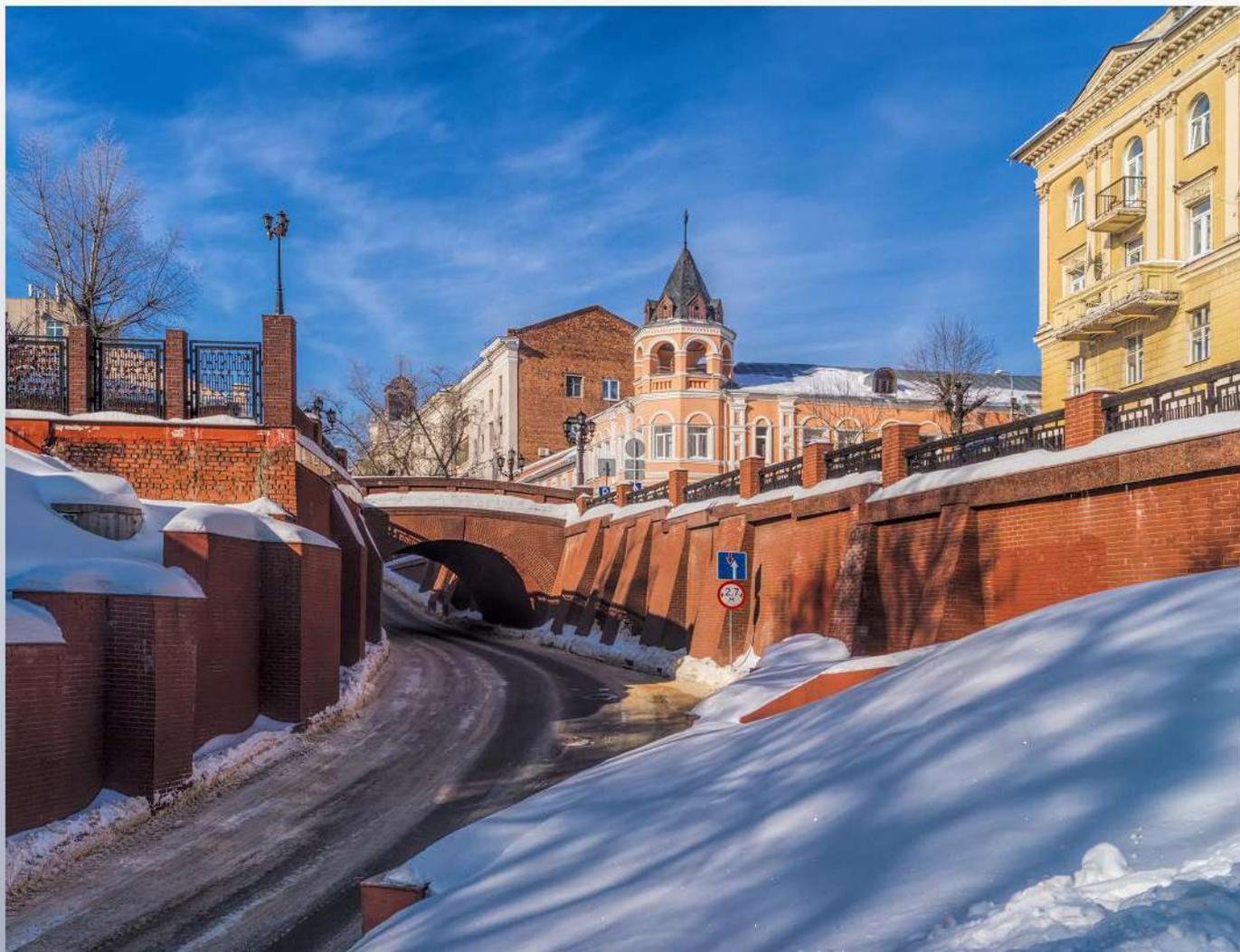


ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 4(19), 2021

Воронежский государственный технический университет



*Строительные конструкции,
здания и сооружения*

*Экология и безопасность
городской среды*

*Градостроительство.
Реконструкция, реставрация
и благоустройство*

*Экономика и организация
строительства*

*Инженерные системы
и коммуникации*

*Дорожно-транспортное
хозяйство
и строительная техника*

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО
и коммунальная инфраструктура**

№ 4(19), 2021

**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



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

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

The territory of distribution – **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’**

Journal publishes materials on the following topics:

- ✓ Construction designs, buildings and constructions
- ✓ Engineering systems and communications
- ✓ Reconstruction, restoration and landscaping
- ✓ Environment and safety of the urban environment
- ✓ Road transport agriculture and construction equipment
- ✓ Economics and organization of construction

The journal is placed on the website of the Scientific Electronic Library, the text of the article is checked for uniqueness.

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

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

Voronezh

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Баранников Н. И., д-р техн. наук, профессор, зам. главного редактора (Воронежский государственный технический университет)

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

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

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

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

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

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

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

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

Зиганшин А. М., канд. 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:* Лушин В. М.

Редактор перевода: Козлова В.В.

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

Дата выхода в свет 24.12.2021. Усл. печ. л. 14,5. Формат 60×84/8. Тираж 500 экз. Заказ №

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 69631 от 02.05.2017

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

Цена свободная

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

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

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief – Yaremenko Sergey Anatolevich, Dean of the Faculty of Engineering systems and structures (Voronezh State Technical University)

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

Barannikov N. I., Dr. Sc. (Technical), Prof., Deputy Chief Editor (Voronezh State Technical University)

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

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

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

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

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

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

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

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

Ziganshin A. M., Cand. 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 – Zherlykina Mariya Nikolaevna, 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:* V. M. Lushin

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 24.12.2021. Conventional printed sheets 14,5. Format 60×84/8. Circulation 500 copies. Order

Registration certificate ПИ № ФС 77 – 69631 02.05.2017

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

Free price

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Павлов В. В., Хорьков Е. В.

Конструктивные решения усиления повреждённых каменных арочных конструкций.....9

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

Шичкин В. В., Жерлыкина М. Н., Яременко С. А., Соловьев С. А.

Разработка адаптивной вентиляции многофункциональных помещений больших объемов общественных зданий.....19

Лобанов Д. В., Звенигородский И. И., Мерциев А. А., Шенс Р. А.

Экспериментальные исследования поступления в помещение углекислого газа от человека, занятого умственным трудом30

Иванова Е. Ю.

Определение химических и токсикологических характеристик качества воды в рекреационных зонах на реке Матыра.....39

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

Серебрякова Н. Е., Решетняк А. А.

Методический подход к оценке структуры живых изгородей в системе благоустройства городов46

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

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

Дистанционное зондирование источников теплового загрязнения города Воронежа.....54

Ишков А. Н., Терещенко А. Ю., Шмелев Г. Д.

Техническое и методическое обоснование организации селективного сбора твердых коммунальных отходов в жилой застройке.....66

Каверина Н. В.

Состояние донных отложений Воронежского водохранилища в местах сброса воды с очистных сооружений города Воронежа.....77

ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ХОЗЯЙСТВО И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Маршаков В. К., Кононов А. Д., Кононов А. А., Гильмутдинов В. И.

Моделирование некоторых динамических характеристик технологических машин дорожно-строительного комплекса.....85

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Литвинцев Д. Б., Нижальская Н. И.

Управление многоквартирными домами в России за рамками бюджетирования.....93

Тимофеева Е. Е., Острякова Ю. Е.

Анализ факторов, влияющих на доступность жилья в России.....103

Карпушко Е. Н., Тимников А. А.

Особенности оценки земельного участка при проектном финансировании с использованием эскроу-счетов.....112

Опарина Л. А.

Кафедре организации производства и городского хозяйства ИВГПУ 40 лет – результаты научной и учебно-методической деятельности.....122

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....124

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

Pavlov V. V., Khorkov E. V.

Structural solutions for strengthening damaged stone arch structures.....9

ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

Shichkin V. V., Zherlykina M. N., Yaremenko S. A., Solovyov S. A.

Development of adaptive ventilation in multifunctional large-scale space of public buildings.....19

Lobanov D. V., Zvenigorodsky I. I., Mershchiev A. A., Sheps R. A.

Experimental studies of carbon dioxide intake into the room from a person engaged in mental work.....30

Ivanova E. Yu.

Determination of chemical and toxicological characteristics of water quality in recreational areas on the Matyra river.....39

CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

Serebryakova N. E., Reshetnyak A. A.

Methodological approach to the assessment of the hedge structure in the urban improvement system.....46

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

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

Monitoring thermal pollution sources in Voronezh (Russia) using remote sensing data.....54

Ishkov A. N., Tereshchenko A. Yu., Shmelev G. D.

Technical and methodological justification of the organization of selective collection of municipal solid waste in a residential development.....66

Kaverina N. V.

State of bottom sediments of the Voronezh reservoir in the places of water discharge from the treatment facilities of the city of Voronezh.....77

ROAD TRANSPORT, AGRICULTURE AND CONSTRUCTION MACHINES

Marshakov V. K., Kononov A. D., Kononov A. A., Gilmutdinov V. I.

Modeling of some dynamic characteristics of technological machines of the road-building complex.....85

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

Litvintsev D. B., Nizhalskaya N. I.

Management of apartment buildings in Russia beyond budgeting.....93

Timofeeva E. E., Ostryakova Yu. E.

Analysis of factors affecting housing affordability in Russia.....103

Karpushko E. N., Timnikov A. A.

Features of land valuation in project financing using escrow accounts112

Oparina L. A.

Department of Production and Urban Management of Ivanovo State Polytechnic University is 40 years old – the results of scientific and educational activities122

WRITING RULES AND GUIDELINES.....124

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

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.001

УДК 692.29

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ УСИЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЁННЫХ КАМЕННЫХ АРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В. В. Павлов, Е. В. Хорьков

Павлов Валерий Вадимович, канд. техн. наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», Казань, Российская Федерация, тел.: +7(843)510-47-05; e-mail: newtura@mail.ru

Хорьков Евгений Владимирович, ассистент кафедры железобетонных и каменных конструкций, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», Казань, Российская Федерация, тел.: +7(843)510-47-05; e-mail: evg-ne@mail.ru

Рассмотрены исторические аспекты возникновения каменных арочных конструкций перекрытий, материалы, которые использовались для их возведения в различные исторические периоды, классификация арочных конструкций, а также основные конструктивные решения и технологические аспекты их возведения. Приведены результаты работ, выполненных по определению численных значений геометрических параметров и обследованию технического состояния арочных конструкций зданий старой постройки, расположенных в центральной (исторической) части г. Казани. Приведены результаты исследования работ других авторов по определению наиболее часто встречающихся дефектов и повреждений в арках, а также причины их возникновения. Рассмотрены технические решения различных авторов по усилению арочных конструкций, с использованием различных материалов, в том числе и композитными материалами на основе однонаправленных углеродных волокон. Описана область применения и изложены технические решения, разработанные авторами статьи для усиления арочных конструкций, которые учитывают особенности их конструктивных решений и повреждений.

Ключевые слова: арка; распорные конструкции; дефекты; повреждения; усиление; восстановление.

Применение арочных конструкций из каменных материалов для различных зданий и сооружений насчитывает уже несколько тысячелетий, поскольку они достаточно экономичны и долговечны, как показал опыт их эксплуатации.

Первые возведённые арки в Месопотамии, древнем Египте известны со II тысячелетия до н. э. Основными составляющими для возведения арочных конструкций являлись: кирпич-сырец поскольку изготавливали его из доступных материалов и по доступной на тот момент технологии – необожженной глины, воды, песка с примесью соломы и даже навоза, а процесс его твердения происходил естественным путём, под воздействием солнца [1]. Использовался и тёсаный камень, который добывали в горных выработках. В I тысячелетии до н.э. с использованием печей начали производить более прочный материал – глиняный обожженный кирпич.

Для формирования кладки использовались кладочные растворы на основе глиняного вяжущего [2], а позже – с использованием извести [3]. В 19...20 веках нашей эры, в связи с развитием строительного производства, для конструкций арок широко начали использоваться такие материалы, как: керамический кирпич, сталь, бетон и железобетон, что позволило значительно увеличить их пролёты и высоту.

В нашей стране опыт применения перекрытий такого типа известен со средних веков.

Они широко применялись при строительстве зданий соборов, церквей, кремлёвских сооружений и т.д. Наиболее величественные сооружения, где использованы арочные конструкции, это Исаакиевский собор, Храм Воскресения Христова (народное название «Спас на крови») в Санкт-Петербурге, храм Василия Блаженного в Москве, Петропавловский собор в Казани и многие другие.

В работах различных авторов [2...5] достаточно подробно описаны виды и конструктивные решения арочных каменных конструкции перекрытий и покрытий. Также отмечается, что в процессе многовековой эксплуатации в этих конструкциях диагностируются различные дефекты и повреждения, причины возникновения и дальнейшего развития которых достаточно подробно описаны в [5].

Исследование работ различных авторов [2...5] показало, что работоспособность таких конструкций с дефектами и повреждениями, оказывающими влияние на их несущую способность, на сегодняшний день изучена недостаточно. Соответственно данное обстоятельство предполагает проведение более глубоких исследований восстановления работоспособности арочных конструкций с учётом специфики эксплуатационных воздействий, а также обнаруженных в них дефектов и повреждений, которые могут привести к дальнейшему развитию деформаций, перераспределению нагрузок и изменению конструктивной схемы конструкций.

Таким образом, актуальность проводимого исследования обусловлена тем, что настоящее время проводится достаточно большой объём работ по реконструкции и реставрации зданий старой постройки, элементами которых часто являются повреждённые арочные конструкции перекрытий и покрытий.

Как было указано выше, ввиду различных эксплуатационных воздействий, в рассматриваемых конструкциях могут возникать различные дефекты и повреждения, указанные в [4, 5], оказывающие влияние на их несущую способность и эксплуатационную пригодность. На основании этого была сформирована основная цель исследования, а именно: разработка конструктивных решений для восстановления работоспособности повреждённых арочных каменных конструкций перекрытий.

Для достижения этой цели необходимо решение следующих задач:

- ✓ определить основные конструктивные решения арочных конструкций перекрытий.
- ✓ провести обследование подобных конструкций, находящихся в данный момент в эксплуатации.
- ✓ определить основные геометрические параметры исследуемых конструкций и сформировать выводы о наиболее характерных их дефектах и повреждениях.
- ✓ изучить существующие технические решения по усилению арочных конструкций.
- ✓ учитывая результаты исследований разработать и предложить технические решения по восстановлению работоспособности исследуемых повреждённых конструкций.

Проведённые теоретические исследования арочных конструкций [1...6] показали многообразие их конструктивных систем. При этом в [5] предложена классификация арок по следующим признакам: очертаниям, форме, материалам, области применения, особенностям статической работы и т.д.

Рассматривая геометрические формы арок, можно выделить следующие их основные типы: трёхцентровые, круглые или полуциркульные, круглые пологие, стрельчатые. По профилю арки классифицируются: пологие – двухшарнирные и трехшарнирные арки кругового очертания, стрела подъема в них принимается $f \leq 1/6L$; высокие – стрельчатые трехшарнирные арки из элементов кругового очертания. Стрела подъема принимается $f \leq 1/3L \dots 2/3L$; треугольные арки, со стрелой подъема $f \leq 1/2L \dots 1/5L$.

По схеме опирания арочные конструкции подразделяются на: арки с затяжками, воспринимающими распор и на арки без затяжек, распор которых передается на фундаменты или опоры-контрфорсы, а также на иные примыкающие конструкции, способные его воспринять.

Для получения статистических данных о конструктивных особенностях (геометрических параметрах) и техническом состоянии арочных конструкций было проведено обследование их технического состояния в зданиях исторической застройки города Казани. Полученные результаты приведены в таблице и ниже по тексту.

Виды и геометрические параметры арок зданий старой постройки г. Казани

Тип конструкции	Адрес месторасположения	Пролет конструкции,	Подъем конструкции, h , мм	Отношение подъема к пролету, h/L
Цилиндрическая арка	ул. Островского, 25			
Цилиндрическая арка	ул. Островского, 8			
Цилиндрическая арка (усиленная)	ул. Островского, 6			
Цилиндрическая арка	ул. Мусы Джалиля, 7			
Цилиндрическая арка	ул. Профсоюзная, 34			
Цилиндрическая арка	ул. Профсоюзная, 5 / Мусы Джалиля, 16			
Зеркальная арка	ул. Кремлевская, 21			
Цилиндрическая арка	ул. Кремль, 7			
Цилиндрическая арка (усиленная)	ул. КаюмаНасыри, 5			
Стрельчатая арка	ул. Старо-Аракчинская, 4			
Цилиндрическая арка	ул. Старо-Аракчинская, 4			
Цилиндрическая арка (усиленная)	ул. Старо-Аракчинская, 4			

Было установлено, что наиболее часто встречающимися повреждениями являются сколы каменной кладки (по характеру повреждений установлено, что они возникли в результате механических воздействий). Также во многих арках обнаружены трещины в при опорной и пролётной частях (рис. 1).



Рис. 1. Дефекты каменных арок:
сколы кирпичной кладки арки здания по адресу г. Казань, ул. Профсоюзная д.34 (слева);
трещина в арке здания по адресу: г. Казань, ул. Пушкина, д.25 (справа)

В результате обработки результатов проведённого обследования установлено, что наиболее вероятной причиной образования трещин являются деформации, происходящие в

опорных частях (разрушение каменной кладки, осадка грунтового основания), что согласуется с выводами, сделанными в [5].

Исследование работ других авторов [1...5] и результаты проведенных обследований, позволили установить определённые закономерности в возникновении и последующем развитии повреждений в конструкциях арок, а именно:

1) большая часть причин образования трещин и изменения геометрических параметров арок связана с силовыми воздействиями, возникающими при деформации опор.

2) наиболее часто образование трещин происходит в нижнем поясе арок (в средней части пролёта) и в верхнем поясе (в при опорных частях).

3) также в отдельных арках отмечены деформации нижнего и верхнего поясов (выполживание кладки).

Выполнено изучение технических решений усиления каменных арок, предложенное различными авторами [4, 5, 7]. Определено, что для усиления исследуемых конструкций в большинстве случаев рекомендуется использовать: бетонирование конструкций, инъектирование в кладку ремонтных составов, укрепление опорных контуров, усиление конструкций стальными и композитными материалами.

По результатам проведенного обследования технического состояния каменных арок г. Казани установлено, что большая их часть усилена с использованием стальных элементов и композитных материалов, на основе однонаправленных углеродных волокон (рис. 2), устанавливаемых в нижнем поясе арочных конструкций.



Рис. 2. Усиление конструкций арочного перекрытия Петропавловского собора г. Казани композитными материалами

Особое внимание заслуживают разработки в области усиления каменных сводов, предложенные итальянскими инженерами П. Зампери, Н. Симонцело, Д. Тетогунни, К. Пеллегрини и описанные в [7]. Они предлагают различные варианты усиления каменных сводов путем установки на усиливаемые конструкции внешнего армирования из композитных материалов. Согласно [7], усиление предлагается выполнять по техническим решениям, указанным на рис. 3.

Анализ результатов исследования работ других авторов по усилению арок и данных, полученных при проведении обследования технического состояния исследуемых конструкций арочных перекрытий и покрытий, позволил разработать технические решения по восстановлению их работоспособности, в зависимости от обнаруженных повреждений.

Для восстановления геометрических параметров конструкций арок (в т.ч. и при выполнении каменной кладки) и увеличения их несущей способности предлагается «Способ усиления каменных сводчатых перекрытий здания» [8].

