСТ 31937-2011 «Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

Большинство обследованных домов построены в 1980...2010 годах и представляют собой 5...12-этажные панельные дома серий 1-46А-1; 111-90; П-49 и др. Материал наружных стен – ж/б панели из легкого бетона. Межэтажные перекрытия из сборных ж/б сплошных однослойных плит. Оконные конструкции: одинарные и двойные стеклопакеты в пластиковых переплётах. Обследование проводилось в жилых комнатах и кухнях, в том числе проверялась тяга вытяжной вентиляции в кухнях. При анализе температурного режима дополнительное внимание уделялось отопительным приборам: их состоянию, установке и работоспособности [9]. Измерения температуры и влажности внутреннего воздуха выполнялись электронным влагомером, пирометром и тепловизором в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54852-2021 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций». Параметры наружного воздуха для выполнения измерений приняты согласно данным ФГБУ «Приволжское УГМС».

Ниже представлены результаты обследования нескольких объектов, которые использовались для валидации цифровой модели. На рис. 3 показаны термограммы замеров температуры и влажности на поверхности окон.

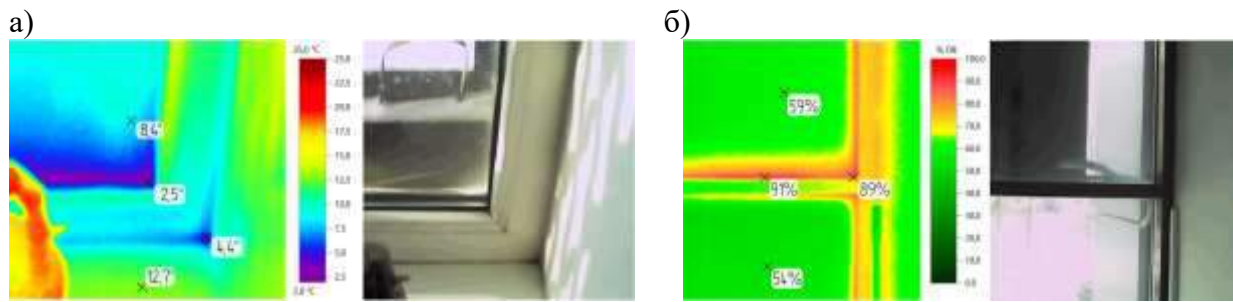


Рис. 3. Тепловизионная съёмка окна:

а – распределение температур; б – распределение относительной влажности

В нижнем углу стекла (рис. 3, а) температура на поверхности ниже $3\text{ }^{\circ}\text{C}$, что не соответствует нормативным требованиям (см. формулу (3)), однако конденсата нет. На рис. 3, б показаны возможные места выпадения конденсата и значения относительной влажности на поверхности. Исследование проводилось при измеренной психрометром средней относительной влажности воздуха в помещении 45% .

На основании полученных натуральных результатов установлены параметры микроклимата, благоприятные для выпадения конденсата, определены граничные условия для проведения цифрового эксперимента.

Вероятность выпадения конденсата на внутренней поверхности остекления, в том числе, проверялась расчётным путём на основе методики, приведённой в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Расчётный температурный перепад Δt_0^{OK} , $^{\circ}\text{C}$, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности остекления не должен превышать нормируемых величин Δt_0^{H} , $^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta t_0^{\text{OK}} \leq \Delta t_0^{\text{H}}; \quad (1)$$

$$\Delta t_0^{\text{OK}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_{0\text{OK}}^{\text{пр}} \alpha_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{в}}$, $t_{\text{н}}$ – расчётные температуры внутреннего и наружного воздуха соответственно, $^{\circ}\text{C}$; $R_{0\text{OK}}^{\text{пр}}$ – приведённое сопротивление теплопередаче окна, $(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$; $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности окна, $\text{Вт}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Минимальная температура внутренней поверхности остекления должна быть не ниже $3\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\tau_{\text{OK}} \geq 3\text{ }^{\circ}\text{C}, \quad (3)$$

$$\tau_{\text{OK}} = t_{\text{в}} - \frac{n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{R_{\text{OK}}^{\text{пр}} \alpha_{\text{в}}}. \quad (4)$$

Температура точки росы внутреннего воздуха $t_{\text{р}}$, $^{\circ}\text{C}$:

$$t_{\text{р}} = 20,1 - (5,75 - 0,00206 \cdot e_{\text{в}})^2, \quad (5)$$

где $e_{\text{в}}$ – упругость водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчётной температуре и влажности воздуха.

Опираясь на изложенную выше методику, теоретически проверена возможность выпадения конденсата на внутренней поверхности окна, проведено прогнозирование выпадения конденсата в жилых помещениях с 75% совпадений (прогноз = натуральный эксперимент).

В таблице приведены исходные данные и результаты влажностного расчёта по формулам (4)...(5).

Таблица 1

Исходные данные и результаты влажностного расчёта

Наименование параметра	Обозначение	Ед. изм.	Значение
<i>Исходные данные</i>			
температура внутреннего воздуха	$t_{в}$	°С	22
температура наружного воздуха	$t_{н}$	°С	-20
относительная влажность внутреннего воздуха	$\varphi_{в}$	%	60
сопротивление теплопередаче окна	$R_{ок}$	$\text{м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$	0,45
коэффициент теплоотдачи окна	$\alpha_{в}$	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$	8
<i>Расчётные величины</i>			
максимальная упругость насыщенного водяного пара	$E_{в}$	Па	2618,6
упругость водяного пара внутреннего воздуха	$e_{в}$	Па	1440,2
температура точки росы	$t_{р}$	°С	12,4
температура внутренней поверхности остекления	$\tau_{ок}$	°С	10,3
Выпадение конденсата			ВОЗМОЖНО

Для построения цифровой модели, расчётов и визуализации применён расчётно-графический комплекс SolidWorks Flow Simulation производства Dassault Systèmes [10]. Расчёт проведён методом конечных элементов. Геометрические и теплотехнические параметры ограждающих конструкций взяты по соответствующим стандартам и каталогам. Ниже приводится подробное описание элементов модели.

Стена. Для детального исследования распределения температурных полей на поверхности стены построена 3D модель размером 3050×2550 мм по ГОСТ 25820-2014 «Бетоны легкие». Для упрощения модели принята бетонная однослойная стена со средним термическим сопротивлением $R_{ст} = 3,4 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}$. При необходимости и наличии сведений о конструкции стены можно корректировать свойства материала и вводить расчётное значение $R_{ст}$.

Окно. Профиль переплётов принят по каталогу RENAУ, ширина стеклопакета 32 мм, 6 мм толщина стекла, 7 мм зазор. Конструкция оконного блока в разрезе показана на рис. 4. Для упрощения модели все полимерные элементы оконного блока приняты из ПВХ со средним термическим сопротивлением $R_{ст}=0,63 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}$.

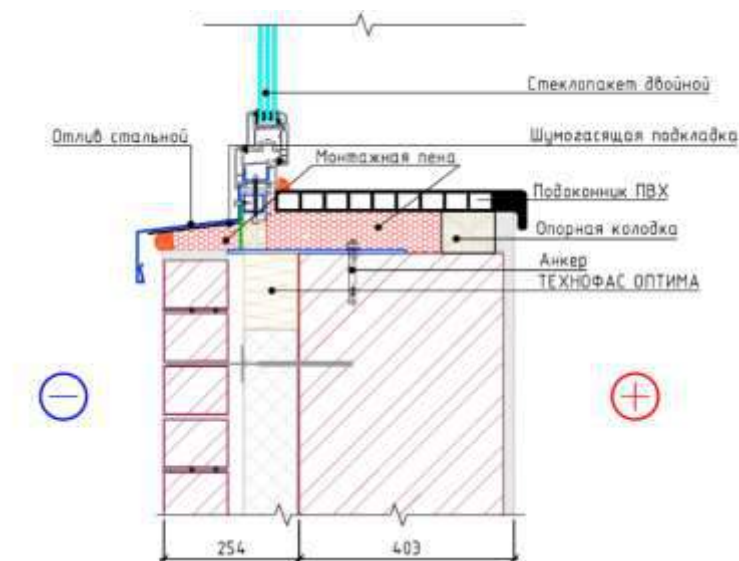


Рис. 4. Разрез стены и оконного блока

Отопительный прибор. В качестве отопительного прибора в модели использован конвектор «Универсал» мощностью 1,0 кВт. На рис. 5 представлена визуализация 3D мо-

дели конвектора, применённого в цифровой модели помещения. Температурные параметры заданы в соответствии с температурным графиком для однотрубных систем отопления. При необходимости в модели допускается изменение тепловой мощности и температурных параметров, полученных в результате натурных измерений.

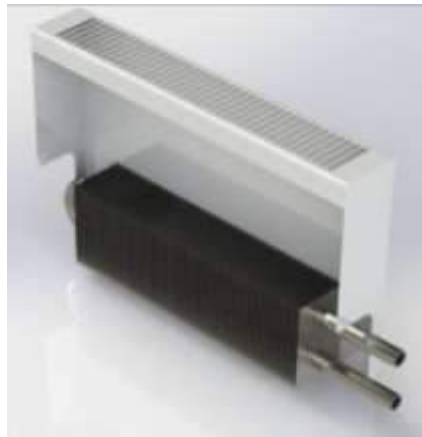


Рис. 5. Конвектор «Универсал»

На рис. 6 показан результат моделирования и распределение температур по различным поверхностям. Зная температуры практически в любой точке на поверхности и задавая значение влажности, можно определить возможные зоны выпадения конденсата.

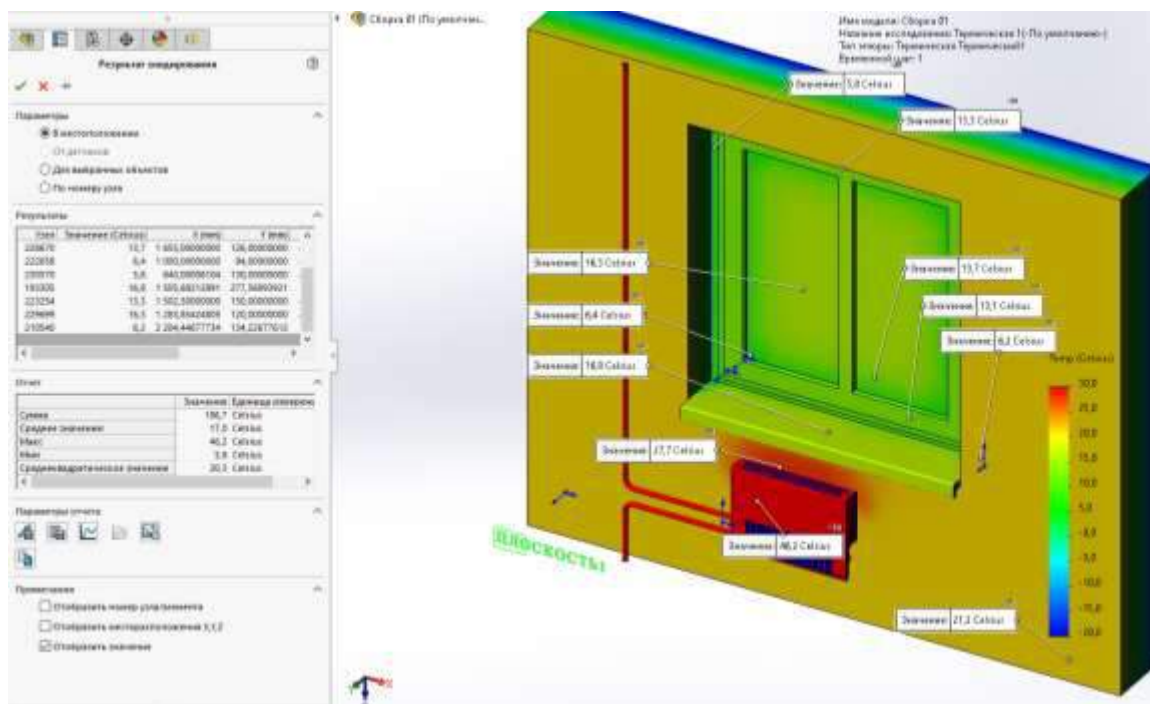


Рис. 6. Распределение температур по различным поверхностям

Опираясь на натурные измерения температур в пяти однотипных помещениях, можно заметить, что результаты экспериментов и моделирования по наиболее характерным точкам (углы, откосы, поверхности стен и стекла) расходятся не более чем на 18 %. Расхождение объясняется особенностями и несовершенством реального объекта. Например, наличие дефектов и отклонений от проектных размеров в конструктивных элементах; погрешность приборов и колебание измеряемых величин. Со стороны модели необходимо учитывать особенности построения сетки, граничные условия и несколько идеализированный результат вычислений.

Заключение.

По результатам эксперимента, проведённого на построенной цифровой модели, определен характер распределения температур на поверхности оконного блока и остекления. Определено и визуализировано влияние отопительного прибора на формирование нисходящего потока у остекления и восходящего от конвектора. Получена удовлетворительная сходимости результатов определения температур на основе натурального и цифрового экспериментов в пределах 18 %. Это позволяет сделать вывод об адекватности цифровой модели и возможности её применения для решения практических задач по установлению причин выпадения конденсата и определению действий для приведения температурно-влажностного режима к нормативным показателям.

Построенная цифровая модель может быть использована для определения факторов, приводящих к выпадению конденсата, а также позволяет задавать их различные комбинации. Достоинством цифрового эксперимента является существенное сокращение времени проведения по сравнению с натурным. Воспроизведение какого-либо температурно-влажностного режима в реальном помещении может занимать десятки часов, а некоторые условия (погодные условия, температурный режим отопительного прибора) воссоздать чрезвычайно сложно.

Предложенный способ моделирования температурно-влажностного режима и наглядность полученных результатов помогает внести ясность о происходящих физических процессах, доступно объяснить их суть участникам спорных ситуаций, которые возникают между жильцами, управляющими компаниями и поставщиками тепловой энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Зарипова, Л. Р.** Внутрижилищная среда и здоровье населения / Л. Р. Зарипова, А. В. Иванов, Е. А. Тафеева // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 5. – С. 161-169.
2. **Одокиенко, Е. В.** Проблема качества микроклимата жилых помещений / Е. В. Одокиенко, Н. В. Маслова // *Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: XIII Международная научно-практическая конференция, Пенза, 28...30 января 2015 года* / Под общ. редакцией В. А. Селезнева, И. А. Лушкина. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 78-80.
3. Определение расчетных параметров наружного и внутреннего воздуха на основе теории потенциала влажности / М. Н. Кучеренко, Е. В. Чиркова, М. В. Бикунова [и др.] // *Региональная архитектура и строительство*. – 2018. – № 1(36). – С. 162-167.
4. **Чиркова, Е. В.** Прогнозирование динамики влажностного режима наружных ограждений неотапливаемых производственных сельскохозяйственных зданий / Е. В. Чиркова // *Актуальные проблемы развития науки и образования: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции 5 мая 2014 г.: в 7 ч. Ч. VI*. – Москва: «АР-Консалт», 2014. – С. 151-153.
5. **Чиркова, Е. В.** Проектирование теплового контура неотапливаемых производственных сельскохозяйственных зданий / Е. В. Чиркова // *Вестник НГИЭИ*. – 2015. – № 2. – С. 75-80.
6. **Анциферов, С. А.** Моделирование конвективных воздушных потоков в жилом помещении / С. А. Анциферов, Н. В. Маслова, Е. В. Чиркова // *Энергосбережение и водоподготовка*. – 2023. – № 2(142). – С. 53-58.
7. **Анциферов, С. А.** Эффективность обеспечения параметров микроклимата во входной зоне общественного здания / С. А. Анциферов, М. Н. Кучеренко, Н. Н. Панфилова // *Экология и безопасность жизнедеятельности: сборник статей XIX Международной научно-практической конференции, Пенза, 10...11 декабря 2019 года. Том Часть I*. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2019. – С. 6-10.

8. **Петров, А. В.** Имитация как основа технологии цифровых двойников // Вестник ИрГТУ. – 2018. – №10(141). – С. 56-66.
9. Способы повышения тепловой мощности конвектора / С. А. Анциферов, Е. В. Чиркова, А. В. Прядилов, Л. В. Гошкодеря // Градостроительство и архитектура. – 2022. – Т. 12. – № 4(49). – С. 52-59.
10. **Алямовский, А. А.** SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. – Москва: ДМК Пресс, 2015. – 562 с.

Поступила в редакцию 18 апреля 2024

EXPERIENCE OF DIGITAL MODELING TO IDENTIFY ZONES OF CONDENSATE DROPOUT ON TRANSPARENT ENCLOSURES

S. A. Anciferov, E. V. Chirkova

Sergej Aleksandrovich Anciferov, Senior Lecturer of engineering equipment center, Togliatti State University, Togliatti, Russia, tel.: +7(905)306-65-38; e-mail: salan63@mail.ru

Elena Vladimirovna Chirkova, Cand. Sc. (Techn.), Associate Professor, Associate Professor of engineering equipment center, Togliatti State University, Togliatti, Russia, tel.: +7(927)217-37-59; e-mail: chirkovaev@mail.ru

In the article we present the experience of using digital modeling of the temperature and humidity conditions of residential premises in order to identify and predict any factors influencing the process of condensate dropout on the inner surface of transparent enclosures. Since the solution to this problem is complicated by the multifactorial impact on air quality, as temperature, humidity, and weather conditions can change randomly, the use of methods based on sound scientific approaches in conjunction with modern digital technologies acquires particular significance. Based on the methodology set out in SP 50.13330.2012 'Thermal protection of buildings', the possibility of condensate dropout on the inner surface of the window was theoretically tested for further comparison of the calculated values with the results obtained on the basis of a full-scale experiment conducted in residential premises. At the same time, the convergence of calculated and experimental data was 75 %. Based on the results of a digital experiment, we determined the nature of the temperature distribution on the surface of the window unit and glazing. We also determined and visualized the influence of the heater on the formation of a downward flow near the glazing and an upward flow from the convector. We obtained satisfactory convergence (within 18 %) of the temperature determination results based on natural and digital experiments, which allows us to conclude that the digital model is adequate and can be used to solve practical problems.

Keywords: full-scale and digital experiments; digital model; temperature and humidity conditions; microclimate parameters; condensate; window unit.

REFERENCES

1. **Zaripova L. R., Ivanov A. V., Tafeyev E. A.** *Indoor environment and public health. Modern problems of science and education.* 2015. No. 5. Pp. 161-169. (in Russian)
2. **Odokienko E. V., Maslova N. V.** *The problem of the quality of the microclimate of residential premises.* Natural resource potential, ecology and sustainable development of Russian regions: XIII International Scientific and Practical Conference, Penza, January 28-30, 2015. Penza, Penza State Agricultural Academy. 2015. Pp. 78-80. (in Russian)
3. **Kucherenko M. N. Chirkova E. V., Bikunova M. V.** *Determination of calculated parameters of external and internal air based on the theory of humidity potential.* Regional architecture and construction. 2018. No. 1(36). Pp. 162-167. (in Russian)
4. **Chirkova E. V.** *Forecasting the dynamics of the humidity regime of external fences of unheated industrial agricultural buildings.* Current problems in the development of science and

education: scientific Proceedings of International scientific-practical conference of May 5, 2014. in 7 parts. Part VI. Moscow, AR-Consult. 2014. Pp. 151-153. (in Russian)

5. **Chirkova E. V.** *Design of the thermal circuit of unheated industrial agricultural buildings*. Bulletin of NGIEI. 2015. No. 2. Pp. 75-80. (in Russian)

6. **Antsiferov S. A., Maslova N. V., Chirkova E. V.** *Modeling of convective air flows in a residential area*. Energy saving and water treatment. 2023. No. 2(142). Pp. 53-58. (in Russian)

7. **Antsiferov S. A., Kucherenko M. N., Panfilova N. N.** *Efficiency of providing microclimate parameters in the entrance area of a public building*. Ecology and life safety: collection of articles of the XIX International Scientific and Practical Conference, Penza, December 10-11, 2019. Volume Part I. Penza, Penza State Agrarian University. 2019. Pp. 6-10. (in Russian)

8. **Petrov A. V.** *Imitation as the basis of technology of digital doubles*. Bulletin of IrGTU. 2018. No. 10(141). Pp. 56-66. (in Russian)

9. **Antsiferov S. A., Chirkova E. V., Prydilov A. V., Goshkoderya L. V.** *Methods for increasing the thermal power of a convector*. Urban planning and architecture. 2022. V. 12. No. 4(49). Pp. 52-59. (in Russian)

10. **Alyamovsky A. A.** *SolidWorks Simulation. Engineering analysis for professionals: tasks, methods, recommendations*. Moscow, Publishing House of DMK Press. 2015. 562 p. (in Russian)

Received 18 April 2024

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Анциферов, С. А. Опыт цифрового моделирования по выявлению зон выпадения конденсата на светопрозрачных ограждениях / С. А. Анциферов, Е. В. Чиркова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 35-43. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.004.

FOR CITATION:

Anciferov S. A., Chirkova E. V. *Experience of digital modeling to identify zones of condensate dropout on transparent enclosures*. Housing and utilities infrastructure. 2024. No. 2(29). Pp. 35-43. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.004. (in Russian)

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.005

УДК 628.854.3

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ВЕЛИЧИНЫ МИНИМАЛЬНОГО РАСХОДА ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА

Д. В. Лобанов, А. А. Мерщев, М. С. Кононова

Лобанов Дмитрий Валерьевич, старший преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(903) 651-33-43; e-mail: LDV-36@mail.ru

Мерщев Александр Александрович, старший преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: sasha__1990@mail.ru

Кононова Марина Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: kniga18@mail.ru

Представлен обзор источников, рассматривающих необходимость корректировки методики определения минимального воздухообмена в помещениях, в том числе величины санитарной нормы подачи наружного воздуха на одного человека. Установлено, что действующие нормативы, принятые несколько десятилетий назад, не соответствуют современным тенденциям в развитии вентиляционных систем, так как не учитывают современные возможности регулирования и нестационарный режим работы. Приведены результаты расчетов требуемого воздухообмена по различным методикам на примере помещения умственного труда. Представленные результаты демонстрируют существенное различие в зависимости от различных способов организации воздухообмена. Перечислены основные параметры, которые следует учитывать при нормировании воздухообмена.

Ключевые слова: санитарная норма наружного воздуха; минимальный воздухообмен; качество воздуха; эффективность вентиляции

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха предназначены для создания и поддержания в течение заданного промежутка времени нормируемых параметров воздушной среды в эксплуатируемой зоне помещения. При определении требуемой производительности вентиляционных установок следует учитывать п. 7.4.1 СП 60.13330.2020: «...требуемый расход приточного воздуха (наружного или смеси наружного и рециркуляционного) следует определять по расчету в соответствии с приложением Д и принимать большую из величин, необходимую для обеспечения санитарно-гигиенических норм или норм взрывопожаробезопасности с учетом эффективности систем вентиляции и требований к качеству воздуха помещений». При этом, по п. 7.4.2, «Подачу наружного воздуха в помещении следует принимать не менее «... минимального расхода наружного воздуха, рассчитанного по приложениям В и Г...» (санитарная норма подачи воздуха).

Отметим, что по СП 60.13330.2020 для производственных, административно-бытовых и жилых зданий установлены минимальные санитарные нормы подачи наружного воздуха для людей, находящихся в помещении более 2 ч непрерывно (40 и 60 м³/ч). При этом, санитарные нормы минимальной подачи наружного воздуха и кратности воздухообмена для различных типов зданий следует принимать с учетом требований соответствующих нормативных документов: для зданий спортивных сооружений 80 м³/ч наружного воздуха на одного занимающегося (СП 332.1325800.2017) и т.д.

Зачастую разработчики раздела «ОВ», не имея полного объема требуемых исходных данных для проектирования по ГОСТ Р 59972-2021 или в связи с иными обстоятельства-

ми, принимают воздухообмен в помещении по соответствующей минимальной санитарной норме. При этом в здание подается заданный объем наружного воздуха, но к созданию комфортного микроклимата и обеспечению санитарно-гигиенических условий это, к сожалению, не приводит, что объясняется рядом причин.

Во-первых, в [1] указано, что нормы качества внутреннего воздуха едины во всей стране, нормы подачи наружного воздуха различаются только в зависимости от функционального назначения здания и пребывания человека, а химический состав наружного воздуха, подаваемого системой вентиляции, не учитывается, хотя он изменяется в широком диапазоне даже в пределах одного климатологического района, и даже населенного пункта.

Во-вторых, в производственных помещениях при определении минимальной санитарной нормы необходимо учитывать, что могут выполняться различные виды физической работы: легкая, средней тяжести и тяжелая, согласно СанПиН 1.2.3685-21.

Поэтому можно констатировать, что вопрос о минимальной санитарной норме подачи наружного воздуха на данный момент носит дискуссионный характер.

В работе [2] автор В.И. Ливчак указывает, что «...анализируя процесс изменения нормирования минимального воздухообмена в помещениях зданий во времени, отмечается тенденция совершенствования методики расчета минимального воздухообмена в США в результате снижения удельного его значения...». Действительно, в настоящее время вопрос о возможности снижения минимального количества подаваемого наружного воздуха в помещения с постоянным пребыванием людей (не только за счет совершенствования методики расчета минимального воздухообмена) стоит остро и привлекает все больше специалистов к обсуждению [1, 3, 4, 5, 6].

В качестве основных направлений снижения расчетного воздухообмена в помещениях можно выделить следующие: модернизация схемных решений систем обеспечения микроклимата, совершенствование конструкций воздухораспределительных устройств с учетом планировочных особенностей и назначения помещения, а также уточнение методик определения требуемого воздухообмена.

В [7] показано, что за счет изменения схемы воздухораспределения возможно, например, снижение эксплуатационных затрат на системы вентиляции при небольших дополнительных капитальных тратах с учетом обеспечения нормируемых параметров воздушной среды.

Очевидно, что приточный воздух должен не только циркулировать в помещении, исключая застойные «мертвые» зоны, но и, в первую очередь, обеспечивать человека необходимым количеством кислорода, требуемым при выполнении различных физиологических процессов в организме. Несовершенство организации воздухообмена во многих помещениях отмечено в работе [8], где, в частности, указано, что из подаваемого количества воздуха в объеме 10 л/с на человека, собственно для дыхания используется всего около 1 %.

Отметим, что в [9, 10] описаны методики определения минимального воздухообмена в помещениях зданий различного назначения с учетом различных подходов; приведены методики на основе удельных норм и кратностей воздухообмена а также на основе расчета обеспечения допустимых концентраций вредных веществ и удаления вредных выделений. В работе [10] представлен новый подход в определении минимального воздухообмена, основанный на его изменении с учетом суточного и годового циклов.

В случаях, когда помещение характеризуется нестационарными условиями выделения вредных веществ, или применяются системы автоматического регулирования и управления климатическим оборудованием, необходим учет изменений требуемого воздухообмена в течение суток.

Нормативы ASHRAE и ГОСТ 30494-2011 содержат рекомендации по учету особенностей распределения воздуха, которые определяются конструктивными характеристика-

ми вентиляционных систем.

Определение коэффициентов эффективности систем воздухораспределения, требует масштабных экспериментальных исследований и корректировки, т.к. на текущий момент отсутствуют объективные данные по их значениям. Необходимость и актуальность проведения подобных исследований обоснована в работах [5, 6].

С учетом вышесказанного, задача определения минимального воздухообмена в помещении является комплексной и требует разносторонних теоретических и экспериментальных исследований, учета опыта других государств. Но это не должно означать полное или частичное копирование информации из зарубежных источников. В частности, по мнению автора работы [5] глава 5 ГОСТ 30494-2011, посвященная качеству воздуха, - «это наглядный пример последствий неудачного прямого копирования из неадаптированного переводного документа». К сожалению, это не единственный отечественный нормативный документ, созданный частично или полностью подобным образом.

Очевидно, что при определении количества подачи приточного воздуха в обслуживаемое помещение необходимо учитывать комплекс факторов, влияющих на его подготовку, транспортировку, распределение и доставку к органам дыхания человека с параметрами, требуемыми по ГОСТ, СанПиН, СП и другим нормативным документам, а также с учетом фактических предпочтений конкретного потребителя (для людей, находящихся в помещении более двух часов непрерывно, с фиксированными рабочими местами).

Согласно [2] в нормах ASHRAE 62.1-2004 заявлен новый подход в определении расчетного воздухообмена в помещениях общественных зданий. Норма воздухообмена теперь определяется суммированием потребности подачи свежего наружного воздуха непосредственно для дыхания человека и для разбавления вредностей, выделяемых в помещении с учетом заданной площади, приходящейся на находящегося в помещении человека.

В стандарте ANSI/ASHRAE 62.1-2004, 62.1-2007 предлагается определять расход наружного воздуха в обслуживаемой зоне по следующей формуле [4]:

$$L = n \times L_{\text{удел}}^{\text{чел}} + F_{\text{пом}} \times L_{\text{удел}}^{\text{м}^2}, \quad (1)$$

где L – расход воздуха в помещении; n – число людей в помещении; $F_{\text{пом}}$ – площадь пола помещения; $L_{\text{удел}}^{\text{чел}}$ и $L_{\text{удел}}^{\text{м}^2}$ – удельные расходы воздуха в помещении на 1 человека и на 1 м² пола помещения соответственно.

Объектом исследования в настоящей статье являются помещения умственного труда (офисные помещения). Согласно примеру, приведенному в [2], можно проследить тенденцию изменения минимальной величины воздухообмена по нормам ASHRAE (таблица).

Результаты расчета минимального воздухообмена по нормам ASHRAE

Название нормативного документа	Минимальный расход воздуха, м ³ /ч	Площадь помещения, приходящаяся на 1 человека, м ²	Расход воздуха на 1 м ² площади помещения, м ³ /ч
ASHRAE 62-1-1999	36	14	2,6
ASHRAE 62.1-2004	24	14	1,7
ASHRAE 62.1-2013, 2016	30,6	20	1,53

Из таблицы видно, что абсолютное значение минимального расхода воздуха на одного человека увеличилось (30,6 м³/ч против 24 м³/ч), а удельная величина расхода воздуха на 1 м² площади помещения стала ниже и составляет 1,53 м³/ч.

В работе [2] представлены данные по сравнению минимальных норм воздухообмена зданий различного назначения (исключая объекты здравоохранения) согласно требованиям отечественных и зарубежных нормативных документов с дополнениями автора Ливчака В.И. Однако, выполнение проверочных расчетов в соответствии с требованиями отече-

ственных нормативных документов показывает, что удельный расход приточного воздуха составит от 6,7 м³/ч до 10 м³/ч, что в разы больше, чем в ASHRAE 62.1-2013, 2016 (4,4 и 6,6 раз соответственно).

Отметим, что приведенные результаты можно считать логичными при условии, что наружный воздух, проходящий обработку в приточной вентиляционной установке и подаваемый в вентиляционную сеть, содержит минимальное количество газообразных вредных веществ, т.е. концентрация, например, углекислого газа (СО₂) находится в пределах 350...400 см³/м³ (350-400 ppm). В противном случае, для обеспечения требуемого качества воздуха по ГОСТ 30494-2011 следует подавать большие объемы наружного воздуха или применять газовые (угольные) и/или химические фильтры, т.е. учитывать класс наружного воздуха по табл. А.1, ГОСТ Р 59972-2021.

Таким образом, количество приточного воздуха в зоне дыхания должно определяться, в том числе, с учетом концентрации загрязняющих веществ в наружном воздухе.

Проведем расчеты на примере помещения умственного труда, оснащенного 12 постоянными рабочими местами с ПЭВМ, имеющего геометрические характеристики: площадь 60 м², высота до подшивного потолка 3 метра, объем 180 м³.

Допустим, в первом случае здание размещено в экологически чистом районе (концентрация СО₂ в наружном воздухе составляет 350 ppm), во втором случае – в центре промышленного района (концентрация СО₂ ... 550 ppm). Целью системы вентиляции является поддержание концентрации СО₂ на уровне не выше 800 ppm.

Каждый человек в среднем при умственной работе выделяет около 25 литров СО₂ в час [11...13], значит 12 человек выделяют 300 л/ч, т.е. каждый час увеличивают концентрацию СО₂ в помещении на 300×1000/180 = 1667 ppm.

Объем необходимого приточного наружного воздуха для поддержания заданной концентрации СО₂ определяется по приложению Г, СП 60.13330.2020:

$$L = L_{w,z} + \frac{m_{po} - L_{w,z} \times (q_{w,z} - q_{in})}{q_1 - q_{in}}, \quad (2)$$

где $L_{w,z}$ – расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, м³/ч; в нашем случае $L_{w,z} = 0$; m_{po} – расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч; $q_{w,z}$ – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемого из обслуживаемой зоны помещения, мг/м³; при $L_{w,z} = 0$; q_1 – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемого из рабочей зоны помещения, мг/м³; q_{in} – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, подаваемого в помещение, мг/м³.

При плотности СО₂ 1,97 кг/м³ и объеме выделения 300 л/ч получим:

$$m_{po} = 300 \cdot 1,97 \cdot 1000 = 591000 \text{ мг/ч};$$

$$q_1 = 800 \cdot 1,97 = 1576 \text{ мг/ м}^3;$$

$$q_{in_парк} = 350 \cdot 1,97 = 690 \text{ мг/ м}^3;$$

$$q_{in_город} = 550 \cdot 1,97 = 1084 \text{ мг/ м}^3.$$

Подставляя значения в формулу (2), получим расход приточного воздуха:

✓ для помещения в экологически чистом районе

$$L = 0 + \frac{591000 - 0}{1576 - 690} = 667 \text{ м}^3/\text{ч};$$

✓ в случае центра промышленного района:

$$L = 0 + \frac{591000 - 0}{1576 - 1084} = 1201 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Воздухообмен по санитарной норме СП 60.13330.2020 определяют по формуле:

$$L = n \times L_{\text{сан.норма}}, \quad (3)$$

где n – количество человек в помещении; $L_{\text{сан.норма}}$ – санитарная норма подачи наружного воздуха на 1 человека, $L_{\text{сан.норма}}^1 \text{ человек} = 60 \text{ м}^3/\text{час}$ на человека.