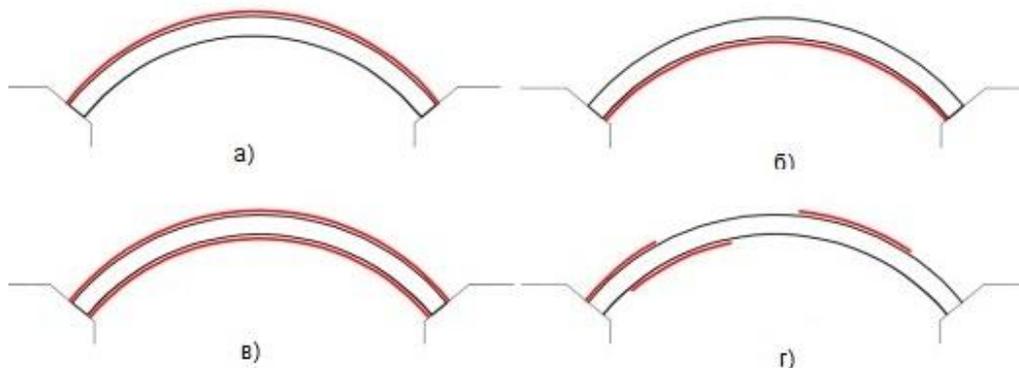


Рис. 3. Схемы усиления каменного свода материалами на основе углеволокна, согласно [10]:
а – верхней поверхности; б – нижней поверхности; в – верхней и нижней поверхности;
г – местное армирование

Данный способ заключается в восстановлении геометрии конструкции арки путем её подъема до первоначального положения посредством выдвижной опалубки, которая перемещается путём затягивания затяжки с помощью талрепа (рис. 4). Суть предложенного способа заключается в системе натяжения, которая обеспечивает подъём стальных пластин (в свою очередь стальные пластины соединены шарнирно), за счёт перемещения которых выполняется подъём арки в первоначальное (эксплуатационное) положение. При этом в опорных частях предусмотрены скользящие опоры, позволяющие обеспечить горизонтальное перемещение опорных частей выдвижной опалубки, что препятствует возникновению разрушающих воздействий на каменные стены здания. После подъёма конструкции арки выполняются ремонтные работы по заполнению пустующих швов раствором. Также, при реализации этого способа возможна замена отдельных кирпичей или фрагментов каменной кладки. После набора необходимой прочности раствора в отремонтированных участках, выдвижная опалубка снимается. Ниже, на рис. 4 показано предложенное техническое решение.

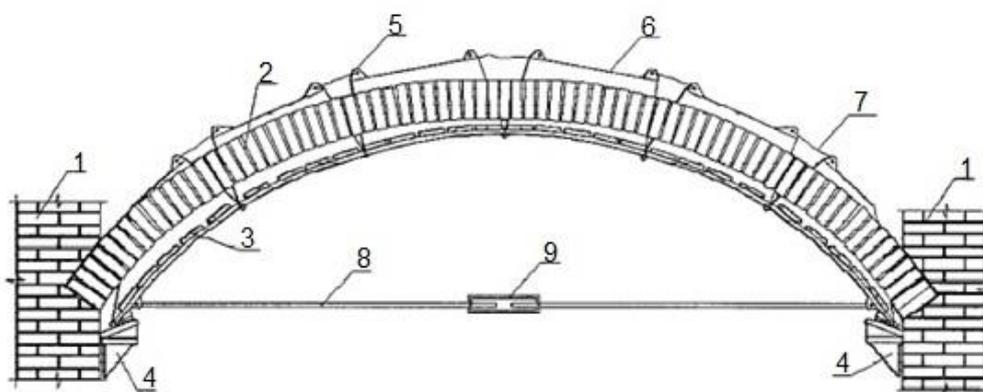


Рис. 4. Подъём арки с помощью выдвижной опалубки:
1 – несущие каменные стены; 2 – каменная арка; 3 – настил из досок;
4 – монтажные опоры; 5 – петли; 6 – разрезная балка из отдельных сегментов;
7 – гибкая связь; 8 – затяжка; 9 – талреп

Для восстановления работоспособности конструкций арок, повреждённых трещинами, а также для увеличения их несущей способности предлагается «Устройство усиления

каменных сводчатых перекрытий здания» [9]. Отличительной особенностью этого способа является то, что за счёт заглублиения системы усиления в конструкцию кладки арки (посредством устройства штроб) и последующем восстановлении фактурного слоя нижнего пояса арки, удаётся сохранить её внешний облик. Таким образом, данное техническое решение может быть использовано для усиления конструкций арок, к которым предъявляются повышенные требования к их экстерьеру.

Ещё один способ представляет собой устройство усиления распорных конструкций перекрытий с использованием однонаправленных композиционных волокон, которые устанавливаются только в зонах возникновения растягивающих усилий. Причём рассматривается возможность применения неразрезного волокна между опорами, путём устройства отверстия в конструкции арки, для его перехода с верхнего пояса на нижний, а затем обратно (рис. 5). Для обеспечения надёжного закрепления волокон, в конструкции арки предусматривается штроба, которая заполняется двухкомпонентным клеем (эпоксидный клей), после чего в неё укладывается композитный материал. В месте перехода армирующего элемента с верхнего на нижний пояс предусмотрено устройство наклонного отверстия, через которое протягивается волокно, также укладывается эпоксидный клей, что позволяет обеспечить надёжную совместную работу усиливающего элемента с усиливаемой конструкцией каменной арки по всей её длине. Предложенный вариант усиления конструкций арок разработан на основании проведённых исследований по определению фактической схемы работы этих конструкций в процессе эксплуатации зданий [4, 5, 10].

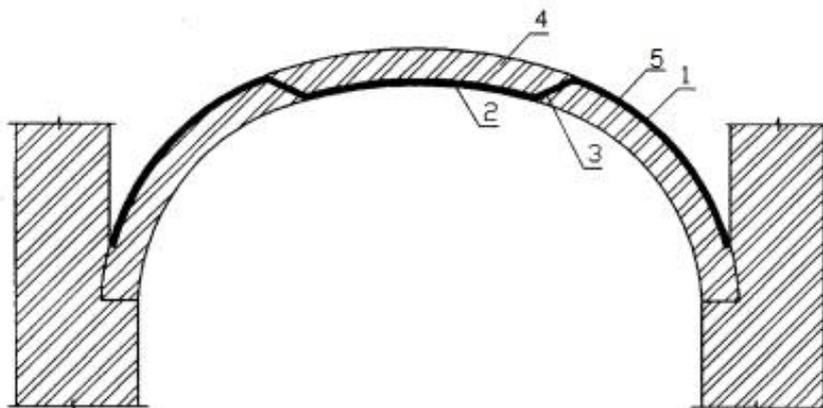


Рис. 5. Усиление арки композитными материалами на основе углеволокна:

- 1 – композитный материал на верхнем поясе арки; 2 – композитный материал на нижнем поясе арки;
3 – место перехода усиливающего материала с нижнего на верхний пояс;
4 – усиливаемая арка; 5 – штроба

Для конструкций, к которым не предъявляются повышенные требования к их экстерьеру, предлагается использовать «Устройство усиления каменных сводчатых перекрытий здания» [11, 12]. С помощью этого способа также полностью восстанавливается, а при необходимости и усиливается, несущая способность арочных конструкций, но при этом он значительно менее трудоёмкий и более экономичный относительно выше предложенного. Отличительной особенностью этого способа является то, что для усиления используются широко распространённые материалы (стальной прокат), для монтажа которых не требуется привлечение высоко квалифицированных специалистов.

Предлагаемый способ представляет устройство усиления с использованием стальных элементов, которые, как и в вышеописанном устройстве, устанавливаются только в зонах возникновения растягивающих усилий. В качестве опорных площадок, для анкеровки усиливающих стальных элементов верхнего и нижнего поясов, используются стальные швеллера. Объединение их работы осуществляется посредством установки стальных резьбовых шпилек. Техническое решение по усилению показано на рис. 6.

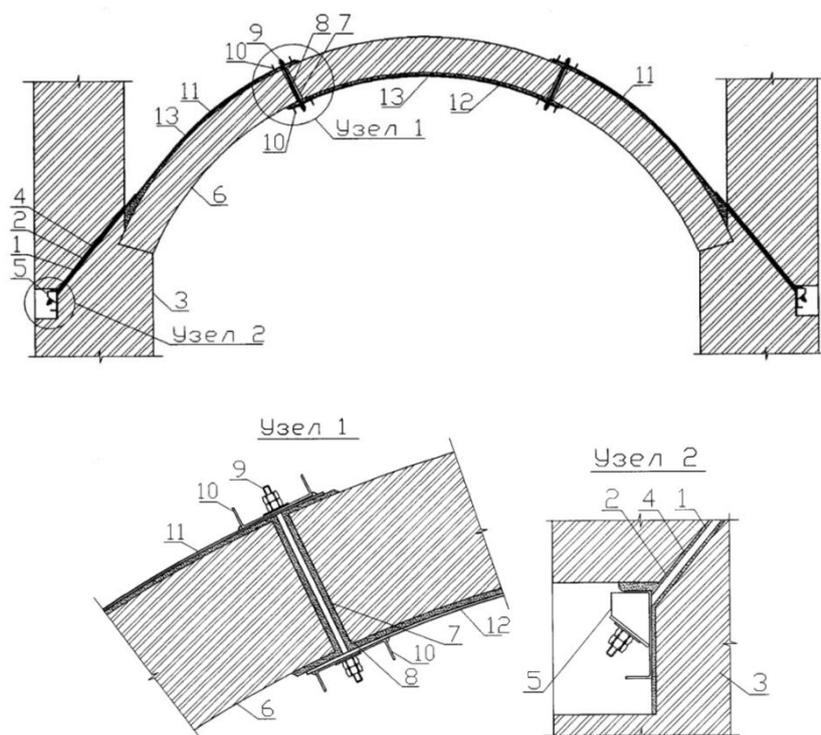


Рис. 6. Усиление арки композитными материалами на основе углеволокна: 1 – арматура; 2 – отверстия; 3 – несущая стена; 4 – инъецированный раствор; 5 – анкера; 6 – усиливаемая арка; 7 – отверстия; 8 – инъецированный раствор; 9 – резьбовые шпильки; 10 – швеллер; 11, 12 – стальные полосы; 13 – расширяющийся раствор

Заключение.

Приведены результаты обследования технического состояния арочных конструкций с предоставлением данных о геометрических параметрах обследуемых конструкций, а также приведено описание наиболее часто встречающихся дефектов и повреждений в них. Установлены наиболее вероятные причины возникновения указанных повреждений.

Разработаны конструктивные решения для восстановления работоспособности повреждённых арочных каменных конструкций перекрытий. Предложенные технические решения позволяют восстановить работоспособность повреждённых конструкций с использованием различных современных материалов и технологий, а также обеспечить сохранение внешнего облика (экстерьера) усиливаемых конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Малый энциклопедический словарь.** – Т. 2. – Вып. 4 / Ф. А. Брокгауз, И. А. Ефрон. – СПб.: Брокгауз-Ефрон, 1909. – 1058 с.
2. **Зимин, С. С.** Сводчатые конструкции исторических зданий / С. С. Зимин, В. В. Беспалов, О. Д. Кокоткова // *Строительство уникальных зданий и сооружений.* – 2015. – № 2(29). – С. 57-72.
3. **Иванова, Е. Ю.** Арочные распорные системы из кладочного материала в памятниках русской культовой архитектуры / Е. Ю. Иванова, А. Г. Хабибулина, А. М. Хабибулина, Ю. В. Васильева // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета.* – 2019. – № 2(48). – С. 56-64.
4. **Балковски, Ф. Д.** Санирование исторических зданий / Ф. Д. Балковски. – М.: Стройиздат, 2002. – 80 с.

5. **Бессонов, Г. Б.** Исследование деформаций, расчет несущей способности и конструктивное укрепление древних распорных систем / Г. Б. Бессонов. – М.: Союзреставрация, – 1989. – 171 с.

6. **Липатов, А. Н.** Византийские традиции в строительном производстве Древней Руси: строительные растворы, стены, фундаменты. Дис. канд.ист. наук: 07.00.06. Санкт-Петербург, 2006 г. 304 с.

7. **Zampieri, P.** A review of methods for strengthening of masonry arches with composite materials / P.Zampieri // Engineering Structures. – 2018. – Issue 171. – Pp. 154-169.

8. **Павлов, В. В., Хорьков, Е. В.** Способ усиления каменных сводчатых перекрытий здания. пат. № 2471943 (Российская Федерация), МПК E04G 23/02 патентообладатели федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» КазГАСУ, Павлов Валерий Вадимович. – № 2011114108/03; заявл. 11.04.2011; – опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1. – 6 с.

9. **Павлов, В. В., Хорьков, Е. В.** Устройство усиления каменных сводчатых перекрытий здания. пат. №169131 (Российская Федерация), МПК E04G 23/02 патентообладатели федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» КазГАСУ, Павлов Валерий Вадимович, Хорьков Евгений Владимирович – № 2016117338; заявл. 04.05.2016; – опубл. 06.03.2017, Бюл. № 7. – 5 с.

10. **Павлов, В. В.** Восстановление работоспособности каменных арок и сводов / В. В. Павлов, Е. В. Хорьков // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 6(65). – С.65-70.

11. **Павлов, В. В., Хорьков, Е. В.** Устройство усиления каменных сводчатых перекрытий здания. пат. №171928 (Российская Федерация), МПК E04G 23/02 патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» КазГАСУ, Павлов Валерий Вадимович, Хорьков Евгений Владимирович. – № 2017101735; заявл. 19.01.2017; – опубл. 21.06.2017, Бюл. № 18. – 5 с.

12. **Павлов, В. В.** Дефекты, повреждения и методы усиления каменных распорных конструкций перекрытий и покрытий / В. В. Павлов, Д. И. Шавалеев // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: сборник материалов VI Всероссийской студенческой конференции. – Йошкар-Ола, 2020. – С.87-89.

Поступила в редакцию 10 сентября 2021

STRUCTURAL SOLUTIONS FOR STRENGTHENING DAMAGED STONE ARCH STRUCTURES

V. V. Pavlov, E. V. Khorkov

Pavlov Valery Vadimovich, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, phone: +7(843)510-47-05; e-mail: newtura@mail.ru

Khorkov Evgeny Vladimirovich, assistant, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, phone: +7(843)510-47-05; e-mail: evgne@mail.ru

We considered the historical aspects of the emergence of stone arched structures of ceilings, the materials used for their construction in various historical periods, the classification of arched structures, as well as the main design solutions and technological aspects of their construction. We present the results of the work performed to determine the numerical values of geometric parameters and to survey the technical condition of arched structures of old buildings located in the central (historical) part of Kazan. As well we demonstrate the results of a

study of the works of other authors to determine the most common defects and damages in arches and the causes of their occurrence. We show the technical solutions of various authors to strengthen arched structures using various materials, including composite materials based on unidirectional carbon fibers. We describe the scope of application and outline the technical solutions developed by the authors of the article for strengthening arched structures that take into account the features of their design solutions and damages.

Keywords: arch; sprung structures; defects; damage; reinforcement; restoration.

REFERENCES

1. **Brockhaus F. A., Efron I. A.** *Small encyclopedic dictionary*. St. Petersburg, Publishing House of Brokgauz –Yefron. 1909. Vol. 2. Issue 4, 1058 p. (in Russian)
2. **Zimin S. S., Bepalov V. V., Kokotkova O. D.** *Vaulted structures of historic buildings*. Construction of unique buildings and structures. 2015. Vol. 29. No. 2. Pp.57-72. (in Russian)
3. **Ivanova E. U., Khabibulina A. G., Khabibulina A. M., Vasilyeva U. V.** *Arched spacer systems made of masonry material in the monuments of Russian cult architecture*. Izvestia of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2019. Vol. 48. No. 2. Pp. 56-64. (in Russian)
4. **Balkovski F. D.** *Renovation of historic buildings*. Moscow, Publishing House of Stroyizdat. 2002. 80 p. (in Russian)
5. **Bessonov G. B.** *Study of deformations, calculation of bearing capacity and structural strengthening of ancient spacer systems*. Moscow, Publishing House of Soyuzrestavratsiya. 1989. 171p. (in Russian)
6. **Lipatov A. N.** *Byzantine traditions in the construction industry of Ancient Rus: mortars, walls, foundations*. St. Petersburg. 2006. 304 p. (in Russian)
7. **Zampieri P.** *A review of methods for strengthening of masonry arches with composite materials*. Engineering Structures. 2018.Issue. 171. Pp. 154-169.
8. **Pavlov V. V., Khorkov E. V.** *A method of strengthening the stone vaulted floors of a building*. Pat. No. 2471943 (Russian Federation), IPC E04G 23/02 patentee Federal state educational institution of higher professional education «Kazan State University of Architecture and Civil Engineering». No. 2011114108/03; Appl. 04.11.2011; publ. 01.10.2013; bul. No. 1. 6 p. (in Russian)
9. **Pavlov V. V., Khorkov E. V.** *Reinforcement device for stone vaulted ceilings of the building*. Pat. No. 169131 (Russian Federation), IPC E04G 23/02 patentee Federal state educational institution of higher professional education «Kazan State University of Architecture and Civil Engineering». No. 2016117338; Appl. 05.04.2016; publ. 06.03.2017; bul. No. 7. 5 p. (in Russian)
10. **Pavlov V.V., Khorkov E.V.** Structural rehabilitation of masonry arches and vaults. Bulletin of Civil Engineers. 2017. No. 65. Pp. 65-70. (in Russian)
11. **Pavlov V.V., Khorkov E.V.** *Reinforcement device for stone vaulted ceilings of the building*. Pat. No. 171928 (Russian Federation), IPC E04G 23/02 patentee Federal state educational institution of higher professional education «Kazan State University of Architecture and Civil Engineering». No. 2017101735; Appl. 01.19.2017; publ. 06.21.2017; bul. No. 18. 5 p. (in Russian)
12. **Pavlov V. V., Shavaleev D. I.** *Defects, Damages and Methods of Strengthening Stone Spacer Structures of Ceilings and Coverings*. Engineering staff - the future of the innovative economy of Russia: collection of articles of the VI All-Russian student conference. Yoshkar-Ola, 2020. Pp.87-89. (in Russian)

Received 10 September 2021

Для цитирования:

Павлов, В. В. Конструктивные решения усиления повреждённых каменных арочных конструкций / В. В. Павлов, Е. В. Хорьков // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 9-18. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.001.

FOR CITATION:

Pavlov V. V., Khorkov E. V. *Structural solutions for strengthening damaged stone arch structures*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 9-18. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.001. (in Russian)

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.002

УДК 628.83

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

В. В. Шичкин, М. Н. Жерлыкина, С. А. Яременко, С. А. Соловьев

Шичкин Виталий Владимирович, аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(980)544-13-89; e-mail: adiad23@mail.ru

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

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)271-53-21; e-mail: jaremenko83@mail.ru

Соловьев Сергей Анатольевич, ассистент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(960)123-57-61; e-mail: swiftsnake@rambler.ru

Проанализирована актуальность строительства объектов культурно-массового назначения. Описана целесообразность проектирования многофункциональных трансформируемых помещений для общественных зданий. Приведены достоинства и недостатки применения рециркуляции воздуха как способа энергосбережения. Акцентировано внимание на поддержании чистоты воздуха в помещении и способах борьбы с бактериями и вирусами в приточном воздухе. Предложена схема многозональной общеобменной вентиляции воздуха без рециркуляции с блокированием кондиционеров для взаимозаменяемости с целью обеспечения микроклимата в многофункциональных помещениях общественных зданий. Описана последовательность работы системы вентиляции в теплый и холодный период года. Разработана система рекуперации с промежуточным холодоносителем для теплого периода года. Приведено описание работы установки кондиционирования воздуха. На примере реально существующего объекта выполнено численное исследование режимов работы системы вентиляции с рекуперацией теплоты и холода для трансформируемого помещения. Построен график для определения граничных условий работы рекуператора исходя из соотношения между интенсивностью теплообмена за счёт конвекции и интенсивностью теплообмена за счёт теплопроводности. При различных наружных температурах воздуха и расчетных температурах уходящего воздуха построены графики определения оптимальных параметров температуры воздуха на входе в утилизатор при оптимальных значениях водяного эквивалента. Выявлены и описаны режимы работы кондиционеров с теплоутилизатором в теплый период года, работающих в составе многозональной общеобменной вентиляции воздуха с блокированием кондиционеров для взаимозаменяемости. В ходе численного исследования выявлено, что наибольшая энергоэффективность системы вентиляции с рекуператором будет достигнута при принятии в качестве оптимального значения водяного эквивалента $W = 3$.

Ключевые слова: теплообменник; теплоутилизатор; граничные условия; промежуточный теплоноситель; переменный расход воздуха; температура.

В настоящее время развитие архитектурно-планировочных решений общественных и

гражданских зданий характеризуется увеличением внутреннего объема помещений. Основным залогом успеха любого мероприятия считается качество предусмотренной для его проведения площадки.

Важно учитывать формат мероприятия, количество людей, возможность их комфортного размещения, наличие дополнительных залов. Приведенным требованиям отвечают современные конференц-залы, получившие название многофункциональные залы-трансформеры, которые подстраиваются под требования организаторов в зависимости от особенностей и масштаба проекта.

Следует отметить, что особенностью помещений залов-трансформеров является их неравномерная заполняемость людьми по площади и по времени, что следует учитывать при проектировании в них системы вентиляции.

Существующие на сегодняшний день инженерные решения вентиляции подобных помещений оказываются недостаточно эффективными для создания комфортных условий и технико-экономически нерациональными. Производительности системы вентиляции с постоянным расходом воздуха при максимальном заполнении помещения людьми оказывается недостаточно, а при малом заполнении – количество воздуха подаётся в помещение сверх нормы, что приводит к неоправданным расходам воздуха и перерасходу энергоресурсов.

Следует отметить, что для обеспечения энергосбережения при работе современной инженерной системы используется метод рециркуляции воздуха. Однако в реалиях сегодняшнего дня повторное использование воздуха, удаленного из помещения системами общеобменной вентиляции, даже прошедшего тонкую очистку в фильтрах, не является безопасным. С недавнего времени широкое распространение получило использование секций бактерицидной обработки воздуха с ультрафиолетовой защитой в приточных камерах системы вентиляции. Однако применение подобного оборудования возможно при расходе воздуха до 10800 м³/ч. Таким образом, предусматривать устройство очистки воздуха в системах вентиляции помещений большого объема возможно только в случае принятия дополнительных обоснованных решений по конструированию инженерной системы [1...3].

Исходя из вышесказанного, для обеспечения микроклимата в многофункциональных помещениях общественных зданий предлагается схема многозональной общеобменной вентиляции воздуха без рециркуляции с блокированием кондиционеров для взаимозаменяемости, представленная на рис. 1.

Работа системы вентиляции с блокированием кондиционеров для взаимозаменяемости заключается в следующем: для подготовки приточного воздуха при вентиляции помещения большого объема, включающего в себя различные комбинации V_1 , V_{II} , V_{III} , подбирается несколько кондиционеров 1, оснащенных регулирующей арматурой 2 и теплообменниками-утилизаторами 3. Далее воздух перемещается в коллектор приточного воздуха 6, где происходит распределение потоков в объеме трансформируемого помещения. При этом местные подогреватели 7 качественно регулируют состояние приточного воздуха до расчетных значений. Объем трансформируемого помещения вентилируется полностью, вне зависимости от режима его эксплуатации. Отметим, что уходящий из помещения воздух перемещает значительное количество теплоты. Нагнетаемый вытяжным вентилятором 5 удаляемый воздух попадает в коллектор 4. Равномерно распределенный объем уходящего воздуха вовлекается в теплообменник-теплоутилизатор 3.

В холодный период года полученная в утилизаторе 3 энергия используется для нагрева приточного воздуха, что значительно повышает эффективность системы. В теплый период года теплообменник может быть использован для утилизации и теплоты, и холода. В силу значительных объемов избыточной теплоты в помещении и существенных затрат энергии на подготовку приточного воздуха при переменных наружных температурах, в том

числе многократно превышающих нормативные значения, разработка схема многозональной общеобменной вентиляции воздуха с блокированием кондиционеров для взаимозаменяемости и с утилизацией холода является актуальной.

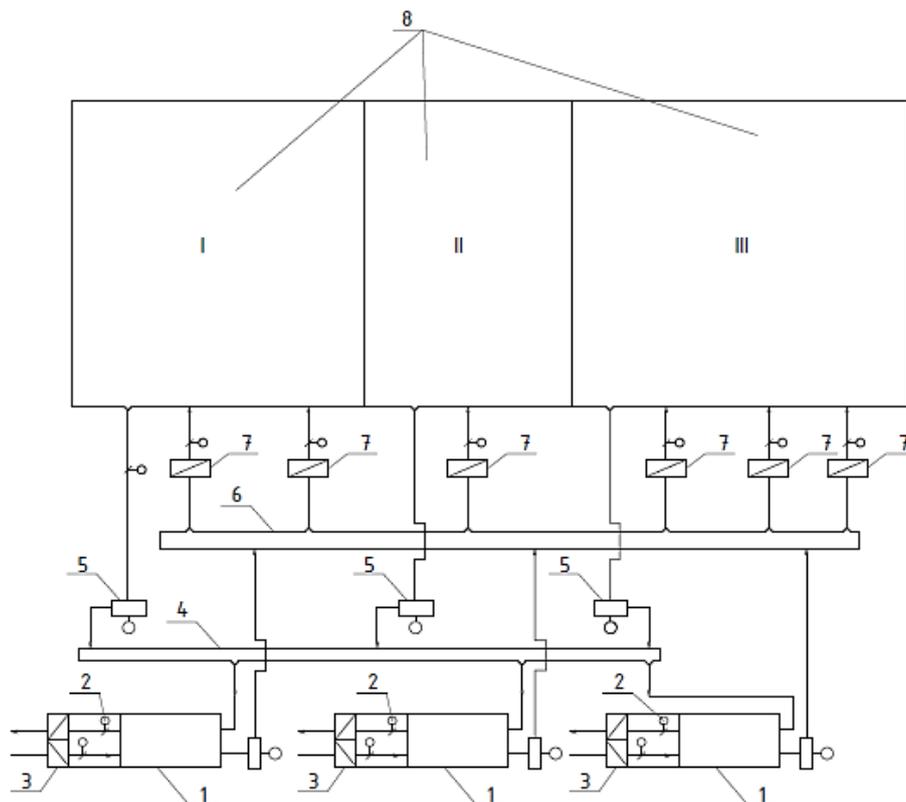


Рис. 1. Схема многозональной общеобменной вентиляции воздуха с блокированием кондиционеров для взаимозаменяемости: 1 – кондиционеры; 2 – регулирующие клапаны; 3 – утилизаторы тепла и холода; 4 – коллектор воздуха, удаляемого из помещения; 5 – вытяжной вентилятор; 6 – коллектор приточного воздуха; 7 – местный подогреватель; 8 – обслуживаемые помещения; I, II, III – обслуживаемые зоны трансформированного помещения, в зависимости от назначения

Разработана система рекуперации с промежуточным холодоносителем для теплого периода года [4...7] и представлена на рис. 2.

Как следует из рис. 2, наружный воздух с параметрами t_n , φ_n , L_n поступает в рекуператор первой ступени приточной системы 1, в котором происходит процесс теплообмена между удаляемым воздухом с поступающим наружным воздухом посредством промежуточного теплоносителя – водой. После теплообменника-охладителя приточной системы рекуператора первой ступени воздух поступает в теплообменник приточной системы рекуператора второй ступени с постоянной температурой $t_{\text{пост}}$. Далее воздух движется в помещение с параметрами $t_{\text{п}}$, $\varphi_{\text{п}}$, $L_{\text{п}}$. Для получения постоянной температуры $t_{\text{пост}}$ в схеме предусмотрено включение теплообменника-охладителя рекуператора второй ступени на вытяжной линии. Режим работы теплообменника регулируется посредством трехходового крана. В зависимости от показателей наружного воздуха (t_n) и удаляемого из помещения (t_y) в теплообменнике-охладителе рекуператора второй ступени на вытяжной линии поддерживаются требуемые параметры воздуха на входе перед теплообменником-охладителем рекуператора первой ступени на вытяжной линии. Целью работы системы является получение постоянной температуры $t_{\text{пост}}$.

Конструктивно теплоутилизаторы включают в себя два теплообменника, которые соединены друг с другом, и образуют замкнутый контур, по которому движется теплоноситель-вода. Один из змеевиков теплообменника размещают в подающем канале, а другой в вытяжном.

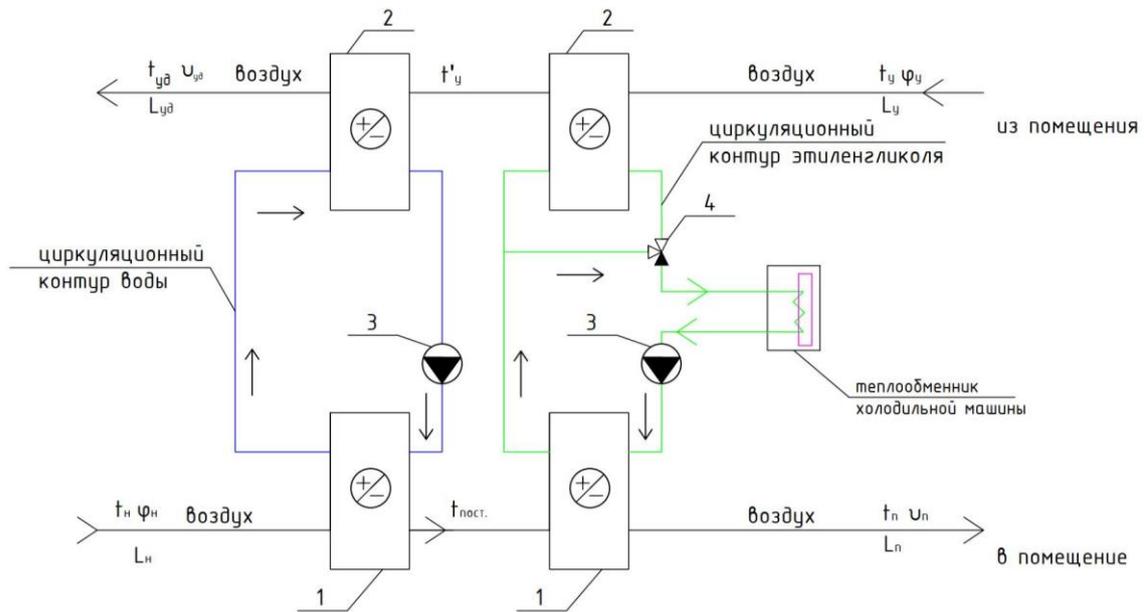


Рис. 2. Принципиальная схема системы рекуперации холодоносителя в теплый период года:

1 – теплообменники приточной системы, 2 – теплообменники вытяжной системы,

3 – циркуляционные насосы, 4 – трехходовой кран;

параметры воздуха: t_y, ϕ_y, L_y – температура, °С, относительная влажность, %, объемный расход, м³/ч, уходящего воздуха из помещения; t_y, ϕ_y, L_y – температура, °С, относительная влажность, %, объемный расход, м³/ч, удаляемого воздуха; t_n, ϕ_n, L_n – температура, °С, относительная влажность, %, объемный расход, м³/ч, приточного воздуха; t_n, ϕ_n, L_n – температура, °С, относительная влажность, %, объемный расход, м³/ч, наружного воздуха; $t_{пост.}$ – постоянная температура перед рекуператором второй ступени, равная 29 °С

Определение режимов работы системы вентиляции, запроектированной по предложенной схеме, в зависимости от величины теплоизбытков в помещении выполнено на примере многоцелевого концертного зала Event-Hall в г. Воронеж. Расчетное значение максимального часового расхода воздуха в теплый период года составляет 136333,3 кг/ч [6]. В системе вентиляции предусмотрим четыре кондиционера с одинаковой производительностью.

Для проведения численного эксперимента выбран блок с теплообменниками центрального кондиционера КЦКП-40. Площадь фронтального сечения, $f_в$, центрального кондиционера КЦКП-40 составляет 3,474 м², площадь живого сечения одной медной трубки $f_w = 0,0001108$ м², расстояние между трубками 1,8, высота трубной решетки $H_{тр} = 2,0$ м. В качестве теплоносителя используется вода.

Массовая скорость движения воздуха в живом сечении теплообменника, $v\rho$, кг/(м²·с), определяется по формуле [8...10]:

$$v\rho = \frac{G_B}{3600 \cdot f_B}, \tag{1}$$

где G_B – расход воздуха, кг/ч; f_B – площадь фронтального сечения теплообменника, м².

Расход теплоносителя при оптимальном значении водяного эквивалента W определяется по формуле:

$$G_ж = \frac{G_B \cdot c_B}{W \cdot c_ж}, \tag{2}$$

где $W \in [1; 3]$; c_B – теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг·°С); $c_ж$ – теплоемкость промежуточного теплоносителя, для воды равная 4,2 кДж/(кг·°С); G_B – расход воздуха, кг/ч.

Общее количество трубок, шт., определяется по формуле:

$$N = \frac{p \cdot H_{\text{тр}}}{h_{\text{во}}}, \quad (3)$$

где $h_{\text{во}}$ – шаг труб по высоте, м, $h_{\text{во}} = 0,05$ м; $H_{\text{тр}}$ – высота трубной решетки, м, $H_{\text{тр}} = 2,05$ м; p – число рядов, по [10] принято равным 10.

В результате расчета получаем $N = 410$ шт.

Число подключений к коллектору, шт., определяется по формуле:

$$m = \frac{N}{n}, \quad (4)$$

где N – число трубок по ходу движения воздуха, шт.; n – число ходов, по [10] принято равным 16.

В результате расчета получаем $m = 26$ шт.

Скорость движения теплоносителя в трубках теплообменника определяется по формуле:

$$w_{\text{жс}} = \frac{G_{\text{жс}}}{3600 \cdot f_w \cdot m \cdot \rho_{\text{жс}}}, \quad (5)$$

где $G_{\text{жс}}$ – расход теплоносителя, кг/ч; f_w – площадь живого сечения одной медной трубки, $f_w = 0,0001108$ м² [9]; m – число трубок, подключаемых к подающему коллектору, шт.; ρ_w – плотность теплоносителя, 1000 кг/м³.

Коэффициент теплопередачи, при шаге трубок 1,8 мм Вт/(м²·°С), определяется по формуле:

$$K^{\text{BO}} = 20,94 \cdot (v\rho)^{0,37} \cdot (w_{\text{жс}})^{0,18}, \quad (6)$$

Число единиц переноса теплоты, характеризуемое критерием Нуссельта, NTU , определяется по зависимости:

$$NTU = \frac{3,6 \cdot K^{\text{BO}} \cdot 10 \cdot F}{c_{\text{в}} \cdot G_{\text{в}}}, \quad (7)$$

где $G_{\text{в}}$ – расход воздуха, кг/ч; F – площадь поверхности теплообмена одного ряда, $F = 95$ м² [9]; $c_{\text{в}}$ – теплоемкость воздуха, 1,005 кДж/(кг·°С).

Общий коэффициент температурной эффективности системы с промежуточным теплоносителем определяется по формуле:

$$\Theta_{\text{общ}} = \frac{1}{\frac{1}{\Theta_1} + \frac{1}{\Theta_2} - 1}. \quad (8)$$

Температура удаляемого воздуха на входе в рекуператор рассчитывается по формуле [7, 10]:

$$t'_y = \frac{t''_{\text{пост}} - t_{\text{н}}}{\Theta_{\text{общ}}} + t_{\text{н}}, \quad (9)$$

где $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °С, в расчетах применяем следующие значения: 30 °С – температура наружного воздуха выше нормативного значения, охлаждение воздуха климатической системой обеспечивается в полном объеме, 35 °С – максимальное значение температуры наружного воздуха, при котором возможна устойчивая работа климатической техники, 41 °С – вероятностная температура наружного воздуха, при которой необходимо обеспечить устойчивую работу климатической техники при охлаждении воздуха до расчетной величины; $t''_{\text{пост}}$ – температура воздуха на выходе из рекуператора первой ступени перед второй установкой, принимаем постоянной, 29 °С.

Установлено, что частные значения коэффициентов температурной эффективности теплообменников $\Theta_{1,2}$ при оптимальных W находятся в области пограничных кривых, построенных при решении уравнения подобия процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости и определения величины критерия Нуссельта (рис. 3).

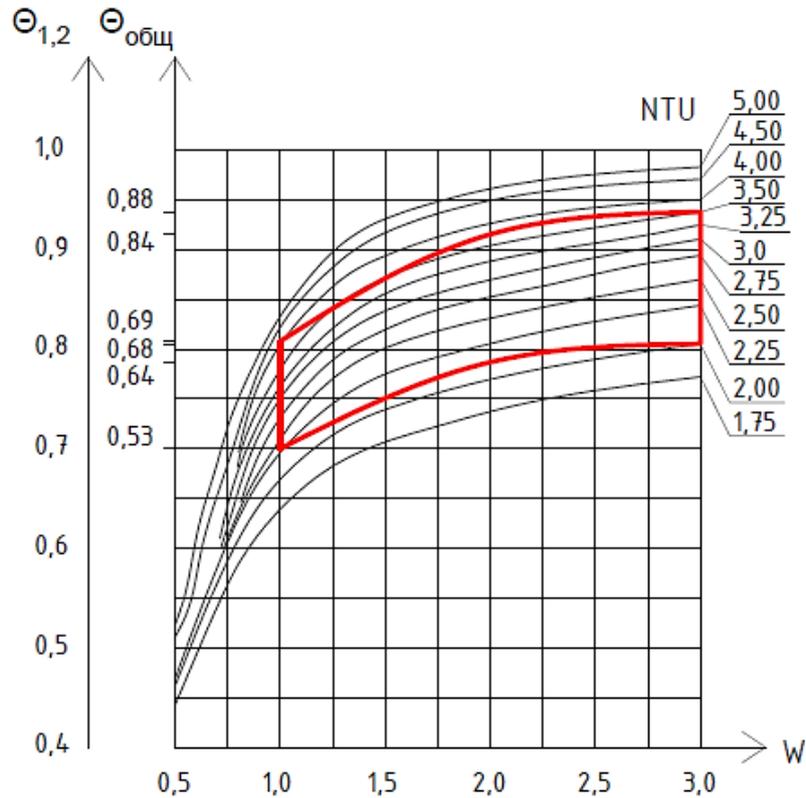


Рис. 3. Определение граничных условий работы рекуператора исходя из соотношения между интенсивностью теплообмена за счёт конвекции и интенсивностью теплообмена за счёт теплопроводности

По данным [6] температура уходящего воздуха t_{yx} находится в диапазоне от 27 °С до 37 °С. При различных наружных температурах воздуха (t_n , °С) построены графики определения оптимальных параметров температуры воздуха на входе в утилизатор при различных значениях водяного эквивалента W (рис. 4...6).