Таким образом, «классический» расчет по формуле (3) дает результат:

$$L = 12 \times 60 = 720 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Сравнивая результаты расчетов, получаем, что расходы воздуха по санитарной норме и на удаление CO_2 для экологически чистых районов схожи ($720 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $667 \text{ м}^3/\text{ч}$ соответственно).

Исходя из представленного расчета для концентрации CO_2 в наружном воздухе, составляющей 550 ppm, на одного человека требуется не менее $100 \text{ м}^3/\text{час}$ приточного воздуха ($1201/12=100 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Отметим, что норма в $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 человека была принята несколько десятков лет назад, когда уровень CO_2 в атмосфере был существенно ниже современных значений.

В завершение анализа величины минимального воздухообмена определим расход наружного воздуха $L_{\text{н.в.}}$, подаваемого в помещение, по формуле (1) и рекомендаций СП 60.13330.2020, ГОСТ 30494-2011, указывающих на необходимость учета коэффициентов эффективности систем воздухораспределения:

$$L_{\text{н.в.}} = L_{\text{г}} \times \eta, \quad (4)$$

где $L_{\text{г}}$ – расчетное минимальное количество наружного воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$, определяется по формуле (1); η – коэффициент эффективности системы воздухораспределения, определяемый расчетом или принимаемый по табл. 6 ГОСТ 30494-2011.

Проведя вычисления по формулам (1) и (4), получим следующие значения:

✓ расход подачи приточного воздуха на 1 человека умственного труда (с учетом 6 м^2 площади помещения, приходящейся на него):

$$L_{\text{г}} = 1 \times 9 + 1,08 \times 6 = 15,48 \text{ м}^3/\text{ч}$$

✓ при смешивающей вентиляции:

$$L_{\text{н.в.}} = L_{\text{г}} \times \eta = 15,48 \times 1 = 15,48 \text{ м}^3/\text{ч};$$

✓ при вытесняющей вентиляции ($\eta=0,6$):

$$L_{\text{н.в.}} = L_{\text{г}} \times \eta = 15,48 \times 0,6 = 9,29 \text{ м}^3/\text{ч};$$

✓ при вытесняющей вентиляции ($\eta=0,8$):

$$L_{\text{н.в.}} = L_{\text{г}} \times \eta = 15,48 \times 0,8 = 12,38 \text{ м}^3/\text{ч};$$

✓ при персональной вентиляции ($\eta=0,3$)

$$L_{\text{н.в.}} = L_{\text{г}} \times \eta = 15,48 \times 0,3 = 4,64 \text{ м}^3/\text{ч};$$

✓ при персональной вентиляции ($\eta=0,5$).

$$L_{\text{н.в.}} = L_{\text{г}} \times \eta = 15,48 \times 0,5 = 7,74 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Полученные результаты наглядно демонстрируют существенную разницу в требуемом воздухообмене в зависимости от принятого способа организации вентиляции. Очевидно, что сокращение расхода наружного воздуха в большинстве случаев ведет к снижению капитальных и эксплуатационных затрат, но это решение должно быть обосновано аргументированными расчетами и не приводить к снижению эффективности работы вентиляционной системы.

Таким образом, можно выделить несколько направлений научных исследований, направленных на поиск возможности определения оптимального минимального воздухообмена в помещениях: усовершенствование методики определения минимального воздухообмена, модернизация применяемых схем организации систем микроклимата, учет эффективности систем воздухораспределения (вид вентиляционных схем, тип воздушных струй).

Заключение.

В результате анализа нормативных источников и современных научных исследований установлено, что санитарная норма величины минимального воздухообмена в помещениях, принятая в прошлом столетии, требует корректировки. В частности, ее значение должно определяться с учетом категории тяжести выполняемой человеком работы (уровня энергзатрат при физической/умственной активности).

Приведены результаты расчетов, демонстрирующие существенную разницу в определении требуемого воздухообмена при различных способах организации вентиляции.

Выделены основные факторы, которые необходимо учитывать при расчетах: количество рабочих мест, площадь помещения, приходящегося на одного человека, качество воздушной среды, определяемое концентрацией CO₂. Кроме того, количество приточного воздуха должно определяться с учетом загрязненности наружного воздуха, в зависимости от месторасположения объекта строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Хомутский, Ю.** Сколько на самом деле нужно приточного воздуха? / Ю. Хомутский // Мир климата. – 2017. – №105. – С. 42-48.
2. **Ливчак, В. И.** Сравнение российских и американских нормативов: сколько человеку нужно воздуха для комфорта / В. И. Ливчак // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2020. – № 6. – С. 20-27.
3. **Ливчак, В. И.** О нормах воздухообмена общественных зданий и последствиях их завышения / В. И. Ливчак // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2007. – № 6. – С. 4-9.
4. **Губернский, Ю. Д.** Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? / Ю. Д. Губернский, Е. О. Шилькрот // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2008. – № 4. – С. 4-12.
5. **Устинов, В. В.** Определение минимального расхода наружного воздуха при проектировании систем вентиляции / В. В. Устинов // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2016. – № 6. – С. 36-43.
6. **Устинов, В. В.** Определение минимального расхода наружного воздуха при проектировании систем вентиляции / В. В. Устинов // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2016. – № 7. – С. 56-61.
7. **Новосельцев, Б. П.** Энергосбережение в системах воздушного отопления и вентиляции / Б. П. Новосельцев, Д. В. Лобанов // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: Сборник докладов IX Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика РААСН В.Н. Богословского, Москва, 19...21 апреля 2023 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. - 2023. – С. 100-106.
8. **Fanger, P. Ole.** Качество внутреннего воздуха в XXI веке: в поисках совершенства / P. Ole Fanger // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2000. – № 2. – С. 14-21.
9. **Миллер, Ю. В.** Методики определения минимального воздухообмена: традиционные и новые подходы / Ю. В. Миллер // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2019. – № 2. – С. 10-19.
10. **Миллер, Ю. В.** Методика определения минимального воздухообмена: традиционные и новые подходы / Ю. В. Миллер // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2019. – № 3. – С. 10-17.
11. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Жилые здания со встроенно-пристроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Коттеджи: Справочное пособие / Г. И. Стомахина [и др.]; под ред. Г. И. Стомахиной. – Москва: Пантори, 2003. – 308 с.
12. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции промышленных зданий. Учебное пособие / В. П. Титов [и др.]. – Москва: Стройиздат, 1985. – 208 с.

13. **Каменев, П. Н.** Вентиляция: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» направления подготовки дипломированных специалистов «Строительство» / П. Н. Каменев, Е. Н. Тертичник. – Москва: Издательство Ассоциация строительных вузов, 2008. – 614 с.

Поступила в редакцию 30 апреля 2024

FEATURES OF CALCULATING THE MINIMUM FLOW RATE OF THE SUPPLY AIR

D. V. Lobanov, A. A. Mershchiev, M. S. Kononova

Dmitry Valeryevich Lobanov, Senior Lecturer, Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(903) 651-33-43; e-mail: LDV-36@mail.ru
Alexander Aleksandrovich Mershchiev, Senior Lecturer, Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-28-92; e-mail: sasha__1990@mail.ru
Marina Sergeevna Kononova, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-28-92; e-mail: kniga18@mail.ru

In the article we present an overview of sources considering the need to adjust the methodology for determining the minimum indoor air exchange, including the value of the sanitary norm for outdoor air supply per person. It has been established that the current standards adopted several decades ago do not correspond to modern trends in the development of ventilation systems, since they do not take into account modern regulatory possibilities and non-stationary operation. Here we present the results of calculations of the required air exchange according to various methods on the example of a mental labor room. The presented results demonstrate a significant difference depending on the different ways of organizing air exchange. Finally, we list the main parameters that should be taken into account when rationing air exchange.

Keywords: sanitary norm of outdoor air; minimum air exchange; air quality; ventilation efficiency.

REFERENCES

1. **Khomutsky Yu.** *How much supply air is actually needed?* Climate World. 2017. No. 105. Pp. 42-48. (in Russian)
2. **Livchak V. I.** *Comparison of Russian and American standards: how much air a person needs for comfort.* ABOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermophysics. 2020. No. 6. Pp. 20-27. (in Russian)
3. **Livchak V. I.** *On air exchange standards for public buildings and the consequences of their overestimation.* ABOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermal physics. 2007. No. 6. Pp. 4-9. (in Russian)
4. **Gubernsky Yu. D., Shilkrot E. O.** *How much air does a person need for comfort?* ABOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermophysics. 2008. No. 4. Pp. 4-12. (in Russian)
5. **Ustinov V. V.** *Determination of the minimum outdoor air flow rate when designing ventilation systems.* ABOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermophysics. 2016. No. 6. Pp. 36-43. (in Russian)
6. **Ustinov V. V.** *Determination of the minimum outdoor air flow rate when designing ventilation systems.* ABOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermophysics. 2016. No. 7. Pp. 56-61. (in Russian)
7. **Novoseltsev B. P., Lobanov D. V.** *Energy saving in air heating and ventilation systems. Theoretical foundations of heat and gas supply and ventilation.* Collection of reports of the

IX International Scientific and Technical Conference dedicated to the 100th anniversary of birth of RAASN academician V. N. Bogoslovsky, Moscow, April 19-21, 2023. Moscow, National Research Moscow State University of Civil Engineering. 2023. Pp. 100-106. (in Russian)

8. **Fanger P.** Ole Indoor air quality in the XXI century: in search of perfection. ABOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermophysics. 2000. No. 2. Pp. 14-21. (in Russian)

9. **Miller Yu. V.** *Methods for determining minimum air exchange: traditional and new approaches.* ABOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermophysics. 2019. No. 2. Pp. 10-19. (in Russian)

10. **Miller Yu. V.** *Methodology for determining minimum air exchange: traditional and new approaches.* ABOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermophysics. 2019. No. 3. Pp. 10-17. (in Russian)

11. **Stomakhina G. I.** *Heating, Ventilation and Air Conditioning: Residential Buildings with Built-On Public Buildings and Parking Areas.* Cottages: Reference Manual. Moscow, Pantori. 2003. 308 p. (in Russian).

12. **Titov V. P.** *Course and diploma design of ventilation of industrial buildings.* Textbook. Moscow, Stroyizdat, 1985. 208 p. (in Russian)

13. **Kamenev P. N., Tertchnik E. N.** *Ventilation. Textbook for the students of higher educational institutions on a speciality "Heat and gas supply and ventilation" of the direction of preparation of the graduated specialists in "Construction" specialty,* Moscow: Publishing house of Association of build. high schools. 2008. 614 p. (in Russian).

Received 30 April 2024

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Лобанов, Д. В. Особенности расчета величины минимального расхода приточного воздуха / Д. В. Лобанов, А. А. Мерщиев, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 44-51. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.005.

FOR CITATION:

Lobanov D. V., Mershchiev A. A., Kononova M. S. *Features of calculating the minimum flow rate of the supply air.* Housing and utilities infrastructure. 2024. No. 2(29). Pp. 44-51. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.005. (in Russian)

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.006

УДК 697.975

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ОБЪЕМЕ КОНДИЦИОНИРУЕМОГО ПОМЕЩЕНИЯ ОФИСНОГО ЗДАНИЯ

М. Н. Жерлыкина, К. В. Гармонов, С. А. Яременко, А. Р. Макаров

Жерлыкина Мария Николаевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)207-22-20; e-mail: mzherlykina@cchgeu.ru

Гармонов Кирилл Валерьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)207-22-20; e-mail: kgarmonov@cchgeu.ru

Яременко Сергей Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, декан факультета инженерных систем и сооружений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)207-22-20; e-mail: iaremenko@cchgeu.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: amakarov@cchgeu.ru

Приведены архитектурно-планировочные особенности помещений офисного типа, представлены способы кондиционирования помещений, охарактеризована элементная база климатического оборудования. Выполнены натурные экспериментальные исследования равномерности распределения теплоты в кондиционируемом помещении офисного типа на базе лаборатории вентиляции и кондиционирования воздуха имени профессора, д.т.н. Ивана Ивановича Полосина ФГБОУ ВО ВГТУ. Получены значения параметров микроклимата в приточном, уходящем воздухе, а также в рабочей и верхней зоне, время охлаждения объема помещения до нормируемых значений температур. Отмечены недостатки в действующих методиках расчета мощности климатического оборудования, связанные с неполной ассимиляцией теплоизбытков над внутренними блоками кассетных кондиционеров. Выполнены аналитические исследования с применением *Id*-диаграммы состояния влажного воздуха, результаты которых будут полезны для разработки новых технических решений при кондиционировании офисов с равномерным распределением теплоты по объему помещения без нарушения условий комфортности микроклимата для человека.

Ключевые слова: теплообменник; температурное поле; холодоснабжение; кондиционирование; эксперимент; рабочая зона.

В настоящее время в Российской Федерации активно разрабатываются масштабные проекты по улучшению архитектурного облика городов и посёлков, строятся жилые и социальные объекты, улучшается дорожная инфраструктура. В приоритете инвестиционной политики стимулирование реализации проектов офисных зданий, расположенных в непосредственной близости от места жительства граждан, что, в свою очередь, в перспективе снизит нагрузку на транспортную сеть.

Современные архитектурно-планировочные решения офисных зданий отличаются большим разнообразием. Индивидуальны размеры остеклений, габариты помещений. Однако характерно общим для подобного типа помещений является их высота, не превышающая 4 м.

На сегодняшний день существуют различные способы кондиционирования воздуха офисных помещений. При небольших габаритах помещения широко распространено поддержание комфортных условий микроклимата с помощью сплит-систем или мульти-сплит систем. Подобные решения имеют преимущества в простоте установки, регулировании,

эксплуатации и обслуживании. Однако основным недостатком являются невозможности удобного и приемлемого расположения внутренних блоков для равномерного истечения и распределения холодного потока в объеме помещения. При больших габаритах офисного помещения данный недостаток практически полностью исключают целесообразность применения сплит-систем. Наиболее рациональными являются мультizonальные установки, ориентированные на поддержание оптимальных параметров микроклимата при полной рециркуляции воздуха в помещении.

В состав мультizonальных систем кондиционирования воздуха входят наружный блок (парокомпрессионная холодильная машина) и внутренние блоки – теплообменники, оснащенные вентиляторами, основными отличительными особенностями которых являются место установки, зона помещения, где осуществляется забор воздуха, и характер формирования струйных течений на выходе. Однако существующие подходы к климатизации офисов направлены на оснащение помещений теплообменниками с вентиляторами, которые со значительной скоростью (до 8 м/с) подают холодный воздух в рабочую зону и, не исключено, на самого человека.

В результате статистических исследований выявлено, что истечение холодных струй от внутренних блоков при потолочной установке негативно влияет на микроклимат рабочего места сотрудника офиса, следствием чего является причинение ущерба его здоровью. Сотрудники в течение рабочего дня находятся под воздействием низких температур нисходящих потоков системы кондиционирования.

Авторами выполнены натурные экспериментальные исследования распределения поля температур в объеме кондиционированного помещения на базе лаборатории вентиляции и кондиционирования воздуха имени профессора, д.т.н. Ивана Ивановича Полосина кафедры жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО ВГТУ. Габариты помещения 13,982 м × 6,348 м × 3,251 м (рис. 1). Помещение имеет оконные проемы, ориентированные на юг.

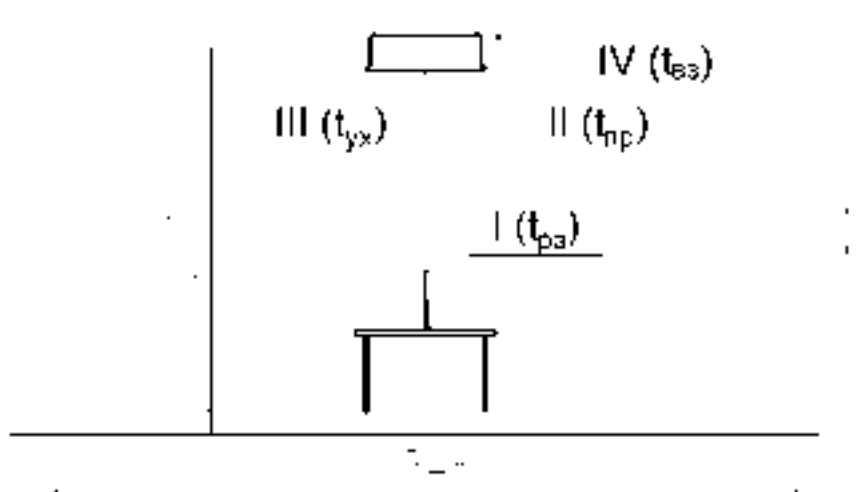


Рис. 1. Размещение кассетного теплообменника и контрольно-измерительных приборов в помещении с точками замеров параметров: I – воздуха рабочей зоны; II – приточного воздуха; III – уходящего (забираемого на рециркуляцию) воздуха; IV – воздуха верхней зоны

Экспериментальная система кондиционирования воздуха включает холодильную машину с воздушным охлаждением конденсатора и внутренний блок – кассетный теплообменник. Следует отметить, что элементная база системы кондиционирования отвечает современным требованиям: мощность для охлаждения помещения рассчитана с учетом действующих норм и правил; предусмотрено регулирование и контроль системы; приме-

нена энергоэффективная технология частотной регулировки вращения электродвигателя компрессора (инверторный тип); безопасность и совместимость с другими системами.

Натурные исследования выполнены в теплый период года, температура воздуха в дневное время суток составляла 31 °С. Поступления теплоты в помещении складываются из теплопоступлений от людей, освещения, солнечной радиации и работающего компьютерного оборудования, рассчитаны по [1] и равны 2335 Вт. На момент начала эксперимента в помещении зафиксирована температура рабочей зоны равной 25,9 °С. В качестве исходных данных приняты условия для поддержания оптимальных параметров микроклимата в офисном помещении с температурой 23 °С.

Согласно [2] температура уходящего воздуха в помещениях высотой менее 4 м принимается равной температуре воздуха в рабочей зоне. Однако в верхней зоне помещения остается не исследованной область выше фронтальной области теплообменника (рис. 1, IV), не установлено время снижения теплонапряженности и равномерность распределения тепловых потоков. Выбраны контрольные точки измерения параметров воздуха I, II, III, IV (рис. 1). В качестве контрольно-измерительных приборов приняты: в точке I – термометр контактный ТК-5.06; в точке II – термоанемометр Testo 405i; в точке III – смарт-зонд анемометр с крыльчаткой Testo 410i; в точке IV – смарт-зонд Testo 605i.

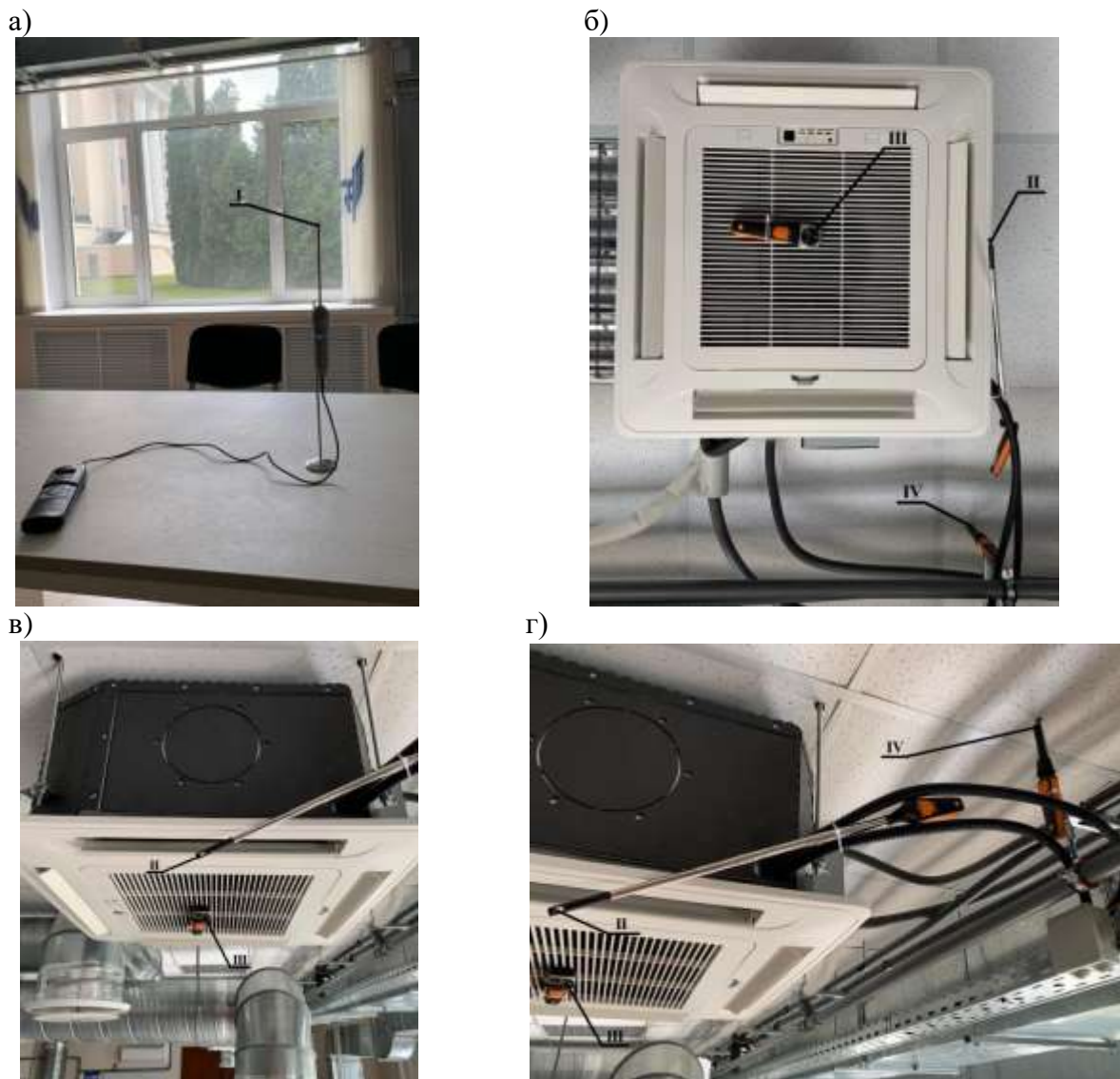


Рис. 2. Размещение контрольно-измерительных приборов для экспериментального исследования:
а – измерение в рабочей зоне; б – вид на фронтальную часть кассетного теплообменника;
в – измерение параметров приточного и уходящего воздуха; г – размещение прибора в верхней зоне

В ходе эксперимента получены время снижения температуры в рабочей зоне до расчетных значений, температуры воздуха рабочей зоны, находящейся в области раскрытия приточной струи от кассетного теплообменника, до момента равномерного распределения температур в рабочей области помещения (рис. 3).

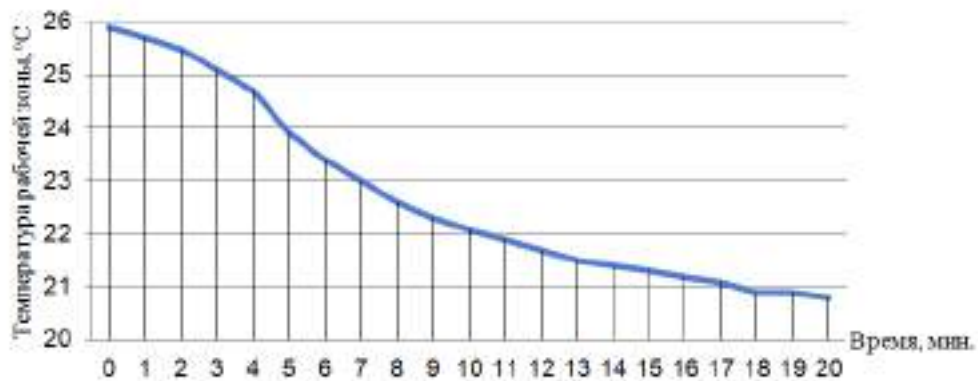
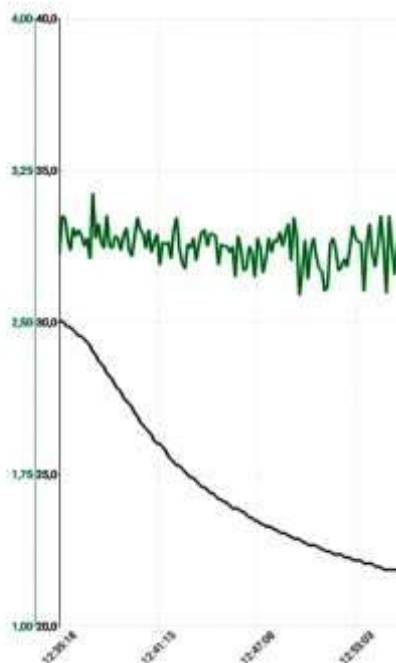


Рис. 3. Зависимость параметров воздуха рабочей зоны в области раскрытия приточной струи кассетного теплообменника

Таким образом, выявлена критическая область рабочей зоны помещения, находящаяся под воздействием нисходящих потоков холодного воздуха, в которой зафиксирована температура ниже нормируемой [3...5]. Выравнивание температурного поля помещения до нормируемых величин будет выполнено с течением времени, однако при каждом цикле холодоснабжения люди, находящиеся в данной области, будут ощущать негативное воздействие низких температур.

Получены экспериментальные данные изменения температуры уходящего воздуха — забираемого на рециркуляцию кассетным теплообменником до момента снижения частоты вращения электродвигателя компрессора инверторной системы кондиционирования (рис. 4, а). Измерены параметры приточного воздуха на выходе из кассетного теплообменника (рис. 4, б).

а)



б)

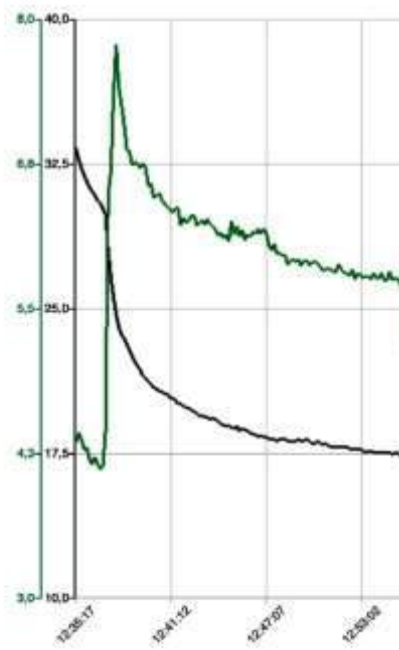


Рис. 4. Экспериментальные данные изменения температуры и скорости воздуха во времени: а — уходящего воздуха; б — приточного воздуха; ——— - скорость истечения струи, м/с, ——— - температура в струе, °C

Таким образом, зафиксировано плавное снижение температуры уходящего – забираемого на рециркуляцию воздуха до значений, равным нормируемым в рабочей зоне, и переключение режима на низкие обороты электродвигателя компрессора инверторной системы.

Установлено, что в ходе эксперимента разница температур приточного воздуха и в рабочей зоне соответствуют нормативным значениям.

Выполнены экспериментальные исследования параметров воздуха верхней зоны помещения (рис. 5).

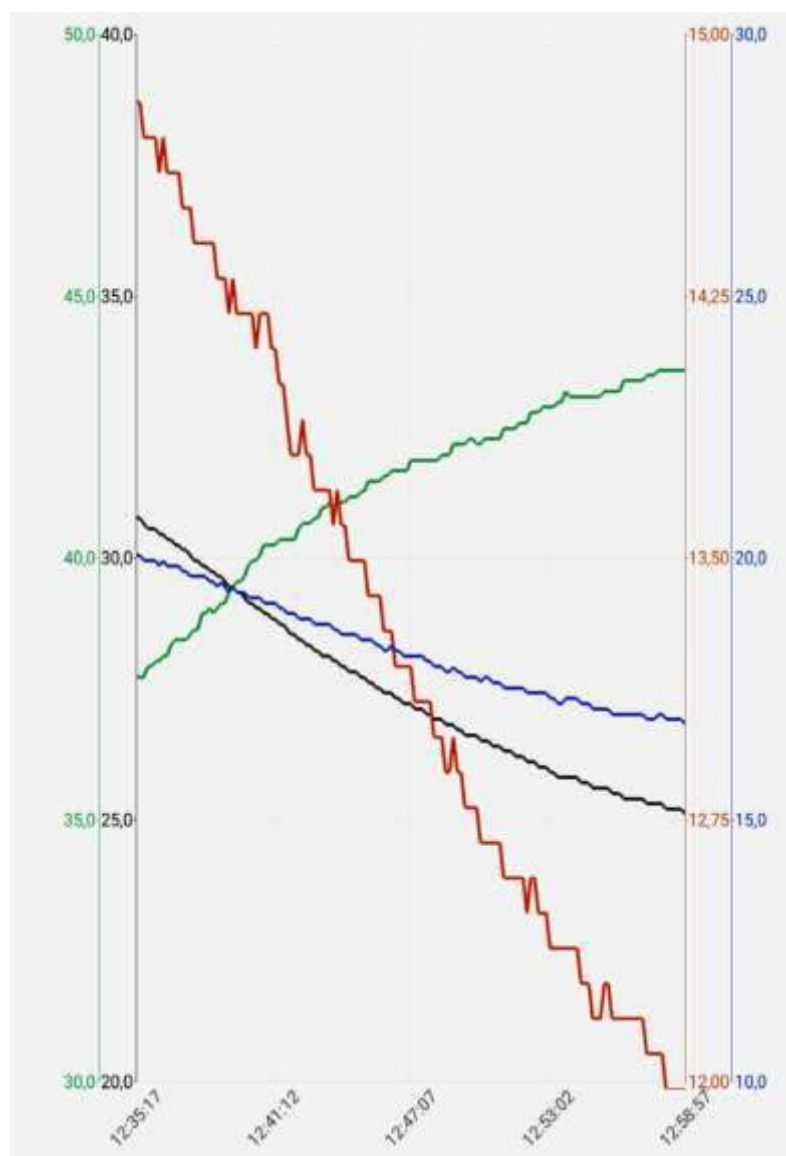


Рис. 5. Экспериментальные данные замеров параметров воздуха верхней зоны помещения:
— температура, °C; — относительная влажность, %; — температура точки росы, °C; %;
— температура мокрого термометра, °C;

Таким образом, установлено противоречие утверждения о равенстве температур верхней зоны и уходящего воздуха при высоте помещения менее 4 м и установке кассетного кондиционера. В верхней зоне помещения присутствуют избытки теплоты, а при снижении частоты вращения электродвигателя компрессора возможно их накопление.

Выполнено аналитическое исследование полученных результатов с помощью Id -диаграммы влажного воздуха [7...10]. Подтверждено соответствие¹ значения тепловлажностного отношения для офисных помещений более 17000 кДж/кг. Построение процесса охлаждения воздуха в ходе экспериментального исследования представлено на рис. 6.

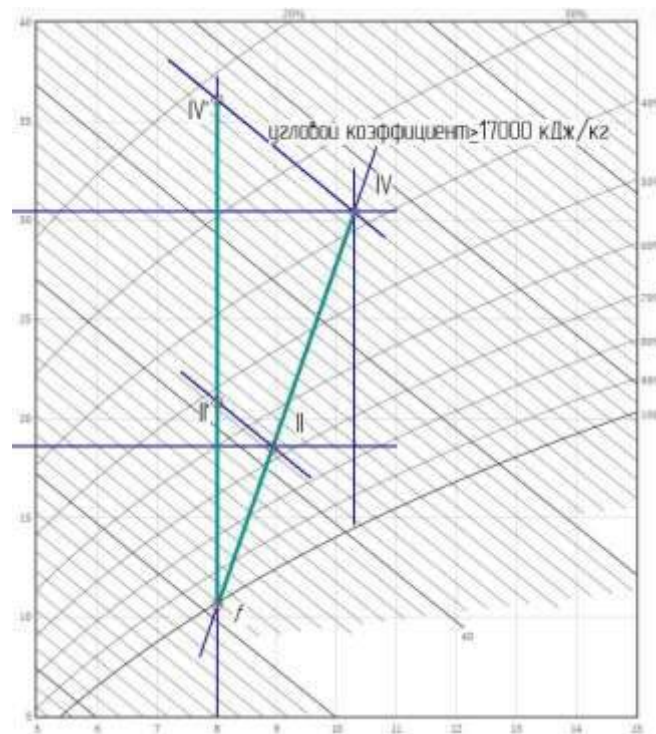


Рис. 6. Построение процесса охлаждения и осушения воздуха:
IV-II – процесс реального охлаждения; IV 'II' – процесс «условно сухого охлаждения»

Начальная температура холодоносителя на входе в теплообменник определяется из условия $t_{wh}^{TO} \leq t_f - 2$. С уменьшением t_{wh}^{TO} требуемая поверхность воздухоохладителя снижается.

Для качественной оценки режима охлаждения воздуха при постоянном влагосодержании определяется показатель теплотехнической эффективности и рассчитывается по зависимости:

$$\theta_t = \frac{t_{IV} - t_{II}}{t_{IV} - t_{wh}^{TO}}. \quad (1)$$

Площадь поверхности теплообмена зависит от показателя теплотехнической эффективности [1]. Результаты аналитического исследования представлены на рис. 7. Таким образом, фактическая площадь теплообмена кассетного блока кондиционера рассчитана на охлаждения воздуха в объеме помещения ниже фронтальной части теплообменника. При учете фактических параметров внутреннего воздуха и равномерном распределении в объеме помещения, требуемая площадь теплообмена превышает фактическую площадь.