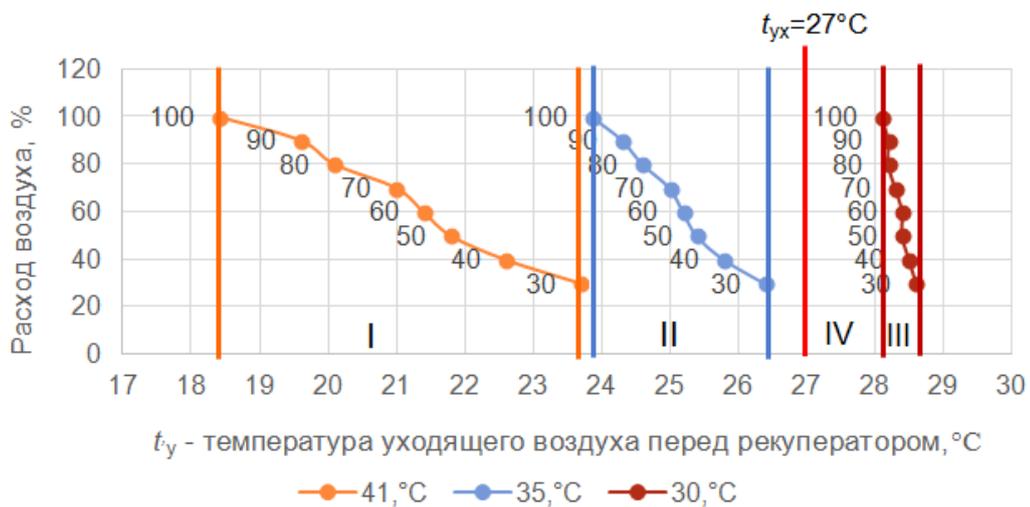


Рис. 4. Определение оптимальных параметров температуры воздуха на входе в утилизатор для заданных параметров при $W = 1$

Как следует из рис. 4, при оптимальном значении $W = 1$ и $t_n = 41^\circ\text{C}$ (зона I), $t_n = 35^\circ\text{C}$ (зона II), необходимо охлаждение удаляемого воздуха из помещения за счет теплообменника-охладителя рекуператора второй ступени; $t_n = 30^\circ\text{C}$ (зона III) – дополнительного охлаждения с помощью рекуператора не требуется, в рекуператоре первой ступени охлаждение происходит за счет воздуха из помещения. Зона IV – зона повышенной эффективности работы установки, при котором происходит экономия холодильной мощности при $t_n = 30^\circ\text{C}$.

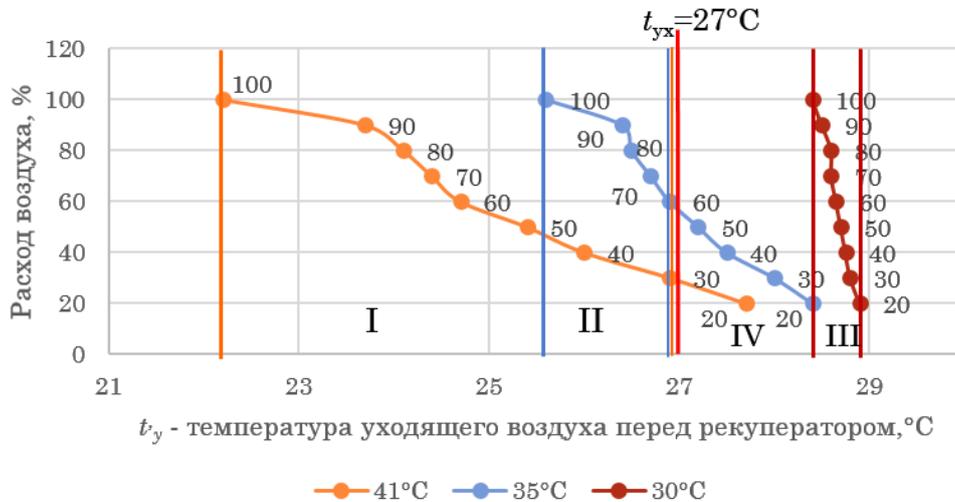


Рис. 5. Определение оптимальных параметров температуры воздуха на входе в утилизатор для заданных параметров при $W = 2$

Как следует из рис. 5, при оптимальном значении $W = 2$ и $t_n = 41^\circ\text{C}$ (зона I) необходимо охлаждение удаляемого воздуха из помещения за счет теплообменника-охладителя рекуператора второй ступени для обработки до 70 % наружного воздуха от максимального расхода; при $t_n = 35^\circ\text{C}$ (зона II) – необходимо охлаждение удаляемого воздуха из помещения для обработки до 40 % наружного воздуха от максимального расхода; при $t_n = 30^\circ\text{C}$ (зона III) – дополнительного охлаждения с помощью рекуператора не требуется, в рекуператоре первой ступени охлаждение происходит за счет воздуха из помещения. Зона IV – зона повышенной эффективности работы установки для $t_n = 30^\circ\text{C}$, при которой происходит экономия холодильной мощности. Также в этой зоне не требуется дополнительного охлаждения удаляемого воздуха из помещения для обработки наружного воздуха до 30 % от максимального расхода при $t_n = 41^\circ\text{C}$ и до 60 % при $t_n = 35^\circ\text{C}$.

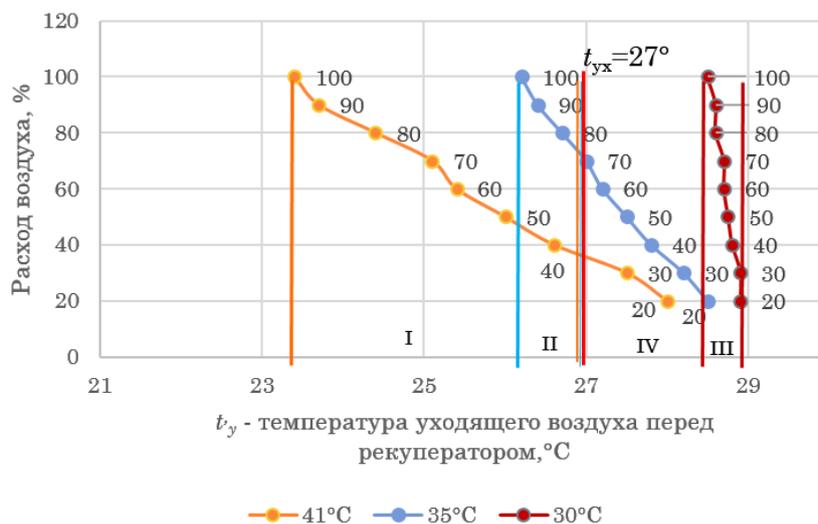


Рис. 6. Определение оптимальных параметров температуры воздуха на входе в утилизатор для заданных параметров при $W = 3$

Как следует из рис. 6, при оптимальном значении $W = 3$ и $t_n = 41$ °С (зона I), необходимо охлаждение удаляемого воздуха из помещения за счет теплообменника-охладителя рекуператора второй ступени для обработки до 65 % наружного воздуха от максимального расхода; при $t_n = 35$ °С (зона II), необходимо охлаждение удаляемого воздуха из помещения для обработки до 20 % наружного воздуха от максимального расхода; при $t_n = 30$ °С (зона III), дополнительного охлаждения с помощью рекуператора не требуется, в рекуператоре первой ступени охлаждение происходит за счет воздуха из помещения. Зона IV – зона повышенной эффективности работы установки для $t_n = 30$ °С, при которой происходит экономия холодильной мощности. Также в этой зоне не требуется дополнительного охлаждения удаляемого воздуха из помещения для обработки наружного воздуха до 35 % от максимального расхода при $t_n = 41$ °С и до 80 % при $t_n = 35$ °С.

Таким образом, с учетом рекомендаций [11] определены режимы работы кондиционеров с теплоутилизатором в теплый период года, работающих в составе многозональной общеобменной вентиляции воздуха с блокированием кондиционеров для взаимозаменяемости:

✓ при температуре $t_n \in (10; 23)$, °С, установка работает на нагрев наружного воздуха, в теплоутилизаторе происходит передачи теплоты от уходящего из помещения воздуха – приточному воздуху;

✓ при температуре $t_n \in [23; 25]$, °С, система вентиляции работает без нагрева или охлаждения наружного воздуха;

✓ при температуре 29 °С $< t_n \leq 41$ °С работа установки осуществляется по следующему принципу:

если принято оптимальное значение $W = 1$, то

при $t_n = 41$ °С, $t_n = 35$ °С необходимо охлаждение удаляемого воздуха из помещения за счет рекуператора второй ступени, расположенного в рамках циркуляционного кольца с этиленгликолем;

при $t_n = 30$ °С, $t_{yx} = 27 \dots 28,5$ °С и $t_{yx} = t_y$ охлаждение с помощью рекуператора не требуется. В рекуператоре первой ступени происходит теплообмен напрямую с воздухом из помещения;

если принято оптимальное значение $W = 2$, то

при $t_n = 41$ °С и $t_n = 35$ °С необходимо охлаждение удаляемого воздуха из помещения за счет рекуператора второй ступени, расположенного в рамках циркуляционного кольца с этиленгликолем, при $t_{yx} = 27 \dots 28,5$ °С можно охладить 28 % и 68 %, соответственно, расхода воздуха без использования рекуператора второй ступени, включенного в кольцо циркуляции этиленгликоля; при $t_{yx} > 28,5$ для охлаждения уходящего воздуха необходимо использование рекуператора второй ступени;

при $t_n = 30$ °С, $t_{yx} = 27 \dots 28,5$ °С и $t_{yx} = t_y$ охлаждение с помощью рекуператора не требуется. В рекуператоре первой ступени происходит теплообмен напрямую с воздухом из помещения.

если принято оптимальное значение $W = 3$, то

при $t_n = 41$ °С, $t_n = 35$ °С, необходимо охлаждение удаляемого воздуха из помещения за счет рекуператора второй ступени, расположенного в рамках циркуляционного кольца с этиленгликолем, при $t_{yx} = 27 \dots 28,5$ °С можно охладить 40 % и 80 % расхода воздуха, соответственно, без использования рекуператора второй ступени, включенного в кольцо циркуляции этиленгликоля; при $t_{yx} > 28,5$ для охлаждения уходящего воздуха необходимо использование рекуператора второй ступени;

при $t_n = 30$ °С, $t_{yx} = 27 \dots 28,5$ °С и $t_{yx} = t_y$ охлаждение с помощью рекуператора не требуется. В рекуператоре первой ступени происходит теплообмен напрямую с воздухом из помещения.

Заключение.

Предложена схема системы вентиляции для трансформируемых помещений больших объемов с блочным расположением кондиционеров для обеспечения их взаимозаменяемости при различных режимах работы. Для утилизации энергии уходящего из помещения воздуха рекомендуется использовать теплообменник с промежуточным холодоносителем – водой.

Приведены графики, иллюстрирующие результаты численного моделирования при различных режимах работы установки кондиционирования с учетом различных температур наружного воздуха: для значений, приведенных в нормативных документах для района строительства; для температур, приведенных в рекомендациях по работе холодильной техники, и для максимальных значений температур наружного воздуха, выявленных в ходе анализа погодных условий в регионе за несколько прошедших лет.

В результате исследования выявлено, что при оптимальном значении водяного эквивалента $W=3$, температуре уходящего из помещения воздуха равной $27...28,5$ °С и значениях температур наружного воздуха более 35 °С возможно охлаждение большего объема воздуха без использования охлаждения с помощью рекуператора, что обеспечивает существенную экономию энергии на кондиционирование помещений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Жерлыкина, М. Н.** Обеспечение энергосбережения СКВ предприятий общественного питания / М. Н. Жерлыкина, Т. В. Щукина, Е. И. Лобов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 3(6). – С. 34-42.
2. **Богуславский, Л. Д.** Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: справочное пособие / Л. Д. Богуславский [и др.]. – Москва: Стройиздат, 1990. – 624 с.
3. **Мерщев, А. А.** Рекуперация тепла в здании / А. А. Мерщев, И. П. Мерщьева // Инженерные системы и сооружения. – 2013. – № 4. – С. 16-21.
4. **Свердлов, А. В.** Современные технологии рекуперации тепла в климатическом оборудовании / А. В. Свердлов // АВОК. – 2014. – № 3. – С. 28-30.
5. **Свердлов, А. В.** Температурный расчет системы рекуперации тепла Econet / А. В. Свердлов // АВОК. – 2015. – № 2. – С. 22.
6. **Шичкин, В. В.** Обоснование применения рекуперации теплоты вентиляционного воздуха при климатизации универсальных быстротрансформирующихся зданий / В. В. Шичкин, М. Н. Жерлыкина, С. А. Яременко, С. А. Соловьев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2020. – № 1(12). – С. 34-42.
7. **Шичкин, В. В.** Обоснование применения этиленгликоля в системах вентиляции с переменным расходом воздуха / В. В. Шичкин, М. Н. Жерлыкина, К. В. Гармонов, С. А. Соловьев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2020. – № 4(15). – С. 34-42.
8. **Лобанов, Д. В.** Учет комплекса параметров при оценке состояния микроклимата в помещении / Д. В. Лобанов, В. В. Шичкин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 4 (3). – С. 70-75.
9. **Жерлыкина, М. Н.** Кондиционирование воздуха и холодоснабжение общественных зданий: учебное пособие / М. Н. Жерлыкина. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2011. – 128 с.
10. **Белова, Е. М.** Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях / Е. М. Белова. – Москва: Евроклимат, 2006. – 640 с.
11. **Ливчак, В. И.** О нормах воздухообмена общественных зданий и последствиях их завышения / В. И. Ливчак // АВОК – 2007. – № 6 – С. 4-9.

Поступила в редакцию 30 ноября 2021

DEVELOPMENT OF ADAPTIVE VENTILATION IN MULTIFUNCTIONAL LARGE-SCALE SPACE OF PUBLIC BUILDINGS

V. V. Shichkin, M. N. Zherlykina, S. A. Yaremenko, S. A. Solovyov

Shichkin Vitaly Vladimirovich, graduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(980)544-13-89; e-mail: adiadi23@mail.ru

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

Yaremenko Sergey Anatolevich, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Dean, Faculty of Engineering Systems and Sanitary Constructions, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-53-21; e-mail: jaremenko83@mail.ru

Solovyov Sergey Anatolyevich, Assistant, Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(960)123-57-61; e-mail: swiftsnake@rambler.ru

We analyzed the relevance of cultural facilities construction. As well, we described the expediency of designing multifunctional transformable spaces for public buildings. Moreover we presented advantages and disadvantages of using air recirculation as a method of energy saving. A special attention is focused on maintaining indoor air clean and on various ways of combatting bacteria and viruses in the intake air. We offered a scheme of multi-zone forced air ventilation without recirculation with blocking air conditioners for interchangeability in order to provide a microclimate in multifunctional spaces of public buildings. We described the sequence of operations in the ventilation system in warm and cold seasons. We also developed a recuperation system with an intermediate refrigerant for warm seasons. The article presents a detailed description of the air conditioning unit operation. We carried out a numerical study of the operating modes of the ventilation system with heat and cold recovery for transformable spaces on the example of a real-existing facility. We show a graph to determine the boundary conditions of the recuperator operation based on the ratio between the intensity of heat transfer due to convection and the intensity of heat transfer due to thermal conductivity. At various outside air temperatures and design temperatures of the outgoing air, we created some graphs for determining the optimal parameters of the air temperature at the inlet to the heat exchanger at the optimal values of the water equivalent. We identified and described several modes of operation of air conditioners with a heat exchanger in warm seasons, operating as part of a multi-zone forced air ventilation with blocking air conditioners for interchangeability. In the course of a numerical study, it was revealed that the highest energy efficiency of a ventilation system with a recuperator could be achieved when the water equivalent value $W = 3$ is taken as the optimal value.

Keywords: heat exchanger; heat recovery unit; boundary conditions; intermediate heat carrying agent; variable air flow; temperature.

REFERENCES

1. **Zherlykina M. N., Shchukina T. V., Lobov E. I.** *Ensuring energy saving of air conditioning system of public catering enterprises.* Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 3(6). Pp. 34-42. (in Russian)
2. **Boguslavsky L. D.** *Energy saving in heat supply, ventilation and air conditioning systems. Handbook.* Moscow, Stroyizdat.1990. 624 p. (in Russian)
3. **Mershchiyev A. A., Mershchiyeva I. P.** *Recovery is warm in Building.* Engineering systems and constructions. 2013. No. 4. Pp. 16-21. (in Russian)

4. **Sverdlov A. V.** *Modern technologies of heat recovery in climatic equipment.* AVOK. 2014. No 3. Pp. 28-30. (in Russian)
5. **Sverdlov A. V.** *Temperature calculation of heat recovery system Econet.* AVOK. 2015. No 2. Pp. 22. (in Russian)
6. **Shichkin V. V., Zherlykina M. N., Yaremenko S. A., Solovyov S. A.** *Justification of use heat recovery ventilation air in the air condition universal fast-transforming buildings.* Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 1(12). Pp. 34-42. (in Russian)
7. **Shichkin V. V., Zherlykina M. N., Garmonov K. V., Solovyov S. A.** *Rationale for the use of ethylene glycol in ventilation systems with variable air flow.* Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 4(15). Pp. 38-47. (in Russian)
8. **Lobanov D. V., Shichkin V. V.** *Onsideration of the complex parameters in the assessment of indoor climate.* Housing and municipal infrastructure. 2017. No. 4(3). Pp. 70-75. (in Russian)
9. **Zherlikina M. N.** *Air conditioning and cooling of public buildings.* Voronezh, Voronezh State Architectural and Construction University. 2011. 124 p. (in Russian)
10. **Belova E. M.** *Central air conditioning systems in buildings.* Moscow, Euroclimat. 2006. 640 p. (in Russian)
11. **Livchak V. I.** *On the norms of air exchange in public buildings and the consequences of their overstatement.* AVOK.2007. No 6. Pp. 4-9. (in Russian)

Received 30 November 2021

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Шичкин, В. В. Разработка адаптивной вентиляции многофункциональных помещений больших объемов общественных зданий / В. В. Шичкин, М. Н. Жерлыкина, С. А. Яременко, С. А. Соловьев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 19-29. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.002.

FOR CITATION:

Shichkin V. V., Zherlykina M. N., Yaremenko S. A., Solovyov S. A. *Development of adaptive ventilation in multifunctional large-scale space of public buildings.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 19-29. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.002. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.003

УДК 628.87

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ОТ ЧЕЛОВЕКА, ЗАНЯТОГО УМСТВЕННЫМ ТРУДОМ

Д. В. Лобанов, И. И. Звенигородский, А. А. Мерщев, Р. А. Шепс

Лобанов Дмитрий Валерьевич, старший преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: LDV-36@mail.ru

Звенигородский Игорь Иванович, канд. техн. наук, доцент, начальник кафедры, ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)244-76-45; e-mail: zvendocent@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

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

Умственный труд достаточно разнообразен и характеризуется различной степенью ответственности, монотонности, внимания, уровнем эмоционального напряжения. Для обеспечения комфортных условий пребывания человека на постоянном рабочем месте необходимо, в том числе, организовывать системы климатизации. Наиболее перспективными для указанной деятельности, являются персональные системы вентиляции, обеспечивающие качественную воздушную среду в зоне дыхания человека при одновременном снижении капитальных и эксплуатационных затрат по сравнению с традиционными видами систем вентиляции (смешивающая, вытесняющая вентиляция). Однако при проектировании таких систем следует ориентироваться не на «среднего условного человека», а учитывать индивидуальные особенности работника (возраст, пол и др.), выполняющего конкретный вид умственной деятельности. С целью уточнения фактической величины углекислого газа, выделяемого человеком при определенной умственной работе, проведены натурные экспериментальные исследования, результатом которых является подтверждение характера и динамики изменения углекислого газа в помещении при отсутствии (бездействии) вентиляционных систем (линейная зависимость), а также уточнение величины выделяющейся двуокиси углерода при конкретном виде умственной деятельности (исследовался труд инженера-проектировщика).

Ключевые слова: концентрация углекислого газа; микроклимат; персональная вентиляция; умственный труд; комфортные параметры воздуха.

При проектировании систем вентиляции значительный объем работ приходится на разработку документации для офисных помещений. Основным источником поступления вредных веществ в них является человек, выделяющий тепло, влагу и газообразные вещества [1, 2]. При расчете, проектировании и конструировании вентиляционных систем необходимо учитывать количество и характер распределения данных вредностей в помещении. Согласно ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», данные помещения относятся ко 2 категории и для них предусмотрены нормируемые параметры внутреннего микроклимата: температура, влажность, подвижность. В настоящее время все большее внимание уделяется качеству воздушной среды в помещениях, основным индикатором которого является углекислый газ (CO₂) [3].

Данные исследований [4...7] по количеству двуокиси углерода, выделяемой взрослым

человеком, в зависимости от условий, сведены в табл. 1. Однако, следует отметить, что умственный труд, как и физический, различен (например, в зависимости от характера выполняемой работы: секретарь, писатель, авиадиспетчер и т.д.) и характеризуется неодинаковым уровнем эмоционального напряжения [8]. Поэтому при расчете количества вредностей необходимо учитывать вид умственной деятельности, а при проектировании систем обеспечения комфортных параметров микроклимата следует ориентироваться не на «среднего условного человека» [9], а учитывать его индивидуальные особенности (возраст, пол и др.). Это особенно актуально при проектировании систем персональной вентиляции [10, 11, 12, 13, 14] в помещениях умственного труда, поскольку при этом необходимо знать данные конечного потребителя с целью уточнения количества поступающих вредностей и определения расчетного воздухообмена.

Таблица 1

Количество двуокси углерода, выделяемой взрослым человеком, в зависимости от условий (по данным разных источников)

Условия выделения вредностей	Количество двуокси углерода, выделяемой взрослым человеком, л/ч			
	[4]	[5]	[6]	[7]
Покой	23	23	23	23
Умственная работа	-*	23	23	23
Легкая физическая работа	25	30	25	25
Физическая работа средней тяжести	35	-*	35	35
Тяжелая физическая работа	45	45	45	-*

Примечание: * - данных нет

Интеллектуальная (умственная) деятельность с позиций физиологии характеризуется большим мозговым напряжением, обусловленным концентрацией внимания на ограниченном круге явлений или объектов. Поэтому отличительными чертами умственного труда принято считать высокое напряжение ЦНС и органов чувств при ограниченной двигательной активности. Реакция организма на умственную работу значительно меняется, если она происходит на фоне эмоциональных переживаний. Неприятности и волнения, гнев и нетерпение, напряженность в условиях дефицита времени сказываются на аппарате кровообращения. Умственный труд весьма разнообразен: ученый, бухгалтер, студент, менеджер, авиадиспетчер, секретарь и т.д. Для каждой профессии характерна различная степень ответственности, монотонности, внимания, уровень эмоционального напряжения [8]. Умственный труд выполняют люди разного возраста, пола, имеющие различные физиологические особенности.

Целью проведенных исследований являлось уточнение количества углекислого газа, поступающего в помещение от человека, занятого определенным видом умственной деятельности (труд инженера-проектировщика).

Для достижения поставленной цели проведено экспериментальное определение величины поступления углекислого газа в помещение от человека, занятого умственным трудом. Замеры изменения концентрации CO_2 выполнялись в помещении, геометрические характеристики которого представлены на рис. 1.

Для измерения концентрации углекислого газа использовался комбинированный прибор оценки качества воздуха в помещении PCE-GA 70.

С учетом геометрических характеристик помещения выполнена его разбивка с размещением точек замеров в плане и по высоте (см. рис. 1). В помещении размещено 1 рабочее место (рис. 2).

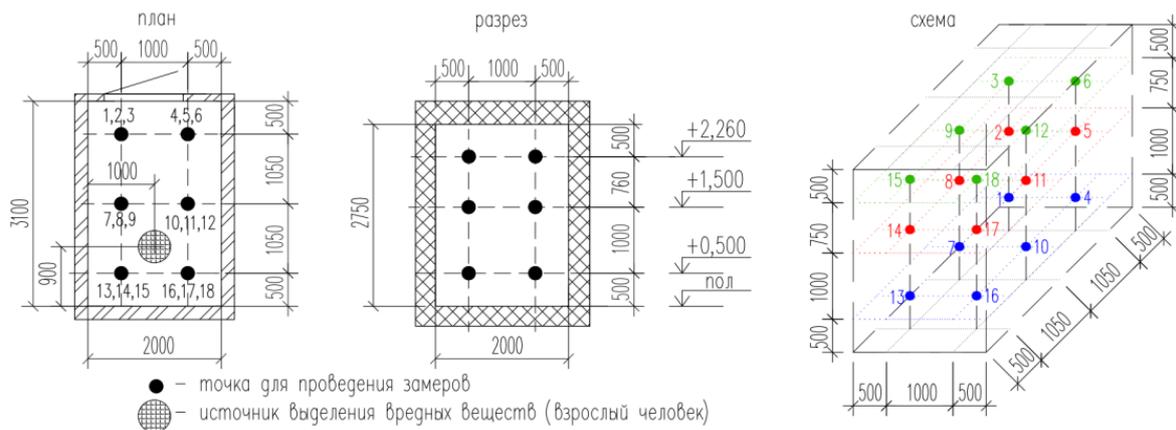


Рис. 1. Геометрические характеристики помещения и схема расположения точек замеров



Рис. 2. Внешний вид помещения для проведения замеров с размещением одного постоянного рабочего места

В помещении (см. рис. 2) объект исследования (мужчина, возраст 30 лет) за ноутбуком занят умственным трудом (творческая работа, проектирование). Замеры выполнялись непрерывно в течение одного часа, для каждой из указанных на рис. 1 точек: устанавливался прибор, фиксирующий и сохраняющий в автоматическом режиме на ПЭВМ с интервалом 60 секунд значения концентрации углекислого газа. По истечении одного часа, прибор перемещали в другую расчетную точку и путем проветривания или включения вентиляции добивались исходной начальной концентрации двуокиси углерода, составляющей 450 ppm. Во время проведения эксперимента внутренних и внешних возмущающих воздействий, способных изменить подвижность воздуха в помещении или повлиять на количество выделяющихся вредных веществ, не было. Эксперименты проводились в течение двух дней (по девять точек в день) при прочих равных условиях.

Пусть в начальный момент времени концентрация углекислого газа в воздухе помещения составляет $C_0^{CO_2}$, мг/м³. Если в этот момент в помещении начинает действовать источник выделения вредных веществ с интенсивностью M_{CO_2} , мг/ч, то уравнение баланса вредного вещества в любой момент времени имеет вид [6]:

$$M_{CO_2} d\tau - V_{пом} dC = 0, \quad (1)$$

где $V_{пом}$ — объем помещения, м³.

Уравнение действительно при допущении, что вредные вещества распределяются по всему объему помещения равномерно, а искомая концентрация вредного вещества C^{CO_2} , мг/м³, является средней по объему величиной.

Проинтегрировав уравнение (1) от 0 до τ (произвольного момента времени) и решив относительно текущей концентрации C^{CO_2} , получим:

$$C^{CO_2} = C_0^{CO_2} + \frac{M_{CO_2}}{V_{пом}} \tau. \quad (2)$$

Таким образом, количество углекислого газа M_{CO_2} , мг/ч, поступающего в помещение при выполнении умственной работы, определяется выражением:

$$M_{CO_2} = \frac{(C^{CO_2} - C_0^{CO_2}) V_{пом}}{\tau}. \quad (3)$$

В данном случае основным источником выделения вредного вещества является человек, поэтому необходимо учитывать его физиологию [15] и особенности при выполнении различных видов деятельности [16].

Согласно [15] минутный экспираторный объем дыхания, т.е. объем воздуха, вдыхаемого (или выдыхаемого) за 1 минуту $V_э$, л/мин, равен:

$$V_э = V_д \times f, \quad (4)$$

где $V_д$ – экспираторный дыхательный объем, л; f – частота дыхательных движений, 1/мин.

Частота дыхательных движений у взрослого человека в покое может претерпевать значительные колебания от 10 до 18 за 1 минуту [15] (в среднем равна 14/мин); в силу индивидуальных показателей внешнего дыхания в норме частота дыхания варьирует от 16 до 25 в минуту [17].

Из уравнения (4) следует, что у взрослого человека (при дыхательном объеме 0,5 л) минутный объем дыхания составляет от 5 л/мин (300 л/час) до 12,5 л/мин (750 л/час) воздуха.

Согласно [15, 16] минутный объем дыхания при умственной работе, включающей мыслительный и эмоциональный компоненты (при отсутствии длительного эмоционального напряжения, связанного с реакциями вегетативной нервной системы и выражающегося настроениями человека в виде радости, гнева, печали) будет сравним с состоянием покоя.

При физической нагрузке, в соответствии с увеличением потребности в кислороде, повышается и минутный объем дыхания, достигая в условиях максимальной нагрузки [15] 120 л/мин (у тренированных людей), у нетренированного человека при максимальной мышечной работе минутный объем дыхания не превышает 80 л/мин [17].

Состав дыхательных газов, вдыхаемых и выдыхаемых человеком при спокойном состоянии (на высоте уровня моря), представлен в табл. 2.

Таблица 2

Состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха в нормальных условиях [18]

Воздух	Содержание газов, %		
	O ₂	CO ₂	N ₂ и другие газы
Вдыхаемый	20,94	0,03	79,03
Выдыхаемый	16,30	4,00	79,70
Альвеолярный	14,20	5,20	80,60

Учитывая, что концентрация углекислого газа в выдыхаемом воздухе (см. табл. 2) примерно 4 % (3,4...4,7 %), то общее количество выдыхаемого углекислого газа составит от 12 л/час (частота дыхательных движений 10/мин) до 30 л/час (частота дыхательных движений 25/мин), см. рис. 3.

Рис. 3. Выделение при дыхании CO₂ при различной частоте дыхательных движений

Выполним построение кривых распределения углекислого газа в помещении умственного труда с учетом исходных данных проводимого эксперимента и рис. 1, 2.

Кривые распределения в пространстве и изменения во времени значений концентрации углекислого газа приведены на рис. 4.

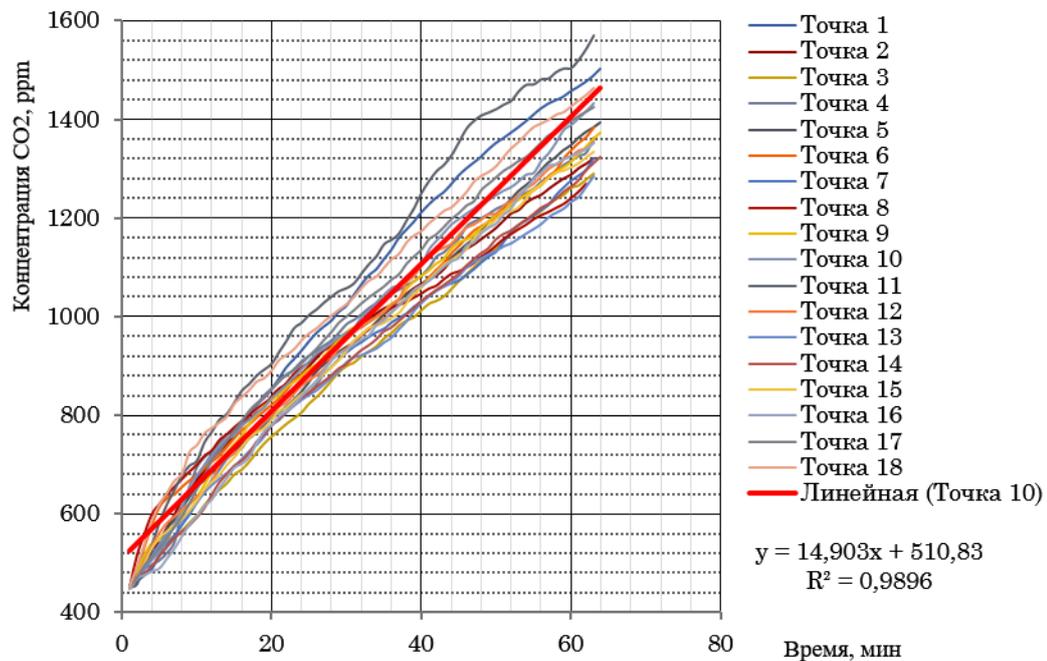


Рис. 4. Распределение и изменение величины концентрации углекислого газа в измеряемых точках

На основании полученных экспериментальных данных, установим величину поступления углекислого газа от человека в течение одного часа для разных в плане и объеме помещения точек согласно рис. 1 (см. табл. 3).

Таблица 3

Величина поступления CO₂ от человека для разных точек в помещении

номер точки	значение CO ₂ , ppm			ΔCO ₂ , мг/м ³	G, мг/ч	G, кг/ч	G, м ³ /ч	G, л/ч
	начальное	конечное	ΔCO ₂					
1	447	1502	1055	1929,95	32906	0,0329	0,01665	16,646
2	449	1322	873	1597,01	27229	0,0272	0,01377	13,774
3	452	1289	837	1531,15	26106	0,0261	0,01321	13,206
4	454	1364	910	1664,69	28383	0,0284	0,01436	14,358
5	455	1395	940	1719,57	29319	0,0293	0,01483	14,831
6	452	1383	931	1703,11	29038	0,0290	0,01469	14,689
7	452	1321	869	1589,69	27104	0,0271	0,01371	13,711
8	449	1270	821	1501,88	25607	0,0256	0,01295	12,954
9	451	1373	922	1686,65	28757	0,0288	0,01455	14,547
10	453	1434	981	1794,58	30598	0,0306	0,01548	15,478
11	450	1569	1119	2047,02	34902	0,0349	0,01766	17,656
12	447	1355	908	1661,03	28321	0,0283	0,01433	14,327
13	451	1285	834	1525,66	26013	0,0260	0,01316	13,159
14	452	1325	873	1597,01	27229	0,0272	0,01377	13,774
15	448	1333	885	1618,96	27603	0,0276	0,01396	13,964

Окончание табл. 3

номер точки	значение CO ₂ , ppm			ΔCO ₂ , мг/м ³	G, мг/ч	G, кг/ч	G, м ³ /ч	G, л/ч
	начальное	конечное	ΔCO ₂					
16	447	1352	905	1655,55	28227	0,0282	0,01428	14,279
17	452	1425	973	1779,94	30348	0,0303	0,01535	15,352
18	453	1463	1010	1847,63	31502	0,0315	0,01594	15,936
<i>среднее значение</i>	<i>450,78</i>	<i>1375,556</i>	<i>924,8</i>	<i>1691,73</i>	<i>28844</i>	<i>0,02884</i>	<i>0,01459</i>	<i>14,591</i>

Согласно данным таблицы 3 среднее значение конечной концентрации углекислого газа составляет 1375,6 ppm и соответствует величине в точке 9 помещения (см. рис. 1, 2). Из полученных экспериментальных данных видно (см. рис. 4), что изменение концентрации углекислого газа в течение 1 часа описывается линейной функцией с достаточно высокой степенью аппроксимации $R^2=0,9896$:

$$y=14,903 \times X+510,83. \quad (5)$$

Сравним полученное уравнение (5) с (2). Это уравнения прямых, описывающих изменения концентрации вредного вещества в помещении при отсутствии вентиляции, полученных соответственно теоретическим [5] и экспериментальным путем. Решим уравнение (3), подставив значения, полученные в результате проведения эксперимента:

$$C_0^{CO_2}=451 \text{ ppm} = 825 \text{ мг/м}^3$$

$$C^{CO_2}=1373 \text{ ppm} = 2512 \text{ мг/м}^3$$

$$V_{\text{пом}}=17,05 \text{ м}^3$$

$$M_{CO_2} = \frac{(2512-825) \times 17,05}{1} = 28763 \text{ мг/ч} (14,6 \text{ л/ч})$$

Таким образом, согласно проведенным экспериментам, величина поступления углекислого газа в помещение от человека, занятого умственным трудом, составляет 14,6 л/ч. Сравним с известными данными (см. таблицу 1 для умственной работы): полученное значение (14,6 л/ч) меньше табличного (23 л/ч) на 36,52 %.

Из рис.3 следует, что величина поступления CO₂ в помещение от человека находится в широком диапазоне и зависит от индивидуальных особенностей и вида трудовой деятельности [8, 15...17]. Однако, среднее значение составляет 21 л/ч, которое коррелирует с данными таблицы 1. Следует отметить, что при проектировании систем общеобменной вентиляции общественных зданий следует применять данные, ориентированные на «условного» человека [9], указанные в [4...7]: величина поступления углекислого газа составляет 23 л/ч.

Заключение.

Проведено планирование эксперимента по выполнению замеров концентрации углекислого газа, обеспечивающее мониторинг измеряемого параметра в разных точках помещения с одинаковыми начальными и текущими условиями.

Экспериментально установлена линейная зависимость изменения концентрации углекислого газа, выделяемого человеком при выполнении умственной деятельности, которая согласуется с ранее проведенными исследованиями различных авторов. Согласно проведенным экспериментальным исследованиям, величина поступления CO₂ в помещение от человека, занятого умственным трудом, составила 14,6 л/ч.

Полученные результаты могут быть использованы для уточнения количества углекислого газа, выделяемого людьми, в зависимости от характера умственного труда. Следует отметить, что в дальнейшем требуется выполнение научных исследований, предназначенных для сбора и систематизации данных по выделениям вредных веществ от людей, занятых различными видами умственной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Банхиди, Л.** Тепловой микроклимат помещений / Л. Банхиди. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с.
2. **Уаддн, Р. А.** Загрязнение воздуха в жилых и общественных зданиях: Характеристика, прогнозирование, контроль / Р. А. Уаддн, П. А. Шефф.–М.: Стройиздат, 1987.–160 с.
3. **Лобанов, Д. В.** Углекислый газ как показатель качества внутреннего воздуха и эффективности работы системы вентиляции / Д. В. Лобанов, И. И. Полосин // Материалы 15-ой межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии. Экология». Воронеж, ВГАСУ. – 2013. – С. 21-27.
4. **Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции промышленных зданий:** учебное пособие / В. П. Титов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.
5. **Каменев, П. Н.** Вентиляция: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Теплогасоснабжение и вентиляция" направления подготовки дипломированных специалистов "Строительство" / П. Н. Каменев, Е. Н. Тертичник. – Москва: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2008. – 614 с.
6. **Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Книга вторая. Вентиляция и кондиционирование воздуха** / Р. В. Щекин [и др.]. – Киев: Будівельник, 1976. – 416 с.
7. **Таурит, В. Р.** Вентиляция в гражданских зданиях: учебное пособие / В. Р. Таурит, В. Ф. Васильев. – СПб: АНТТ-Принт, 2008. – 147 с.
8. **Казантинова, Г. М.** Психофизиология умственного труда: монография / Г. М. Казантинова. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2013. – 116 с.
9. **Справочник по космической биологии и медицине** / А. И. Бурназяна, О. Г. Газенко. – М.: Медицина, 1983. – 352 с.
10. **Лобанов, Д. В.** Схема создания комфортных климатических параметров в офисах / Д. В. Лобанов, И. И. Полосин // Сантехника, отопление, кондиционирование – 2015. – № 2(158). – С. 58-61.
11. **Лобанов Д. В., Полосин И. И.** Устройство для создания комфортных параметров микроклимата на постоянном рабочем месте. пат. №151597 (Российская Федерация), МПКF24F 9/00 патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет».- № 2014119003/12;заявл. 12.05.2014; –опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10. – 2 с.
12. **Dieckmann, J.** Персональная вентиляция: комфорт и энергосбережение / J. Dieckmann, A. Cooper, J. Brodrick // АВОК. – 2011. – № 4. – С. 46-49.
13. **Индивидуальный комфорт на рабочем месте в офисе** // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2011. – № 4. – С. 54-55.
14. **Наумов, А. Л.** Локальные системы кондиционирования воздуха в офисных зданиях / А. Л. Наумов, Д. В. Капко // АВОК. – 2012. – №2. – С. 14-19.
15. **Шмидт, Р.** Физиология человека. В 3-х томах. Т. 2. / Р. Шмидта, Г. Тевса. –М.: Мир, 1996. – 313 с.
16. **Шмидт, Р.** Физиология человека. В 3-х томах. Т. 3. / Р. Шмидта, Г. Тевса. – М.: Мир, 1996. – 198 с.
17. **Покровский В. М.** Физиология человека: учебник. Т. 1 / В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. – М.: Медицина, 1997. – 448 с.
18. **Татаринов, В. Г.** Анатомия и физиология: учебник для медсестринских отделений мед. училищ / В. Г. Татаринов. – Москва: Медицина, 1967. – 352 с.