Количество теплоты в верхней зоне помещения определяется по зависимости:

$$Q = \frac{(J_{IV} - J_{IV\phi}) \cdot W \cdot 10^3}{(d_{IV} - d_{IV\phi}) \cdot 3,6}, \quad (2)$$

где W – количество влаги в исследуемом объеме, кг/ч.

¹Явнель, Б. К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 224 с.

В результате обработки экспериментальных данные установлено, что из 2335 Вт теплоты, равномерно распределенной по всему объему помещения, при работе кассетного кондиционера в верхней зоне помещения остается порядка 1042 Вт теплоты.

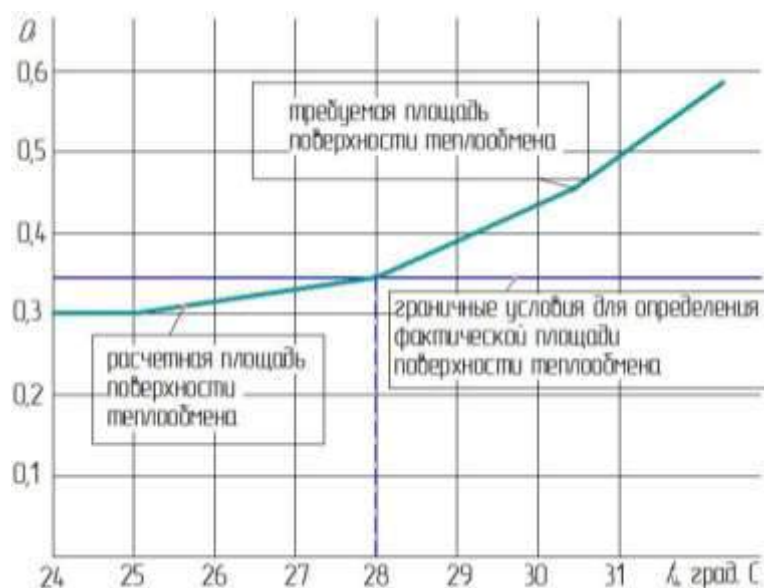


Рис. 7. Анализ площади поверхности теплообмена в зависимости от температуры уходящего воздуха

В ходе экспериментальных исследований получено, что для равномерного распределения теплоты в рабочей зоне помещения объемом 280 м^3 и достижения температуры $23 \text{ }^\circ\text{C}$ потребуется около получаса. Все это время человек может находиться в области нисходящих потоков воздуха с низкими температурами от внутренних блоков кондиционера.

Таким образом, в помещениях офисных зданий процесс равномерного распределения теплоты по объему помещения осложнен необходимостью поддержания в течение всего рабочего времени условий комфортности на местах постоянно присутствующих людей. Теплонапряженность в помещении динамично меняется, и кондиционирование воздуха является необходимостью для поддержания комфортных условий для человека. Следовательно, необходима разработка новых технических решений, позволяющих снимать теплонапряженность в верхней зоне помещения и поддерживать в течение рабочего дня оптимальные параметры микроклимата в объеме офиса, не причиняя вреда здоровью человека.

Заключение.

Проведен анализ температурного режима в верхней зоне помещения над внутренним блоком кондиционера на примере кассетного теплообменника. Установлено, что в этой зоне процесс ассимиляции теплоты происходит медленно, а на момент перехода на меньшую частоту вращения электродвигателя компрессора инверторного кондиционера теплонапряженность увеличивается с течением времени.

Аналитические исследования показали, что около 50 % мощности кондиционера, рассчитанной по существующим методикам, ориентированы на ассимиляцию теплоизбытков верхней зоны. Однако экспериментальные исследования позволили установить, что при истечении холодного воздуха из кондиционера струйные потоки не достигают верхней зоны, а настилаются на поверхности рабочей области.

Установлено, что исходя из требуемой теплотехнической эффективности теплообменника и выявленных особенностей распределения воздуха, климатическое оборудова-

ние следует подбирать со значительным запасом, в соответствии с полученным графиком площади поверхности теплообмена в зависимости от температуры уходящего воздуха.

*Авторы выражают благодарность ООО «KORF»
за помощь и поддержку в создании лаборатории.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Жерлыкина, М. Н.** Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений / М. Н. Жерлыкина, С. А. Яременко. – Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. – 160 с.
2. **Кувшинов, Ю. Я.** Теоретические основы обеспечения микроклимата помещения / Ю.Я. Кувшинов. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 184 с.
3. **Мальгин, Ю. В.** Об энергосбережении при комфортном воздухораспределении на примере офисного помещения / Ю. В. Мальгин // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2019. – № 3(207). – С. 64-69.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024615184 Российская Федерация. Программа расчета сложного теплообмена конструкций перекрытия при наличии радиационного охлаждения : № 2024613824 : заявл. 26.02.2024 : опубл. 04.03.2024 / С. В. Чуйкин, Е. А. Копытина, Н. А. Петрикеева [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет».
5. **Кокорин, О. Я.** Энергосбережение в системах кондиционирования / О. Я. Кокорин, Н. В. Товарас // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2011. – № 10(118). – С. 82-88.
6. Экспериментальное обоснование необходимости разработки вентиляционных систем в учебных аудиториях при реконструкции помещений / А. Н. Перцев, В. А. Каминская, Д. В. Лобанов, К. В. Гармонов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 3(10). – С. 58-67.
7. **Ерошкин, П. А.** Комбинированная система климатизации на основе VRF-системы: комфорт и энергоэффективность / П. А. Ерошкин, Н. В. Шилкин // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2019. – № 8. – С. 12-19.
8. Натурные исследования ТНС-индекса в рабочей зоне помещения / А. А. Мерщев, С. А. Яременко, А. Н. Красникова, А. Д. Голядкина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 3(26). – С. 51-58. – DOI 10.36622/VSTU.2023.26.3.005.
9. **Губернский, Ю. Д.** Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? / Ю. Д. Губернский, Е. О. Шилькрот // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2008. – № 4. – С. 4-12.
10. Системы кондиционирования воздуха с применением строительных конструкций / А. Д. Володина, Р. М. Маскин, К. А. Ачкасова, М. Н. Жерлыкина // Студент и наука. – 2021. – № 2(17). – С. 78-86.

Поступила в редакцию 6 мая 2024

INVESTIGATION OF THE UNEVENNESS OF THE TEMPERATURE FIELD IN THE VOLUME OF AN AIR-CONDITIONED OFFICE BUILDING

M. N. Zherlykina, K. V. Garmonov, S. A. Yaremenko, A. R. Makarov

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)207-22-20; e-mail: mzherlykina@cchgeu.ru

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

Sergey Anatolevich Yaremenko, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Dean, Faculty of Engineering Systems and Sanitary Constructions, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)207-22-20; e-mail: iaremenko@cchgeu.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: amakarov@cchgeu.ru

In this article we present the architectural and planning features of office-type premises. We display here methods of air conditioning of premises and characterize the basic model of climatic equipment. We studied the uniformity of heat distribution in an air-conditioned office-type room in a full-scale experimental way. The experiment was carried out on the basis of the laboratory of ventilation and air conditioning named after Professor Ivan Ivanovich Polosin of Voronezh State Technical University. As a result, we obtained the values of the microclimate parameters in the supply and outgoing air, as well as in the working and upper zones. Also, we determined the cooling time of the room volume to the normalized temperature values. We noted some shortcomings in the current methods of calculating the power of climate equipment associated with incomplete assimilation of heat surpluses over the internal units of cassette air conditioners. Analytical studies have been carried out using an *Id* - diagram of the state of humid air, the results of which will be useful for the development of new technical solutions for air conditioning offices with a uniform distribution of heat over the volume of the room without violating the conditions of comfort of the microclimate for humans.

Keywords: heat exchanger; temperature field; cold supply; air conditioning; experiment; workspace.

REFERENCES

1. **Zherlykina M. N., Yaremenko S. A.** *Systems for ensuring the microclimate of buildings and structures*. Voronezh. Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. 2013. 160 p. (in Russian)
2. **Kuvshinov Yu. Ya.** *Theoretical foundations of room microclimate*. Moscow. Publishing House of the Association of Construction Universities. 2007. 184 p. (in Russian)
3. **Malgin Yu. V.** *On energy saving with comfortable air distribution on the example of an office space*. Plumbing, Heating, Conditioning. 2019. No. 3(207). Pp. 64-69. (in Russian)
4. **Chuikin S. V., Kopytina E. A., Petrikeeva N. A.** [et al.] *Certificate of state registration of the computer program No. 2024615184 Russian Federation. The program for calculating the complex heat exchange of overlap structures in the presence of radiation cooling*: No. 2024613824. Announced on 02/26/2024. Published on 03/04/2024/. The applicant is Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education 'Voronezh State Technical University'. (in Russian)
5. **Kokorin O. Ya., Tovas N. V.** *Energy saving in air conditioning systems*. Plumbing, Heating, Air conditioning. 2011. No. 10(118). Pp. 82-88. (in Russian)

6. **Pertsev A. N., Kaminskaya V. A., Lobanov D. V., Garmonov K. V.** *Experimental substantiation of the need to develop ventilation systems in classrooms during the reconstruction of premises.* Housing and communal infrastructure. 2019. No. 3(10). Pp. 58-67. (in Russian)
7. **Eroshkin P. A., Shilkin N. V.** *Combined air conditioning system based on VRF-system: comfort and energy efficiency.* AVOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and construction thermophysics. 2019. No. 8. Pp. 12-19. (in Russian)
8. **Mershchiev A. A., Yaremenko S. A., Krasnikova A. N., Golyadkina A.D.** *Field studies of the TNC index in the working area of the room.* Housing and communal infrastructure. 2023. No. 3(26). Pp. 51-58. DOI 10.36622/VSTU.2023.26.3.005. (in Russian)
9. **Gubernsky Y. D., Shilkrot E. O.** *How much air does a person need for comfort?* AVOK: Ventilation, heating, air conditioning air, heat supply and construction thermophysics. 2008. No. 4. Pp. 4-12. (in Russian)
10. **Volodina A. D., Maskin R. M., Achkasova K. A., Zherlykina M. N.** *Air conditioning systems using building structures.* Student and science. 2021. No. 2(17). Pp. 78-86. (in Russian)

Received 6 May 2024

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Исследование неравномерности температурного поля в объеме кондиционируемого помещения офисного здания / М. Н. Жерлыкина, К. В. Гармонов, С. А. Яременко, А. Р. Макаров // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 52-61. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.006.

FOR CITATION:

Zherlykina M. N., Garmonov K. V., Yaremenko S. A., Makarov A. R. *Investigation of the unevenness of the temperature field in the volume of an air-conditioned office building.* Housing and utilities infrastructure. 2024. No. 2(29). Pp. 52-61. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.006. (in Russian)

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.007

УДК 504.064

ОЦЕНКА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДЫ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ БЕЛГОРОДСКОЙ И ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

А. Г. Баскакова, Е. Ю. Иванова

Баскакова Анна Геннадьевна, канд. геогр. наук, преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация, +7(930)404-66-68; e-mail: geoescolog@mail.ru

Иванова Екатерина Юрьевна, канд. биол. наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронеж, Российская Федерация, +7(905)657-95-98; e-mail: ivanova.vsu@gmail.com

Представлены результаты лабораторных исследований качества воды нецентрализованного водоснабжения Белгородской и Воронежской области. По результатам их оценки на основании гидрохимического и микробиологического мониторинга, а также анализа данных водного реестра, установлено несоблюдение гигиенических нормативов по санитарно-химическим и микробиологическим показателям на территории двух областей примерно в половине исследуемых мест. Для Белгородской области: в 30 % проб превышены значения общего микробного числа, в 70 % проб превышено содержание колиформных бактерий, в 50 % превышены значения общей токсичности. Для Воронежской области: в 75 % проб превышено значение коли-индекса, в 20 % проб превышены значения общего микробного числа. При этом основной причиной несоответствия источников централизованного водоснабжения санитарно-эпидемиологическим требованиям является отсутствие зон санитарной охраны. Выявленные факты загрязнения подземных водоносных горизонтов свидетельствуют о потенциальной опасности для населения регионов и необходимости совершенствования системы гидроэкологического мониторинга и охраны вод.

Ключевые слова: микробиологический анализ вод, родниковая вода, бактерии, качество воды.

Наличие родников и подземных вод во все времена считалось благом для людей. Такая вода, просачиваясь через различные пласты земли, проходила естественную природную фильтрацию. Традиционно считается, что родниковая вода является чистой и пригодной для использования в питьевых целях. Но сегодняшняя экологическая ситуация такова, что вода из природных родников оказалась практически непригодной для питья. Многие родники, расположенные в понижениях местности, куда собираются дождевые воды, часто смыывающие загрязнители с вышерасположенных подворий и улиц. В результате воды оказываются значительно загрязнены, как химическими соединениями, так и микроорганизмами.

А добыча подземных чистых вод требует немало средств и соблюдения определенной технологии, но также часто оказываются загрязнены.

К основным загрязнителям подземных вод относятся такие химические вещества, как тяжелые металлы, органические растворители, минеральные масла, пестициды и удобрения и микробиологические загрязнители, такие как фекальные бактерии и вирусы.

Летом 2023 года было предпринято санитарно-микробиологическое исследование показателей воды из 20 родников расположенных в девяти районах Воронежской области, географическое расположение которых представлено на рис. 1.

Во всех пробках родниковой воды провели оценку отдельных компонентов химического состава и микробные показатели:

- 1) определение общего микробного загрязнения;

- 2) выявление и титрование санитарно-показательных микроорганизмов;
- 3) обнаружение патогенных микроорганизмов и/или их метаболитов.



Рис.1. Схема расположения исследуемых районов Воронежской области

Наличие санитарно-показательных микроорганизмов измеряется титром и индексом. Титр – это минимальная масса, г, или объем, мл, при которой еще обнаруживаются микроорганизмы. Индекс – это количество кишечных палочек (*E. Coli*), содержащееся в 1 л воды, 1 г почвы, 1 м³ воздуха [1, 2].

Результаты исследования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты химических и микробиологических исследований проб воды родников Воронежской области

Но- мер точки отбо- ра проб	Название родника	Место нахождения родника	Общее микроб- ное число (ОМЧ), КОЕ/1мл	Коли- ндекс БГКП (КОЕ/100мл)	Нитраты, мг/л
1.	Святой источник у с. Красные Холмы	Панинский район	7	900	19,88
2.	Святой источник у с. Чернавка	Панинский район	96	0	45,5
3.	Родник у с. Большой Самовец	Эртильский район	93	300	145,5
4.	Святой источник у с. Моховое	Аннинский район	21	200	36,13
5.	Родник у с. Мосоловка	Аннинский район	9	0	2,38
6.	Святой источник у с. Васильевка	Аннинский район	79	50	26,75

Окончание табл. 1

Но- мер точ- ки от- бора проб	Название родника	Место нахождения родника	Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/1мл	Коли- ндекс БГКП (КОЕ/100мл)	Нитраты, мг/л
7.	Родник «Живоносная лоза»	Острогожский район	19	100	119,88
8.	Родник в центре г. Острогожск	Острогожский район	68	100	153
9.	Источник Святого Сергея Радонежского	Нижедевицкий район	53	0	Отс.
10.	Источник Святой Казанской Божьей матери	Нижедевицкий район	89	100	58
11.	Родник сан. Белая горка 1	Богучарский район	10	0	1,75
12.	Родник №1 у с. Белая горка 1	Богучарский район	85	50	25,5
13.	Родник №2 у с. Белая горка 1	Богучарский район	178	250	31,13
14.	Родник у с. Давыдовка	Лискинский район	139	750	180,5
15.	Родник у с. Залужное	Лискинский район,	196	2050	Отс.
16.	Родник у с. Ермоловка	Лискинский район	23	150	40,5
17.	Родник у с. Нижний Икорец	Лискинский район	65	0	29,88
18.	Родник у с. Подосиновка	Новохоперский район	48	100	59,25
19.	Родник «Святого Николая»	Новохоперский район	171	250	8
20.	Родник у с. Нива	Таловский район	13	100	17,38

Из химических компонентов проб воды в таблицу включили только содержание нитратов, которые зачастую используются в интенсивном сельском хозяйстве, и часто затрагивают обширные территории обнажения водоносного горизонта. Таким образом, нитраты являются диффузными загрязнителями окружающей среды и могут привести к серьезным последствиям, влияющим на качество подземных и поверхностных вод.

Химический анализ на присутствие нитратов выявил в 7 пробах воды, значительное содержание нитратного азота от 45,5 до 180,5 мг/л, которое превышает гигиенические нормативы от 1,1 до 4 раз (ПДК ≤ 45 мг/л).

Нормой установлена предельно допустимая концентрация общего микробного числа (ОМЧ) в питьевой воде, уровень которого не должен превышать 50 КОЕ/мл. В случае с нецентрализованным – 100 КОЕ/мл. В пробах воды в родниках Воронежской области превышения допустимых значений отмечено в четырех точках в Лискинском, Новохоперском и Богучарском районах. Еще в трех пробах значения близки к предельно-допустимым (рис. 2).

Однако показатель микробного числа лишь условно позволяет оценить влияние содержащихся в водах микроорганизмов на здоровье человека [3]. Более объективными и актуальными являются показатели, позволяющие количественно оценить содержание патогенных микроорганизмов, к числу которых относят группу бактерий кишечной палочки.

Кишечная палочка (E. coli) – разновидность грамотрицательных колиформных бактерий. Он относится именно к группе фекальных колиформных бактерий, в которую входят бактерии, которые находятся в кишечнике теплокровных животных. Как и вирусы,

бактерии также развивают различные штаммы. Некоторые штаммы кишечной палочки вредны для человека, а некоторые нет [4, 6].

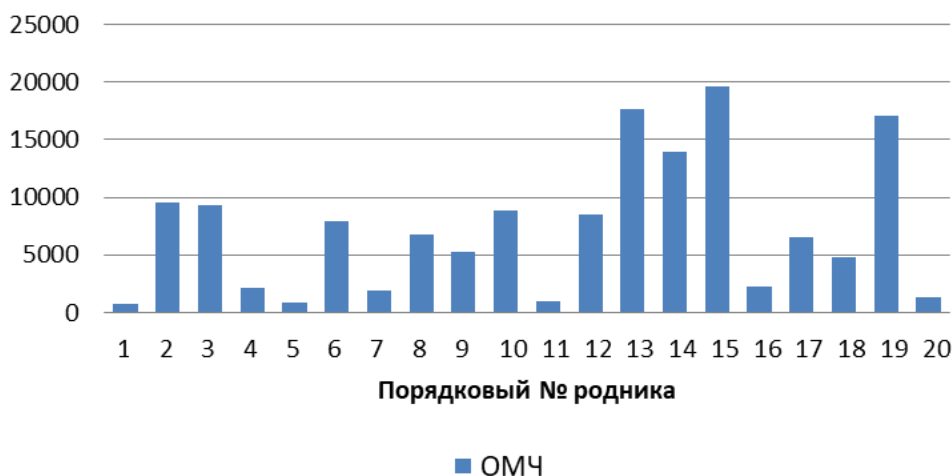


Рис. 2. Показатели общего микробного числа по исследуемым точкам Воронежской области

Эти болезнетворные организмы могут попадать в систему водоснабжения через фекальное загрязнение. Бактерии кишечной палочки обнаруживаются в кишечном тракте теплокровных животных, в том числе и человека. Кишечная палочка от человека может попадать в поверхностные источники воды из сточных вод очистных сооружений, сломанных или протекающих канализационных труб или из неисправных септических систем [5].

Коли-индекс водопроводной воды должен быть не более 3 КОЕ/100 мл, а воды из колодцев и родников КИ ее не должен превышать 10 КОЕ/100 мл. В водах родников в Воронежской области наблюдается неблагоприятная ситуация с содержанием колиформных бактерий. В 15 пробах из 20 отмечается значительное превышение допустимых значений коли-индекса (в 5...205 раз). Это делает воду непригодной для употребления в сыром виде.

Летом 2023 года были отобраны пробы вод из подземных горизонтов (скважины и колодцы) в четырех районах Белгородской области, показанных на карте – рис. 3.

В этих пробах воды также оценили химические и микробные компоненты, кроме того в этом исследовании также использовали метод определения токсичности проб поверхностных пресных вод по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла. Для биотестирования используют альгологически чистую культуру водорослей *Chlorella vulgaris* Beijer, находящуюся в экспоненциальной стадии роста [7, 8]. Критерием токсичности пробы воды является снижение средней величины оптической плотности по сравнению с контрольным вариантом на 20 % и более, в случае подавления роста тест-культуры или ее повышение на 30 % и более при стимуляции ростовых процессов. Результаты исследований проб воды приведены в табл. 2.

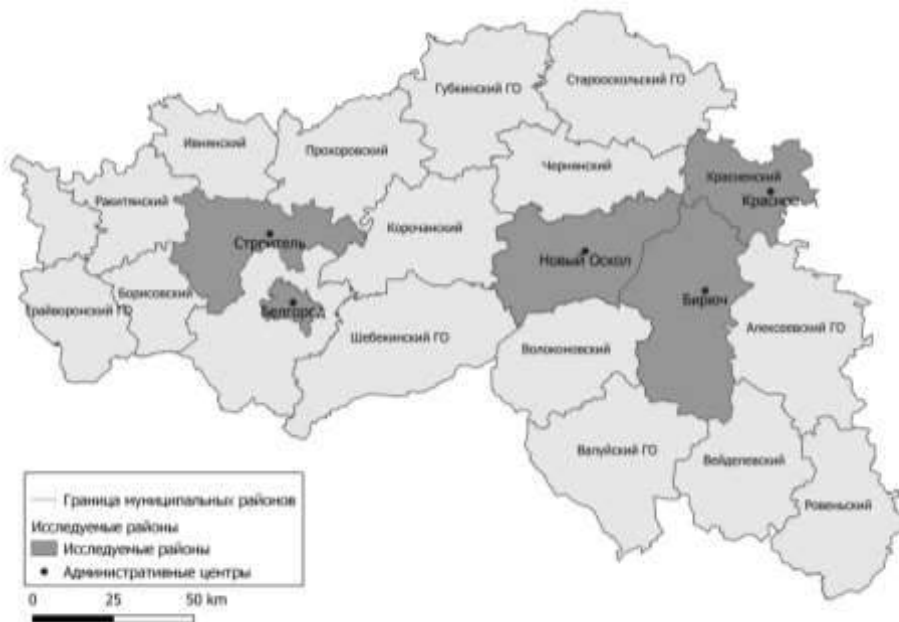


Рис. 3. Схема расположения исследуемых районов Белгородской области

Таблица 2

Результаты анализа проб воды подземных горизонтов
в исследуемых районах Белгородской области

Номер точки отбора проб	Тип источника	Место нахождения родника	Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/1мл	Коли-индекс (КОЕ/1000мл)	Общая токсичность	Нитраты, мг/л
1.	Скважина	Новоуколовское	130	0	63,4	65
2.	Скважина	Новоуколовское	125	0	30,5	2
3.	Скважина	Новоуколовское	24	29,5	65,7	1,26
4.	Скважина	Новоуколовское	4	1	6	30
5.	Скважина	Новоуколовское	60	15,5	24,5	10
6.	Колодец	Ильинское	19	2	-39,5	19
7.	Скважина	Ильинское	26	0	16,1	16,4
8.	Скважина	Ильинское	6	0	22,5	5
9.	Скважина	Ильинское	1	2	12	30,5
10.	Скважина	Ильинское	40	0	42,1	17,3
11.	Скважина	Ильинское	27	61	-7,3	90,7
12.	Скважина	Ниновское	171	8	52,3	50
13.	Скважина	Ниновское	95	1	28,68	4,58
14.	Скважина	Ниновское	17	0	-43,8	0,6
15.	Скважина	Ниновское	138	85,5	15,9	2
16.	Скважина	Ниновское	74	1	21,3	20
17.	Колодец	Ниновское	63	0	-21,9	31,3
18.	Скважина	Ниновское	32	0	67,5	15
19.	Колодец	Ниновское	362	1	-32,6	0,74
20.	Колодец	Ниновское	11	27	27,7	500
21.	Скважина	Быковское	230	30	-4,26	26,5
22.	Колодец	Быковское	50	4	-6,59	2,95
23.	Скважина	Быковское	49	0	-30,8	20
24.	Колодец	Быковское	357	10,5	14,2	30

Окончание табл. 2

Номер точки отбора проб	Тип источника	Место нахождения родника	Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/1мл	Коли-индекс (КОЕ/1000мл)	Общая токсичность	Нитраты, мг/л
25	Скважина	Быковское	160	18,5	43,2	10
26	Колодец	Быковское	54	49	-28,8	26,1
27	Скважина	Быковское	57	14	-12,8	14,6
28	Колодец	Быковское	45	4	33,7	89

Содержание нитратов превышает значения ПДК (45 мг/мл) в 5 пробах из 28. Кратность превышения от 1,1 до 11,1.

Значения общего микробного числа 8 пробах из 28 не соответствуют показателям, установленным для питьевой воды. Причем в двух пробах Ниновского и одной Быковского поселений эти показатели превышают допустимые значения в 1,7...3,6 раз (рис. 4).

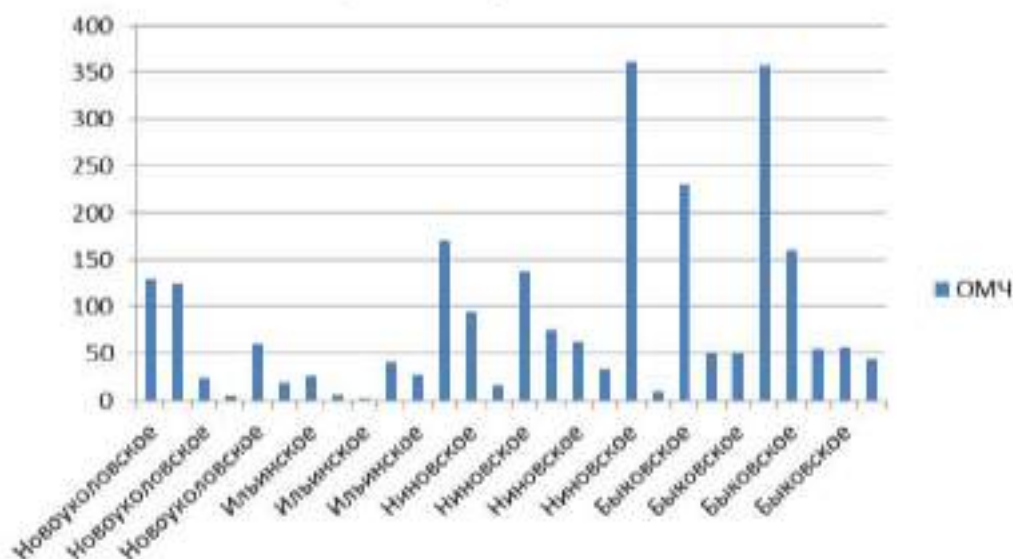


Рис. 4. Показатели общего микробного числа по исследуемым точкам Белгородской области

Содержание колиформных бактерий обнаружено в 19 пробах. Этот показатель жестко нормируется и в питьевой воде бактерии группы кишечной палочки не должны содержаться. Наибольшее число не стандартных проб обнаружено в Быковском поселении. Колиформные бактерии обнаружены в 6 пробах из семи предоставленных. В Новоуколовском – в 3 пробах из 5, в Ильинском – 3 из 7, в Ниновском – 6 из 9. Такая неблагоприятная ситуация возможно связана с просачиванием в грунтовые воды вод из неканализованных туалетов, а также воды, используемой для содержания различных сельскохозяйственных животных [9, 10]. В целом ситуации по содержанию бактерий группы кишечной палочки крайне неблагоприятная.

Заключение.

При оценке общей токсичности проб воды в 12 пробах из 28 выявлена прямая токсичность, которая может быть связана с содержанием ионов тяжелых металлов, нефтепродуктов, фосфорорагнических соединений. Наибольшее число проб с прямой токсичностью выявлено в Новоуколовском поселении. Еще в пяти пробах была отмечена стимуляция роста тест-культуры Хлореллы до токсических уровней. Такой тип токсичности, как правило, связан с наличием в воде биогенных веществ в повышенной концентрации.

Различные типы токсичности в тесте на *Chlorella vulgaris* Beijer выявлены в 17 пробах из 28. Такой уровень токсичности выявленной в биотестах, также как наличие бактерий группы кишечной палочки свидетельствует о ненадлежащем качестве питьевой воды в четырех районах Белгородской области [11].

В целом по результатам исследования родниковых вод Воронежской и подземных вод Белгородской области можно отметить, что микробные показатели и особенно содержание в водах колиформных бактерий делают воду непригодной для питья без предварительного кипячения. При этом кипячение не избавляет воды от содержащихся нитратов и соединений, определяющий ее токсичность (хлорорганические и фосфорорганические соединения, тяжелые металлы и др).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методы экологических исследований: учебное пособие для вузов / Н. В. Каверина и [др.]. – Воронеж: Научная книга. – 2019. – 355 с.
2. Экология микроорганизмов: учебное пособие для студ. вузов / А. И. Нетрусов, Е. А. Бонч-Осмоловская, В. М. Горленко и др.; Под ред. А.И.Нетрусова. – Москва: Издательский центр «Академия». – 2004. – 272 с.
3. **Mikhailov, V. N.** Impact of local water management and hydraulic-engineering projects on river deltas / V. N. Mikhailov, M. V. Mikhailova // *Water Resources*, Maik Nauka. – 2015. – 42 – Pp. 275-284.
4. Геоэкологическая оценка состояния водных объектов Воронежской области: источники и факторы их загрязнения / А. Г. Баскакова, С. А. Куролап, О. В. Клепиков, Л. В. Молоканова // *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки.* – 2020. – Т. 14. – № 2. – С. 39-46.
5. **Рассказов, А. А.** Комплексная классификация родников по геоэкологическим признакам (на примере территории Сергиево-Посадского района Московской области) / А. А. Рассказов, Е. Ю. Васильева // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* – 2010. – № 3. – С. 71-76.
6. **Stevens, L. E.** Springs and springs-dependent taxa of the Colorado River basin, southwestern North America: geography, ecology and human impacts // *Water (Switzerland)* / L. E. Stevens, J. Jenness, J. D. Ledbetter. – 2020. – № 12(5). – Pp. 1501. – DOI: 10.3390/w12051501.
7. **Yin, S.** Investigation of groundwater contamination and health implications in a typical semiarid basin of North China/ S. Yin, Y. Xiao, P. Han, B. Men, L. Huang // *Water (Switzerland)*. – 2020. – 12(4). – Pp. 1137.
8. **Tariqi, A. Q.** Water, Health, and Environmental Justice in California: Geospatial Analysis of Nitrate Contamination and Thyroid Cancer / A. Q. Tariqi, C. C. Naughton // *Environmental Engineering Science.* – 2021. – 38(5). – Pp. 377-388.
9. **Орехова, Г. А.** Нитратное загрязнение родниковых вод Яковлевского района Белгородской области / Г. А. Орехова, Л. Л. Новых, А. Б. Соловьев // *Проблемы региональной экологии.* – 2012. – № 2. – С. 55-57.
10. Сток малых рек юга Центрально-Черноземного региона в условиях меняющегося климата и интенсивной антропогенной нагрузки / Л. К. Решетникова, М. Г. Лебедева, М. А. Петина, В. Н. Шевченко // *Проблемы региональной экологии.* – №2. – 2011. – С.20-25.
11. Экология Белгородской области / А. Н. Петин, Л. Л. Новых, В. И. Петина, Е. Г. Глазунов. – Москва: Издательство МГУ. – 2002.

Поступила в редакцию 14 февраля 2024

ASSESSMENT OF MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WATER IN AQUIFERS IN BELGOROD AND VORONEZH REGIONS

A. G. Baskakova, E. Yu. Ivanova

Anna Gennadievna Baskakova, Cand. Sc. (Geography), lecturer of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, tel.: +7(930)404-66-68; e-mail: geoecolog@mail.ru
Ekaterina Yurievna Ivanova, Cand. Sc. (Biology), Associate Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring of the Faculty, Voronezh, Russia, tel.: +7(905)657-95-98; e-mail: ivanova.vsu@gmail.com

In the article we present the results of laboratory studies of water quality in non-centralized water supply in the Belgorod and Voronezh regions. On the basis of the results of their assessment (based on hydro-chemical and microbiological monitoring, as well as on the analysis of water register data), we established that in approximately half of the places there may be found non-compliance with hygienic standards for sanitary-chemical and microbiological indicators in the territory of two regions. In the Belgorod region the data is the following: 30 % of samples exceeded the values of the total microbial number, 70 % of the samples exceeded the content of colimorphic bacteria, 50 % exceeded the values of general toxicity. As for the Voronezh region, the data is the following: in 75 % of samples the values of the coli index were exceeded, in 20 % of the samples the values of the total microbial number were exceeded. At the same time, the main reason for the non-compliance of centralized water supply sources with sanitary and epidemiological requirements is the lack of sanitary protection zones. The revealed facts of contamination of underground aquifers indicate a potential danger for the population of the regions and the need to improve the system of hydroecological monitoring and water protection.

Keywords: microbiological water analysis; spring water; bacteria; water quality.