Поступила в редакцию 10 ноября 2021

EXPERIMENTAL STUDIES OF CARBON DIOXIDE INTAKE INTO THE ROOM FROM A PERSON ENGAGED IN MENTAL WORK

D. V. Lobanov, I. I. Zvenigorodsky, A. A. Mershchiev, R. A. Sheps

Lobanov Dmitry Valeryevich, Senior Lecturer, Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-28-92; e-mail: LDV-36@mail.ru

Zvenigorodskiy Igor Ivanovich, Cand. Sc. (Technical), Associate Professor, Head of Department, Air Force Academy «Military Air Academy named after Professor N. E. Zhukovskiy and Yu. A. Gagarin», Voronezh, Russian Federation, tel.: +7(473)244-76-45; e-mail: zvendocent@mail.ru

Mershchiev Alexander Alexandrovich, 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

Sheps Roman Alexandrovich, Cand. Sc. (Technical), Associate Professor, Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-28-92; e-mail: romansheps@yandex.ru

Intellectual work is quite diverse and is characterized by different degrees of responsibility, monotony, attention, the level of emotional tension. In order to ensure comfortable conditions for a person staying at a permanent workplace among other things it is necessary to arrange climate control systems. The most promising ventilation systems for the above activities are personal ones that provide high-quality air environment in the breathing zone of a person while reducing capital and operating costs compared with traditional types of ventilation systems (mixing, displacement ventilation). However, the design of such systems should be guided not by the "average conditional person" but by the individual characteristics of the worker (age, gender, etc.) performing a particular type of mental activity. In order to clarify the actual value of carbon dioxide emitted by a person doing a particular mental work, we conducted a series of field experimental studies. They resulted in confirmation of the nature and dynamics of changes in carbon dioxide in the room in the absence (inactivity) of ventilation systems (linear dependence). As well we clarified the value of emitted carbon dioxide at a particular type of mental activity (in this article we studied the work of an engineer-designer).

Keywords: carbon dioxide concentration; microclimate; personal ventilation; mental work; comfortable air parameters.

REFERENCES

1. **Banhidi L.** *Thermal microclimate of the premises*, translated from Hung. Moscow, Stroyizdat. 1981. 248 p. (in Russian)
2. **Waddn R. A., Sheff P. A.** *Air pollution in residential and public buildings: Characteristics, prediction, control*. Moscow, Stroyizdat. 1987. 160 p. (in Russian)
3. **Polosin I. I., Lobanov D. V.** *Carbon dioxide as an indicator of indoor air quality and ventilation system efficiency*. Materials of the 15th inter-regional scientific-practical conference High Technologies. Ecology. Voronezh, VGASU. 2013. Pp. 21-27. (in Russian);
4. **Titov V. P.** *Course and diploma design of ventilation of industrial buildings. Textbook*. Moscow, Stroyizdat. 1985. 208 p. (in Russian)
5. **Kamenev P. N., Tertichnik 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 Building*. Moscow, Publishing house of Association of build. high schools. 2008. 614 p. (in Russian)
6. **Shchekin R. V.** *Handbook for Heating and Ventilation. Book Two. Air Conditioning and Ventilation*. 4th edition, revised, and additional information. Kiev, Budivelnik. 1976. 416 p. (in Russian)
7. **Taurit V. R., Vasiliev V. F.** *Ventilation in Civil Buildings. Textbook*. St. Petersburg, ANTT-Print. 2008. 147 p. (in Russian)

8. **Kazantinova G. M.** *Psychophysiology of mental work*. Monograph. Volgograd, Volgograd State Agrarian University. 2013. 116 p. (in Russian)
9. **Burnazyan A. I., Gazenko O. G.** *Handbook of Space Biology and Medicine*. 3rd edition, revised and supplementary. Moscow, Medicine. 1983. 352 p. (in Russian)
10. **Lobanov D. V., Polosin I. I.** *Scheme of creating comfortable climatic parameters in offices*. Plumbing, Heating, Air Conditioning. 2015. No. 2(158). Pp. 58-61. (in Russian);
11. **Lobanov D. V., Polosin I. I.** *Device for creating comfortable microclimate parameters at a constant workplace*. Pat. No. 151597 (Russian Federation), IPC F24F 9/00 patentee Federal state educational institution of higher professional education «Voronezh State University of Architecture and Construction». No 2014119003/12; Appl. 12.05.2014; publ. 10.04.2015, bull. No. 10. 2 p. (in Russian)
12. **Dieckmann J., Saureg A., Brodrick J.** *Personal ventilation: comfort and energy conservation*. AVOK. 2011. No. 4. Pp. 46-49. (in Russian)
13. *Individual comfort in the workplace in the office*. AVOK, Ventilation, heating, air conditioning, heating and building thermophysics. 2011. No. 4. Pp. 54-55. (in Russian)
14. **Naumov A. L., Kapko D. V.** *Local air conditioning systems in office buildings*. AVOK. 2012. No. 2. Pp. 14-19. (in Russian)
15. **Schmidt R., Teves G.** *Human Physiology*. Т. 2. Moscow, Mir. 1996. 313 p. (in Russian)
16. **Schmidt R., Teves G.** *Human Physiology*. Т. 3. Moscow, Mir. 1996. 198 p. (in Russian)
17. **Pokrovskiy V. M., Korotko G. F.** *Human physiology*. Textbook. Vol. 1. Moscow, Medicine. 1997. 448 p. (in Russian)
18. **Tatarinov V. G.** *Anatomy and physiology*. Textbook for nursing departments of medical schools. Moscow, Medicine. 1967. 352 p. (in Russian)

Received 10 November 2021

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Лобанов, Д. В. Экспериментальные исследования поступления в помещение углекислого газа от человека, занятого умственным трудом / Д. В. Лобанов, И. И. Звенигородский, А. А. Мерщиев, Р. А. Шепс // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 30-38. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.003.

FOR CITATION:

Lobanov D. V., Zvenigorodsky I. I., Mershchiev A. A., Sheps R. A. *Experimental studies of carbon dioxide intake into the room from a person engaged in mental work*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 30-38. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.003. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.004

УДК 628.1.032 : 574.64

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОНАХ НА РЕКЕ МАТЫРА

Е. Ю. Иванова

Иванова Екатерина Юрьевна, канд. биолог. наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(905)657-9598; e-mail: ivanova.vsu@gmail.com

В работе приведены и проанализированы данные химических и токсикологических исследований воды р. Матыра Липецкой области. Отмечены превышения допустимых значений по органолептическим показателям, а также по сульфатам, аммоний-иону и нитритам. Кроме того, было проведено определение относительной токсичности с помощью метода, основанного на регистрации изменений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris*). В результате биотестирования показано, что все пробы воды проявили токсичность, которая проявляется в стимуляции роста культуры хлореллы. Такая стимуляция роста свидетельствует о том, что исследованные пробы содержат легкоусвояемые органические и неорганические соединения. При сравнении полученных значений концентраций с предыдущими исследованиями отмечена отрицательная динамика по всем определяемым загрязняющим веществам, что свидетельствует о снижении качества воды.

Ключевые слова: река Матыра; поверхностные воды; химический анализ; биотестирование; токсичность.

Матыра – левый, самый крупный приток р. Воронеж, впадает в неё у г. Липецка, в 216 км от устья. Длина – 180 км, площадь водосбора – 5180 км² и водоносность реки наибольшая, по сравнению с другими притоками. Заметен вклад Матыры в общую водность р. Воронеж. Матыра даёт около 40 % водной массы по сравнению с р. Воронеж до места их слияния. По гидрологической классификации относится к категории средних рек.

Река Матыра имеет большое хозяйственное значение для г. Липецка и его жителей. Воды реки Матыры являются источником коммунального и технического водоснабжения, а также активно используются для орошения сельскохозяйственных угодий. Также река Матыра является источником рыбной продукции. Помимо этого, велико и рекреационное значение реки [1].

Для выявления динамики загрязнения природных вод р. Матыра, отбор проб был проведен в 13 точках чтобы более точно определить источник загрязнения воды. Схема расположения точек отбора проб приведена на рис. 1.

Точки 1 и 2 находятся в непосредственной близости к населенному пункту с. Казинка и расположены на месте летнего отдыха местных жителей- пляже. Визуальное обследование территории показало большую антропогенную нагрузку на данном месте. Берег реки захламлен бытовым мусором, в воде плавают пластиковые бутылки и полиэтиленовые пакеты. Точка 3 располагается ниже по течению реки также рядом с жилыми домами и прилегающими к самому берегу огородами и сельскохозяйственными угодьями. Здесь также наблюдается захламливание территории различным мусором. Точки 4 и 5 находятся на берегу Матырского водохранилища недалеко от Липецкой ТЭЦ-2. Это место является излюбленным для местных рыбаков и жителей п. Новая Жизнь, однако мусора здесь практически не наблюдается.

Точки 6 и 7 расположены рядом с пашнями, до ближайшего дома расстояние около

7 км, что объясняет меньшую загрязненность на данной территории. Здесь отсутствуют свалки мусора и наблюдаются только точечные предметы загрязнения. Также здесь проходит ЛЭП, а недалеко располагается производство пищевой промышленности «Мясоперерабатывающий комбинат Чернышовой» и животноводческий комплекс. Точки 8 и 9 находятся на песчаной косе, вблизи железнодорожной станции Чугун-2. На косе располагаются рыбацкие домики, а в самом центре – технологическое озеро, куда сливаются сточные воды, происхождение которых выяснить не удалось. По берегу можно наблюдать мертвую рыбу, огромное количество водорослей, а также ощущать гнилостный запах. Точки 10...13 расположены на правом берегу р. Матыра в населенном пункте с. Ярлуково, куда в 2018 году попасть нам не удалось. Точки 10, 11 и 12 находятся примерно на расстоянии 1 км друг от друга вблизи частных домов по ул. Набережная. Берег реки труднодоступен, практически полностью покрыт хвойной и лиственной растительностью. В местах, где удалось подобраться к реке, можно наблюдать признаки человеческой жизнедеятельности: свалки мусора и кострища. Точка 13 находится в районе сельскохозяйственных угодий, берег так же густо заросший, покрытый различными деревьями, где преобладает ива плакучая. Сильного антропогенного загрязнения не наблюдается, однако стоит отметить сильное заиление береговой линии.

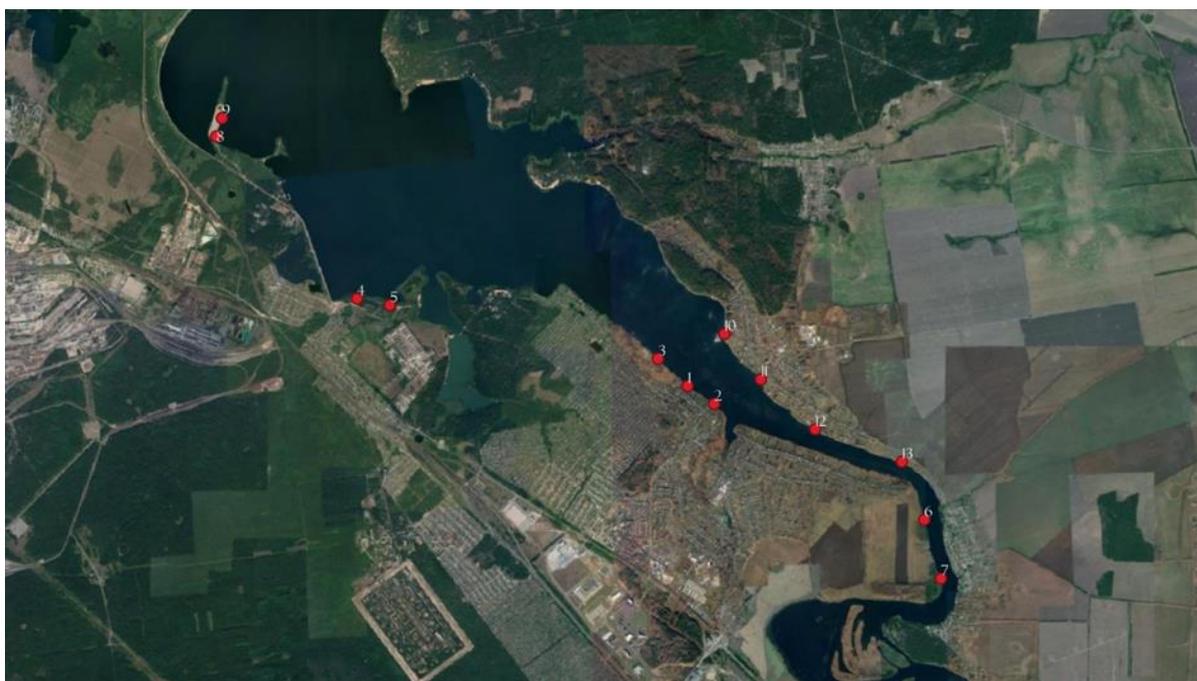


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб

По результатам органолептических исследований проб воды наибольшим значением цветности обладала проба № 7. Также высокая цветность характерна для проб из точек № 8, № 9 и № 11 (табл. 1). Цветность воды объясняется присутствием в воде тонкодисперсных взвешенных частиц как естественного, так и антропогенного происхождения.

Повышенные значения цветности могут быть связаны с наличием илистого дна, слабым течением, сбросом сточных вод, а также с повышенной нагрузкой со стороны пищевого производства и сельскохозяйственных угодий.

Интенсивность запаха связана в первую очередь с процессами эвтрофикации, усиливающимися с поступлением в водоем стоков с пашни, которые насыщены различными органическими веществами. Наибольшей интенсивностью запаха, согласно двум исследованиям, обладают пробы воды, отобранные в точках № 4, № 7, № 8 и № 9.

Таким образом, наиболее загрязненной пробой воды остается проба №7, а также, ис-

ходя из результатов проведенного исследования, пробы № 8 и № 9. В этих пробах наблюдается наибольшее количество осадка, заметный неприятных запах и мутность.

Таблица 1

Результаты органолептического анализа проб воды

№ пробы	Осадок	Цветность, градусы	Запах, балл	Прозрачность см столба жидкости
1	Заметный Хлопьевидный Черный	Бесцветный 30	Сладковатый Заметный (III)	11,5
2	Заметный Илистый Черный	Бесцветный 25	Сладковатый Слабый (II)	10
3	Незначительный Хлопьевидный Черный	Бесцветный 30	Травянистый Слабый (II)	14
4	Заметный Илистый Черный	Бесцветный 30	Травянистый Отчетливый (IV)	11
5	Заметный Илистый Черный	Бесцветный 40	Сладковатый Заметный (III)	10
6	Незначительный Хлопьевидный Черный	Бесцветный 30	Сладковатый Отчетливый (IV)	12
7	Большой Хлопьевидный Черный	Зеленоватый 55	Болотный Отчетливый (IV)	5
8	Большой Хлопьевидный Зеленый	Зеленоватый 40	Рыбный Очень сильный (V)	5
9	Большой Хлопьевидный Зеленый	Зеленоватый 40	Рыбный Очень сильный (V)	5
10	Заметный Хлопьевидный Черный	Бесцветный 25	Травянистый Слабый (II)	14
11	Заметный Хлопьевидный Черный	Бесцветный 40	Болотистый Заметный (III)	10
12	Заметный Хлопьевидный Черный	Бесцветный 30	Сладковатый Слабый (II)	11
13	Незначительный Илистый Черный	Бесцветный 20	Травянистый Слабый (II)	15

Химический анализ вод проводился в день отбора проб для ряда наиболее приоритетных компонентов. На основании полученных результатов химического состава водных проб был проведен сравнительный анализ определяемых ингредиентов с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) загрязняющих веществ для водоемов рыбохозяйственного назначения (табл. 2) [2].

Анализ результатов показал, что концентрации катиона кальция, катиона магния, хлоридов, бикарбонатов и нитратов лежат в пределах допустимых значений и удовлетворяют нормативам ПДК. Однако стоит отметить, что значения концентраций в пробах № 7, № 8 и № 9 находятся ближе всего к границе допустимых значений, что может свидетельствовать о потенциальной опасности.

Таблица 2

Результаты химического анализа качества вод

№ пробы	Общ. Жесткость, Мг-эквл	Ca^{2+} , мг/л	Mg^{2+} , мг/л	HCO_3^- , мг/л	SO_4^{2-} , мг/л	Cl^- , мг/л	Общая минерализация, мг/л	NH_4^+ , мг/л	NO_2^- , мг/л	NO_3^- , мг/л
1	4,72	60,92	20,28	178,2	44,9	22,0	498,3	0,36	0,048	4,24
2	4,69	67,88	20,44	195,4	212,1	19,85	467,4	0,27	0,031	5,15
3	4,32	54,29	24,7	198,0	66,4	19,32	496,4	0,19	0,029	5,32
4	4,38	57,2	19,63	194,7	96,0	16,72	387,3	0,24	0,036	4,34
5	4,41	46,49	25,41	186,5	59,7	16,48	349,7	0,28	0,052	4,19
6	5,4	81,2	17,66	281,9	87,0	25,5	456,2	0,33	0,049	8,75
7	6,9	112,7	27,74	285,1	99,3	56,1	467,9	0,62	0,072	12,44
8	6,94	169,3	29,5	283,4	116,0	87,13	480,0	0,58	0,089	14,0
9	7,24	153,8	34,67	295,6	124,6	82,94	474,2	0,54	0,093	11,97
10	4,83	72,65	23,19	174,3	54,3	24,86	459,8	0,27	0,033	3,82
11	5,1	64,1	19,88	169,8	58,9	33,17	423,5	0,35	0,029	3,99
12	4,21	73,88	22,13	172,1	51,2	29,58	437,1	0,23	0,037	4,81
13	4,33	54,62	21,49	159,9	62,0	19,44	419,0	0,18	0,030	3,78
ПДК	7,0	180	40	400	100	300	1000	0,5	0,08	40

Незначительное превышение по сульфатам у было обнаружено в пробе № 2 (2,121 ПДК), что соответствует территории пляжа в с. Казинка и высокой рекреационной нагрузке. В пробах № 8 и № 9, отобранных на песчаной косе, так же обнаружены превышения нормативов ПДК по сульфатам (1,16 ПДК и 1,246 ПДК соответственно).

Значения показателей общей минерализации лежат в диапазоне от 200 до 500 мг/л, что соответствует водам слабой минерализации.

Превышения по аммоний-иону обнаружены в пробах № 7 (1,24 ПДК), № 8 (1,16 ПДК) и № 9 (1,08 ПДК). Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесса загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь, бытовыми и сельскохозяйственными стоками.

Превышения по нитритам обнаружены в пробах № 8 (1,1125 ПДК) и № 9 (1,1625 ПДК). Значение концентрации нитритов в пробе № 7 близка к критической. Повышенное содержание нитритов указывает на усиление процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления NO_2^- в NO_3^- , что указывает на загрязнение водного объекта, то есть является важным санитарным показателем [3].

Определение относительной токсичности проводили с помощью метода, основанного на регистрации изменений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris*), выращенной в среде, не содержащей токсических веществ (контроль) и в тестируемых пробах вод и водных вытяжках (опыт) [4, 5, 6, 7].

Критерием токсичности воды является снижение на 20 % и более (подавление роста) или увеличение на 30 % и более (стимуляция роста) величины оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течение 22 часов на тестируемой воде по сравнению с ее

ростом на контрольной среде, приготовленной на дистиллированной воде [Руководство по определению методов биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов – М.: РЭФИА, НИА-Природа, 2002]. В результате биотестирования выявлено, что все пробы воды проявили токсичность, которая проявляется в стимуляции роста культуры хлореллы (рис. 2). Наиболее токсичными пробами воды являются пробы № 4, № 6 и № 7. Такая стимуляция роста свидетельствует о том, что исследованные пробы содержат легкоусвояемые органические и неорганические соединения.

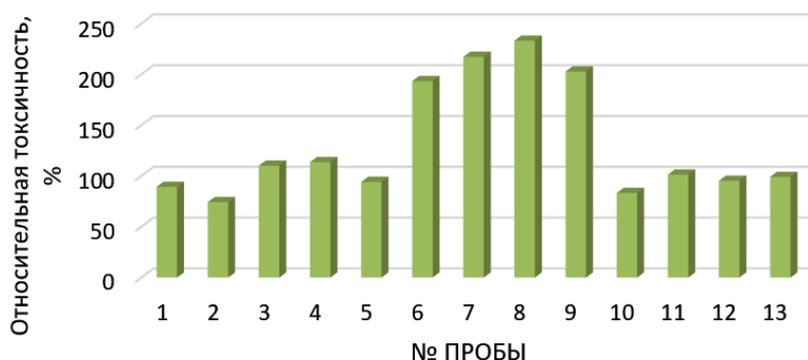


Рис. 2 Относительная токсичность проб воды в 2020 году, %

Несмотря на то, что проведенные химические анализы выявили загрязнение лишь некоторых проб по определенным загрязняющим веществам, биотестирование позволяет оценить воздействие всего комплекса загрязняющих веществ на гидробионтов. Методы биотестирования позволяют определить не только содержание отдельных ксенобиотиков, но и синергические эффекты, а также результаты трансформации соединений под действием различных факторов среды [8, 9, 10]. Следовательно, выявленные токсические эффекты, свидетельствуют о потенциальном неблагополучии в экосистеме реки Матыра.

Заключение.

В результате проведенного химического анализа выявлены неудовлетворительные значения органолептических показателей, которые свидетельствуют о загрязнении исследуемого водоема. При химическом анализе вод обнаружены превышения ПДК по общей жесткости, сульфатам, иону аммония, нитритам. При сравнении полученных значений концентраций с предыдущими исследованиями отмечена отрицательная динамика по всем определяемым загрязняющим веществам, что свидетельствует о снижении качества воды.

Результаты биотестирования при помощи *Chlorella vulgaris* свидетельствуют о высокой степени токсичности отобранных проб воды, что подтверждается результатом биотестирования при помощи *Scenedesmus quadricauda*. Выявленные токсические эффекты являются признаком неблагополучного состояния исследуемой экосистемы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-05-0077

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Зинюков, Ю. М.** Характеристика речного стока и проблемы изменения гидрологического режима малых рек территории междуречья Воронеж Матыра / Ю. М. Зинюков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2010. – № 2. – 272 с.
2. **Маслова, М. О.** Эколого-аналитическая оценка качества вод рекреационных зон ближнего Подворонежья / М. О. Маслова, Т. И. Прожорина, Н. И. Якунина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2014. – №4.

– С. 48-56.

3. **Мониторинг качества вод: оценка токсичности** / А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая, Л. В. Бражникова [и др.]. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2000. – С. 132-142.

4. **Александрова, В. В.** Применение метода биотестирования в анализе токсичности природных и сточных вод / В. В. Александрова. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманитар. ун-та, 2009. – 94 с.

5. **Бакаева, Е. Н.** Биологические подходы к оценке экотоксикологического состояния водных экосистем / Е. Н. Бакаева, А. М. Никаноров // Известия высших учебных заведений. – 2015. – №1. – 179 с.

6. **Барина, С. С.** Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды / С. С. Барина, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – М.: ВНИИ природы, 2000. – С. 120-126.

7. **Брагинский, Л. П.** Методологические аспекты токсикологического биотестирования на *Daphnia magna* Straus и др. ветвистоусых ракообразных / Л. П. Брагинский // Гидробиологический журнал. – 2000. – № 5. – С. 66-67.

8. **Мелехова, О. П.** Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / О. П. Мелехова, Е. И. Саральцева, Т. И. Евсеева. – М.: Издат. центр «Академия», 2008. – 288 с.

9. **Никаноров, А. М.** Мониторинг качества вод: оценка токсичности / А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая, А. В. Жулидов. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2000. – 156 с.

10. **Иванова, Е. Ю.** Оценка химических и токсикологических свойств воды участка реки Хопер / Е. Ю. Иванова, А. В. Скрипкина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2016. – № 2. – С. 67-72

Поступила в редакцию 1 ноября 2021

DETERMINATION OF CHEMICAL AND TOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WATER QUALITY IN RECREATIONAL AREAS ON THE MATYRA RIVER

E. Yu. Ivanova

Ivanova Ekaterina Yurievna, Cand. Sc. (Biology), Associate Professor, Voronezh State University, Voronezh, Russia, phone: +7(905)657-9598; e-mail: ivanova.vsu@gmail.com

The paper presents and analyzes the data of chemical and toxicological studies of the water of the Matyra river of the Lipetsk region. Excess of permissible values for organoleptic parameters, as well as for sulfates, ammonium ion and nitrites were noted. In addition, the relative toxicity was determined using a method based on the registration of changes in the optical density of the *Chlorella* (*Chlorella vulgaris*) algae culture. The results of the bioassay showed that all water samples demonstrated toxicity, which manifests itself in stimulating the growth of *chlorella* culture. Such growth stimulation indicates that the samples studied contain easily digestible organic and inorganic compounds. When comparing the obtained concentration values with previous studies, negative dynamics was noted for all identified pollutants, which indicates a decrease in water quality.

Keywords: the Matyra River; surface waters; chemical analysis; bioassay; toxicity.

REFERENCES

1. **Zinyukov Yu. M.** *Characteristics of river flow and problems of changing the hydrological regime of small rivers in the territory of the Voronezh Matyra interfluvium*. Newsletter of Voronezh State University. Ser. Geology. Voronezh. 2010. No. 2. 272 p. (in Russian)

2. **Maslova M. O., Prozhorina T. I., Yakunina N. I.** *Ecological and analytical assessment of water quality of recreational zones of the near Voronezh region.* Newsletter of Voronezh State University. Ser. Geography and Geoecology. 2014. No. 4. Pp. 48-56. (in Russian)
3. **Nikanorov A. M., Khoruzhaya T. A., Brazhnikova L. V.** *Monitoring of water quality: toxicity assessment.* St. Petersburg, Hydrometeoizdat. 2000. Pp. 132-142. (in Russian)
4. **Alexandrova V. V.** *Application of the biotesting method in the analysis of the toxicity of natural and wastewater.* Nizhnevartovsk, Publishing house of Nizhnevart. human. un-ty. 2009. 94 p. (in Russian)
5. **Bakaeva E. N., Nikanorov A. M.** *Biological approaches to the assessment of the ecotoxicological state of aquatic ecosystems.* Newsletter of higher educational institutions. 2015. No. 1. 179 p. (in Russian)
6. **Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V.** *Algae-indicators in environmental quality assessment.* Moscow, Research Institute of Nature. 2000. Pp. 120-126.
7. **Braginsky L. P.** *Methodological aspects of toxicological biotesting on Daphnia magna Straus, etc. Branchous crustaceans.* Hydrobiological journal. 2000. No. 5. Pp. 66-67. (in Russian)
8. **Melekhova O. P., Saraltseva E. I., Evseeva T. I.** *Biological control of the environment: bioindication and biotesting.* Moscow, Publishing center Academy. 2008. 288 p. (in Russian)
9. **Nikanorov A. M., Khoruzhaya T. A., Zhulidov A. V.** *Monitoring of water quality: toxicity assessment.* St. Petersburg, Hydrometeosidat. 2000. 156 p. (in Russian)
10. **Ivanova E. Yu., Skripkina A. V.** *Assessment of chemical and toxicological properties of the water of the Koper river site.* Newsletter of Voronezh. State University. Ser. Ser. Geography. Geoecology. 2016. No. 2. Pp. 67-72 (in Russian)

Received 1 November 2021

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Иванова, Е. Ю. Определение химических и токсикологических характеристик качества воды в рекреационных зонах на реке Матыра / Е. Ю. Иванова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 39-45. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.004.

FOR CITATION:

Ivanova E. Yu. *Determination of chemical and toxicological characteristics of water quality in recreational areas on the Matyra river.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 39-45. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.004. (in Russian)

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.005

УДК 712.414

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СТРУКТУРЫ ЖИВЫХ ИЗГОРОДЕЙ В СИСТЕМЕ БЛАГОУСТРОЙСТВА ГОРОДОВ

Н. Е. Серебрякова, А. А. Решетняк

Серебрякова Наталья Евгеньевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, Российская Федерация, тел.: +7(902)664-44-45; e-mail: serebryakovane@volgatech.net

Решетняк Андрей Александрович, студент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, Российская Федерация, тел.: +7(902)664-44-45; e-mail: serebryakovane@volgatech.net

Обозначена важность своевременного учета качества и состояния живых изгородей, как многофункционального элемента городского ландшафта. Существующая методика инвентаризации не принимает во внимание распространенные проблемы живых изгородей. Предложена авторская методика, эффективность которой состоит в простоте учета, где фиксируются видимые проблемы структуры изгороди – параметры выпадов, и наглядности полученных расчетных данных, позволяющих сравнительно оценить качество изгородей и выбрать адекватную стратегию по улучшению их состояния. Введено понятие – общая целостность живой изгороди, которая показывает удельную протяженность ненарушенных выпадами участков изгороди, выраженную в процентах. Методика апробирована на 19 объектах общего пользования центрального района города Йошкар-Олы. Выявлены нарушения структуры изгородей: снижение их целостности вследствие наличия выпадов в количестве от 0,2 до 2 шт. /10 пог. м и протяженностью 0,7 до 4,8 пог. м. Различная протяженность выпадов требует различных подходов к их восстановлению.

Ключевые слова: методика оценки; живая изгородь; город Йошкар-Ола; зеленые насаждения; целостность; выпад.

Живые изгороди – важный элемент городского ландшафта, сочетающий в себе как утилитарные и функциональные возможности организации пространства, так и активно решающий экологические и эстетические задачи. Многие авторы свидетельствуют о высокой эффективности живых изгородей в пылеулавливании, шумоизоляции и регулировании ветровых потоков [1...4].

При формировании зеленых насаждений при помощи живых изгородей возможна реализация самых разнообразных ландшафтных замыслов: от направления и ограничения пешеходных потоков до элементов топиарного искусства и фитопластики [5]. Живые изгороди играют немаловажную роль в обеспечении всех аспектов комфортности городской среды [6...10]

Качественная, правильно сформированная живая изгородь, как вечнозеленая, так и листопадная не теряет своей декоративности в течение всего года. Создание и содержание такой живой изгороди – комплекс специализированных работ, требующий профессиональных знаний и умений, учета специфики свойств и условий произрастания растений.

Рост растений в живых изгородях, особенно формованных – сильнейший стресс для них. Кроме того, изгороди зачастую высаживают на объектах, где велика антропогенная

© Серебрякова Н. Е., Решетняк А. А., 2021

нагрузка: улицах, площадях вдоль дорог и тротуаров вблизи асфальтовых покрытий. Изгородами регулируют пешеходные потоки при отсутствии ограждений, что приводит к уплотнению почвы и их вытаптыванию на начальных этапах развития. В связи с этим страдает общая структура изгородей, они разреживаются, появляются выпады различной протяженности, что нарушает их экосистемную функциональность [11].

В данных условиях повышается роль своевременного учета возникающих проблем, особенно на начальных этапах формирования изгороди. Однако, согласно общепринятой методике инвентаризации городских зеленых насаждений (Правила создания, содержания и охраны зеленых насаждений г. Москвы, 2002; Методика инвентаризации городских зеленых насаждений, 1997), при учете определяются только площадь живой изгороди путем умножения ширины траншеи на длину, визуальное – категории жизнеспособности кустарника. Методика не учитывает важные параметры качества изгороди, не позволяет достичь единства и точности оценки состояния компонентов изгороди, а также определить степень воздействия неблагоприятных факторов на различные ее участки.

Цель работы – предложить актуальную методику оценки структуры живых изгородей и провести ее апробацию в условиях города Йошкар-Олы.

Объекты исследования – живые изгороди, являющиеся насаждениями общего пользования центрального района г. Йошкар-Олы. Выделено 19 объектов общей протяженностью 1918 м. В основном это – лиственные листопадные изгороди, все они подвергаются формирующей обрезке (97,8 % от общей протяженности). В составе изгородей – кизильник блестящий, пузыреплодник калинолистный, карагана древовидная, роза майская, клен ясенелистный. Вечнозеленые неформованные бордюры отмечены на объекте 18 (можжевельник казацкий) и объекте 17 (магония падуболистная) [5].

Методика.

В основе предлагаемой методики лежит анализ количества и параметров выпадов (утраченных фрагментов изгороди), для фиксации которых требуется минимальный набор инструментов (измерительная лента, дальномер).

На плане инвентаризации выделяются однородные, не прерываемые проездами и дорожками участки живых изгородей, им присваивается инвентаризационный номер, определяется состав изгороди.

Производится замер параметров отдельно для каждого выделенного участка:

- ✓ общая протяженность живой изгороди, пог. м (l_0);
- ✓ количество выпадов (утраченных фрагментов изгороди), шт (n);
- ✓ протяженность каждого выпад, пог. м ($l_{\text{в}}$).

Замеренные параметры заносятся в учетную ведомость. При камеральной обработке рассчитываются следующие параметры:

✓ протяженность живой изгороди без учета выпадов (утраченных фрагментов изгороди при их наличии) l , пог. м;

✓ общая целостность Ц_0 , %, определяется по формуле:

$$\text{Ц}_0 = \frac{l \times 100}{l_0}, \quad (1)$$

где l – протяженность изгороди без учета выпадов (утраченных фрагментов изгороди), м;
 l_0 – общая протяженность живой изгороди, м.;

✓ удельный показатель количества выпадов (утраченных фрагментов изгороди), $N_{\text{в}}$, шт./10 пог. м, рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{в}} = \frac{n \times 10}{l_0}, \quad (2)$$

где n – количество выпадов (утраченных фрагментов изгороди), шт.;

- ✓ средняя протяженность выпадов в живых изгородях, пог. м ($X_{l_{\text{в}}}$);
- ✓ изменчивость средней протяженности выпадов в живых изгородях, % (V).

Таким образом, в понятийный аппарат при оценке живых изгородей предлагаем ввести новый термин – общая целостность, который показывает удельную протяженность не

нарушенных выпадами участков изгороди, выраженную в процентах. А также, помимо общей целостности учитывать комплекс вспомогательных показателей, дающих точную характеристику структуры живых изгородей и обеспечивающих их сравнимость: удельный показатель количества выпадов (шт./10 пог. м), среднюю протяженность выпадов в живых изгородях (м), изменчивость средней протяженности выпадов (%).

Результаты.

В ходе исследования на 19 объектах Центрального района города Йошкар-Олы установлены следующие показатели исследуемых живых изгородей: общая целостность, количество и протяженность выпадов в абсолютном и относительном выражении (таблица).

Структура живых изгородей на различных участках произрастания
Центрального района города Йошкар-Олы

№ объекта	Протяженность изгороди, м		Целостность изгороди, %	Параметры выпадов изгороди					
	общая	без учета выпадов		количество		протяженность, м			
				шт.	шт./10 пог. м	Хср	max	min	V, %
пл. Ленина									
1	35	30,6	88	4	1,1	1,1	2,0	0,5	8,5
улица Первомайская									
2	296	276,6	93,4	20	0,7	0,97	3,0	0,5	9,8
3	258	162,5	63,0	33	1,3	2,9	7,5	1	11,3
4	165	130,8	79,3	18	1,1	1,9	7,0	0,6	18,3
5	45,2	29,5	65,3	6	1,3	2,6	5,5	0,7	16,5
6	117,8	14,6	87,6	5	0,4	2,4	7	0,7	17,9
улица Кремлевская									
7	43,5	32	73,6	5	1,1	2,3	4,0	1,0	13,2
8	17,6	17,6	100	-	-	-	-	-	-
9	55,5	46	82,9	2	0,4	4,75	8,7	0,8	-
10	83,7	78,7	94,1	4	0,5	1,2	2,7	0,5	15,2
11	24,1	21,8	90,5	2	0,8	1,15	1,8	0,5	-
12	83	81,6	98,3	2	0,2	0,7	0,8	0,6	-
улица Пушкина									
13	101,6	94,6	93,1	2	0,2	3,5	5,0	2,0	-
14	135	131,5	97,4	4	1,0	0,8	1,0	0,6	7,5
15	94	94	100	-	-	-	-	-	-
улица Комсомольская									
16	55	55	100	-	-	-	-	-	-
17	23	23	100	-	-	-	-	-	-
18	20	20	100	-	-	-	-	-	-
19	265	193	72,8	51	2,0	1,4	12,0	0,5	28,5

На большинстве объектов выпады присутствуют, их количество варьирует от 2 до 51. На объектах 8, 15, 16, 17, 18 выпады отсутствуют, это целостностные изгороди.

В связи с тем, что длина изгородей на объектах различна, варьирует от 17,6м (объект 8) до 296 м (объект 2), одинаковое количество выпадов на различных объектах имеет различное влияние на качество изгороди. В данном случае наиболее информативным является удельный показатель количества выпадов, приведенный к длине 10 пог. м изгороди (рис. 1).

Наибольшее удельное количество выпадов в изгороди на объекте 19 (ул. Комсомольская) – 2 выпада. От 1 до 1,5 выпадов на 10 пог. м изгороди на шести объектах (1...5, 7,14), а менее 1 выпада - на семи объектах (2,6,9...13).

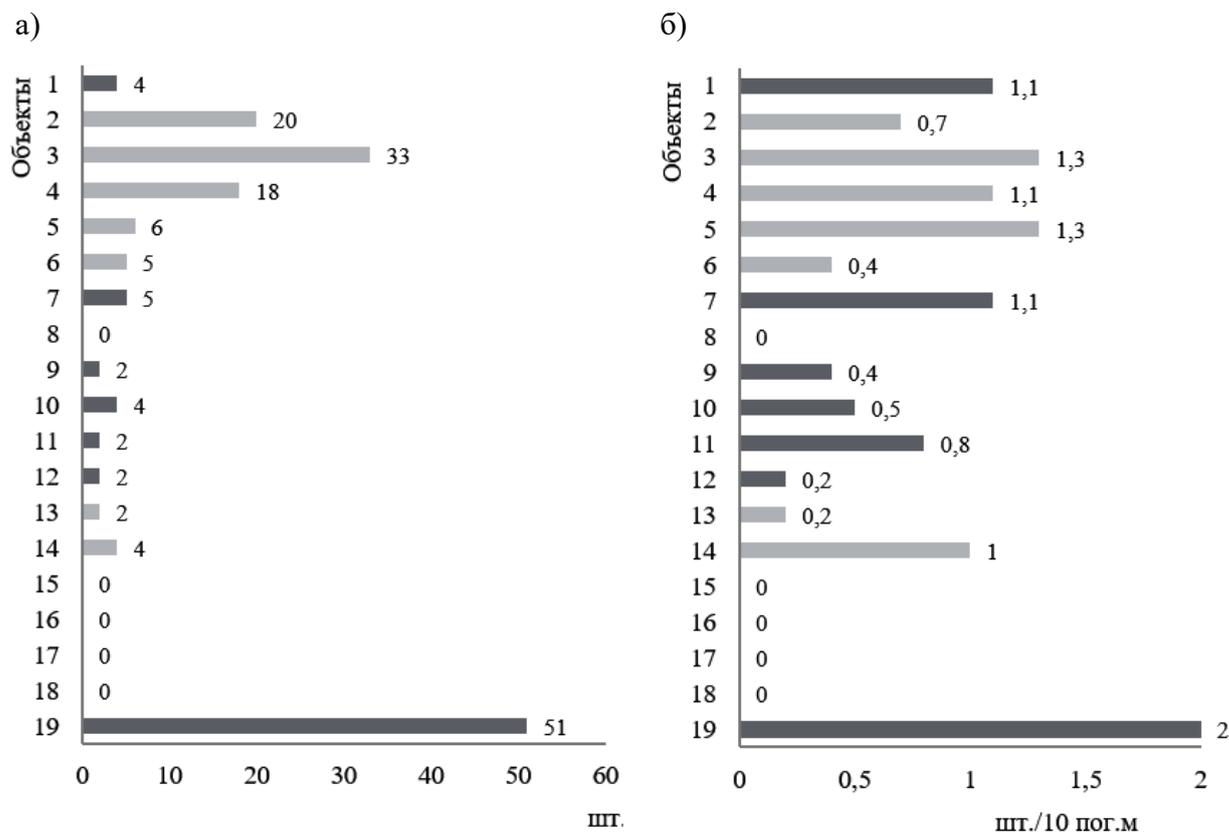


Рис. 1. Результаты исследования состояния живых изгородей:
а – количество выпадов, шт.; б – удельное количество выпадов, шт./10 пог. м

Помимо количества выпадов, в связи с различными подходами для их устранения, важна их протяженность. Высокая протяженность выпадов резко снижает все значимые показатели изгороди, ее функциональность. С другой стороны, такие выпадки легче поддаются восстановлению, либо реконструкции. Выпады небольшие сложно восстанавливать, но при малом их количестве они существенно не снижают функциональность изгороди.