REFERENCES

1. **Kaverina N. V.** *Methods of environmental research: textbook for universities* [FUMO stamp «Earth Sciences»] Voronezh, Scientific book. 2019. 355 p. (in Russian)
2. **Netrusov A. I., Bonch-Osmolovskaya E.A., Gorlenko V.M.** *Ecology of microorganisms: Textbook. for students universities.* Moscow, Publishing Center Academy. 2004. 272 p. (in Russian)
3. **Mikhailov V. N., Mikhailova M. V.** *Impact of local water management and hydraulic-engineering projects on river deltas.* Water Resources. Maik Nauka. 2015. Pp. 275-284.
4. **Baskakova A. G., Kurolap S. A., Klepikov O. V., Molokanova L. V.** *Geoecological assessment of the state of water bodies in the Voronezh region: sources and factors of their pollution.* News of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences. 2020. V. 14. No. 2. P. 39-46. (in Russian)
5. **Rasskazov A. A., Vasilyeva E. Yu.** *Complex classification of springs according to geoecological characteristics (using the example of the territory of the Sergiev Posad district of the Moscow region).* Bulletin of the Russian Peoples' Friendship University. Series: Ecology and life safety. 2010. No. 3. Pp. 71-76. (in Russian)
6. **Stevens L. E., Jenness J., Ledbetter J. D.** *Springs and spring-dependent taxa of the Colorado River basin, southwestern North America: geography, ecology and human impacts.* Water (Switzerland). 2020. No. 12 (5). Pp. 1501. DOI: 10.3390/w12051501.
7. **Yin S., Xiao Y., Han P., Men B., Huang L.** *Investigation of groundwater contamination and health implications in a typical semiarid basin of North China.* Water (Switzerland). 2020. 12(4). 1137.

8. **Tariqi A. Q., Naughton C. C.** *Water, Health, and Environmental Justice in California: Geospatial Analysis of Nitrate Contamination and Thyroid Cancer.* Environmental Engineering Science. 2021. 38(5). 377-388.
9. **Orekhova G. A., Novykh L. L., Solovyov A. B.** *Nitrate pollution of spring waters of the Yakovlevsky district of the Belgorod region.* Problems of regional ecology. 2012. No. 2. Pp. 55-57. (in Russian)
10. **Reshetnikova L. K.** *Flow of small rivers in the south of the Central Black Earth region under conditions of a changing climate and intense anthropogenic load.* Problems of regional ecology. No. 2. 2011. Pp. 20-25. (in Russian)
11. **Petin A. N., Novykh L. L., Petina V. I., Glazunov E. G.** *Ecology of the Belgorod region.* Moscow State University Publishing House. 2002. (in Russian)

Received 14 February 2024

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Баскакова, А. Д. Оценка микробиологических характеристик воды водоносных горизонтов Белгородской и Воронежской областей / А. Г. Баскакова, Е. Ю. Иванова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 62-70. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.007.

FOR CITATION:

Baskakova A. G., Ivanova E. Yu. *Assessment of microbiological characteristics of water in aquifers in Belgorod and Voronezh regions.* Housing and utilities infrastructure. 2024. No. 2(29). Pp. 62-70. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.007. (in Russian)

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ,
РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО**

**URBAN PLANNING. RECONSTRUCTION, RESTORATION
AND LANDSCAPING**

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.008

УДК 711.4.01:72.01

**К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАПЛАНИРОВАННОГО
ЭФФЕКТА БИЛЬБАО И ПОВЫШЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО
ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ**

С. В. Артыщенко, Д. В. Панфилов, А. Г. Чигарев, С. П. Бондарь

Артыщенко Степан Владимирович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры инноватики и строительной физики имени профессора И. С. Суровцева, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)276-39-76; e-mail: art.stepan@mail.ru

Панфилов Дмитрий Вячеславович, канд. техн. наук, заведующий кафедрой строительных конструкций оснований и фундаментов имени профессора Ю.М. Борисова, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-53-84; e-mail: panfilov_dv@vgasu.vrn.ru

Чигарев Антон Геннадьевич, канд. геол.-минералог. наук, доцент кафедры строительных конструкций оснований и фундаментов имени профессора Ю.М. Борисова, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-53-84; e-mail: geolant@yandex.ru

Бондарь София Павловна, студент кафедры строительных конструкций оснований и фундаментов имени профессора Ю.М. Борисова, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(904)093-85-58; e-mail: sofia.bondar16@yandex.ru

В статье рассмотрены некоторые актуальные современные феномены и тенденции в архитектуре и проектировании, а именно эффект Бильбао и использование фракталоподобных структур в архитектурном проектировании, применительно к градостроительству, развитию и повышению инновационного потенциала территорий. Указанные явления и тенденции рассматриваются в аспекте повышения выразительности архитектурного облика города и его притягательности для туризма. Проанализирована возможность достижения запланированного эффекта Бильбао и повышения инновационного потенциала территории при помощи комплексного подхода, включающего использование фракталоподобных структур.

Ключевые слова: Эффект Бильбао; фрактал; архитектурная выразительность; инновационный потенциал территории; фрактальная размерность; фрактальное самоподобие.

Экономические показатели строительства растут с каждым годом, в том числе за счет увеличения инвестиций в основной капитал, вводится в действие все больше новых зданий. При этом достаточно серьезной проблемой является то, что типизация новых строительных объектов может привести к утере архитектурной выразительности города. Одним из путей решения этой, и ряда сопутствующих проблем, является применение в архитектурном проектировании фрактальных структур, которое активно исследуется в последние годы как в теоретических и обзорных работах, так и воплощается практически. Кроме того следует отметить, что применение фрактальных структур может помочь добиться эффекта Бильбао, который является известным феноменом, представляющим самостоятельный интерес и ценность.

Данный эффект получил название и приобрел популярность в 90-годы 20 века благодаря небольшому промышленному городу Бильбао в Стране Басков на севере Испании.

С этим городом и с соответствующим эффектом неразрывно связаны имена двух известнейших архитекторов – Фрэнка Гери и Нормана Фостера.

По проекту Фрэнка Гери здесь был построен филиал Музея Гуггенхайма, который напоминает распустившийся цветок. Данное архитектурное решение реализовалось с помощью соединения необычных объемов, покрытых титановыми пластинами с участием исторического окружения (рис. 1). И после возведения данного объекта жизнь города разделилась на «до и после», так как в течение последующих нескольких лет Бильбао очень стремительно развивался в туристическом и культурном направлении [1].



Рис. 1. Филиал Музея Гуггенхайма в г. Бильбао

Однако Бильбао стал туристическим центром не только благодаря филиалу музея Гуггенхайма. В достижение этого эффекта внес вклад как минимум еще один объект, пронизывающий всю структуру города. В городе также была построена система метро по проекту известного архитектора Нормана Фостера. Особенность проекта метро заключалась в том, чтобы придать ему минималистический вид. Обычно в тоннелях используют различную отделку, чтобы скрыть строительные конструкции и придать метро более яркий и запоминающийся вид, но здесь поступили по-другому. Строительные материалы, из которых сделаны туннели, решили не прятать, то есть человек, передвигаясь по метро, видит бетонные стены. Возможно, сама идея использовать бетон без отделки не привлекает внимания, но реализована она замечательно. Также стоит отметить входы в метро в центральной части города, которые выполнены из прозрачного стекла, появляющиеся из земли (см. рис. 2).



Рис. 2. Метро в г. Бильбао

Здесь, конечно, следует отметить, что история архитектуры и строительства уже знает замечательные примеры, когда весьма привлекательный вид имеют не просто объекты из бетона без отделки, а более того, отделанные серой цементной штукатуркой.

В этом смысле не следует забывать знаковые объекты нашей российской архитектуры. Так известный в свое время дом Колесова, построенный в 1913 г. на Рождественском бульваре в Москве, служащий теперь одной из культурных точек притяжения для ценителей архитектуры, в том числе и из-за своей серой облицовки портландцементом - чрезвычайно популярным в тот период материалом, явился не только модным образчиком минималистичного стиля для москвичей того времени, но и не утратил восхищенных оценок своей строгой эстетики уже в глазах современных москвичей и гостей столицы (рис. 3).



Рис. 3. Доходный дом К. А. Колесова. Рождественский бульвар, 19

Город Бильбао не единственный, который после появления знаковой постройки привлёк к себе всеобщее внимание. Также сюда можно отнести г. Дубай в Объединённых Арабских Эмиратах. Сейчас трудно представить, что Дубай не всегда был самым популярным городом для отдыха и покупки недвижимости среди предпринимателей, однако это так. Примерно до 80-х гг. прошлого века город был обычным торговым портом, где зарабатывали с помощью ловли рыбы и добычи жемчуга. Но все изменилось после обнаружения огромных залежей нефти, финансовый поток от продажи которой позволил преобразиться городу до неузнаваемости. И теперь ОАЭ ассоциируются не с жемчугом и простыми лачугами, а с нефтью и величественными небоскребами, ради которых туристы приезжают со всего мира. Их привлекает возможность пожить несколько дней в номерах в самых узнаваемых небоскребах мира, а также сделать фотосессы на фоне оригинальных локаций.

Приведем пример самого высокого сооружения не только в ОАЭ, но и во всем мире, получившего название «Бурдж-Халифа» или «Дубайская башня» (см. рис. 4). Высота здания – 828 м. Торжественная церемония открытия состоялась 4 января 2010 года. «Бурдж-Халифа» – ключевой элемент нового делового центра в Дубае. Внутри комплекса размещены отель, квартиры, офисы и торговые центры. Благодаря такой структуре здания, город привлекает к себе много внимания: кто-то стремится купить здесь квартиру и тем самым получить недвижимость в одном из самых дорогих небоскребов мира, другие снимают номера в той части здания, которая отведена под гостиницу, что также увеличивает популярность города.



Рис. 4. Бурдж-Халифа

Другим примером проявления эффекта Бильбао является Сиднейский оперный театр (см. рис. 5). Данный объект один из самых знаменитых архитектурных сооружений XX-го века. Архитектура театра представляет собой стены в виде лепестков, которые прекрасно гармонируют с высокими небоскребами и яхтами, окружающими постройку. Купола здания ассоциируются с огромными морскими раковинами или надутыми ветром парусами. Также стоит отметить керамическую облицовку театра, состоящая из 1 056 006 плиток, каждая из которых уникальна и была создана с учетом конкретного расположения на здании. Эти плитки меняют свой оттенок в зависимости от освещения, что придает фасаду волшебный вид. Теперь процитируем слова архитектора театра (Йорн Утзон, 1956), который описал свою задумку так: «В основе проекта оперного театра лежит желание увести людей из мира ежедневной рутины в мир фантазии, где обитают музыканты и актёры»



Рис. 5. Фото и зарисовка Сиднейского оперного театра

Благодаря созданию такой знаковой постройки, Австралия у многих стала ассоциироваться с городом Сидней и его оперным театром, несмотря на то, что столицей этой страны является Канберра.

Согласно одному из основных общепринятых определений, эффект Бильбао – феномен превращения туристически непривлекательной локации в культурную точку притяжения благодаря одной или нескольким знаковым постройкам.

К данному явлению также может быть применено следующее определение: «Эффект Бильбао» – это трансформация внешнего, культурного или экономического облика города благодаря какой-либо одной или нескольким постройкам [1]. Под ними понимаются те здания, которые могут считаться «визитной карточкой» данной локации, более того, с ними ассоциируется весь город или даже регион, в котором они находятся.

Стремясь к лаконичности и не охватывая экономические, туристические другие составляющие, будем понимать под эффектом Бильбао следующее: *значительное, часто скачкообразное повышение притягательности для людей данной локации благодаря какой-либо одной или нескольким постройкам, становящимися точками культурного притяжения.*

Анализируя многочисленные положительные стороны эффекта Бильбао, вполне естественно возникают вопросы: а можно ли добиться запланированного, контролируемого эффекта Бильбао? Можно ли заранее предсказать его проявление? Какими способами можно повысить вероятность его проявления? Достаточно ли одного объекта? Какую предпочтительную структуру должен иметь знаковый объект?

Ответы на эти и ряд других вопросов авторы и пытаются получить далее в настоящей работе.

Возвращаясь к сказанному выше, действительно следует отметить, что часто одного объекта не хватает для возникновения эффекта Бильбао и он может быть достигнут благодаря нескольким объектам или некой их значительной совокупности.

Таким образом, для достижения планируемого эффекта Бильбао важной задачей, помимо прочего становится и верное взаимное расположение совокупности знаковых притягательных объектов, точек культурного притяжения в данной локации.

Следует при этом понимать, что окончательный успех даже заранее просчитанного, смоделированного проекта, прошедшего многочисленные экспертные оценки различными методами, и даже подкрепленного результатами социологических исследований, конечно же носит вероятностный характер.

Однако можно и нужно пытаться дать качественное описание мер и рекомендаций, которые могут повысить вероятность успеха в достижении эффекта Бильбао. В качестве одного из «выигрышных» в этом смысле решений авторы рассматривают использование фракталоподобных структур.

Возвращаясь непосредственно к эффекту Бильбао, кратко коснемся различных положительных эффектов, сопутствующих ему. Данный эффект весьма выгоден как в экономическом смысле, так и в смысле развития прилегающей инфраструктуры. Упомянутый ранее музей Гуггенхайма запустил в Бильбао ряд полезных процессов: здание окупилось и предоставило жителям города новые рабочие места, при этом была осуществлена модернизация прилегающей территории, не говоря о безусловной экономической выгоде от колоссального повышения туристического трафика и сопутствующих этому эффектов.

Очевидно, такие объекты и достигнутый эффект безусловно способствуют и повышению инновационного потенциала территории. Например, эффект повышения инновационного потенциала территории при использовании архитектурных объектов фрактального типа обсуждался в работе авторов [2]. Это происходит в том числе за счет аспекта, связанного с тем, что индивид, работающий в футуристичном, инновационном архитектурном ландшафте проникается его духом и сам эффективнее производит новые идеи, инновации, так и за счет того, что объекты подобные филиалу Музея Гуггенхайма способствуют, в частности и из-за упомянутого повышения туристического трафика, притоку в данный город, на данную территорию креативных личностей-инноваторов, часть из которых оседает в данной локации и способствует ее инновационному развитию.

Нельзя оставить без внимания и общественно-патриотический эффект, ассоциированный с эффектом Бильбао. А именно, следует отметить важный социальный аспект, характерный для сооружений, которым присущ эффект Бильбао, или, по крайней мере, удовлетворяющим основным условиям для его возникновения. Подобные уникальные, зачастую футуристичные, крупные и величественные сооружения, особенно имеющие общественную функцию и принадлежность, играют роль мотивирующих объектов и символов, объединяющих и мотивирующих население соответствующих городов и повышающих его патриотический настрой.

Коснемся проявления эффекта Бильбао в российском архитектурном ландшафте. В России эффект Бильбао также находит свое проявление на различных территориальных уровнях и масштабах. При этом часто его предвидят, планируют и надеются на его проявление в той или иной степени. Одним из таких примеров может служить новое здание центра современного искусства «Гараж» в Москве (см. рис. 6, а). Новый облик центра сложился путем реконструкции ресторана «Времена года», построенного в 60-е года прошлого века. Архитектор Рэм Колхас и бюро «ОМА» сохранили элементы советского модерна бывшего ресторана. Или, например, выставочное пространство для Фонда V-A-C (см. рис. 6, б), которое собираются реализовать на территории бывшей электростанции ГЭС-2. Данный проект был анонсирован в 2015 г.

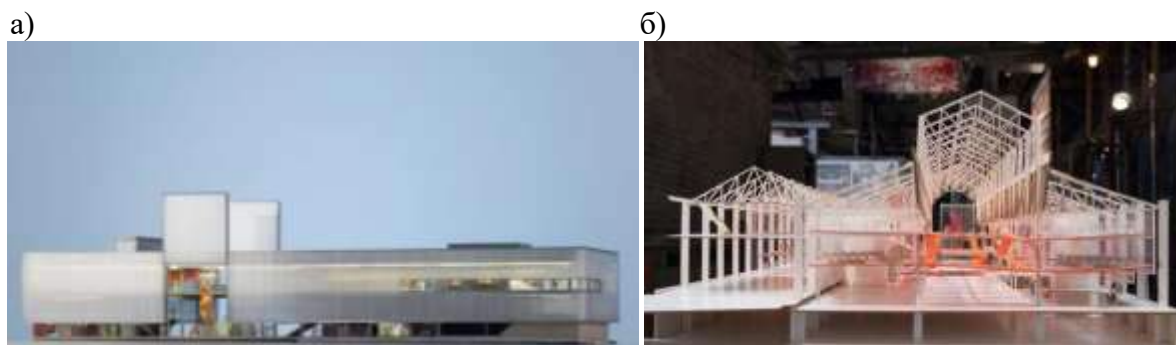


Рис. 6. Примеры эффекта Бильбао в России:
а – здание центра современного искусства «Гараж»;
б – модель выставочного пространства для Фонда V-A-C

Башня «Эволюция» в Москва-Сити, тоже может служить ярким примером проявления эффекта Бильбао на одной из локаций в столице России (см. рис. 7). Почти каждый, кто приезжает в Москву, увозит с собой фото на фоне данного небоскреба. Уникальность заключается в непрерывной ленте гнutoго остекления – один из самых больших холодно-гнутых фасадов в мире – реализует беспрецедентную для мировой архитектуры оптическую иллюзию: окружающая панорама Москвы отражается вертикально, перевернутой под углом 90 градусов к горизонту [3]. В данном случае скачкообразным образом приобрела привлекательность территория, которая до реализации в ее пределах проекта Москва-Сити, таковой не имела.

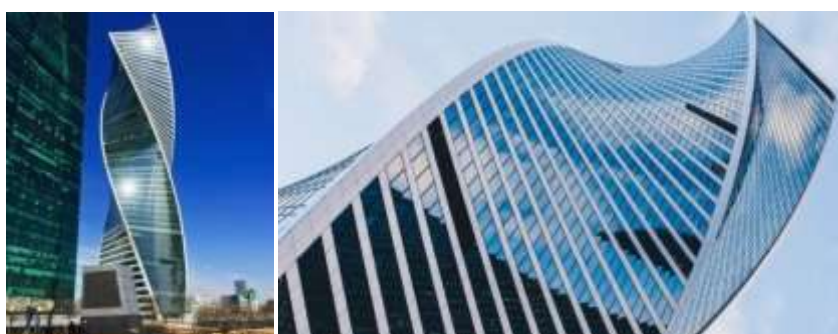


Рис. 7. Башня Эволюция

Кратко коснемся тех структур, с помощью которых, по мнению авторов, возможно достижение эффекта Бильбао с наибольшей вероятностью – фракталоподобных структур.

Проанализировав вышеприведенные примеры и информацию об эффекте Бильбао, можно выдвинуть предположение, что этого можно добиться при помощи фракталов. Так в работе авторов [2] уже исследовался достаточно близкий по смыслу вопрос, а именно вопрос влияния степени фрактальности архитектурного объекта на успешность проекта в целом. В этой работе [2] также обсуждалось влияние архитектурных объектов, обладающих фрактальной структурой на повышение инновационного потенциала территории.

Заметим, что проблемы исследования и повышения инновационного потенциала, предприятия, территории, исследования и моделирования инновационных процессов весьма актуальны, что подтверждается значительным количеством соответствующих публикаций, см. работу [4] и цитированные там источники.

Термин «фрактал» появился в конце 70-х годов, и на данный момент активно используется проектировщиками. Слово фрактал образовано от латинского «fractus» и в переводе означает «состоящий из фрагментов». Оно было предложено математиком Бенуа Мандельбротом в 1975 г. для обозначения нерегулярных, но самоподобных структур, которые он исследовал [5].

Притом, что официально термин «фрактал» стал использоваться только в 70-х годах прошлого века, то в той или иной степени, их проявление можно увидеть в более старых постройках, которые являются достопримечательностью, не только города, но и страны в целом. Примером служат следующие здания: Храм Василия Блаженного, расположенный в г. Москва (см. рис. 9, а); Эйфелева Башня (см. рис. 8, б) и пирамида Лувра – г. Париж (см. рис. 8, в).

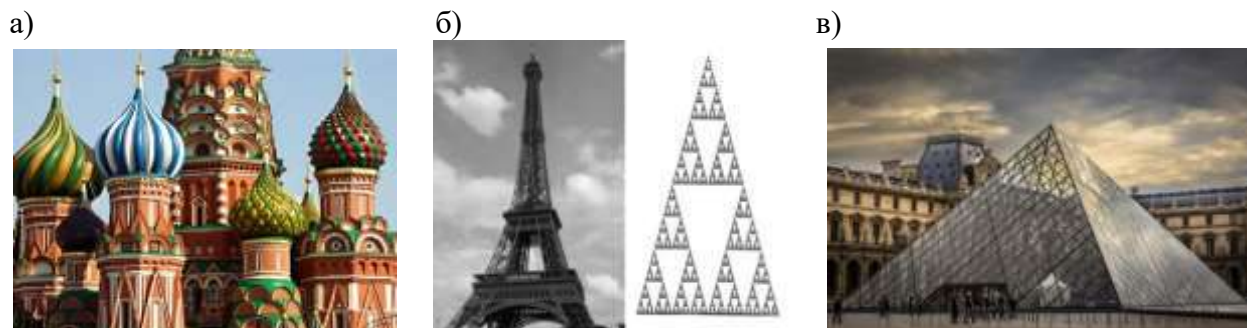


Рис. 8. Применение фракталов в постройках прошлого:
а – Храм Василия Блаженного; б – Эйфелева Башня; в – пирамида Лувра

Современные архитекторы также используют фракталоподобные структуры для повышения выразительности своих зданий, которые представлены на рис. 9 (а, б, в).

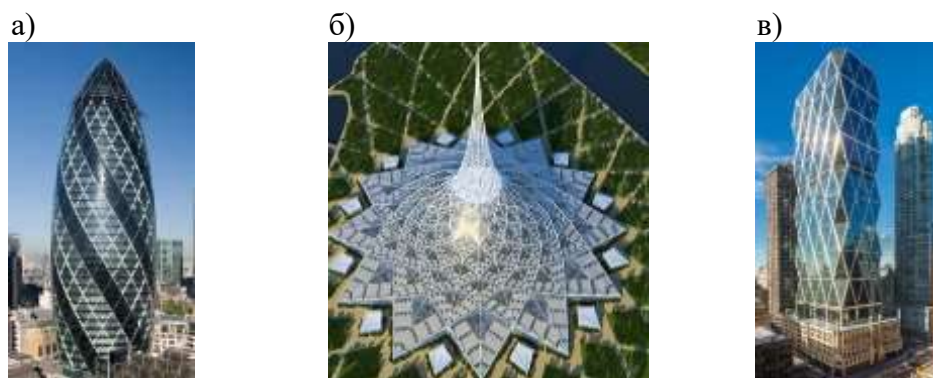


Рис. 9. Использование фракталов в современной архитектуре:
а – Небоскрёб Мэри-Экс (Лондонский «Огурец»);
б – Хрустальный остров, в стадии проекта (г. Москва); в – Хёрст-тауэр (г. Нью-Йорк)

Рассмотрим некоторые из них более подробно:

✓ Небоскрёб Мэри-Экс (Лондонский «Огурец») – 40-этажный небоскрёб в Лондоне, конструкция которого выполнена в виде сетчатой оболочки с центральным опорным основанием [6]. Данный небоскрёб спроектирован архитектором Норманом Фостером. Необычная форма не только придает зданию запоминающийся вид, кроме того, благодаря ей ветер огибает здание, значительно уменьшая нагрузку на основание. Также проект несет в себе и экологическую выгоду, так как из-за большого количества стекла в небоскрёб попадает много солнечного света, и окружающие потоки воздуха создают естественную вентиляцию, что позволяет сэкономить на тратах от кондиционеров.

✓ Хёрст-тауэр. Данный объект также может претендовать на звание «зеленый небоскрёб» благодаря своей экологичности. Данное здание спроектировано тем же архитектором Норманом Фостером так, что 2/3 стали, применяемой для конструкций, изготовлено путем переработки металлолома. В здание из-за больших размеров окон попадает огромное количество солнечного света, а дождевая вода, скапливаемая в специальных лотках под кровлей, используется для полива растений.

Эти примеры подтверждают тот факт, что можно строить здания, отличающиеся не только архитектурной выразительностью (в данных примерах с использованием фрактальных структур), но и другими факторами. Можно и нужно совмещать в строительных объектах сразу несколько уникальностей, которые привлекут к постройке больше внимания.

Однако кроме использования образов фрактальных структур для достижения запоминающегося облика знакового объекта, а, следовательно, и преобразования облика самого города, стоит обратить внимание на значение фрактальной размерности, присущей объекту фрактального типа.

Фрактальная размерность – это статистическая величина, которая показывает, насколько полно фрактал заполняет пространство при приближении к более мелким масштабам [2]. Так в работе авторов [2] обсуждалась взаимосвязь между значением фрактальной размерности архитектурного проекта, имеющего фрактальную структуру и степенью успешности такого проекта. На основе анализа проекта построенного в Пекине комплекса Galaxy SOHO архитектора Захи Хадид методом нанесения сеток, было выдвинуто предположение, что чем выше таковое значение, тем больше вероятность успеха подобного проекта.

Приведем теперь небольшую цепочку рассуждений, в которой прослеживается логическая взаимосвязь между пунктами 1...5, и на ее основе делается общий вывод:

1) если иметь в виду обсуждаемый в настоящей работе эффект Бильбао, то его прямая взаимосвязь с успешностью проекта несомненна.

2) более того, возникновение эффекта Бильбао благодаря реализации определенного архитектурного проекта можно считать высшей оценкой успешности данного проекта.

3) таким образом можно утверждать, что возникновение эффекта Бильбао является достаточным условием успешности проекта, хотя и не является необходимым условием.

4) в работе [2] развивались представления о том, что зависимость между показателями успешности и значением фрактальной размерности архитектурного проекта является прямой. На основе результатов этой работы и анализа ряда успешных проектов, обладающих или не обладающих фрактальной структурой, корректнее было бы утверждать, что: *более высокое значение фрактальной размерности связано с более высокой вероятностью успеха данного проекта.*

5) в связи с вышесказанным, авторы считают допустимым применить соображения и методы, изложенные в работе авторов [2], а именно: целесообразно использовать величину рассчитанного значения (с помощью метода наложения сеток) фрактальной размерности не только для упомянутой в работе [2] оценки успешности проекта, но и для оценки вероятности достижения эффекта Бильбао (как критерия наивысшего успеха).

Имея в виду зонирование и развитие территорий следует отметить перспективность для этого структур, близких к фрактальным, а именно мозаик Пенроуза. Мозаики Пенроуза [7], а соответственно и спланированные по их подобию территории городской застройки, не хаотичны в своем развитии, а представляют весьма нескучные, разнообразные, но предсказуемые структуры, имеющие притягательность для людей и соответственно ассоциированность с эффектом Бильбао в силу известного свойства фракталов быть сходными с естественными природными структурами – комфортными и притягательными для человека.

Грамотное использование данного явления позволит получить инновационный подход к оценке и к выработке стратегии развития городских пространств. Это весьма актуально, так как многие генеральные планы городов страдают от трудности обеспечения актуализации, а также от проблемы своевременного и профессионального решения поставленных задач на стадии разработки проекта.

Применение методов оценки фрактальной размерности при градостроительном анализе позволит более грамотно и точно оценить размерность и плотность города, а также его морфологическую структуру [8].

На данный момент в России уже внедряют расчёты на основе указанного подхода для оценки городских пространств. Примером может служить г. Пенза, на основе которого провели расчёт фрактальной размерности методом плотности заполнения городской территории с помощью метода сетки.

По результатам были сделаны следующие выводы:

✓ части города отличаются друг от друга по мере старения города и увеличения плотности застройки;

✓ данный метод подходит для быстрого прогнозирования городского планирования и принятия различных решений для получения более высокой плотности городской застройки и более однородного расширения пространства с использованием неосвоенных территорий внутри черты города [8].

Также подтверждением эффективности применения методов оценки фрактальной размерности в анализе города может служить работа [9], в которой использовался метод поиска статистических параметров фрактальной размерности. Для выполнения расчета использовались спутниковые фотографии г. Минска (Беларусь). В ходе расчета было проведено 854 эксперимента и получены значения фрактальной размерности, а также оценены сопутствующие статистические параметры, в частности среднеквадратичное отклонение. На основе данных экспериментов был сделан вывод о том, что техника оценивания фрактальной размерности доступна и целесообразна для применения в разных случаях и показывает адекватные результаты.

Применение анализа на основе фрактальной размерности позволит располагать новые постройки для достижения сразу нескольких целей, например, достижение эффекта Бильбао с правильным расположением объекта в городе для повышения плотности застройки. Таким образом, речь идет о контролируемом достижении эффекта Бильбао в нужной нам локации.

Помимо рассмотрения отдельных разновидностей фрактальных структур для повышения выразительности облика города и его притягательности для туристов, необходимо упомянуть работу, в которой подчеркивается геометрическое самоподобие некоторых городов, демонстрирующее сходство с фракталом [10]. Так, автор этой работы описывает фрактальность города с точки зрения культурно-исторического фрактала, когда с течением времени новые районы города копируют более старые исторически сформировавшиеся районы, но с адаптацией под развивающиеся требования современного общества.

Создавая своим противоречивым соседством разностильное смешение времен, они тем самым образуют исторический фрактал локальной культуры [10]. Также автор упоминает связь столицы с остальными городами страны на уровне фрактала. Здесь подразумевается то, что вначале развивается столица с применением различных технологий, а после эти новшества начинают копировать центры областей, и в дальнейшем – обычные города.

В работе [10] делается вывод о том, что пространство современных городов и мегаполисов проявляет себя как многомерная фрактальная матрица, в которой в разной степени проявляются различные виды развития общества: от культурно-исторического развития до научно-технического прогресса [10].

Также изучая применение фракталов в современной архитектуре, отметим еще один важный аспект, а именно целесообразность использования программных комплексов для построения фрактальной графики при проектировании современных зданий и сооружений.

С каждым годом в строительную область все активнее внедряются программы, работающие на базе искусственного интеллекта (ИИ), что подтверждает уведомление Росстандарта о разработке ГОСТа Р «Проведение строительного контроля с использованием тех-

нологии дополненной реальности и искусственного интеллекта. Общие положения». На базе ИИ в строительстве достигается решение многих вопросов от генерации различных вариаций до обеспечения безопасности, которые представлены в работе [11]. Следовательно, для более эффективного применения фракталов необходимо использовать современные программные комплексы и особенно возможности искусственного интеллекта.

Перечислим программы, которые позволяют оператору работать с фрактальной графикой: *Art Dabbler*, *Apophysis 7x*, *Fractal Explorer*, *ChaosPro*, *Mystica*, *Ultra Fractal* и др. Данные комплексы генерируют различные вариации фракталов, а после позволяют настроить все параметры. Также отметим, что некоторые комплексы строят трехмерную модель, например, *ChaosPro*, [12].

Применение таких комплексов в смысле использования фрактальных структур для достижения эффекта Бильбао может способствовать проектированию архитектурных объектов с контролируемыми, заранее запланированными, предсказуемыми свойствами в том числе в смысле степени фрактальности, а значит и успешности проекта [2] и в смысле контролируемого достижения эффекта Бильбао в нужной точке, в нужной локации.

Знаковые архитектурные объекты, обладающие именно фракталоподобной структурой и свойствами, могут быть рассмотрены как объекты, с наибольшей (по сравнению со стандартными объектами, решениями и формами) вероятностью позволяющие достичь предсказуемого, контролируемого эффекта Бильбао в данной локации.

Резюмируя вышесказанное выдвинем следующие последовательные положения, не исключающие, при этом, дальнейшего уточнения и развития:

1) знаковые архитектурные объекты, обладающие именно фракталоподобной структурой и свойствами, могут быть рассмотрены как объекты, с наибольшей (по сравнению со стандартными объектами, решениями и формами) вероятностью позволяющие достичь предсказуемого, контролируемого эффекта Бильбао в данной локации. Здесь речь может идти об одном объекте, содержащем в себе один или несколько типов фрактальных структур либо о множестве совокупности разных объектов, образующих фракталоподобную структуру в совокупности, в пределах данной территории.

2) для достижения планируемого эффекта Бильбао важной задачей, помимо прочего, становится верное взаимное расположение совокупности знаковых притягательных объектов, точек культурного притяжения в данной локации.

3) при планировании территориальных разбиений и городской застройки предлагается использовать близкие к фракталам структуры – мозаики Пенроуза, которые имеют ряд собственных преимуществ, описанных в работе [7].

4) при использовании упомянутых отдельных фракталоподобных объектов либо их совокупности, вероятность достижения эффекта Бильбао будет выше для тех из них, для которых выше значение фрактальной размерности, которое может быть рассчитано, например методом сеток, см. [2].

5) для генерации потребных для данного проекта фрактальных структур и их последующего анализа, в том числе для анализа упомянутой выше фрактальной размерности объекта, могут быть использованы следующие программы, которые позволяют оператору работать с фрактальной графикой: *Art Dabbler*, *Apophysis 7x*, *Fractal Explorer*, *ChaosPro*, *Mystica*, *Ultra Fractal*.

б) комплексное использование положений 1...5 позволит повысить вероятность достижения запланированного эффекта Бильбао.

Здесь, конечно же, нужно понимать, что окончательный успех даже заранее просчитанного, смоделированного проекта, прошедшего многочисленные экспертные оценки различными методами, и даже подкрепленного результатами социологических исследований, безусловно, носит вероятностный характер.

Тем не менее, можно и нужно пытаться дать качественное описание мер и рекомендаций, которые могут повысить вероятность успеха в достижении эффекта Бильбао. В ка-

честве одного из наиболее «выигрышных» в этом смысле решений авторы рассматривают использование фракталоподобных структур.

Имея в виду зонирование и развитие территорий, в смысле достижения эффекта Бильбао, отмечена перспективность для этого структур, близких к фрактальным, а именно мозаик Пенроуза. Мозаики Пенроуза, а соответственно и спланированные по их подобию территории городской застройки, не хаотичны в своем развитии, а представляют весьма разнообразные, но предсказуемые структуры, имеющие притягательность для людей и соответственно ассоциированность с эффектом Бильбао в силу известного свойства фракталов быть сходными с естественными природными структурами – комфортными и притягательными для человека.

При этом целесообразно осуществлять разработку мер и рекомендаций, которые могут повысить вероятность успеха в достижении эффекта Бильбао. В качестве одного из наиболее удачных в этом смысле решений авторы и рассматривают использование фракталоподобных структур.

Заключение.

Исследована возможность достижения запланированного эффекта Бильбао и повышения инновационного потенциала территории при помощи комплексного подхода, включающего использование фракталоподобных структур. Отмечена роль эффекта Бильбао в повышении инновационного потенциала территории.

Введено модифицированное определение эффекта Бильбао как значительного, часто скачкообразного повышения притягательности для людей данной локации благодаря какой-либо одной или нескольким постройкам, становящимися точками культурного притяжения.

Сделан вывод о том что, возникновение эффекта Бильбао благодаря реализации определенного архитектурного проекта можно считать высшей оценкой успешности данного проекта, при этом возникновение эффекта Бильбао является достаточным условием успешности проекта, хотя и не является необходимым.

Обоснована целесообразность использования величины рассчитанного значения фрактальной размерности не только для успешности проекта, но и для оценки вероятности достижения эффекта Бильбао, как критерия наивысшего успеха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Сергеева, С. Ю.** Эффект Бильбао в архитектуре / С. Ю. Сергеева, А. П. Ерина // Вопросы науки и образования. – 2019. – № 33(83). – С. 94-98.
2. Фрактальные структуры как важный аспект повышения инновационного потенциала территории / С. В. Артыщенко, Д. В. Панфилов, А. Г. Чигарев, С. П. Бондарь // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 1(28). – С. 99-108. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.28.1.010.
3. **Морозова, А. В.** Архитектурно-планировочные и конструктивные особенности башни Эволюция в Москве / А. В. Морозова // Инициативы молодых – науке и производству: Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 349-351.
4. Инновационный потенциал предприятия: структура, значение, влияющие факторы / С. В. Артыщенко, Е. А. Серебрякова, И. С. Артыщенко, С. А. Баев, Е. И. Радинская // Проектное управление в строительстве. – 2023. – № 4. – С. 60-68.
5. **Поморов, С. Б.** Фракталы и их участие в архитектурном проектировании / С. Б. Поморов, А. А. Филиппов // Ползуновский вестник. – 2014. – № 1. – С. 141-147.

6. **Алексеева, А. А.** 7 самых необычных небоскребов мира / А. А. Алексеева, А. Ю. Кольцова, Л. А. Сакмарова // Молодая инновационная Чувашия: творчество и активность: сборник трудов XIX Международной Открытой научной конференции молодежи и студентов. Выпуск 17. – Чебоксары: Чебоксарский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», 2022. – С. 297-302.

7. **Гарднер, М.** От мозаик Пенроуза к надежным шифрам: пер. с англ. / М. Гарднер – Москва: Мир, 1993. – 416 с.

8. **Гущина, Е. С.** Фрактальная размерность в оценке планировочной структуры крупного города / Е. С. Гущина, В. В. Смогунов // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – №2. – URL: <https://web.snauka.ru/issues/2016/02/63202> (дата обращения: 22.02.2024).

9. **Калайда, В. Т.** Фрактальная размерность изображения городского ландшафта / В. Т. Калайда, А. И. Шапошников // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение: материалы III Международной научно-технической конференции. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 396-399.

10. **Николаева, Е. В.** Города как фрактальные перекрестки мира / Е. В. Николаева // Лабиринт. Журнал социально-гуманитарных исследований. – 2012. – № 3. – С. 92-106.

11. **Бондарь, С. П.** Об использовании искусственного интеллекта в строительстве и архитектуре / С. П. Бондарь // 72-я Международная студенческая научно-техническая конференция: материалы конференции. – Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 2022. – С. 14-15.

12. **Дмитриев, В. Л.** Популярно о фракталах: применение фракталов и обзор программ / В. Л. Дмитриев, А. К. Мухаметова // NovaInfo.Ru. – 2015. – Т. 1. – № 38. – С. 64-73.

Поступила в редакцию 19 апреля 2024

ON THE ISSUE OF POSSIBILITY OF ACHIEVING THE PLANNED BILBAO EFFECT AND INCREASING THE INNOVATIVE POTENTIAL OF THE TERRITORY

S. V. Artyshchenko, D. V. Panfilov, A. G. Tchigarev, S. P. Bondar

Stepan Vladimirovich Artyshchenko, Cand. Sc. (Phys. and Math.), Associate Professor at the Department of Innovation and Construction Physics named after Professor I. S. Surovtsev, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)276-39-76; e-mail: art.stepan@mail.ru

Dmitriy Vyacheslavovich Panfilov, Cand. Sc. (Techn.), Head of the Department of Building Structures and Foundations named after Professor Y. M. Borisov, Dean of faculty of construction, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-53-21; e-mail: panfilov_dv@vgasu.vrn.ru

Anton Gennadievich Tchigarev, Cand. Sc. (Geol. and Mineral.), Associate Professor at the Department of Building Structures and Foundations named after Professor Y. M. Borisov, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-53-21; e-mail: geolant@yandex.ru

Sofia Pavlovna Bondar, post-graduate student at the Department of Building Structures and Foundations named after Professor Y. M. Borisov, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(904)093-85-58; e-mail: sofia.bondar16@yandex.ru

The article examines some current phenomena and trends in architecture and design, namely the Bilbao effect and the use of fractal-like structures in architectural design, in relation to urban planning, as well as development and improvement of the innovative potential of territories. These phenomena and trends are considered in terms of increasing the expressiveness of the architectural appearance of the city and its attractiveness for tourism. Also, we analyzed the possibility of achieving the planned Bilbao effect and increase in the innovative

potential of the territory using an integrated approach, including fractal-like structures and specialized software products, one of which is artificial intelligence.

Keywords: Bilbao effect; fractal; architectural expressiveness; innovative potential of the territory; fractal dimension; fractal self-similarity.

REFERENCES

1. **Sergeeva S. Y., Erina A. P.** *The Bilbao effect in architecture*. Issues of science and education. 2019. No. 33(83). Pp. 94-98. (in Russian)
2. **Artyshenko S. V., Panfilov D. V., Chigarev A. G., Bondar S. P.** *Fractal structures as an important aspect of increasing the innovative potential of the territory*. Housing and communal infrastructure. 2024. No. 1(28). Pp. 99-108. DOI 10.36622/2541-9110.2024.28.1.010. (in Russian)
3. **Morozova A. V.** *Architectural planning and design features of the Evolution Tower in Moscow*. Initiatives of the young - science and production: Collection of articles of the V All-Russian scientific and practical Conference of young scientists and students. 2023. Penza. Penza State Agrarian University. 2023. Pp. 349-351. (in Russian)
4. **Artyshchenko S. V., Serebryakova E. A., Artyshenko I. S., Baev S. A., Radinskaya E. I.** *Innovative potential of the enterprise: structure, meaning, influencing factors*. Project management in construction. 2023. No. 4. Pp. 60-68. (in Russian)
5. **Pomorov S. B., Filippov A. A.** *Fractals and their participation in architectural design*. Polzunovsky vestnik. 2014. No. 1. Pp. 141-147. (in Russian)
6. **Alekseeva A. A., Alekseeva A. A., Koltsova A. Yu., Sakmarova L. A.** *Seven most unusual skyscrapers in the world*. Young innovative Chuvashia: creativity and activity: Proceedings of the XIX International Open Scientific Conference of Youth and Students. Issue 17. Cheboksary. Cheboksary Institute (branch) of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Moscow Polytechnic University, 2022. Pp. 297-302. (in Russian)
7. **Gardner M.** *From Penrose mosaics to reliable ciphers*. Moscow, Mir. 1993. 416 p. (in Russian)
8. **Gushchina E. S., Smogunov V. V.** *Fractal dimension in the assessment of the planning structure of a large city*. Modern scientific research and innovations. 2016. No. 2 [Electronic resource]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2016/02/63202> (date of reference: 02/22/2024). (in Russian)
9. **Kalaida V. T., Shaposhnikov A. I.** *Fractal dimension of the urban landscape image*. Road construction and its engineering support: materials of the III International Scientific and Technical Conference: materials of the International Scientific and Technical Conference. Minsk. BNTU. 2022. Pp. 396-399. (in Russian)
10. **Nikolaeva E. V.** *Cities as fractal intersections of the world*. Labyrinth. Journal of Social and Humanitarian Studies. 2012. No. 3. Pp. 92-106 (in Russian)
11. **Bondar S. P.** *On the use of artificial intelligence in construction and architecture*. 72nd International Student Scientific and Technical Conference: Materials of the conference. Astrakhan. Astrakhan State Technical University. 2022. Pp. 14-15. (in Russian)
12. **Dmitriev V. L., Mukhametova A. K.** *Popularly about fractals: the use of fractals and a review of programs*. NovaInfo.Ru. 2015. Vol. 1. No. 38. Pp. 64-73. (in Russian)

Received 19 April 2024

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

К вопросу о возможности достижения запланированного эффекта Бильбао и повышения инновационного потенциала территории / С. В. Артыщенко, Д. В. Панфилов, А. Г. Чigarev, С. П. Бондарь

// Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 71-84. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.008.

FOR CITATION:

Artyshchenko S. V., Panfilov D. V., Tchigarev A. G., Bondar S. P. *On the issue of possibility of achieving the planned Bilbao effect and increasing the innovative potential of the territory.* 2024. No. 2(29). Pp. 71-84. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.008. (in Russian)

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

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.009

УДК 504.064

МОНИТОРИНГ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИМАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

А. А. Подмаркова, Т. И. Прожорина, П. А. Суханов, Д. Д. Вольчик

Подмаркова Анастасия Александровна, магистрант, кафедра геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(950)778-45028; e-mail: anastasiya.podmarkova2001@yandex.ru

Прожорина Татьяна Ивановна, канд. хим. наук, доцент, кафедра геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(920)414-95-49; e-mail: coriandre@ Rambler.ru.

Суханов Павел Алексеевич, аспирант, кафедра геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(900)307-88-68; e-mail: sukhanov.1990@bk.ru

Вольчик Дарья Дмитриевна, магистрант, кафедра геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(950)750-37-10; e-mail: darya.volchik@mail.ru

Ежегодный рост количества автомобилей влечет за собой ряд актуальных проблем, в том числе шумовое загрязнение урбанизированных территорий, которое приводит к снижению комфортности условий проживания населения, особенно вблизи оживленных магистралей. Цель работы заключается в проведении сравнительного анализа результатов исследований уровня автотранспортного шума на улицах города Воронежа. Представлены результаты исследования за четыре сезона 2023 года. Замеры проводились в дневное и ночное время. Результаты измерений приведены в виде гистограмм, на которых показаны средние и максимальные зарегистрированные значения. На основе полученных данных выделены зоны акустического дискомфорта.

Ключевые слова: мониторинг; автотранспортный шум; эквивалентный уровень шума; примамгистральные территории; зона акустического дискомфорта.

Автомобильный транспорт представляет собой один из главных источников шума в современных мегаполисах, среди которых можно выделить город Воронеж с его развитой индустриально-транспортной системой. Город Воронеж является крупнейшим автомобильным узлом Черноземного района с населением, превышающим один миллион человек, и высоким уровнем автомобилизации. Кроме того, наблюдается стабильный ежегодный прирост количества автомобилей, особенно индивидуального автотранспорта. По данным Воронежстата на 01.01.2023 года в среднем на тысячу жителей города приходится 315 автомобилей.

Увеличение автотранспортного парка влечет за собой ряд актуальных проблем, требующих неотложного решения: организация улично-дорожной сети города; шумовое загрязнение городской среды, особенно в жилой застройке, расположенной вблизи загруженных магистралей; становится причиной различных заболеваний и ведет к ухудшению качества жизни населения [1].

Акустическое воздействие в городской среде, как правило, имеет локальный характер, и его основным источником (около 80 % от общего объема) является транспорт, причем наиболее негативно сказывается на шумовой обстановке именно автомобильный

транспорт, так как он является преобладающим источником продолжительного и интенсивного шума, а также широко распространен в большинстве районов города.

Продолжительное воздействие шума рассматривается как фактор, способствующий увеличению заболеваемости. Например, у людей, проживающих в районах с повышенной шумовой нагрузкой, намного чаще встречаются изменения в работе центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, ишемическая болезнь сердца, гипертония и повышенный уровень холестерина в крови и др. [2].

По существующим оценкам специалистов до 40 % воронежцев проживает в условиях шумового дискомфорта, причем половина из них испытывает воздействие шума более 65 дБ [3...6]. Так, например, по данным Управления Роспотребнадзора по Воронежской области за первое полугодие 2023 года в структуре обращений граждан на неблагоприятные условия проживания на долю шумового фактора приходится 65,2 % жалоб. В связи с этим постоянные наблюдения за уровнем автотранспортного шума являются актуальными, так как акустическое загрязнение выступает фактором, оказывающим потенциальную опасность при проживании человека на урбанизированных территориях.

Цель работы заключается в проведении сравнительного анализа результатов исследований уровня автотранспортного шума на четырех улицах города Воронежа по данным мониторинга за полных 4 сезона 2023 года.

Сотрудники кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета провели экспериментальную часть работы совместно с специалистами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

В 2023 году в городе Воронеже были проведены измерения уровня шума в четырех мониторинговых точках контроля (м.т.к.) согласно стандарту ГОСТ Р 53187-2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий» в рамках социально-гигиенического мониторинга. Перечень точек приведен в таблице.

Характеристика мониторинговых точек измерений шума

№ точки	Местоположение точки измерения шума	Характеристика автодороги с уточнением места замеров шума	Административный район г. Воронежа
<i>Правобережная часть города</i>			
1	Московский проспект, 44а	6 полос движения (по 3 в каждую сторону) на перекрестке с ул. 45 стрелковой дивизии с 4-х полосным движением	Коминтерновский
2	ул. 9 Января, д. 42	2 полосы с односторонним движением на перекрестке с ул. Кольцовской с 6-ти полосным движением	Ленинский
<i>Левобережная часть города</i>			
3	ул. Остужева, д. 17	6 полос движения (по 3 в каждую сторону) в районе кольцевого движения	Железнодорожный
4	ул. Небольсина, 21	2 полосы с односторонним движением на перекрестке с ул. Новосибирской с 6-ти полосным движением	Левобережный

В соответствии с нормативными требованиями ГОСТ 31296.2-2006 «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2» натурные замеры автотранспортного шума выполняли в течение 4-х сезонов года в будние дни с помощью шумомера марки «Ассистент» в каждой точке контроля на расстоянии 7,5 м от первой полосы движения транспорта.

В течение года в ходе проведенных исследований было выполнено 432 измерения, в том числе 288 дневных (9:00...23:00) и 144 ночных (23:30...00:30) измерений, результаты которых приведены на рис. 1...4.

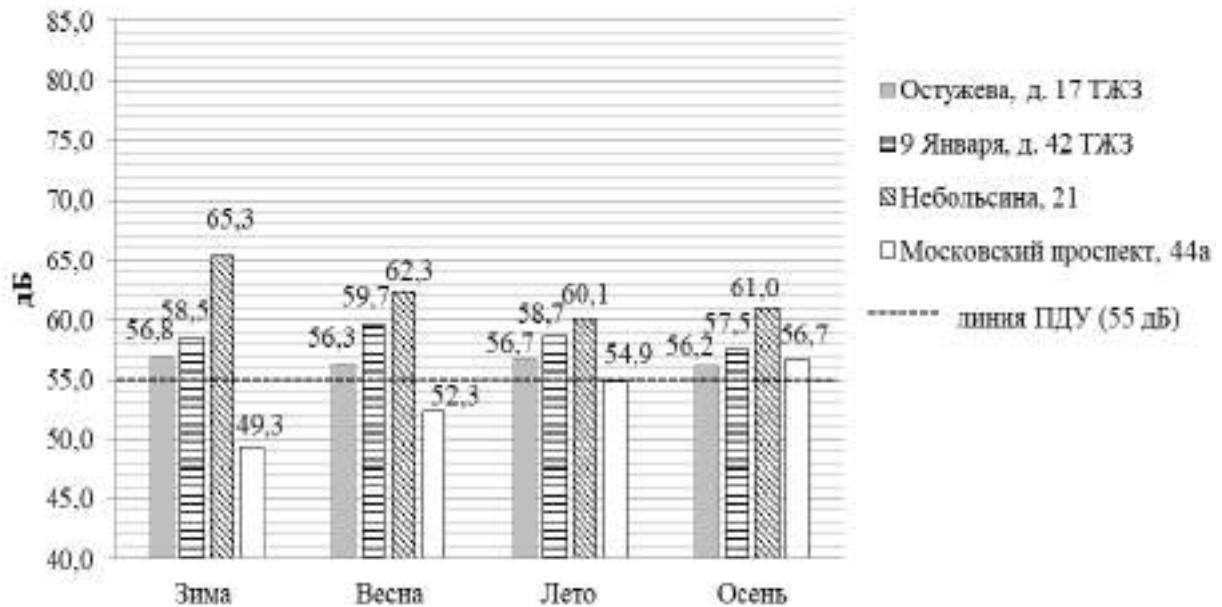


Рис. 1. Результаты измерения автотранспортного шума: средние значения дневных измерений

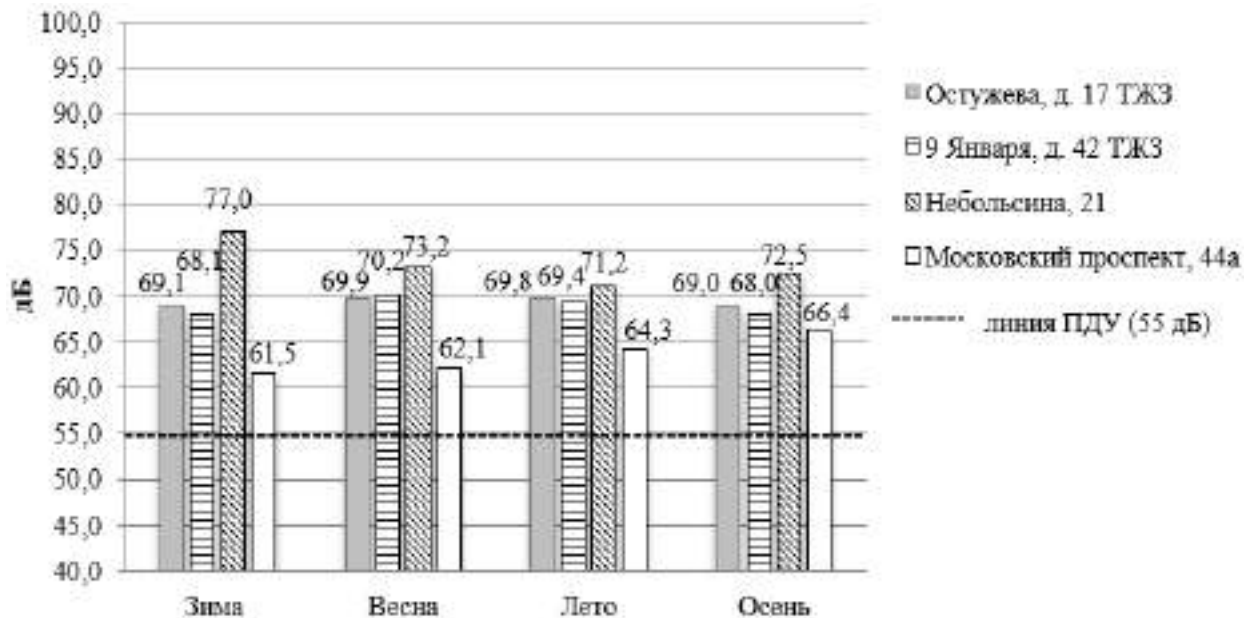


Рис. 2. Результаты измерения уровня автотранспортного шума: максимальные значения дневных измерений

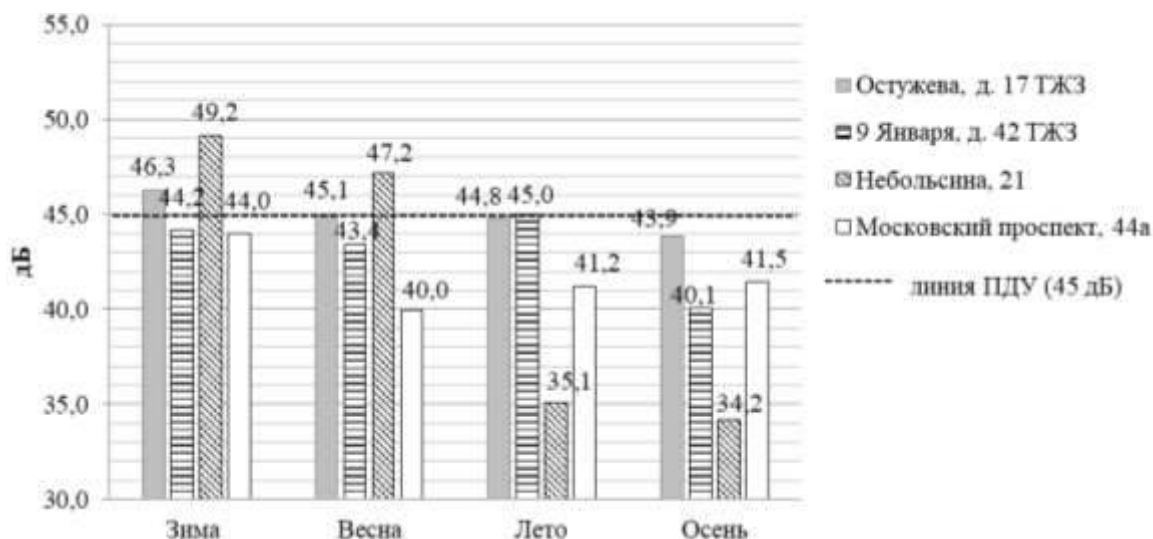


Рис. 3. Результаты измерения уровня автотранспортного шума: средние значения ночных измерений

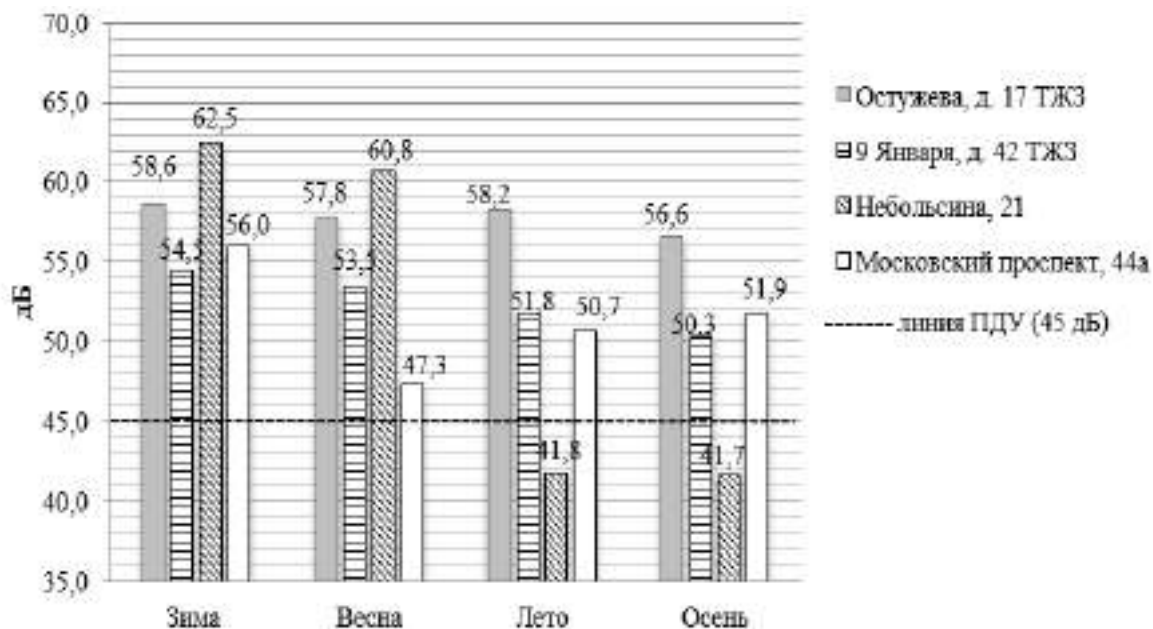


Рис. 4. Результаты измерения уровня автотранспортного шума: максимальные значения ночных измерений

На основании результатов наблюдений за акустическим загрязнением города Воронежа в течение всех 4-х сезонов 2023 года были сформулированы следующие *выводы*:

1. *Максимальные* значения эквивалентных уровней шума во всех мониторинговых точках контроля составили *днем* от 71,2 до 77,0 дБ, что на 16,2...22 дБ превышает ПДУ дневного шума (при норме 55 дБ) и *ночью* от 56,6 до 62,5 дБ, что на 11,6...17,5 дБ превышает ДПУ ночного шума (при норме 45 дБ).

2. Самые *высокие средние* значения эквивалентного уровня шума в течение всего года *днем* регистрировались в м.т.к. по ул. Небольсина, 21 (60,1...65,3 дБ), а в *ночное время* зафиксировано снижение ПДУ шума от 49,2 (зимой) и 47,2 дБ (весной) до ниже требуемых нормативов 35,1 дБ (летом) и 34,2 дБ (осенью).

Повышенные уровни шума объясняются большим потоком автомобилей, так как исследуемая территория по ул. Небольсина, 21 расположена на пересечении Т-образного перекрестка с загруженной ул. Новосибирской, имеющей 6 полос движения автотранспорта (по 3 полосы в каждую сторону).

3. Самые *низкие средние* значения эквивалентного уровня шума в течение всего года в *дневное время* отмечались в м.т.к. по Московскому проспекту, 44а (49,3...56,7 дБ), превышающие нормы ПДУ на 4,0...11,6 дБ, однако *ночной* уровень шумовой нагрузки (41,5...44,0 дБ) практически удовлетворял требуемым нормативам. По всей видимости, это объясняется большой загруженностью автомагистрали в любое время года, постоянными пробками и, следовательно, не большой скоростью движения автотранспорта, особенно в месте перекрестка с ул. 45 стрелковой дивизии.

4. Следует отметить, что за исключением точки контроля на Московском проспекте 44а, на остальных 3-х территориях в течение всех сезонов года в *дневное время* уровень шума превышал установленные 55 дБ, однако, *ночью* за исключением м.т.к. Остужева, 17 и ул. Небольсина, 21 (зима и осень) практически на всех территориях ПДУ шума не превышал 45 дБ.

Таким образом, с учетом средних значений уровня эквивалентного шума, к *зонам акустического дискомфорта* из четырех исследуемых отнесены территории, прилегающие к трем мониторинговым точкам: на правом берегу – ул. 9 января, 42 и на левом берегу – ул. Остужева, 17 и ул. Небольсина, 21.

К относительно *благополучным* с акустической точки зрения территориям города Воронежа можно отнести одну м.т.к. по адресу: Московский проспект, 44а.

С учетом ежегодного прироста автомобилей невозможно добиться полностью комфортной среды обитания, однако хотя бы ослабить воздействие шума от автотранспорта на условия проживания жителей города, особенно вблизи оживленных примагистральных территорий, возможно с помощью конкретных решений: снижения интенсивности движения за счет усовершенствования системы общественного транспорта и развития альтернативной дорожной сети; увеличение зоны посадок лиственных растений вблизи придорожных участков; установкой шумозащитных экранов, способных ослабить шумовую нагрузку на внутреннюю территорию жилых застроек [7, 8]. С целью ослабления шумовой нагрузки на условия проживания населения города Воронежа особенно вблизи оживленных магистралей предложены следующие рекомендации: снижение интенсивности движения за счет усовершенствования системы общественного транспорта и развития альтернативной дорожной сети; увеличение территории зеленых посадок вблизи придорожных участков; установка шумозащитных экранов. Повышенный уровень автомобилизации влечет за собой ряд актуальных проблем, в том числе шумовое загрязнение урбанизированных территорий, которое приводит к снижению комфортности среды обитания. Поэтому одним из актуальных решений является постоянный мониторинг автотранспортного шума на основных магистралях города.

Заключение.

Сравнительный анализ результатов исследований уровня автотранспортного шума на четырех улицах города Воронежа по данным мониторинга за полных четыре сезона 2023 года позволил установить, что во всех точках контроля максимальные значения эквивалентных уровней шума превышали гигиенические нормативы на 16,2...22 дБ (днем) и на 11,6...17,5 дБ (ночью).

Результаты исследования по проведению мониторинговых работ на селитебных территориях города Воронежа формируют представление о существующем уровне шумовой нагрузки. По результатам средних значений уровня эквивалентного шума выделены зоны акустического дискомфорта.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда
№ 20-17-00172, <https://rscf.ru/project/20-17-00172/>.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Андреева-Галанина, Е. Ц.** Шум и шумовая болезнь / Е. Ц. Андреева-Галанина. – Москва: Наука, 2000. – 165 с.
2. **Куролап, С. А.** Региональная Урбозкодиагностика городов Центрального Черноземья / С. А. Куролап, О. В. Клепиков, Т. И. Прожорина // Рациональное природопользование: традиции и инновации : матер. III международ. конф., Москва, 20-22.10. 2022 г. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА», 2022. – С. 398-403.
3. **Прожорина, Т. И.** Оценка влияния автотранспортного шума на условия проживания в городской застройке / Т. И. Прожорина, С. А. Куролап, А. С. Боева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 3(18). – С. 75-84.
4. Оценка уровня автотранспортного шума на территории новых жилых комплексов города Воронежа / Т. И. Прожорина, П. А. Суханов, О. В. Клепиков, С. А. Куролап, Ю. А. Суханова // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2023. – Т. 31. – № 7. – С. 55-64.
5. **Суханов, П. А.** Оценка зоны акустического дискомфорта на примыкающих территориях окрестностей города Воронежа (на примере жилищного комплекса «Задонье Парк») / П. А. Суханов, С. А. Куролап, Т. И. Прожорина // Известия Дагестанского гос. педагог. ун-та серия Сер. Естественные и точные науки. – 2023. – Т. 17. – №1. – С. 88-96.
6. **Клепиков, О. В.** Мониторинговые исследования по оценке уровня шума от автотранспорта в городе Воронеже // Региональная экологическая диагностика состояния воздушной среды промышленных городов / Под общей редакцией С. А. Куролапа и О. В. Клепикова. – Воронеж: Цифровая полиграфия, 2020. – С. 35-42.
7. **Клепиков, О. В.** Автотранспортный шум в городе и связанный с ним риск для здоровья населения / О. В. Клепиков, Ю. И. Степкин, Т. В. Хорпякова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2018. – № 3. – С. 50-55.
8. **Теляга, Т. В.** Защита населения городов от транспортного шума / Т. В. Теляга, О. Р. Ильясов // Молодежь и наука. – 2022. – № 6. – С. 23-28.

Поступила в редакцию 4 марта 2024

MONITORING OF ACOUSTIC POLLUTION OF TERRITORIES ADJACENT TO ARTERIAL ROADS IN THE CITY OF VORONEZH

A. A. Podmarkova, T. I. Prozhorina, P. A. Sukhanov, D. D. Volchik

Anastasia Alexandrovna Podmarkova, Master's student, department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, tel.: +7(950)778-45028; e-mail: anastasiya.podmarkova2001@yandex.ru

Tatyana Ivanovna Prozhorina, Cand. Sc. (Chemistry), Associate Professor, department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, tel.: +7(920)414-95-49; e-mail: coriandre@rambler.ru.

Pavel Alexeyevich Sukhanov, postgraduate student, department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, tel.: +7(900)307-88-68; e-mail: sukhانov.1990@bk.ru

Daria Dmitrievna Volchik, Master's student, department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, tel.: +7(950)750-37-10; e-mail: darya.volchik@mail.ru

The annual increase in the number of cars entails a number of urgent problems, including noise pollution of urbanized territories, which leads to a decrease in the comfort of living conditions of the population, especially near busy roads. The purpose of the article is to carry out a comparative analysis of the results of the research of motor transport noise level on the

streets of the city Voronezh. Here we present the results of the study for four seasons of 2023. The measurements were carried out during the day and night time. The measurement results are presented in the form of histograms, which show the average and maximum recorded values. Based on the data obtained, we identified the zones of acoustic discomfort.

Keywords: monitoring; motor vehicle noise; equivalent noise level; territories adjacent to arterial roads; acoustic discomfort zone.

REFERENCES

1. **Andreeva-Galanina E. Ts.** *Noise and noise sickness*. Moscow, Nauka, 2000. 165 p. (in Russian)
2. **Kurolap S. A., Klepikov O. V., Prozhorina T. I.** *Regional Urban Ecodiagnostics of the cities of the Central Black Earth Region*. Rational environmental management: traditions and innovations: materials of the III international Conference in Moscow, 20-22.10. 2022. Moscow, NAUKA PUBLISHING HOUSE LLC. 2022. Pp. 398-403. (in Russian)
3. **Prozhorina T. I., Kurolap S. A., Boeva A. S.** *Assessing the influence of vehicle noise on living conditions in urban areas*. Housing and communal infrastructure. 2021. No. 3(18). Pp. 75-84. (in Russian)
4. **Prozhorina T. I., Sukhanov P. A., Klepikov O. V., Kurolap S. A., Sukhanova Yu. A.** *Assessment of the level of vehicle noise on the territory of new residential complexes in the city of Voronezh*. Population health and habitat – ZNISO. 2023. T. 31. No. 7. Pp. 55-64. (in Russian)
5. **Sukhanov P. A., Kurolap S. A., Prozhorina T. I.** *Assessment of the zone of acoustic discomfort in the mainland areas of the outskirts of the city of Voronezh (using the example of the Zadonye Park housing complex)*. News of the Dagestan State. teacher University series. Natural and exact sciences. 2023. T. 17. No. 1. Pp. 88-96. (in Russian)
6. **Klepikov O. V.** *Monitoring studies to assess the level of noise from vehicles in the city of Voronezh*. Regional environmental diagnostics of the state of the air environment of industrial cities. Under the general editorship of S. A. Kurolap and O. V. Klepikov. Voronezh. Digital Edition. 2020. Pp. 35-42. (in Russian)
7. **Klepikov O. V., Stepkin Yu. I., Khorpyakova T. V.** *Vehicle noise in the city and the associated risk to public health*. Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2018. No. 3. Pp. 50-55. (in Russian)
8. **Telyaga T. V., Ilyasov O. R.** *Protection of the population of cities from transport noise*. Youth and science. 2022. No. 6. Pp. 23-28. (in Russian)

Received 4 March 2024

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Мониторинг акустического загрязнения прилегающих территорий города Воронежа / А. А. Подмаркова, Т. И. Прожорина, П. А. Суханов, Д. Д. Вольчик // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 85-91. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.009.

FOR CITATION:

Podmarkova A. A., Prozhorina T. I., Sukhanov P. A., Volchik D. D. *Monitoring of acoustic pollution of territories adjacent to arterial roads in the city of Voronezh*. Housing and utilities infrastructure. 2024. No. 2(29). Pp. 85-91. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.009. (in Russian)

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.010

УДК 551.509.59

РАЗРАБОТКА ПРОГНОСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ КАНЦЕРОГЕНАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Е. Л. Акимов, Л. М. Акимов

Акимов Евгений Леонидович, канд. геогр. наук, доцент кафедры природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(473)266-56-54; e-mail: akl63@bk.ru

Акимов Леонид Мусамудинович, канд. геогр. наук, доцент, заведующий кафедрой природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(951)850-49-82, +7(473)266-56-54; e-mail: akl63@bk.ru

Целью исследования является изучение особенностей влияния температуры воздуха при различных состояниях атмосферы и скоростях ветра для разработки прогноза концентрации формальдегида на нескольких стационарных постах наблюдения г. Воронежа. Материалы и методы исследования основываются на анализе ежедневных данных наблюдений со стационарных постов за загрязнениями о концентрации формальдегида, а также данных температурно-ветрового зондирования атмосферы Воронежа. Для определения связей между метеорологическими параметрами атмосферы и концентрацией формальдегида использовался графо-аналитический и вероятностный методы, а также корреляционный анализ. Результатами исследования явилось установление пространственных и временных закономерностей распределения формальдегида в различные сезоны года, зависимость его концентрации от термического режима. Определены граничные значения температуры, а также «опасные» скорости ветра при различных состояниях атмосферы. Представлена схема алгоритма прогноза опасных значений концентрации формальдегида.

Ключевые слова: формальдегид; концентрация; устойчивость атмосферы; индекс плавучести; канцерогены; синоптическая ситуация.

Одним из наиболее распространенных и опасных по своим последствиям видов негативного воздействия на окружающую среду является загрязнение атмосферного воздуха. Охрана атмосферного воздуха от загрязнения относится к числу приоритетных направлений природоохранной политики государства в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности промышленных предприятий и иных объектов негативного воздействия. Степень приоритетности деятельности государства в области охраны атмосферного воздуха определяется основными нормативно-правовыми актами, а именно Федеральным законом от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» и ГОСТ 17.2.1.04-77 «Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения»

Важное место среди загрязняющих веществ в атмосфере занимают канцерогены, к числу которых относится формальдегид, способствующий росту числа онкологических заболеваний, чем объясняется актуальность исследований в этом направлении.

О доказательствах канцерогенности формальдегида впервые стало известно 8 октября 1979 года. Исследование, проведенное лабораторией Battelle Columbus Laboratories, в соответствии с протоколом C I I T с использованием крыс Fischer 344 и мышей B6C3F1, в течение 6 часов в день, 5 дней в неделю, подвергнутых одновременному воздействию паров формальдегида показало, что формальдегид является канцерогенным для крыс (<https://www.cdc.gov/niosh/docs/81-111/default.html>).

Международное агентство по исследованию рака, являющееся частью Всемирной организации здравоохранения, признало, что накоплено достаточно данных, чтобы утверждать, что формальдегид может вызывать онкологические заболевания. Формальдегид официально назван канцерогеном группы 1 на основании исследований рака носоглотки и лейкемии [1], (<https://www.who.int/publications/i/item/9789240074323>). Дерматит, вызванный растворами формальдегида или смолами, содержащими формальдегид, является хорошо известной проблемой [2]. При воздействии формальдегида в концентрациях от 50 до 100 частей на миллион и выше могут привести к серьезным травмам, таким как скопление жидкости в легких (отек легких), воспаление легких (пневмония) или смерть (<https://www.cdc.gov/niosh/docs/81-111/default.html>). Злокачественные новообразования являются одной из самых распространенных причин заболеваемости и смертности. В популяции на первом месте рак легкого, что связано с двумя факторами: большим числом курильщиков и с влиянием формальдегида [3, 4]. Формальдегид является веществом второго класса опасности, и он способен оказывать раздражающее действие на организм человека, преобладая общей токсичностью. При концентрациях существенно выше ПДК, формальдегид действует на центральную нервную систему, особенно на зрительные бугры и сетчатку глаз [5].

В 2022 г. в Российской Федерации впервые выявлено 624 835 случаев злокачественных новообразований (в том числе 283 179 и 341 656 у пациентов мужского и женского пола соответственно). Прирост данного показателя по сравнению с 2021 г. составил 7,6 %. По сравнению, например, с 2012 годом, рост числа заболеваний раком составил 16,6 % [6].

По данным Э.Ю. Безуглой [7] за период с 2001 по 2010 гг. отмечен рост концентрации формальдегида в атмосфере на 12 %, а в 2010 году средняя концентрация формальдегида увеличилась еще на 30 %, по сравнению с 2009 годом. Также установлено, что в условиях глобального потепления повышается химическая активность атмосферного воздуха [8].

Вместе с тем для эффективного планирования и реализации мероприятий по охране атмосферного воздуха необходимо знать закономерности накопления и рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере с учетом влияния различных факторов и условий как антропогенного, так и природного характера.

Целью проводимых исследований является изучение особенностей влияния температуры воздуха при различных состояниях атмосферы и скорости ветра для разработки прогноза концентрации формальдегида на различных стационарных постах наблюдения г. Воронежа.

Мониторинг загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в городе Воронеже на стационарных постах наблюдения за загрязнением (ПНЗ) осуществляется «Воронежским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» – филиал ЦГМС (<http://www.cgms.ru>) в соответствии с требованиями РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». Стационарные посты наблюдения за загрязнением (ПНЗ) работают по неполной программе /в системе Росгидромета/ сроков наблюдений. Наблюдение за формальдегидом в Воронеже проводится на 4 стационарных постах наблюдения за загрязнением ПНЗ №1, ПНЗ №7, ПНЗ №8 и ПНЗ №10. Осуществляются ежедневные измерения по 3-м срокам наблюдений: 7.00, 13.00, 19.00, в том числе:

✓ ПНЗ №1 (город Воронеж, ул. Ростовская, д. 44): по загрязняющим веществам: формальдегид, сажа, пыль, диоксид азота, диоксид серы;

✓ ПНЗ №7 (город Воронеж, ул. Лебедева, д. 2): по загрязняющим веществам: формальдегид, пыль, диоксид азота, диоксид серы;

✓ ПНЗ №8 (город Воронеж, ул. Ворошилова, д. 30): по загрязняющим веществам: формальдегид, пыль, диоксид азота, диоксид серы;

✓ ПНЗ №9 (город Воронеж, ул. Лидии Рябцевой, д. 51Б): по загрязняющим веществам: пыль, диоксид азота, диоксид серы;

✓ ПНЗ №10 (город Воронеж, ул. 9 Января, д. 49): по загрязняющим веществам: формальдегид, пыль, диоксид азота, диоксид серы.

Кроме наблюдений за концентрацией поллютантов на каждом стационарном ПНЗ проводится мониторинг за температурой, влажностью воздуха, атмосферными явлениями погоды и осадками, а также параметрами ветра (направление и скорость). Ежедневные данные по указанным стационарным ПНЗ, по трем срокам: 7.00, 13.00, 19.00, за 12 месяцев с 2018 по 2023 гг. и 3 месяцев 2024 года, использовались в качестве исходных данных.

С целью разработки алгоритма прогноза загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом, проводился комплексный анализ влияния метеопараметров на его концентрацию. Исследовались не только пространственные, но и временные особенности формирования полей загрязненности формальдегидом.

Первоначально на основании материалов, представленных на сайте Гидрометцентра России (<https://meteoinfo.ru/mapsynop>), проводился ежедневный анализ синоптической ситуации, определяющей погодные условия в Воронеже за исследуемый период. Далее проводилась оценка устойчивости состояния атмосферы на основании анализа рассчитанных значений индекса плавучести LI (Lifted Index, LI), Galway (1956), который в работе Акимова Л.М. [9], между параметрами устойчивости атмосферы и концентрациями формальдегида, показал умеренную ($R=-0,44$) корреляционную связь. Положительные значения параметра (Lifted Index, LI ≥ 0) соответствуют состоянию устойчивой атмосферы.

Для оценки индекса плавучести LI использовались данные температурно-ветрового зондирования атмосферы ст. Воронеж (34122), передаваемые за аналогичный период, в коде КН – 04 (FN-35) и размещенные на сайте Гидрометцентра России (<http://meteocenter.net/raob.htm>).

После оценки устойчивости состояния атмосферы проводился непосредственный анализ зависимости концентрации формальдегида от погодных условий. Наиболее информативным методом анализа зависимости концентрации формальдегида от температуры представляется графоаналитический метод построения диаграмм рассеяния в виде точек на декартовой плоскости, позволяющий визуально оценить взаимосвязь между исследуемыми параметрами, а также выявить знак связи. Для оценки влияния скорости ветра использовался вероятностный метод.

В случае превышения предела максимально разовых значений ПДКм.р. ($0,05 \text{ мг/м}^3$), кроме указанных параметров, по данным «Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» – филиал ЦГМС (<http://www.cgms.ru>), оценивались явления погоды и состояние небосвода.

Проблеме влияния метеорологических параметров на концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере посвящено большое количество работ, анализ результатов которых подробно рассмотрен в работах Акимова Л.М. [9, 10], Безуглой Э.Ю. [7, 8] и др.

В работе Безуглой Э.Ю. [7] указывается на природное образование формальдегида в результате фотохимических реакций и тесную связь его концентрации с температурой. Полученные результаты хотя и отображают общие закономерности, но имеют существенные различия. Э.Ю. Безуглой на территории России установлено пять групп городов с различным влиянием температуры на концентрацию формальдегида. В заключительной части статьи [7] даются указания на необходимость дальнейшего продолжения исследований влияния температуры на концентрацию формальдегида с целью разработки прогноза.

На первоначальном этапе исследования данных мониторинга на различных стационарных постах ПНЗ, за исследуемый период наблюдений, позволил установить «умеренную» тесноту корреляционной связи по шкале Чеддока, между концентрацией формальдегида и температурой, которая составляет для ПНЗ № 1 – $R=0,39$; ПНЗ № 7 – $R=0,49$; ПНЗ № 8 – $R=0,46$ и ПНЗ № 10 – $R=0,43$.

При изучении влияния температуры на концентрацию формальдегида большое значение имеет исследование временных особенностей распределения. На рис. 1

представлен годовой ход концентрации формальдегида на различных стационарных постах ПНЗ г. Воронежа.

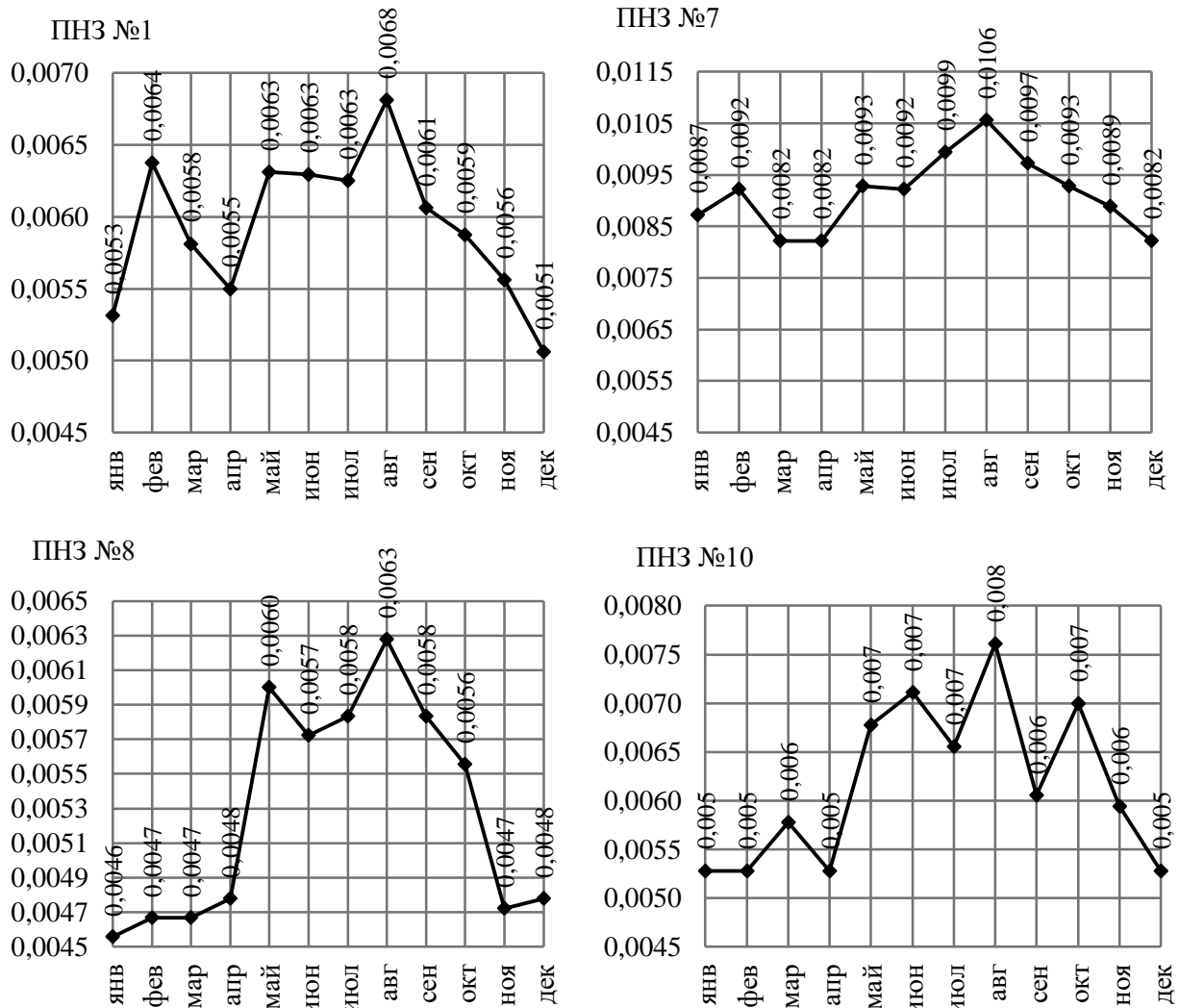


Рис. 1. Годовой ход концентрации формальдегида на ПНЗ г. Воронежа, по данным наблюдений с 1.01.2018 по 31.03.2024

Анализ данных, представленных на рис. 1 позволил выявить существенные различия во временном ходе концентрации формальдегида на различных стационарных постах ПНЗ г. Воронежа обусловленные географическими и функциональными особенностями размещения, а также планировкой городской среды.

ПНЗ № 1 и № 7 расположены в левобережной низинной части города, имеющие различное функциональное назначение ПНЗ № 1 – «промышленный», а ПНЗ № 7 – «автомобильный». «Промышленные» посты ПНЗ № 8 и № 10 расположены на возвышенности, в правобережной части города.

Несмотря на внешние различия годового хода средних многолетних значений концентрации формальдегида в различных календарных месяцах года наблюдаются общие закономерности. Малые значения концентрации формальдегида преобладают в холодный период, с резким увеличением концентрации формальдегида летом. Таким образом, наблюдается выраженный годовой ход концентрации формальдегида на ПНЗ г. Воронежа, с максимумами в августе и минимуме в декабре.

Особенности распределения наблюдаемых максимально разовых значений концентрации формальдегида при различных температурах в холодное время года представлены на рис. 2.

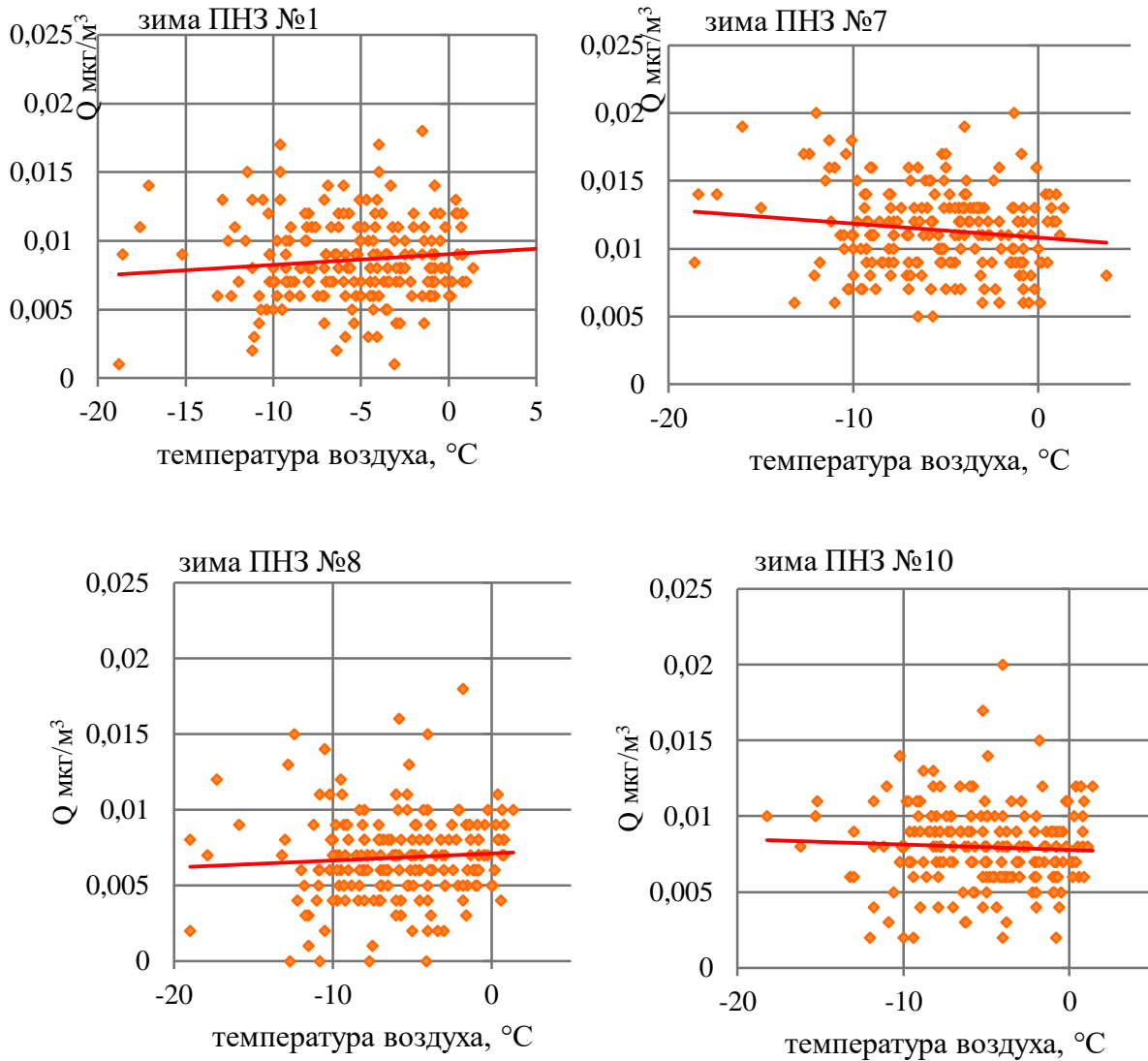


Рис. 2. Зависимость концентрации формальдегида от температуры воздуха на ПНЗ г. Воронежа в зимний период

Рис. 2 представляет собой диаграмму рассеяния, изображающую значения двух переменных, максимально разовых значений концентрации формальдегида и температуры воздуха. Из анализа рисунка следует, что в зимнее время года на всех стационарных постах наблюдения г. Воронежа наблюдаются низкие значения концентрации формальдегида, очень плотно сгруппированные вокруг средней величины (ПНЗ №1 – $0,009 \text{ mg}/\text{m}^3$; ПНЗ №7 – $0,011 \text{ mg}/\text{m}^3$; ПНЗ №8 – $0,007 \text{ mg}/\text{m}^3$; ПНЗ №10 – $0,008 \text{ mg}/\text{m}^3$). На всех ПНЗ наблюдается небольшой разброс в пределах $0,005 - 0,015 \text{ mg}/\text{m}^3$, изредка достигающие значений $0,02 \text{ mg}/\text{m}^3$, что существенно ниже предела максимально разовых значений ПДКм.р. ($0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$). Поведение линий тренда практически на всех ПНЗ представляет собой практически горизонтальное распределение с небольшим углом наклона. Такое поведение линии тренда показывают о незначительных изменениях концентрации формальдегида при увеличении температуры в зимнее время.

Представленные результаты позволяют сделать вывод о том, что концентрация формальдегида на всех стационарных постах наблюдения г. Воронежа в зимнее время суще-

ственно ниже (в 4...5 раз) максимально разовых значений ПДКм.р. и его влияние, оказываемое на здоровье человека, не существенно.

Предварительно установлено, что синоптическая ситуация в районе г. Воронежа, в холодный период времени, в основном определялась преобладанием малоградиентного барического поля пониженного давления, с пасмурным состоянием небосвода, обусловленное западно-восточным переносом воздушных масс с Атлантики, с периодическими меридиональными процессами. За весь наблюдаемый период значение параметра LI (Lifted Index) имело положительные значения ($LI \geq 0$), т.е. состояние атмосферы характеризовалась как «устойчивое». Средняя скорость ветра за наблюдаемый период составляла 2 м/сек, и колебалась в относительно широком диапазоне от штилевых условий до 6 м/сек.

Распределение наблюдаемых максимально разовых значений концентрации формальдегида в летний период на рис. 3. На рисунке пунктирной линией обозначено пороговое значение предельно допустимой максимально разовой концентрации формальдегида в атмосферном воздухе равной $0,05 \text{ мг/м}^3$.

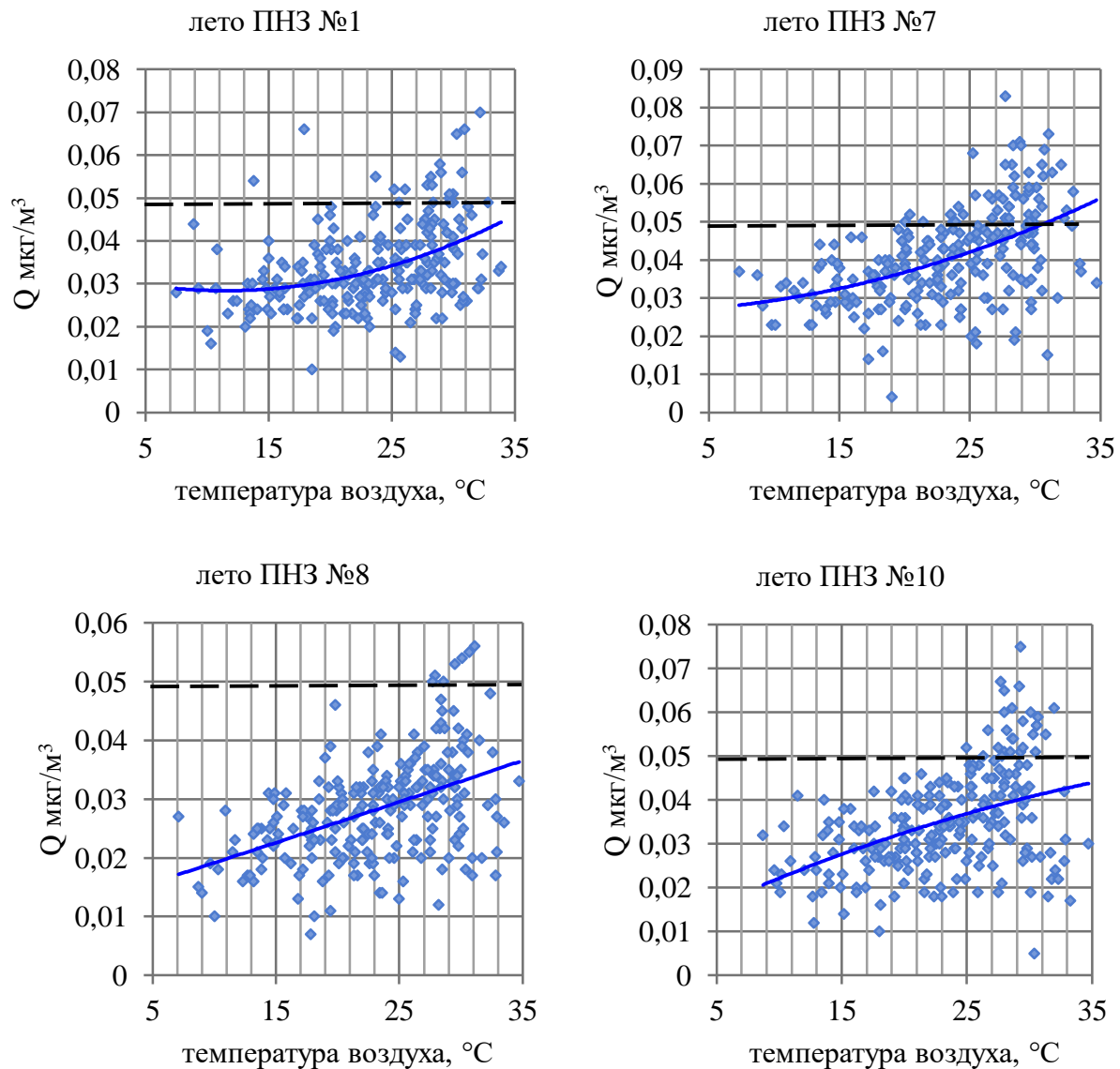


Рис. 3. Зависимость концентрации формальдегида от температуры на ПНЗ г. Воронежа в летний период

Анализ диаграмм рассеяния, представленных на рис. 3, позволил выявить интересные закономерности в поведении величины концентрации формальдегида от температуры воздуха. При превышении температуры воздуха 15,0 °С, на всех стационарных постах наблюдения ПНЗ, наблюдается существенное увеличение величины концентрации формальдегида. Температура 25,0 °С является граничной величиной, при превышении которой, наблюдается появление концентрации формальдегида выше предельно допустимых максимально разовых значений.

Более подробный анализ рис. 3 позволяет заметить, что единичные отдельные случаи превышения предельно допустимых максимально разовых значений формальдегида на различных ПНЗ наблюдаются при другой температуре. На ПНЗ № 1 при 15,0 °С, а на ПНЗ № 7 при 17,0 °С, а на ПНЗ № 8 при 26,0 °С, но наиболее значимой является температура 25,0 °С, о чем свидетельствуют данные представленные в табл. 1.

Таблица 1

Вероятность превышения предельно допустимых максимально разовых значений формальдегида (0,05 мг/м³) на ПНЗ при различных диапазонах температур

стационарный пост наблюдения	Вероятность превышения предельно допустимых максимально разовых значений формальдегида, %					
	5...10 °С	10...15 °С	15...20 °С	20...25 °С	25...30 °С	> 30 °С
ПНЗ №1	0,0	4,8	2,3	1,6	11,5	17,4
ПНЗ №7	0,0	0,0	0,0	7,8	35,9	57,1
ПНЗ №8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	13,0
ПНЗ №10	0,0	0,0	0,0	1,5	20,8	34,8

Результаты наблюдений, представленные в табл. 1, наглядно подтверждают, что температура 25,0 °С является граничным значением, превышение которой ведет к резкому увеличению вероятности появления опасных концентраций формальдегида, особенно на постах ПНЗ №7 (35,9 %) и ПНЗ №10 (20,8 %). При превышении температуры значений 30,0 °С вероятность опасных концентраций формальдегида на ПНЗ №7 составляет 57,1 % (каждый второй случай), а на ПНЗ №10... 34,8 % (каждый третий случай).

Полученный результат является важным прогностическим правилом при проектировании природоохранной деятельности связанной с формальдегидом.

Для каждого стационарного пункта ПНЗ разработаны уравнения регрессии вероятности превышения предельно допустимых максимально разовых значений концентраций формальдегида при различных температурах, представленные в табл. 2 и проведена их оценка.

Таблица 2

Уравнения регрессии вероятности превышения предельно допустимых максимально разовых значений формальдегида (0,05 мг/м³) на ПНЗ в зависимости от температуры, %

стационарный пост наблюдения	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации R^2
ПНЗ № 1	$Y = 0,9878x^2 - 3,8694x + 4,8161$	$R^2 = 0,8595$
ПНЗ № 7	$Y = 3,903x^2 - 15,857x + 13,115$	$R^2 = 0,9824$
ПНЗ № 8	$Y = 1,1176x^2 - 5,7343x + 5,7323$	$R^2 = 0,9037$
ПНЗ № 10	$Y = 2,6263x^2 - 11,591x + 10,248$	$R^2 = 0,9675$

Дальнейшие исследования влияния погодных условий на концентрацию формальдегида проводились для случаев, когда наблюдалось превышение предельно допустимых максимально разовых значений.

Интересные результаты были получены при исследовании влияния скорости ветра на концентрацию формальдегида. Полученные результаты исследования представлены в табл. 3.

Таблица 3

стационарный пост наблюдения	Вероятность превышения предельно допустимых значений формальдегида (0,05 мг/м ³) на ПНЗ при различной скорости ветра				
	Вероятность превышения предельно допустимых максимально разовых значений формальдегида, %				
	V=0 м/с	V=1 м/с	V=2 м/с	V=3 м/с	V > 3 м/с
ПНЗ № 1	6,3	87,4	6,3	0,0	0,0
ПНЗ № 7	8,3	82,4	5,6	2,4	1,2
ПНЗ № 8	9,7	85,3	5,0	0,0	0,0
ПНЗ № 10	9,3	88,5	2,2	0,0	0,0

Из анализа табл. 3 следует, что «опасная» скорость ветра для формальдегида с вероятностью 82...88 %, без учета состояния атмосферы, составляет 1 м/с.

Установлено, что в 94 % случаев, когда наблюдались опасные концентрации формальдегида, преобладала малооблачная солнечная погода, что характерно для центра антициклона, о чем подтверждали результаты анализа синоптических карт погоды. Рассчитанные значения индекса плавучести LI (Lifted Index) имели положительные значения ($LI \geq 0$), т.е. состояние атмосферы характеризовалась как «устойчивое».

Во всех случаях, когда значения индекса плавучести были $LI < 0$, т.е. состояние атмосферы «неустойчивое», наблюдались штилевые условия ($V=0$ м/с). Вероятность превышения предельно допустимых максимально разовых значений формальдегида на различных стационарных пунктах наблюдения ПНЗ составляет 6...9 %.

Таким образом, можно сформулировать второе прогностическое правило касающееся ветра:

✓ при устойчивом состоянии атмосферы ($LI \geq 0$) «опасная» скорость ветра для формальдегида составляет 1 м/с;

✓ в случае неустойчивой атмосферы опасные концентрации формальдегида наблюдаются при штилевых условиях ($V=0$ м/с).

Полученные экспериментальные результаты позволил разработать алгоритм прогноза опасных концентраций формальдегида. В качестве примера на рис. 4 представлен алгоритм прогноза «опасных» концентраций формальдегида для ПНЗ № 7.

Из рис. 4 видно, что в случае устойчивого состояния атмосферы и скорости ветра равной 1 м/с вероятность превышения предельно допустимых максимально разовых значений формальдегида находится в большой зависимости от температуры воздуха. При значениях температуры менее 20,0 °С «опасных» концентраций формальдегида не ожидается. В случае неустойчивого состояния атмосферы превышение ПДКм.р. наблюдается только при штиле с вероятностью 6 %.

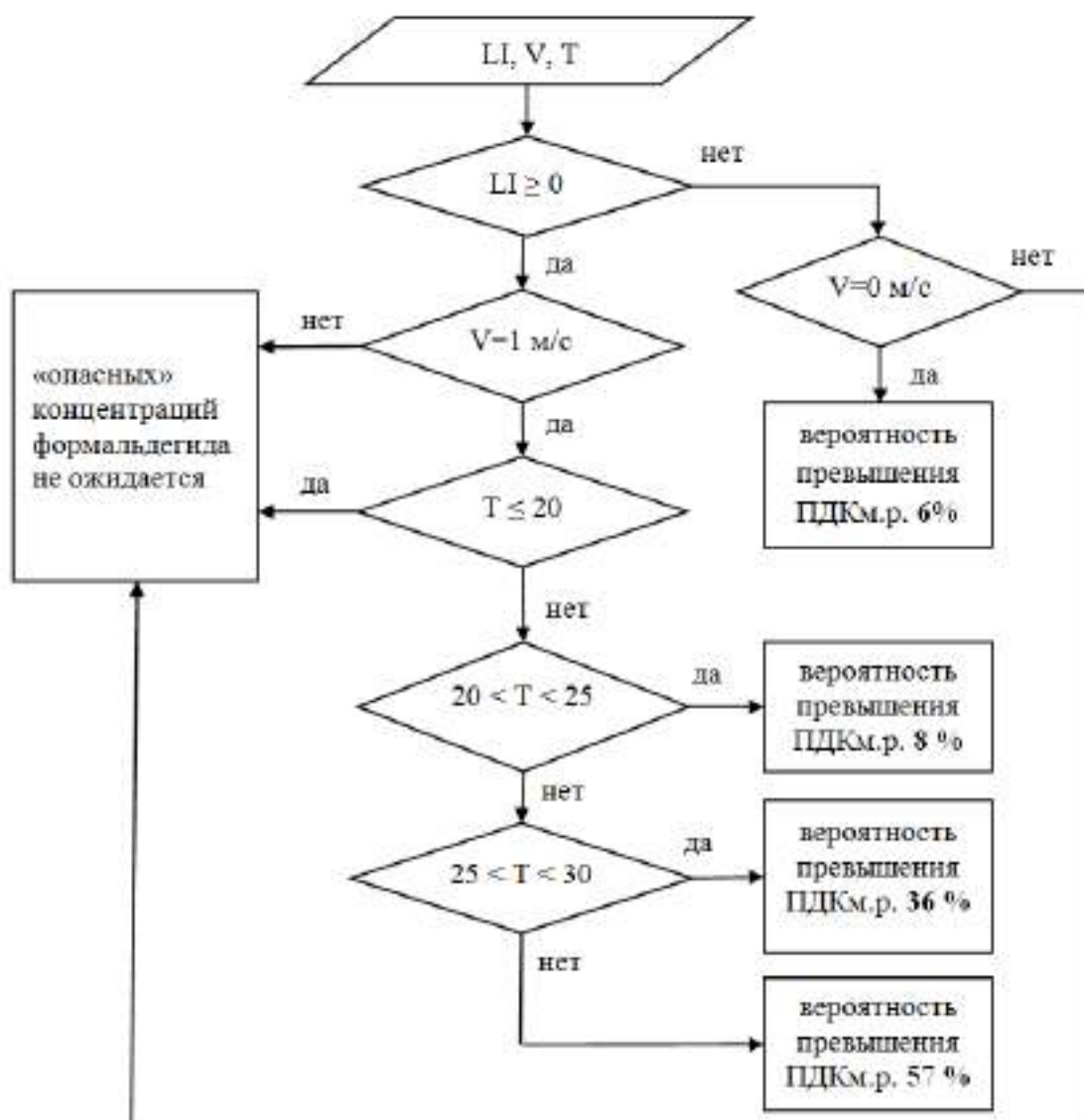


Рис. 4. Алгоритм прогноза предельно допустимых значений формальдегида для ПНЗ № 7 г. Воронежа

Заключение.

Проведено комплексное исследование зависимости концентрации формальдегида от метеорологических параметров. Установлено критическое значение температуры, равное 25°C, выше которой наблюдается превышение предельно допустимых максимально разовых значений формальдегида на различных стационарных пунктах наблюдения ПНЗ г. Воронежа.

Определены «опасные» скорости ветра для различных состояний атмосферы. В случае устойчивого состояния атмосферы такой скоростью является 1 м/с, а в случае неустойчивого состояния ($LI < 0$) – штиль.

Разработан алгоритм прогноза превышения предельно допустимых максимально разовых значений концентраций формальдегида при различных состояниях атмосферы, скорости ветра и температуры.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-17-00172, <https://rscf.ru/project/20-17-00172/>.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ki-Hyun Kim.** Exposure to Formaldehyde and Its Potential Human Health Hazards / Ki-Hyun Kim, Shamin Ara Jahan, Jong-Tae Lee // J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev. – 2011. – No. 29(4). – Pp. 277-299. – DOI: 10.1080/10590501.2011.629972.
2. **Proctor, Nick.** Chemical Hazards Of The Workplace / N. Proctor, H. Hughes // Manual Chegg com Lippincott. – 1978. – Pp. 272-274.
3. Исследования канцерогенности формальдегида: 30 лет с учетом способа воздействия, эпидемиологии и оценки риска развития рака / Я. А. Свенберг, Б. К. Меллер, Лу К., Я. Е. Рейджер, Р. К. Фрай, Т. Б. Старр // Токсикологическая патология. – 2013. – 41(2) – С. 181-196. – <https://doi.org/10.1177/0192623312466459>.
4. **Reingruber, H.** Formaldehyde metabolism and its impact on human health / H. Reingruber, L.B. Pontel // Current Opinion in Toxicology. – 2018. – Vol. 9. – Pp. 28-34. – <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2018.07.001>.
5. **Kerfoot, E. J.** Formaldehyde and paraformaldehyde study in funeral homes / E. J. Kerfoot, T. F. Mooney // Am Ind Hyg Assoc J. – 1975. – No. 36(7). – Pp. 533-537.
6. **Каприн, А. Д.** Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году / А. Д. Каприн, В. В. Старинский, Г. В. Петрова. – Москва: МНИОИ им. П.А. Герцена. – 2022. – 239 с.
7. **Безуглая, Э. Ю.** Возможность оценки высоких концентраций формальдегида при изменении температуры воздуха / Э. Ю. Безуглая, М. С. Загайнова, Т. П. Ивлева // Труды ГГО им. А.И. Воейкова. – 2012. – № 565. – С. 89-102.
8. **Безуглая, Э. Ю.** Исследование химических процессов в атмосфере по данным мониторинга в городах / Э. Ю. Безуглая, И. А. Воробьева, М. В. Полуэктова // Труды ГГО им. А. И. Воейкова. – 2010. – Вып. 561. – С. 164 – 184.
9. **Акимов, Л. М.** Оценка роли метеорологических условий в формировании аэротехногенного загрязнения городской среды / Л. М. Акимов, Е. Л. Акимов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2023. – № 2. – С. 68-79
10. **Акимов, Л. М.** Математическое описание и расчет влияния погодных условий на концентрацию поллютантов и канцерогенных веществ в атмосфере / Л. М. Акимов, Е. Л. Акимов, А. А. Парт // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2022 – № 4. – С. 19-37.

Поступила в редакцию 13 апреля 2024

**DEVELOPMENT OF A PREDICTIVE ALGORITHM
FOR ATMOSPHERIC POLLUTION BY CARCINOGENS UNDER
VARIOUS METEOROLOGICAL CONDITIONS**

E. L. Akimov, L. M. Akimov

Evgeniy Leonidovich Akimov, Cand. Sc. (Geogr.), Associate Professor of the Department of Environmental Management, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)266-56-54; e-mail: akl63@bk.ru

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

The aim of the research is to study the peculiarities of the influence of air temperature in various atmospheric conditions and wind speed to develop a prediction of formaldehyde concentration at several stationary observation posts in the city of Voronezh. The materials and

methods of the study are based on the analysis of daily observations from stationary pollution monitoring posts on the concentration of formaldehyde, as well as on data from temperature and wind sensing of the Voronezh atmosphere. Graphical, analytical and probabilistic methods, as well as correlation analysis, were used to determine the relationship between the meteorological parameters of the atmosphere and the concentration of formaldehyde. The results of the study were the establishment of spatial and temporal patterns of formaldehyde distribution in different seasons of the year and the dependence of its concentration on the thermal regime. We determined the boundary values of temperature, as well as 'dangerous' wind speed under various atmospheric conditions. Finally, we present the scheme of the algorithm for predicting dangerous values of formaldehyde concentration.

Keywords: formaldehyde; concentration; atmospheric stability; buoyancy index; carcinogens; synoptic situation.

REFERENCES

1. **Ki-Hyun Kim, Shamin Ara Jahan, Jong-Tae Lee.** *Exposure to Formaldehyde and Its Potential Human Health Hazards.* J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev. 2011. No. 29(4). Pp. 277-299. DOI: 10.1080/10590501.2011.629972.
2. **Nick H. Proctor, James P. Hughes** *Chemical Hazards Of The Workplace Solution Manual* Chegg com Lippincott. 1978. Pp. 272-274.
3. **Svenberg Ya. A. Meller B. K., Lu K., Reiger Ya. E., Fry R. K., Starr T. B.** *Research on the carcinogenicity of formaldehyde: 30 years, taking into account the method of exposure, epidemiology and risk assessment of cancer.* Toxicological pathology. 2013. No. 41(2). Pp. 181-196. <https://doi.org/10.1177/0192623312466459>. (in Russian)
4. **Reingruber H. Pontel L. B.** *Formaldehyde metabolism and its impact on human health.* Current Opinion in Toxicology. 2018. Vol. 9. Pp. 28-34 <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2018.07.001>.
5. **Kerfoot E. J., Mooney T. F.** *Formaldehyde and paraformaldehyde study in funeral homes.* Am Ind Hyg Assoc J. 1975. No. 36(7). Pp. 533-537.
6. **Kaprin A. D., Starinsky V. V., Petrova G. V.** *The state of oncological care for the population of Russia in 2022.* Moscow. P. A. Herzen Moscow State Medical Research Institute. 2022. 239 p. (in Russian)
7. **Bezuglaya E. Y., Zagainova M. S., Ivleva T. P.** *The possibility of estimating high concentrations of formaldehyde with changes in air temperature.* Proceedings of the State Educational Institution named after A. I. Voeikov. 2012. No. 565. Pp. 89-102. (in Russian)
8. **Bezuglaya E. Y., Vorobyova I. A., Poluektova M. V.** *Investigation of chemical processes in the atmosphere according to monitoring data in cities.* The works of the State Educational Institution named after A. I. Voeikov. 2010. Issue 561. Pp. 164-184. (in Russian)
9. **Akimov L. M., Akimov E. L.** *Assessment of the role of meteorological conditions in the formation of aerotechnogenic pollution of the urban environment.* Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2023. No. 2. Pp. 68-79. (in Russian)
10. **Akimov L. M., Akimov E. L.** *Mathematical description and calculation of the influence of weather conditions on the concentration of pollutants and carcinogenic substances in the atmosphere.* Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2022. No. 4. Pp. 19-37. (in Russian)

Received 13 April 2024

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Акимов, Е. Л. Разработка прогностического алгоритма загрязнения атмосферы канцерогенами при различных метеорологических условиях / Е. Л. Акимов, Л. М. Акимов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 92-102. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.010.

FOR CITATION:

Akimov E. L., Akimov L. M. *Development of a predictive algorithm for atmospheric pollution by carcinogens under various meteorological conditions.* Housing and utilities infrastructure. 2024. No. 2(29). Pp. 92-102. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.010. (in Russian)

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.011

УДК 528.852:551.52

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН ДОРОЖНОГО СЕРВИСА ТРАНСПОРТНОГО ТУРИЗМА

С. А. Яременко, К. В. Гармонов, М. Н. Жерлыкина, А. Р. Макаров

Яременко Сергей Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, декан факультета инженерных систем и сооружений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)207-22-20; e-mail: iaremenko@cchgeu.ru

Гармонов Кирилл Валерьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежской государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)207-22-20; e-mail: kgarmonov@cchgeu.ru

Жерлыкина Мария Николаевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)207-22-20; e-mail: mzherlykina@cchgeu.ru

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

Проведен анализ развития внутреннего автотуризма, направленного на формирование комфортной развитой транспортной инфраструктуры, в основу которой будут входить объекты дорожного сервиса исключительно в составе многофункциональных зон (МФЗ). Рассмотрены планировки новых и возводимых МФЗ, выявлены объекты, оказывающие неблагоприятное воздействие на окружающую среду, прилегающую территорию и здоровье человека. Представлен многокритериальный анализ факторов, влияющих на распространение вредных веществ от автозаправочных станций (АЗС) и позволяющий присвоить класс экологической безопасности АЗС. Обоснована необходимость оценки экологической безопасности отдельных объектов и в целом МФЗ дорожного сервиса транспортного туризма, а также разработки методики, позволяющей оценить уровень влияния МФЗ на окружающую среду и внедрить определенный перечень мероприятий по снижению его негативного воздействия.

Ключевые слова: транспортный туризм; многофункциональная зона; экологическая безопасность; воздушные потоки; неблагоприятное воздействие; многокритериальный анализ.

Повышенный интерес граждан РФ к внутреннему автотуризму диктует необходимость организации современной транспортной инфраструктуры для обеспечения комфорта и безопасности поездок на автотранспорте для всех пользователей дорог.

Одна из функций государства в сфере обеспечения функционирования и развития транспортной системы заключается в создании условий для повышения качества жизни и здоровья граждан, экономического роста, реализации ее транспортного потенциала через опережающее развитие транспортной инфраструктуры и расширение доступа к безопасным и качественным транспортным услугам с минимальным воздействием на окружающую среду и климат, использование географических особенностей Российской Федерации в качестве ее конкурентного преимущества, что отражено в распоряжении правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р.

Министерство транспорта РФ предложило упорядочить и привести к единым стандартам размещение дорожного сервиса вдоль автодорог и разработало проект ФЗ «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации», согласно которому вдоль автомобильных дорог первой категории (имеющих высокую интенсивность движения и скоростной режим) предлагает-

© Яременко С. А., Гармонов К. В., Жерлыкина М. Н., Макаров А. Р., 2024

ся размещать объекты дорожного сервиса исключительно в составе многофункциональных зон.

Многофункциональная зона дорожного сервиса (МФЗ) – относительно новый формат комплексных услуг и сервисов, собранных на одной территории для водителей и пассажиров. К объектам дорожного сервиса относятся расположенные вдоль автодорог автозаправочные станции (АЗС), автовокзалы, гостиницы, мотели, кафе и рестораны, станции технического обслуживания, стоянки транспортных средств и иные подобные объекты. Это место где, водитель и пассажиры с детьми смогут не только заправить и отремонтировать свое транспортное средство, но также поесть, посетить магазины и аптеку, в которых можно приобрести все необходимое для дальнейшего путешествия, отдохнуть в отели или просто на площадках отдыха, выгулять домашних животных, а также принять душ.

Первые МФЗ были построены на базе ранее существующих АЗС и введены в эксплуатацию на трассах М-4 «Дон» и М-11 «Нева». На сегодняшний день наибольший интерес вызывают вновь строящиеся и изначально спроектированные МФЗ с учетом всех современных инфраструктурных потребностей автолюбителя и экологической безопасности объекта.

В 2020 году Правительству РФ был представлен проект скоростной автомагистрали М-12 Москва – Казань, которая в дальнейшем станет частью автодороги Европа - Западный Китай. В 2024 году была сдана в эксплуатацию скоростная автомагистраль протяженностью 810 км, продлена до Тюмени и переименована в М-12 «Восток». В презентации ГК «Автодор» «Многофункциональные зоны дорожного сервиса (МФЗ) на автомобильной дороге М-12» представил информацию о строительстве 16 зеркальных МФЗ дорожного сервиса до 2026 г., половину из которых запланировано передать в эксплуатацию в 2024 году.

Проанализирована очередность основных этапов развития МФЗ:

I – строительство АЗС и площадок для отдыха (первоочередные потребности пользователей связаны с остановкой и отдыхом, а также заправкой топливом);

II – строительство единого сервисного здания (зона бесплатных услуг – туалеты, комнаты матери и ребенка, игровые зоны и пункты телемедицины) (рис. 1);

III – строительство специализированных сервисов (станции технического обслуживания (СТО), отели, пункты питания, магазины, аптеки и т.д.).



Рис. 1. Проект планировки МФЗ (II этап)

На рис. 2 представлен проект планировки зоны, которая будет возведена в Селивановском районе Владимирской области около п. Первомайский.

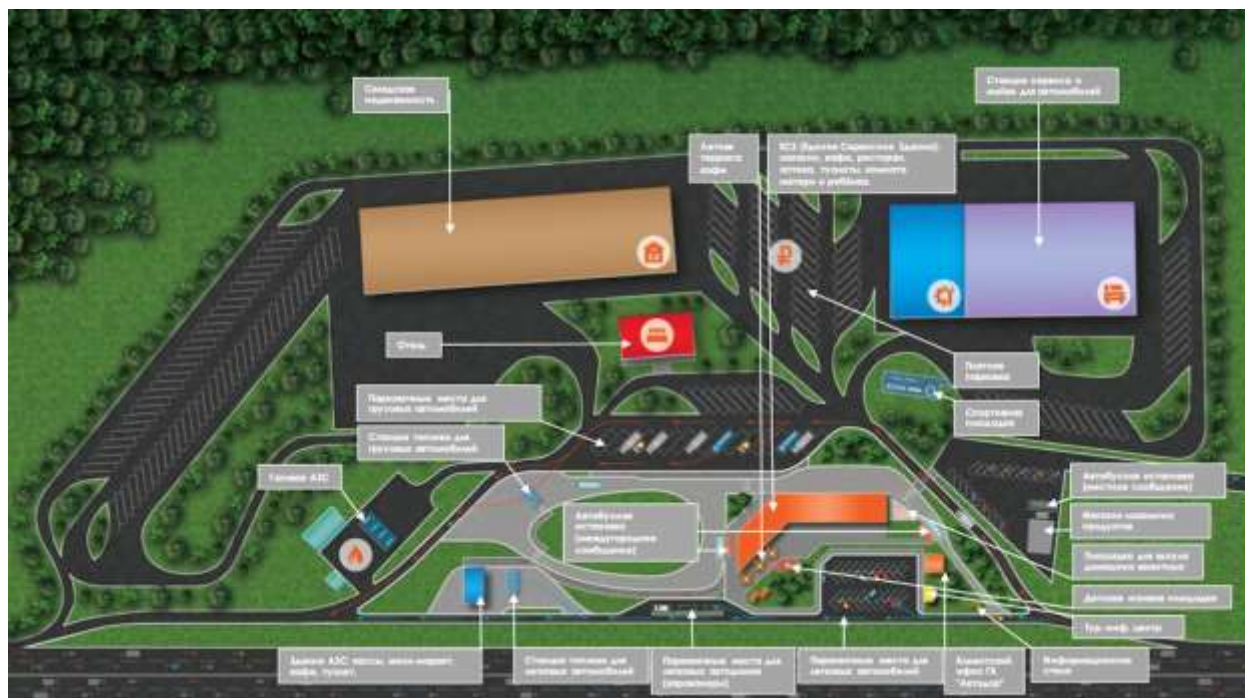


Рис. 2. Проект планировки МФЗ (III этап)

Сроки выполнения всех этапов строительства МФЗ зависит не только от потребности автотуристов, но и от привлечения денег инвесторов и арендаторов земель, за счет которых будут возводиться объекты из III этапа. Это может привести не только к тому, что на «малопривлекательных» участках автодороги МФЗ могут остановиться на I этапе (на уровне типичных АЗС), но и, наоборот, в «бесконтрольное» строительство специализированных сервисов без соблюдения нормативных требований. Следует отметить, что отсутствует единая нормативная база по проектированию и разработке типовой планировки МФЗ, учитывающей все необходимые требования для безопасного пребывания людей на ней (экологические, пожарные, санитарно-гигиенические и др.)

Понятие МФЗ не внесено в основной действующий регламентирующий нормативный документ ГОСТ 33062-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к размещению объектов дорожного и придорожного сервиса». В ГОСТе есть понятие *многофункциональный комплекс сервиса* (по составу очень схож с МФЗ) с примером (схемой) размещения объектов. В Положении о генеральной схеме размещения объектов дорожного сервиса и многофункциональных зон дорожного сервиса вдоль автомобильных дорог общего пользования федерального значения к приказу от Федерального дорожного агентства от 12 декабря 2016 г. N 2124 представлена информация о классификации МФЗ, ее составе и мощности объектов дорожного сервиса, но положения о конкретных планировках с учетом перечисленных выше требований по размещению объектов отсутствуют.

Если рассмотреть предлагаемую планировку (рис. 2), то все объекты можно разделить на три условные категории экологической безопасности:

- ✓ «чистая» категория, в которую входят объекты, которые не выделяют вредные вещества в атмосферу (единое сервисное здание, кафе, отель, места отдыха, детская игровая площадка, место выгула собак, магазины и т.д.);
- ✓ «серая» категория, объекты с временным выделением вредных веществ (парковочные места, автобусные остановки), величина и интенсивность которых зависит от количества автотранспорта, времени работы двигателя и его мощности [1, 2];
- ✓ «грязная» категория, объекты с постоянными источниками загрязнения атмосферы (АЗС, СТО, мойки автотранспорта).

На представленной планировке видно, что объекты из разных категорий размещены хаотично, без учета влияния источников загрязнения атмосферы на прилегающие «чистые» объекты, не учтено движение воздушных потоков, и возможные зоны аэродинамической тени [3], отсутствует какое-либо зонирование в зависимости от категории объектов и разграничения между ними зелеными насаждениями [4]. В связи с вышесказанным необходимо углубленно проанализировать предлагаемую планировку МФЗ с учетом взаимного расположения объектов разных категорий и внедрением мероприятий по снижению их воздействия.

Одним из объектов повышенной экологической и техногенной опасности на территории МФЗ являются АЗС, которые даже при современных технологиях хранения нефтепродуктов и строгом соблюдении правил строительства и эксплуатации, оказывают негативное воздействие на прилегающую территорию и окружающую среду в целом [5, 6].

В работе [7], на основе проведенных теоретических [8], численных [9, 10] и экспериментальных [11] исследований рассмотрено и доказано негативное пагубное влияние от АЗС на прилегающую территорию, окружающую среду и жизнедеятельность людей. Решена задача по повышению экологической безопасности АЗС путем моделирования и оценки распространения вредных веществ в окружающую среду.

В основе предлагаемой методики оценки экологической безопасности городских АЗС (рис. 3) лежит многокритериальный анализ факторов (природно-климатических, градостроительных, архитектурно-планировочных, технологических, технических и качественных), влияющих на экологическую безопасность АЗС. В многокритериальном анализе учитываются 27 значимых показателей – критериев оценки, влияющих на распространение вредных веществ от АЗС. По результатам выполненной оценки, методика позволяет определить класс экологической опасности АЗС, в зависимости от которого предлагается набор защитных мероприятий [12], внедрение которых позволяет снизить вредное воздействие и повысить класс экологической безопасности АЗС. На базе предложенной методики разработан программный инструментарий оценки экологической безопасности городских АЗС [13-15], который был апробирован на АЗС города Воронеж.

Проведенные исследования показали, что приоритетными мероприятиями, воздействующими на движение газоздушных потоков от АЗС и распространение вредных веществ, являются планировочно-градостроительные.

Целью перспективной проработки методики оценки экологической безопасности АЗС является выявление проблемных мест проектируемых МФЗ с учетом их особенностей, что позволит выявить наиболее благоприятную планировку, учитывающую движения воздушных потоков, и внедрить защитные мероприятия для уже спроектированных и возводимых МФЗ.

Определены ключевые задачи по оценке экологической безопасности объектов многофункциональных зон дорожного сервиса транспортного туризма, которые будут выполнены на основе проведенных и планируемых теоретических, численных и экспериментальных исследований по повышению экологической и техногенной безопасности АЗС. В основу оценки будет положена методика, основанная на многокритериальном анализе факторов, как инструменте поддержки принятия решений о целесообразности и безопасности проектирования, строительства и эксплуатации АЗС в рамках МФЗ.

На основании вышеизложенного можно констатировать, что исследования, направленные на оценку экологической безопасности МФЗ с учетом факторов планировки и застройки территорий, имеют научную и практическую значимость.

Разработанная в дальнейшем методика оценки экологической безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов многофункциональных зон дорожного сервиса транспортного туризма должна быть направлена на достижение минимального воздействия на окружающую среду и климат, включая использование географиче-

ских особенностей РФ в качестве ее конкурентного преимущества, и будет способствовать обеспечению техногенной безопасности МФЗ.

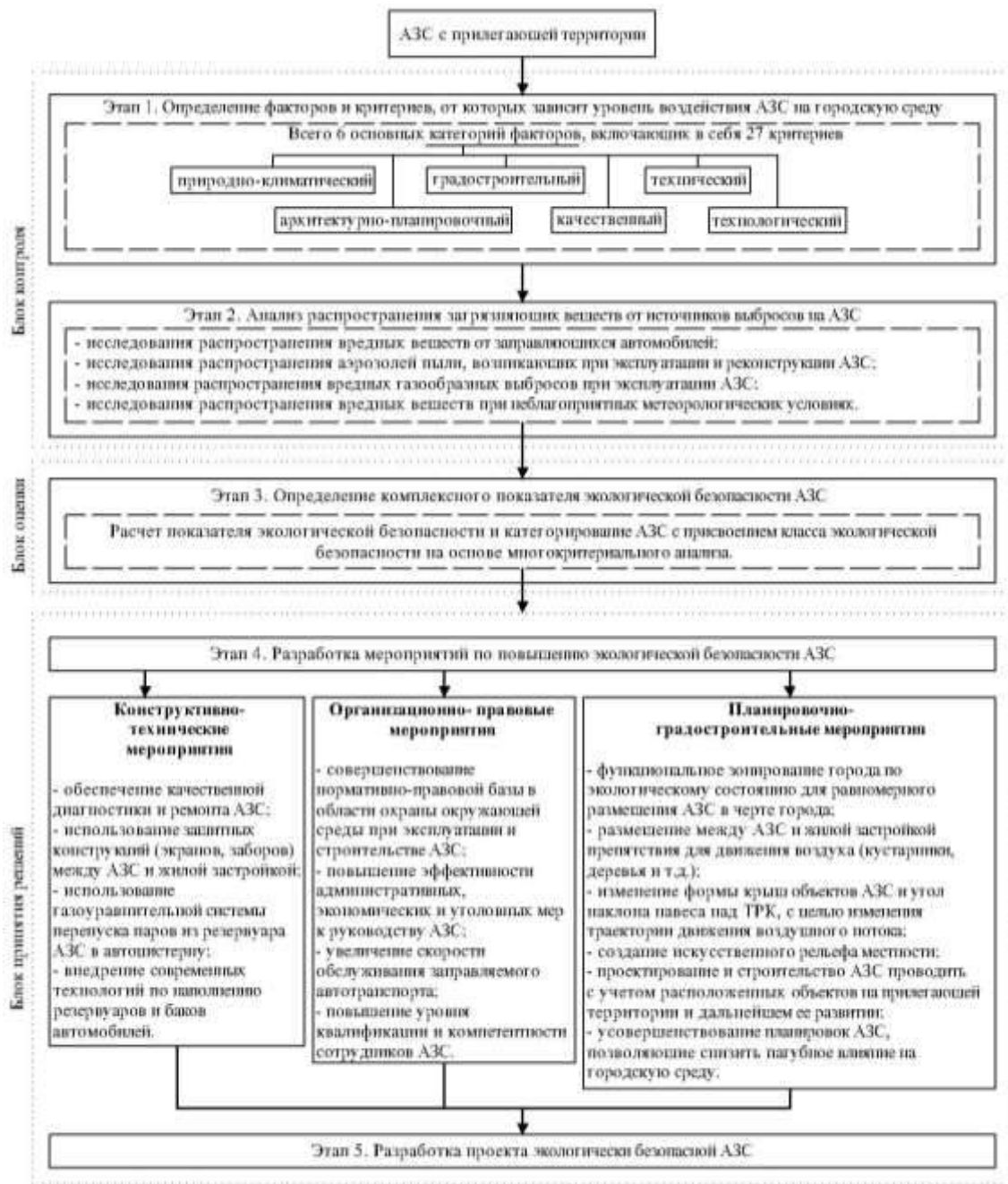


Рис. 3. Схема реализации методики оценки экологической безопасности городских АЗС на основе многокритериального анализа

Оценка экологической безопасности объектов многофункциональных зон дорожного сервиса транспортного туризма предполагает интеграцию результатов исследований в единый стандарт создания зон МФЗ, с учетом их удаленности от крупных населенных пунктов, маршрутов и загруженности автомагистралей в полном соответствии со стратегией Национальной безопасности РФ, утвержденной указом Президента РФ № 400 от 02.07.2021 г.

Перспективы дальнейшего развития исследований позволят применять разработанную методику при реновации городских пространств, организации сложных автомобильных развязок, создании интеллектуальных транспортных систем и производственных тер-

риторий. Результаты исследования могут быть использованы при создании цифрового двойника МФЗ дорожного сервиса транспортного туризма.

Заключение.

Проведен анализ нормативной документации, регламентирующей размещение объектов дорожного и придорожного сервиса. Определен состав и очередность возведения объектов многофункциональных зон дорожного сервиса транспортного туризма. Выявлены недостатки предлагаемых планировок, связанные с требованиями экологической безопасности на территории МФЗ.

Рассмотрена методика оценки экологической безопасности городских АЗС на основе многокритериального анализа факторов, влияющих на атмосферу. Определены ключевые задачи по оценке экологической безопасности объектов дорожного сервиса автотуризма. Обоснована необходимость разработки методики, позволяющей оценить уровень влияния МФЗ на окружающую среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Полосин, И. И.** Распространение в приземном слое атмосферы вредных веществ от работающих двигателей автомобилей / И. И. Полосин, К. В. Гармонов // *Экология и промышленность России*. – 2013. – № 2. – С. 48-49.

2. **Гармонов, К. В.** Загрязнение атмосферного воздуха вредными веществами от автотранспортных средств / К. В. Гармонов, С. В. Волков // *Научный журнал. Инженерные системы и сооружения*. – 2016. – № 1(22). – С. 129-134.

3. **Яременко, С. А.** Расчет концентраций вредных веществ в нижних слоях атмосферы с использованием теории вентиляционных струй / С. А. Яременко, К. В. Гармонов // *Вестник МГСУ*. – 2018. – Т. 13, № 2(113). – С. 222-230. – DOI 10.22227/1997-0935.2018.2.222-230.

4. **Бакаева, Н. В.** Практические рекомендации по повышению экологической безопасности автозаправочных станций в черте городской застройки / Н. В. Бакаева, О. В. Пилипенко, К. В. Гармонов // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. – 2018. – № 4(24). – С. 84-94.

5. **Bakaeva, N. V.** Measures to improve environmental safety of urban gas stations / N. V. Bakaeva, K. V. Garmonov, R. A. Sheps // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety - 6. Analysis, Assessment and Technologies of Natural and Man-Made Disasters Reduction, Chelyabinsk, 25–27 сентября 2019 года. Vol. 687, 6.* – Chelyabinsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – Pp. 066015. – DOI 10.1088/1757-899X/687/6/066015.

6. **Полосин, И. И.** Влияние автозаправочных станций в черте городской застройки на экологическое состояние окружающей среды / И. И. Полосин, К. В. Гармонов, А. В. Плотников // *Экология промышленного производства*. – 2014. – № 1(85). – С. 51-54.

7. **Гармонов, К. В.** Методика оценки экологической безопасности городских автозаправочных станций : специальность 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гармонов Кирилл Валерьевич, 2019. – 192 с.

8. **Полосин, И. И.** Применение теории вентиляционных струй к расчету концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферы / И. И. Полосин, К. В. Гармонов, А. В. Плотников // *Экология и промышленность России*. – 2014. – № 2. – С. 30-34.

9. **Yaremenko, S. A.** Numerical modeling of the spread of harmful substances from gas stations / S. A. Yaremenko, N. A. Bakaeva, K. V. Garmonov // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference on Construction, Architecture and Techno-*

sphere Safety, ICCATS 2020, Sochi, 06–12 сентября 2020 года. Vol. 962, 4. – Sochi: IOP Publishing Ltd, 2020. – Pp. 042023. – DOI 10.1088/1757-899X/962/4/042023.

10. **Бакаева, Н. В.** Численное моделирование распространения газоздушных потоков на территории автозаправочных станций и анализ их влияния на застройку местности / Н. В. Бакаева, О. В. Пилипенко, К. В. Гармонов // Строительство и реконструкция. – 2018. – № 5(79). – С. 79-87.

11. **Бакаева, Н. В.** Экспериментальное моделирование распространения вредных веществ, выделяющихся от автозаправочных станций / Н. В. Бакаева, К. В. Гармонов, М. Н. Жерлыкина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 3(6). – С. 71-78.

12. Обоснование мероприятий по повышению экологической безопасности городских автозаправочных станций / К. В. Гармонов, М. Н. Жерлыкина, А. Р. Макаров, А. С. Жерлицина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 2(21). – С. 96-105. – DOI 10.36622/VSTU.2022.21.2.010.

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020616753 Российская Федерация. Программный инструментарий оценки экологической безопасности городских АЗС : № 2020615546 : заявл. 03.06.2020 : опублик. 22.06.2020 / И. В. Трубников, О. В. Курипта, К. В. Гармонов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет».

14. Software Tools for Assessing the Environmental Safety of City Filling Stations / O. V. Kuripta, Yu. A. Vorobieva, K. V. Garmonov [et al.] // International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science" 25 January 2021, Smolensk, Russian Federation, Smolensk, 25 января 2021 года. Vol. 723. – London: IOP Publishing Ltd, 2021. – Pp. 042051. – DOI 10.1088/1755-1315/723/4/042051.

15. **Курипта, О. В.** Автоматизация расчетов экологической безопасности городских автозаправочных станций / О. В. Курипта, К. В. Гармонов, Ю. А. Воробьева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1(16). – С. 69-78.

Поступила в редакцию 8 мая 2024

JUSTIFICATION OF THE NEED FOR ASSESSING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF FACILITIES OF MULTI-FUNCTIONAL ROAD SERVICE ZONES FOR TRANSPORT TOURISM

S. A. Yaremenko, K. V. Garmonov, M. N. Zherlykina, A. R. Makarov

Sergey Anatolevich Yaremenko, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Dean, Faculty of Engineering Systems and Sanitary Constructions, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)207-22-20; e-mail: iaremenko@cchgeu.ru

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

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

We conducted the analysis of the development of domestic transport tourism aimed at the formation of a comfortable well-developed transport infrastructure, which will be based on road service facilities exclusively as part of multifunctional zones (MFZ). We reviewed the

layout of the new MFZ and MFZ under construction, we as well identified facilities that have an adverse impact on the environment, the surrounding area and human health. In this article we present a multi-criteria analysis of the factors influencing the spread of harmful substances from gas stations which allows assigning an environmental safety class to gas stations. We substantiated the necessity of assessing the environmental safety of individual facilities and as a whole the MFZ of the road service of transport tourism. We also describe here the development of a methodology to assess the level of the MFZ's impact on the environment and implement a certain list of measures to reduce its negative impact.

Keywords: transport tourism; multifunctional zone; environmental safety; air flows; adverse effects; multi-criteria analysis.

REFERENCES

1. **Polosin I. I., Garmonov K. V.** *The spread of harmful substances in the surface layer of the atmosphere from running car engines.* Ecology and industry of Russia. 2013. No. 2. Pp. 48-49. (in Russian)
2. **Garmonov K. V., Volkov S. V.** *Air pollution by harmful substances from motor vehicles.* Scientific journal. Engineering systems and structures. 2016. No. 1(22). Pp. 129-134. (In Russian)
3. **Yaremenko S. A., Garmonov K. V.** *Calculation of concentrations of harmful substances in the lower atmosphere using the theory of ventilation jets.* Bulletin of the MGSU. 2018. Vol. 13. No. 2(113). Pp. 222-230. (In Russian)
4. **Bakaeva N. V., Pilipenko O. V., Garmonov K. V.** *Practical recommendations for improving environmental safety filling stations within the city limits.* Biosphere compatibility: person, region, technology. 2018. No. 4(24). Pp. 84-94. (in Russian)
5. **Bakaeva N. V., Garmonov K. V., Sheps R. A.** *Measures to improve environmental safety of urban gas stations.* IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. 6. Analysis, Assessment and Technologies of Natural and Man-Made Disasters Reduction, Chelyabinsk, 25-27 September 2019. Vol. 687, 6. – Chelyabinsk: Institute of Physics Publishing, 2019. Pp. 066015. DOI 10.1088/1757-899X/687/6/066015.
6. **Polosin I. I., Garmonov K. V., Plotnikov A. V.** *Influence of oil stations in the precincts of the urban development on an ecological state of environment.* Ecology of industrial production. 2014. No. 1(85). Pp. 51-54. (In Russian)
7. **Garmonov K. V.** *Methodology for assessing the environmental safety of city gas stations.* Kursk. 2019. 193 p. (in Russian)
8. **Polosin I. I., Garmonov K. V., Plotnikov A. V.** *Application of the theory of ventilation jets to the calculation of concentrations of harmful substances in the surface layer of the atmosphere.* Ecology and industry of Russia. 2014. No. 2. Pp. 30-34. (In Russian)
9. **Yaremenko S. A., Bakaeva N. V., Garmonov K. V.** *Numerical modeling of the spread of harmful substances from gas stations.* IOP Conference Series. Materials Science and Engineering International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. IC-CATS 2020. Sochi, 06-12 September 2020. Vol. 962, 4. Sochi. IOP Publishing Ltd. 2020. Pp. 042023. DOI 10.1088/1757-899X/962/4/042023.
10. **Bakaeva N. V., Pilipenko O. V., Garmonov K. V.** *Numerical modeling of the distribution of gas-air flows in the territory of gas stations and analysis of their influence on the development of the area.* Construction and reconstruction. 2018. No. 5(79). Pp. 79-87. (in Russian)
11. **Bakaeva N. V., Garmonov K. V., Zherlykina M. N.** *Experimental modeling of the spread of harmful substances emitted from gas stations.* Housing and communal infrastructure. 2018. No. 3(6). Pp. 71-78. (in Russian)

12. **Garmonov K. V., Zherlykina M. N., Makarov A. R., Zherlitsina A. S.** *Justification of measures to improve environmental safety of city gas station.* Housing and communal infrastructure. 2022. No. 2(21). Pp. 96-105. (in Russian)

13. **Trubnikov I. V., Kuripta O. V., Garmonov K. V.** *Software tools for assessing the environmental safety of urban gas station.* Certificate of state registration of the computer program No. 2020616753 Russian Federation. (in Russian)

14. **Kuripta O. V., Vorobieva Yu. A., Garmonov K. V. [et al.]** *Software Tools for Assessing the Environmental Safety of City Filling Stations.* International scientific and practical conference 'Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science' 25 January 2021. Russian Federation. Smolensk. 25 January 2021. Vol. 723. London. IOP Publishing Ltd, 2021. Pp. 042051. DOI 10.1088/1755-1315/723/4/042051.

15. **Kuripta O. V., Garmonov K. V., Vorobieva Yu. A.** *Automation of calculations for environmental safety of urban gas stations.* Housing and communal infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 69-78. (in Russian)

Received 8 May 2024

Для цитирования:

Обоснование необходимости оценки экологической безопасности объектов многофункциональных зон дорожного сервиса транспортного туризма / С. А. Яременко, К. В. Гармонов, М. Н. Жерлыкина, А. Р. Макаров // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 103-111. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.011.

FOR CITATION:

Yaremenko S. A., Garmonov K. V., Zherlykina M. N., Makarov A. R. *Justification of the need for assessing the environmental safety of facilities of multi-functional road service zones for transport tourism.* 2024. No. 2(29). Pp. 103-111. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.011. (in Russian)

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА **ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION**

DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.012

УДК 332.87:377

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ КАДРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Л. Н. Чернышов

Чернышов Леонид Николаевич, д-р экон. наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем рынка Российской Академии наук, Москва, Российская Федерация, тел.: +7(495)779-1438; e-mail: leo.chern@yandex.ru

Статья посвящена проблемам повышения профессионального уровня работников предприятий в сфере жилищно-коммунального хозяйства и путям их решения в современных условиях. Раскрываются основные причины, оказывающие влияние на низкий уровень квалификации персонала предприятий отрасли, а также проводится ретроспективный анализ действующих и находящихся на стадии разработки и согласования нормативно-правовых документов, способных оказать положительное влияние на улучшение ситуации с подготовкой кадров для предприятий жилищно-коммунального хозяйства.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство; образовательная программа; профессиональный стандарт; направление подготовки; квалификационные требования; качество образования.

В условиях высокого износа зданий, оборудования и сооружений городского хозяйства, а также стремительного изменения условий организации и технологии производства коммунальных ресурсов и жилищно-коммунальных услуг, важнейшим фактором обеспечения устойчивой работы предприятий ЖКХ, является эффективность системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации работников отрасли [1, 2].

Если до начала 1990 годов персонал предприятия ЖКХ, получивший соответствующее профессиональное образование, работал по специальности всю трудовую жизнь, как правило, заботясь только о повышении своей квалификации, то в настоящее время он вынужден менять не только сферы применения своих способностей к труду, но и само содержание труда.

Современные условия труда заставляют работника получать новые знания, необходимые при выполнении более сложных трудовых функций, для того чтобы качество их максимально удовлетворяло работодателя и находило бы адекватное отражение в оплате труда. Исходя из этого, имеющийся сегодня разрыв между потребностями рынка труда в жилищно-коммунальной сфере и уровнем профессионального образования, обусловлен несколькими факторами, к которым, в частности, следует отнести отсутствие отраслевой науки и образования, а также организационно-правовую структуру (специфику) отрасли, которая представлена малыми и средними предприятиями [3].

Председатель профильного Комитета Госдумы – Пахомов С. А., выступая на заседании Государственного Совета при Президенте РФ по строительству и ЖКХ, в сентябре 2023 года, обращая внимание, на кадровый дефицит и низкую квалификацию специалистов, работающих в отрасли, отметил, что «... мы профессионально, нигде не готовим людей в отрасль ЖКХ». Данное утверждение не голословно, оно имеет под собой вполне

объективные основания, которые являются причиной низкого профессионального уровня кадров в жилищно-коммунальной сфере.

Мониторинг рынка труда, проведенный Советом по профессиональным квалификациям в ЖКХ (далее – Совет), совместно с Минстроем России и Национальным агентством развития квалификаций в 2023 году показал, что дефицит квалифицированных кадров в жилищно-коммунальной сфере составил 38,3 % (включая специалистов среднего звена), дефицит неквалифицированных рабочих – 30,7 %.

Кроме того, было отмечено, что:

✓ отсутствие кадровых служб на малых и средних предприятиях ЖКХ, в условиях дефицита кадров, приводит к тому, что на работу принимают работников без предъявления требований к наличию необходимых знаний и умений;

✓ большинство респондентов отмечает, что из-за низкой заработной платы трудно укомплектовать не только штат линейного персонала, но и «среднее звено» организаций, так как от них требуется знание большого количества нормативно – технических документов, регламентирующих вопросы содержания, обслуживания и ремонта объектов ЖКХ.

Перечень работ и мероприятий, которые должны выполняться в период эксплуатации сетей, зданий и сооружений городского хозяйства, для обеспечения их проектных характеристик и качества предоставления жилищно-коммунальных услуг, в течение длительного времени, упоминаются в действующих нормативно-технических документах (НТД), отдельные из которых носят обязательный характер [4].

Эксперты подсчитали, что таких документов в жилищно-коммунальной сфере более 500, но ни в одном из них нет упоминания о том, что для выполнения этих работ и мероприятий, требуются персонал соответствующей квалификации.

Из-за отсутствия в упомянутых НТД требований к квалификации работников, вопрос о их профессиональном уровне отдан на откуп работодателю, и с точки зрения организации трудовых и производственных отношений в коллективе, для руководителя он носит добровольный характер, что в общественном сознании воспринимается как необязательный.

При этом, инструменты проверки и подтверждения квалификации работника, на рынке труда имеются, к ним относятся:

✓ диплом (удостоверение) учреждения образования;

✓ аттестат, выданный квалификационной комиссией организации (создаваемой в порядке, установленном «Основными положениями Единого тарифно-квалификационного справочника (ЕТКС)»);

✓ свидетельство о квалификации, выданное по результатам независимой оценки квалификаций, в соответствии с Федеральным законом «О независимой оценке квалификаций».

Принимая во внимание, что в основной массе малых и средних предприятий ЖКХ отсутствует профсоюзная организация, создать аттестационную комиссию для проверки знаний, навыков и умений работников в такой организации невозможно. Без представителя профсоюза ее решения будут не легитимно.

В этих условиях, квалификацию можно определить (подтвердить) наличием диплома (удостоверения) учреждения образования и/или свидетельства о квалификации.

Особое место в процессе подтверждения (повышения) квалификации занимает дополнительное профессиональное образование (ДПО), начиная от университетов и колледжей, заканчивая бесчисленным множеством учебных центров, большинство из которых не учат, а выдают соответствующие дипломы.

Свидетельство о квалификации получить значительно сложнее, так как процедуру независимой оценки квалификации проводят специально аттестованные, в соответствии с приказом Минтруда России от 19 декабря 2016 г. N 759 н, эксперты из числа специали-

стов, имеющих богатый опыт работы в соответствующей области деятельности, по правилам утвержденным постановлением Правительства РФ от 16 ноября 2016 г. N 1204.

Обе эти процедуры платные. В тоже время, как свидетельствуют результаты мониторинга рынка труда, стремление к получению работниками предприятия ЖКХ Свидетельства о квалификации, выданного в соответствии с законом «О независимой оценке квалификаций», вызывает интерес лишь у 14,7 % работодателей [5].

При этом, на основании утвержденных профессиональных стандартов и наименований квалификаций в арсенале отраслевых центров оценки квалификаций и экзаменационных центрах, в 57 регионах России имеются необходимые для проведения профессионального экзамена оценочные средства, в том числе по самым востребованным квалификациям в жилищной сфере: слесарь-сантехник домовых систем и оборудования; электро-монтажник домовых сетей и оборудования; мастера и инженеры по организации эксплуатации МКД, руководители управляющих организаций.

В свою очередь, только соблюдение требований к профессиональному уровню персонала организаций ЖКХ, требования к которым прописаны в профессиональных стандартах, может обеспечить безопасность жизни, здоровья и деятельности граждан, не причинять вред их имуществу и окружающей природной среде [6].

Отмечая отсутствие отраслевой системы образования, можно констатировать, что в ещё в конце прошлого столетия ликвидированы учреждения которые этим занимались.

Не стало Академии жилищно-коммунального хозяйства, с ее отраслевыми институтами в Москве, Санкт-Петербурге, Томске, Екатеринбурге и Ростове на Дону.

Московский институт коммунального хозяйства и строительства присоединили к Московскому инженерно-строительному университету, где направление подготовки для отраслей ЖКХ практически отсутствуют, а филиалы в регионах были упразднены. Были утеряны уникальные научные и профессорско-преподавательские кадры.

Финансирование техникумов и профессионально-технических училищ было передано на уровень субъектов Федерации, что в большинстве случаев привело к их перепрофилированию, в лучшем случае под другие направления обучения.

Одна из причин этого, как отмечают эксперты, заключается в том, что на местах отсутствовал «консолидированный заказчик» на обучение в учреждениях высшего и среднего профессионального образования для множества небольших по численности предприятий, такой многопрофильной отрасли, как ЖКХ, где функционирует свыше 122,0 тысяч, «разбросанных» по более чем 39,0 тыс. муниципальных образований.

В этих условиях, по объективным причинам, единственным объединяющим началом для предприятий ЖКХ на территории, является отраслевые органы муниципальной и региональной власти.

Но в соответствии с нормативно-правовыми документами, в структуре органах власти, существует четкая иерархия полномочий. Кадрами на местах, как правило, занимаются подразделения по труду и занятости, в лучшем случае они взаимодействуют с подразделениями образования. Такая постановка вопроса ориентирована в основном на базовые отрасли региональной экономики. Более того, и работодатели, и профильные учреждения образования, ввиду своего авторитета и значимости для экономики региона, в состоянии повлиять на процесс организации подготовки необходимых кадров [7].

Иная ситуация в отрасли ЖКХ, которая хотя и обеспечивает своими услугами и ресурсами жизнедеятельность региона, но представлена на рынке труда десятками муниципальных образований и сотнями мелкими компаниями, каждое из которых не в состоянии сформировать для учреждений образования потребность (заказ) на подготовку или переподготовку соответствующих специалистов.

Иллюстрируя кадровое состояние ЖКХ в области, проректор Новосибирского ГАСУ на заседании консорциума «Строительство. Архитектура», которое пошло в г. Новосибирске 13.02.2024г., отметил « ...что проведенный мониторинг уровня образования руково-

дителей служб ЖКХ, в 38 самых многочисленных муниципальных образований области, из 488, показал, что только у одного из них есть профильное высшее образование, а у многих нет даже высшего образования». И такая ситуация характерна для большинства регионов России.

Данные обстоятельства говорят о том, что кадровое обеспечение этого сектора экономики не является самонастраивающейся системой, производной от системы образования. Тем более, что отраслевого направления образования, на которое, могли бы опираться многопрофильные предприятия ЖКХ и отраслевые органы управления на региональном и муниципальном уровне, не существует.

В этих условиях, учитывая специфику предприятий ЖКХ, где порой нет даже самостоятельной кадровой службы, информацию для учреждений образования, о наиболее востребованных специальностях и профессиях, могут совместно аккумулировать только органы муниципальной власти по труду и жилищно-коммунальному хозяйству.

При этом такая информация будет различаться от муниципалитета к муниципалитету и задача регионального органа исполнительной власти в ЖКХ, сформировать оптимальный перечень профессий, по которым учреждения среднего профессионального образования, за средства регионального бюджета, будут готовить специалистов для предприятий отрасли, а ВУЗы работников более высокого уровня квалификации. Только в этом случае у учреждений образования на местах появится понимание и желание разрабатывать учебно-методические материалы по наиболее востребованным, на предприятиях ЖКХ территории профессиям и готовить соответствующих специалистов.

Экспертное сообщество возлагает большие надежды на расширение полномочий Министра России, в соответствии с «Планом мероприятий (дорожной картой) по повышению престижности и востребованности профессий, ...» утвержденного заместителем Председателя Правительства РФ М. Ш. Хуснуллиным (№ 8825-П49-МХ от 9.09.2023г.), в части кадрового обеспечения сферы строительства и ЖКХ. Это «первый шаг», который неизбежно найдет отклик и в регионах, что позволит отраслевые структуры субъектов Федерации, заниматься вопросами кадрового обеспечения предприятий ЖКХ.

Важным элементом развития отраслевой системы квалификация в ЖКХ, является Национальная система профессиональных квалификаций, формируемая в стране, в соответствии с Указом Президента РФ от 16 апреля 2014 г. N 249, ключевым элементом которой, являются профессиональные стандарты и независимая оценка квалификаций [8].

Необходимость осуществления этого проекта была обусловлена колоссальным разрывом между тем, чему учили в учреждениях образования и тем, чего требовал рынок труда. На тот период работодатели очень остро ощущали эту проблему. Сегодня, по прошествии 10 лет, этот разрыв значительно сократился в областях деятельности, где отраслевые советы по профессиональным квалификациям (машиностроение, железнодорожный транспорт, nanoиндустрия, атомная энергетика и другие) активно сотрудничают с соответствующими учреждениями образования и учебно-методическими объединениями.

В ведущих отраслях экономики, эта практика уже отработана благодаря тому, что там:

- ✓ имеются профильные направления образования (и это главное);
- ✓ централизованно, с давних времен отраслевые консалтинговые организации, совместно с работодателями определяют отраслевые профессии и специальности, которые являются ключевыми для подготовки абитуриентов и работников рынка труда в учреждениях высшего и среднего профессионального образования.

Советами по профессиональным квалификациям этих отраслей экономики ведется активная работа по актуализации федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), примерных и основных профессиональных образовательных программ (ПОП, ОПОП) на соответствие их требованиям профессиональных стандартов.

Для закрепления за абитуриентом или работником рынка труда той или иной квали-

фикации по результатам обучения, введен институт ее подтверждения, в соответствии с федеральным законом «О независимой оценке квалификаций».

Выпускники учреждений образования на этапе государственной итоговой аттестации проходят независимую оценку квалификаций. В итоге предприятия отрасли получают готовых специалистов по соответствующей квалификации, которых не нужно доучивать или переучивать.

Иная ситуация в ЖКХ. Как было отмечено ранее, направления подготовки для сферы ЖКХ не существует, в лучшем случае специалистов для отраслевых предприятий готовят в «родственных» направлениях подготовки.

Например, в системе среднего профессионального образования есть ФГОС для разработки ПОП и ОПОП для подготовки рабочих (например, 08.01.; 13.01.), и для работников среднего звена (08.02.; 13.02.). Тем не менее, содержание образовательных программ показывает, что их эксплуатационный функционал минимален, и не позволяет дать необходимые знания, касающиеся особенностей эксплуатации объектов городского хозяйства. По ряду рабочих специальностей в ЖКХ есть только аналоги из других направлений образования, аналогично и по специалистам среднего звена.

По отдельным рабочим профессиям в ЖКХ все ограничивается программами дополнительного профессионального образования. При этом не секрет, что цель такого обучения получить документ об образовании, а не приобрести знания, а тем более умения.

В этих условиях, большим подспорьем в объективной оценке реального уровня подготовки выпускников, стало участие Совета в проекте совмещения государственной итоговой аттестации выпускников с независимой оценкой квалификаций (ГИА – НОК), в котором, на протяжении 2019...2023гг. участвовали студенты 6 университетов и 17 колледжей из Республик Башкортостан, Бурятия, Карелия, Татарстан, Красноярского края, Архангельской, Иркутской, Костромской, Московской, Свердловской областей, Москвы и Санкт-Петербурга.

Для его реализации была проведена совместная работа по актуализации образовательных программ, на соответствие их требованиям профессиональным стандартам.

Выпускники пожелавшие принять участие в этом проекте, получили объективную оценку уровня своей квалификации в форме «Свидетельства о независимой оценке квалификации», которое, в соответствии с приказом Минтруда России № 804н от 21.12.2022г. признается работодателем, при регулировании (оформлении) трудовых отношений.

Приказ Минпросвещения России от 8.11.2021г. N 800 «Об утверждении порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего профессионального образования», ограничил дальнейшую возможность реализацию этого проекта. Тем не менее, возможность получения выпускниками учреждений СПО «Свидетельства о квалификации» сохранилось. В настоящее время разрабатываются условия, в соответствии с которыми, результаты демонстрационного экзамена, проводимого в рамках государственной итоговой аттестации студентов будут зачитываться, в качестве практической части профессионального экзамена по независимой оценке квалификаций.

В «Стратегии развития строительного комплекса и ЖКХ до 2030 года» отмечается, что «... ЖКХ плавно превращается в высокотехнологичную сферу деятельности, благодаря насыщению объектов капитального строительства автоматизированными системами, технологиями и оборудованием ...» [9, 10].

Это требует совершенствования (в сторону усложнения и повышения квалификационного уровня работников) условий организации труда и технологии производства, что находит отражение в отраслевых профессиональных стандартах, в разработке которых активное участие принимают передовые предприятия отрасли.

Исходя из этого, по мнению профессионального сообщества, необходима ревизия ФГОС СПО и их адаптация к современным требованиям рынка труда в ЖКХ, но учитывая, что подготовка специалистов ведется по «родственным» направлениям образования,

да еще при отсутствии обоснованного «заказа» на соответствующие отраслевые профессии, решить эту задачу очень не просто.

Совет на основании опыта работы с учреждениями СПО по учету требований профессиональных стандартов в образовательном процессе пришел к выводу о необходимости сформировать Консорциум учреждений СПО, реализующих «родственные» направления подготовки, по взаимодействию с Учебно-методическими объединениями, для актуализации соответствующих ФГОС, ПОП и ОПОП и координации процесса подготовки/переподготовки кадров для отраслевых предприятий. Такое решение принято на заседании Совета 26.03.2024 года (протокол № 81).

Происходят изменения в подготовке специалистов для ЖКХ и системе высшего образования. Приказом Минобрнауки России № 89 от 01.02.2022 года, впервые в укрупненной группе специальностей и направлений подготовки, появилось упоминание о ЖКХ. Взамен группы 08 «Строительство» введена новая 16 «Строительство и жилищно-коммунальное хозяйство», в которой предусмотрена специальность и группа подготовки «Жилищно-коммунальное хозяйство и коммунальная инфраструктура» 16.02.6.0 (базовое высшее образование) и 16.02.7.0 (специальное высшее – магистратура).

Федеральное учебно-методическое объединение (ФУМО) «Строительство», которое территориально находится в МГСУ завершило разработку ФГОС «Строительство и жилищно-коммунальное хозяйство». В этой работе принимали участие эксперты Комиссии по ЖКХ РСПП, Комитета по предпринимательству ТПП и СПК ЖКХ, акцентировавшие внимание разработчиков на учете многоотраслевого характера сферы ЖКХ и профессиональных компетенциях, связанных с эксплуатацией объектов капитального строительства.

От содержания ФГОС, будет зависеть, какие на местах разработают образовательные программы и каких специалистов профильные учреждения высшего образования, в конечном итоге, будем готовить для отрасли ЖКХ [11].

Кроме того, по мнению отраслевых экспертов, должно быть изменено название консорциума, объединяющего ВУЗы строительной направленности – «Строительство. Архитектура», путем дополнения его название словами – «ЖКХ». И это не пустое пожелание, оно несет в себе глубокий смысл и служат ориентиром в образовательном процессе, для ВУЗов, готовящих специалистов для жилищно-коммунальной сферы деятельности.

За 10 лет существования системы независимой оценки квалификации в России лишь некоторые отраслевые советы по профессиональным квалификациям, смогли ввести обязательность этой процедуры для отдельных профессий.

Как было отмечено на VIII Международном Санкт-Петербургском Форуме труда, 20 февраля 2024 года, в сложившихся условиях развития нашего государства, тема независимой оценки квалификаций отдельных работников рынка труда, является задачей обеспечения национальной безопасности и национальных интересов граждан России.

Участники секции форума «Роль Национальной системы квалификации РФ в решении задач обеспечения национальной безопасности и национальных интересов граждан России». Пришли к единодушному мнению о том, что настало время на правительственном уровне, утвердить перечень профессий (по отраслям экономики) деятельность которых оказывает влияние на безопасности жизни и здоровья людей, бизнеса и окружающей среды.

Критерием включения в этот перечень той или иной квалификации (профессии) должна быть степень возможного риска причинения вреда человеку, имуществу, недвижимости, бизнесу, окружающей среде и его значение.

Решением Национального совета при Президенте РФ по профессиональным квалификациям, перед профессионально - экспертным сообществом поставлена задача обосновать и сформировать перечень таких профессий (в том числе и в ЖКХ), для введения по ним процедуры обязательной независимой оценки квалификаций.

В «Стратегии развития строительного комплекса и ЖКХ до 2030 года» есть раздел,

связанный с кадровой трансформацией ЖКХ. В развитие этого документа уже утвержден ряд подзаконных актов Минстроя России, в которых речь идет о том, что необходимо обеспечить квалифицированными кадрами не только первичное звено ЖКХ – предприятия отрасли, но и персонал отраслевых органов управления на муниципальном и региональном уровне, контрольно-надзорных организаций, чья деятельность связана с качеством предоставлением жилищно-коммунальных услуг на местах.

Особое внимание в документах уделено вопросам «жилищного просвещения» населения, – стороны потребляющей услуги ЖКХ. Поэтому авторы «Стратегии ...», говорят о том, что повышение профессионализма участников правоотношений в жилищно-коммунальной сфере, должно быть «улицей с двухсторонним движением».

В этом направлении уже длительное время ведется большая просветительская работа, в рамках партийного проекта «Школа грамотного потребителя» благодаря которой, знания связанные с основами предоставления жилищно-коммунальных услуг, в игровом и визуализированном формате становятся доступными для школьников и взрослого населения.

Региональные отделения «Школы грамотного потребителя» распространяют среди населения иллюстрированное издание «Азбука ЖКХ», в виде брошюры и в электронном формате. Игры «Домовой» и «ЖЭКа», в которых правоотношения участников сферы производства и предоставления жилищно-коммунальных услуг в игровой форме, стали предметом образовательных программ и конкурсов в школах и учреждениях образования. В 2023 году около полумиллиона студентов и школьников играли в эти игры.

Ведется большая работа с населением на местах, и даже при отсутствии четких критериев результативности этой работы, можно судить о ее эффективности по количеству проводимых на территориях конкурсных мероприятий «Лучший двор», «Лучший подъезд», «Лучший дом» и т.д., за которыми безусловно стоят жители, получившие элементарные знания об особенностях работы объектов ЖКХ города, района, дома.

Заключение.

Описаны основные тенденции и сформулированы проблемы, связанные с подготовкой профильных специалистов в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

На основе ретроспективного анализа нормативно-правовых документов и экспертных оценок специалистов сформулированы причинно-следственные связи, приведшие к дефициту квалифицированных кадров в области эксплуатации и управления объектами жилищно-коммунального хозяйства.

Предложены пути совершенствования существующей системы высшего профессионального образования в сфере жилищно-коммунального хозяйства, основанные на обеспечении соответствия профессиональных стандартов и квалификационных требований с учетом специфики организаций, являющихся работодателями в соответствующей сфере деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Король, Е. А.** Техническое регулирование в жилищно-коммунальной сфере: учебник для ВУЗов / Е. А. Король, Л. Н. Чернышов. – Москва: Издательство «АСВ». – 2023.
2. **Чернышов, Л. Н.** Организационно-технические и методологические предпосылки профессиональной трансформации ЖКХ / Л. Н. Чернышов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 1(20). – С. 106-116.
3. **Чернышов, Л. Н.** Основы формирования отраслевой системы профессиональных квалификаций в ЖКХ / Л. Н. Чернышов, А. А. Збрицкий, Т. А. Ивчик // Экономика строительства. – 2020. – № 6(66). – С. 3-13.

4. **Саликова, Н. М.** Актуальные проблемы внедрения профессиональных стандартов / Н. М. Саликова, Ю. А. Кучин // Российское право: образование, практика, наука. – 2017. – № 5.
5. Правовые основы развития системы социального партнерства в сфере жилищно-коммунального хозяйства / Л. Н. Чернышов, В. А. Нефедов, А. А. Збрицкий, Т. А. Ивчик // Экономика строительства. – 2021. – № 4(70). – С. 3-18.
6. **Чернышов, Л. Н.** Методология применения профессиональных стандартов на предприятиях ЖКХ / Л. Н. Чернышов // Экономика строительства. – 2016. – № 5. – С. 22-31.
7. **Петров, А. Ю.** Профессиональное образование и обучение работников (персонала). Правовые основы: учебное пособие для академического бакалавриата / А. Ю. Петров. – Москва: Издательство Юрайт, 2019.
8. **Чернышов, Л. Н.** Организационно-правовые механизмы снижения рисков применения профессиональных стандартов на примере сферы ЖКХ / Л. Н. Чернышов, А. А. Збрицкий, Т. А. Ивчик // Экономика строительства. – 2019. – № 5(59). – С. 3-12.
9. **Чернышов, Л. Н.** Концептуальные основы развития Национальной системы на период до 2030 года / Л. Н. Чернышов, А. А. Збрицкий, Т. А. Ивчик // Экономика строительства. – 2020. – № 3(63). – С.3-12.
10. **Чернышов, Л. Н.** Инновационные инструменты повышения качества подготовки кадров для сферы ЖКХ / Л. Н. Чернышов // ЖКХ Эксперт. Экономика. Право. – № 10. – 2022. – С. 61-67.
11. **Козлов, А. М.** Основы кадровой политики в сфере ЖКХ, на период до 2035 г. / А. М. Козлов, Л. Н. Чернышов // Энергосбережение. – № 8. – 2019. – С. 26-30.

Поступила в редакцию 26 марта 2024

ORGANIZATIONAL AND LEGAL PROBLEMS OF THE PERSONNEL TRANSFORMATION IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES AND WAYS OF THEIR SOLUTION

L. N. Chernyshov

Leonid Nikolaevich Chernyshov, Dr. Sc. (Economics), Professor, Chief Researcher at the Institute of Market Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, tel.: +7(495)779-1438; e-mail: leo.chern@yandex.ru

The article is devoted to the problems of improving the professional level of employees of enterprises in the field of housing and communal services and ways to solve them in modern conditions. We here reveal the main reasons that influence the low level of skills of personnel at enterprises in the industry. We also carried out a retrospective analysis of existing regulatory documents and those ones that are currently at the stage of development and approval. These are the documents that can have a positive impact on improving the situation with personnel training for housing and communal services enterprises.

Keywords: housing and communal services; educational program; professional standard; direction of training; qualification requirements; quality of education.

REFERENCES

1. **Korol E. A., Chernyshov L.N.** *Technical regulation in housing and communal services: Textbook for universities.* Moscow, Publishing house DIA. 2023. (in Russian)
2. **Chernyshov L. N.** *Organizational, technical and methodological prerequisites for professional transformation of housing and communal services.* Housing and communal infrastruc-

ture. 2022. No. 1(20). Pp. 106-116. (in Russian)

3. **Chernyshov L. N., Zbritsky A. A., Ivchik T. A.** *Fundamentals of the formation of the sectoral system of professional qualifications in housing and communal services*. Economics of construction. 2020. No. 6(66). Pp. 3-13. (in Russian)

4. **Salikova N. M., Kuchin Yu. A.** *Actual problems of the introduction of professional standards*. Russian law: education, practice, science. 2017. No. 5. (in Russian)

5. **Chernyshov L. N., Nefedov V. A., Zbritsky A. A., Ivchik T. A.** *Legal foundations of the development of the social partnership system in the field of housing and communal services*. The economics of construction. 2021. No. 4(70). Pp. 3-18. (in Russian)

6. **Chernyshov, L. N.** *Methodology of application of professional standards at housing and communal services enterprises*. The economics of construction. 2016. No. 5. Pp. 22-31. (in Russian)

7. **Petrov A. Yu.** *Professional education and training of employees (staff). Legal foundations: A textbook for academic baccalaureate*. Moscow, Yurayt Publishing House. 2019. (in Russian)

8. **Chernyshov L. N., Zbritsky A. A., Ivchik T. A.** *Organizational and legal mechanisms for reducing the risks of applying professional standards on the example of housing and communal service*. Economics of construction. 2019. No. 5(59). Pp. 3-12. (in Russian)

9. **Chernyshov L. N., Zbritsky A. A., Ivchik T. A.** *Conceptual foundations of the development of the National system for the period up to 2030*. The economics of construction. 2020. No. 3(63). Pp. 3-12. (in Russian)

10. **Chernyshov L. N.** *Innovative tools for improving the quality of personnel training for the housing and communal services sector*. Housing and communal services Expert. Economy. Pravo. No. 10. 2022. Pp. 61-67. (in Russian)

11. **Kozlov A. M., Chernyshov L. N.** *Fundamentals of personnel policy in the housing and communal services sector, for the period up to 2035*, Energy Saving magazine. No. 8. 2019. Pp. 26-30. (in Russian)

Received 26 March 2024

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Чернышов, Л. Н. Организационно-правовые проблемы кадровой трансформации в жилищно-коммунальном хозяйстве и пути их решения / Л. Н. Чернышов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 2(29). – С. 112-120. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.012.

FOR CITATION:

Chernyshov L. N. *Organizational and legal problems of the personnel transformation in housing and communal services and ways of their solution*. Housing and utilities infrastructure. 2024. No. 2(29). Pp. 112-120. DOI 10.36622/2541-9110.2024.29.2.012. (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



24 >

9 772541 911022