Средняя протяженность выпадов в живых изгородях на исследованных объектах приведена на рис. 2, а.

Наибольшая средняя протяженность выпадов на объекте 9 – более 4 м, однако их количество небольшое. Такая же ситуация на объекте 13, протяженность выпадов 3,5 м, количество небольшое. У объекта 19, лидера по количеству выпадов, их средняя длина – 1,4 м. Большинство объектов имеют выпадки средней протяженностью 1...3 м. Наименьшая протяженность выпадов на объектах 12 и 14 – 0,7...0,8 м. На объектах 8, 15, 16, 17, 18 выпадки отсутствуют.

Результаты статистического анализа протяженности выпадов свидетельствуют об их невысокой изменчивости (7,5...18,3 %), следовательно, большого разброса в длине выпадов на объектах нет (табл. 1). Только на объекте 19 варьирование высокое (28,5 %), протяженность выпадов изменяется от 0,5 до 12 м.

На основе характеристик выпадов можно судить о целостности изгороди, важнейшем показателе, определяющем её качество (рис. 2, б). Целостные изгороди без выпадков произрастают на объектах 8, 15, 16, 17, 18 (17 и 18 – неформованные вечнозеленые изгороди). Наименьшая целостность изгородей на объектах 5 и 3 ул. Первомайской (63...65,3 % от общей протяженности изгороди). Существенно снижена целостность на объектах 1, 4, 6, 7, 9, 19 (72,8...88 % от общей протяженности изгороди). На остальных объектах снижение целостности в пределах 10 % (объекты 2, 10...14).

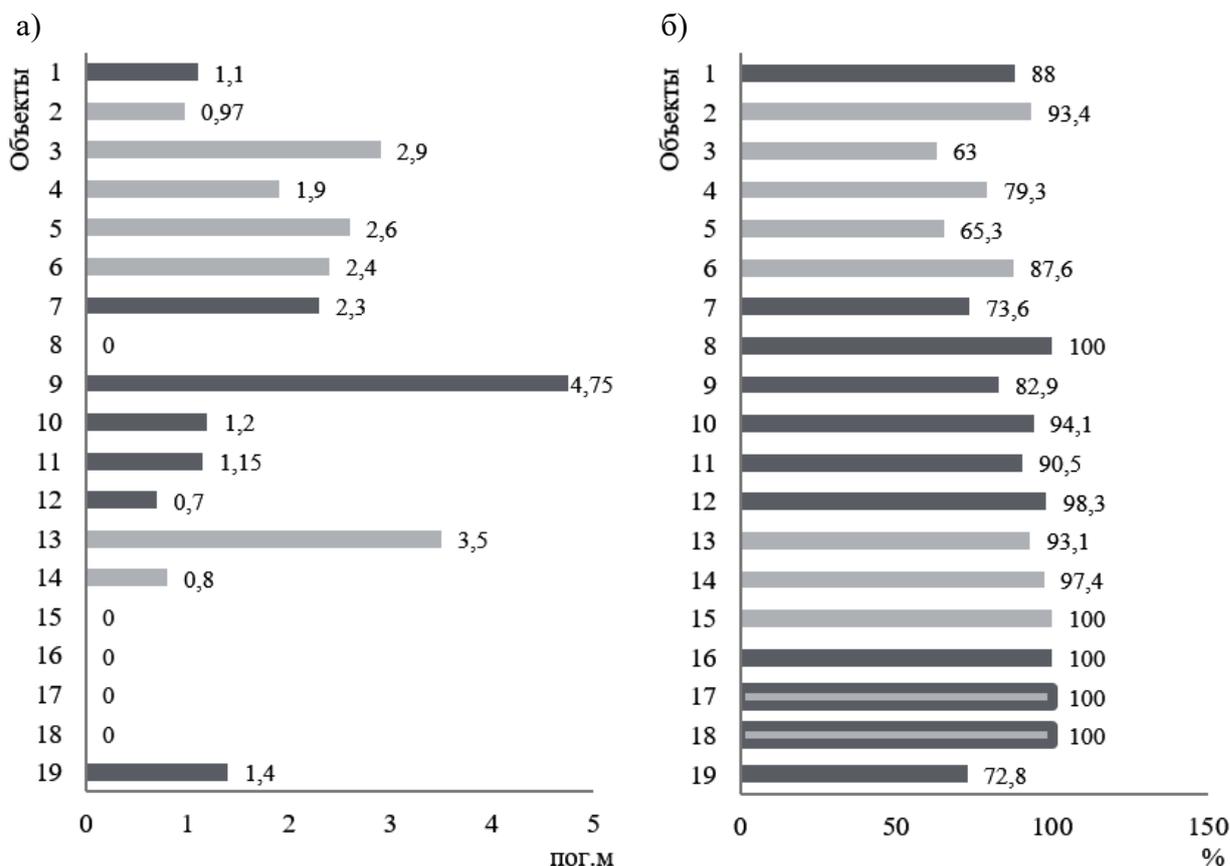


Рис. 2. Результаты исследования состояния живых изгородей:
а – средняя протяженность выпадов, м.; б – общая целостность, %

По результатам измерений и последующих вычислений видна реальная протяженность живых изгородей, которая на данных участках составляет 1533,4 пог. м., тогда как в соответствии с генпланом общая протяженность составляет 1918 м. Целостность большинства изгородей нарушена, что требует назначения мероприятий по восстановлению. Для этого в выпады более 2,5 м следует проводить посадку, а для реставрации участков с выпадами менее 2,5 м посадку следует совмещать с омоложением и, при необходимости, работами по восстановлению состава изгороди.

Заключение.

Существующая методика оценки изгородей не учитывает одну из основных проблем – нарушения структуры за счет выпадов (утраченных фрагментов изгороди).

Информативно выявление общей целостности изгороди, которая показывает удельную протяженность не нарушенных выпадами участков изгороди, выраженную в процентах, а также комплекса вспомогательных показателей: удельный показатель количества выпадов (шт./10 пог. м), средняя протяженность выпадов в живых изгородях (м), изменчивость средней протяженности выпадов (%).

В результате апробации предложенной методики на примере живых изгородей объектов общего пользования центрального района города Йошкар-Олы установлено, что целостность изгородей значительно нарушена, выпады (количество – от 0,2 до 2 шт./10 пог. м, средняя длина – от 0,7 до 4,8 пог. м.) составляют до 37 % их протяженности.

Эффективность апробированной авторской методики состоит в простоте учета, где фиксируются (при минимальном наборе инструментов) видимые проблемы структуры изгороди – параметры выпадов, и наглядности полученных расчетных данных, позволяющих сравнительно оценить качество изгородей и выбрать адекватную стратегию по улучшению

их состояния. Различная протяженность выпадов требует различных подходов к их восстановлению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Абрашкина, А. С.** Снижение уровня шумового загрязнения с помощью живых изгородей / А. С. Абрашкина, А. И. Довганюк // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2016. – № 7. – С. 3-5.
2. **Логачёва, Е. А.** Пылепоглощающая роль живых изгородей, защищающих окружающую среду урбанизированных территорий от отрицательного влияния автотранспорта / Е. А. Логачёва, В. В. Солдатова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 (часть 13) – С. 2860-2865.
3. **Тишлер, В.** Сельскохозяйственная экология / В. Тишлер; пер. с нем. Б. Р. Стригановой, В. А. Турчаниновой под ред. и с пред. проф. М.С. Гилярова. – М: Колос, 1971. – 455с.
4. **Трубицына, Н. А.** Ветровая защита и биоклиматический комфорт в ландшафтной архитектуре / Н. А. Трубицына // Вестник МГСУ – 2017. – № 6. – С. – 619-630.
5. **Серебрякова, Н. Е.** Оценка качественного состава живых изгородей города Йошкар-Олы / Н. Е. Серебрякова, А. С. Сватухин, А. А. Решетняк // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2020. – № 3(14). – С. 71-78.
6. **Серебрякова, Н. Е.** Диагностика агрессивности визуальных полей бульвара Победы города Йошкар-Олы / Н. Е. Серебрякова, А. С. Зиновьева, А. С. Полканова, К. В. Харисова, Г. И. Якупова, Р. Р. Ямалиева, Т. Ю. Желонкина // Эколого-экономические и технологические аспекты устойчивого развития Республики Беларусь и Российской Федерации: сборник статей III Международной научно-технической конференции «Минские научные чтения-2020». – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2021. – С. 174-179.
7. **Атаханова, Н. М.** Цветовая гармонизация урболандшафта растительными средствами / Н. М. Атаханова, Н. Е. Серебрякова // Социально-гуманитарные науки и практики в XXI веке: человек и общество в меняющемся мире: сборник материалов XV международной весенней научной конференции. – Йошкар-Ола, 2019. – С. 340-342.
8. **Львова, К. Н.** Городской сквер: проблемы ландшафтной организации в свете современных тенденций / К. Н. Львова, Н. Е. Серебрякова // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. – 2018. – № 2. – С. 71-74.
9. **Серебрякова, Н. Е.** Влияние антропогенной трансформации почв на состояние древесных видов города Йошкар-Олы / Н. Е. Серебрякова, К. В. Гринченко, В. Н. Карасев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 4(11). – С. 78-85.
10. **Серебрякова, Н. Е.** Оценка древесных растений как фитофильтров в условиях техногенных нагрузок / Н. Е. Серебрякова, К. В. Гринченко, Т. Ю. Желонкина // Эколого-экономические и технологические аспекты устойчивого развития Республики Беларусь и Российской Федерации: сборник статей III Международной научно-технической конференции «Минские научные чтения-2020». – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2021. – С. 214-220.
11. **Болотова, Л. Д.** Современное состояние живых изгородей в г. Иркутск / Л. Д. Болотова, О. С. Зацепина // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: материалы всероссийской научно-практической конференции. 6...7 марта 2020 года. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, 2020. – С. 325-330.

Поступила в редакцию 19 июня 2021

METHODOLOGICAL APPROACH TO THE ASSESSMENT OF THE HEDGE STRUCTURE IN THE URBAN IMPROVEMENT SYSTEM

N. E. Serebryakova, A. A. Reshetnyak

Serebryakova Natalya Evgenyevna, Cand. Sc. (Agric.), Associate Professor at the Department of landscape gardening construction, botany and dendrology, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola city, Russia, phone: +7(902)664-44-45; e-mail: serebryakovane@volgatech.net

Reshetnyak Andrey Alexandrovich, student of the Department of landscape gardening construction, botany and dendrology, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola city, Russia, phone: +7(902)664-44-45; e-mail: serebryakovane@volgatech.net

We determined the importance of timely consideration of the quality and condition of hedges as a multifunctional element of the urban landscape. The existing inventory methodology does not take into account the common problems of hedges. The authors' methodology effectiveness is in the simplicity of accounting, where the visible problems of the hedge structure (gaps parameters) are recorded and the clarity of the calculated data is obtained. That allows us to comparatively assess the quality of hedges and choose an adequate strategy to improve their condition. The concept of general hedge integrity is introduced, which shows the specific length of hedge sections not disturbed by gaps, expressed as a percentage. The method has been tested on 19 public facilities in the central district of Yoshkar-Ola city. Violations of the structure of hedges were revealed: a decrease in their integrity due to the presence of gaps in an amount from 0.2 to 2 pcs. per 10 running meters and with length from 0,7 to 4,8 running meters. Different lengths of gaps require different approaches to their recovery.

Keywords: assessment methodology; hedge; Yoshkar-Ola city; green spaces; integrity; gaps.

REFERENCES

1. **Abrashkina A. S., Dovganyuk A. I.** *Reducing the level of noise pollution with the help of hedges*. Bulletin of landscape architecture. 2016. No. 7. Pp. 3-5. (in Russian)
2. **Logacheva E. A., Soldatova V. V.** *Dust-absorbing role of hedges that protect the environment of urbanized areas from the negative impact of vehicles*. Basic research. 2015. No. 2. Part 13. Pp. 2860-2865. (in Russian)
3. **Tishler V.** *Agricultural ecology*. Moscow, Kolos. 1971. 455 p. (in Russian)
4. **Trubitsyna N. A.** *Wind protection and bioclimatic comfort in landscape architecture*. Herald of the Moscow State University of Civil Engineering. 2017. No. 6. Pp. 619-630. (in Russian)
5. **Serebryakova N. E., Svatukhin A. S., Reshetnyak A. A.** *Assessment of the qualitative composition of hedges in the city of Yoshkar-Ola*. Housing and utilities infrastructure. 2020. No. 3(14). Pp. 71-78. (in Russian)
6. **Serebryakova N. E., Zinovieva A. S., Polkanova K. V., Kharisova A. S., Yakupova G. I., Yamalieva R. R., Zhelonkina T. Yu.** *Diagnostics of the aggressiveness of the visual fields of the Po-trouble boulevard of the city of Yoshkar-Ola*. Ecological, economic and technological aspects of sustainable development of the Republic of Belarus and the Russian Federation: collection of articles of the III International Scientific and Technical Conference Minsk Scientific Readings-2020. Minsk, Belarusian State Technological University. 2021. Pp. 174-179.
7. **Atakhanova N. M., Serebryakova N. E.** *Color harmonization of the urban landscape with plant means*. Social and humanitarian sciences and practices in the XXI century: people and society in a changing world: collection of articles of the XV international spring scientific conference. Yoshkar-Ola. 2019. Pp. 340-342. (in Russian)

8. **Lvova K. N., Serebryakova N. E.** *City square: problems of landscape organization due to modern trends*. Engineering kadri -are the future of Russia's innovative economy. 2018. No. 2. Pp. 71-74. (in Russian)

9. **Serebryakova N. E., Grinchenko K. V., Karasev V. N.** *Influence of anthropogenic soil transformation on the state of woody plants of Yoshkar-Ola*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 4(11). Pp. 78-85. (in Russian)

10. **Serebryakova N. E., Grinchenko K. V., Zhelonkina T. Yu.** *Evaluation of woody plants as phyto-filters under technogenic loads*. Ecological, economic and technological aspects of sustainable development of the Republic of Belarus and the Russian Federation: collection of articles of the III International Scientific and Technical Conference Minsk Scientific Readings-2020. Minsk, Belarusian State Technological University, 2021. Pp. 214-220.

11. **Bolotova L. D., Zatsepina O. S.** *The current state of hedges in Irkutsk*. Scientific research of students in solving urgent problems of the agro-industrial complex: materials of the All-Russian scientific and practical conference. Irkutsk: Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Ezhevsky. 2020. Pp. 325-330. (in Russian)

Received 19 June 2021

Для цитирования:

Серебрякова, Н. Е. Методический подход к оценке структуры живых изгородей в системе благоустройства городов / Н. Е. Серебрякова, А. А. Решетняк // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 46-53. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.005.

FOR CITATION:

Serebryakova N. E., Reshetnyak A. A. *Methodological approach to the assessment of the hedge structure in the urban improvement system*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 46-53. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.005. (in Russian)

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

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.006

УДК 528.852, 551.521.33

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛООВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

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

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

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

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

Рассмотрены вопросы мониторинга теплового загрязнения окружающей среды в городах. Представлена методика отбора спектрально-анализируемых спутниковых снимков, их обработки и интерпретации полученных результатов. Для оценки городского острова тепла были использованы снимки с космического аппарата Landsat 8 TIRS. На их основе построены карты пространственной структуры острова тепла города Воронежа за летний и зимний периоды. Определены тепловые аномалии и выявлено 11 основных техногенных источников теплового загрязнения в г. Воронеже, установлена их принадлежность к промышленным зонам предприятий, а также к очистным гидротехническим сооружениям. Поверхностные температуры данных источников в среднем были выше фоновых температур приблизительно на 6° зимой и на 15,5° С летом. Синхронно со спутниковой съемкой были проведены наземные контрольные тепловизионные измерения температур основных подстилающих поверхностей в г. Воронеже. Полученные данные показали высокую сходимость космических и наземных измерений, на основании чего сделан вывод о надежности используемых данных дистанционного зондирования Земли в мониторинговых наблюдениях теплового загрязнения городской среды. Результаты работ могут найти применение в городском планировании и медицинской экологии.

Ключевые слова: геоинформационные технологии; дистанционное зондирование; городской остров тепла; климат города; Landsat 8 TIRS.

Большинство крупных городов характеризуются высоким уровнем физико-химического загрязнения атмосферы, шумовым, вибрационным, тепловым и другими видами техногенного воздействия [1, 2]. Тепловое загрязнение – это физическое загрязнение, выражающееся в периодическом или длительном повышении температуры окружающей среды выше естественного уровня. Наиболее ярко оно проявляется в образовании на территории городов устойчивых положительных аномалий температуры – «островов тепла» [3, 4]. Их интенсивность зависит от естественных природно-климатических условий, а также от инфраструктурных особенностей городской среды – главным образом от площади и плотности застройки, ее теплосодержания, количества жителей [5]. Появление тепловых аномалий в городах связано с источниками антропогенного тепла от промышленных предприятий, транспорта, объектов жилищно-коммунального хозяйства [6, 7].

Техногенные эмиссии тепла в условиях сложного городского ландшафта могут приводить к устойчивым локальным изменениям температурного режима атмосферы. Такие изменения, как правило, снижают качество городской среды для жизнедеятельности, приводя к ухудшению здоровья и благополучия населения [8]. Медико-экологические следствия развития городских островов тепла особенно остро проявляются на фоне продолжительных волн жары. В такие периоды органами здравоохранения регистрируется рост числа пациентов с обострением хронических заболеваний, преимущественно, сосудистой, респираторной, эндокринной патологии; отмечается рост преждевременной смертности населения. Например, такие последствия аномальной жары 2010 года описаны для города Воронежа [9].

К сожалению, в обозримом будущем проблема городских островов тепла будет только усугубляться вследствие роста урбанизации, а также усиления эффектов от техногенных источников тепла на фоне глобальных тенденций потепления климата.

Таким образом, комфортность и безопасность окружающей среды во многом зависит от ее температурного режима, поэтому изучение и сокращение теплового загрязнения городов имеет большое значение в медицинской экологии и городском планировании. Традиционные метеорологические измерения не позволяют детально исследовать пространственную структуру городских островов тепла и выявить источники теплового загрязнения – это стало возможным с появлением методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в частности космической съемки в тепловом диапазоне инфракрасного излучения.

Ранее авторами на основе данных ДЗЗ проводилось картографирование летнего теплового острова Воронежа за 2015 год [10, 11, 12]. Подобные карты необходимо учитывать при моделировании и урбоэкодиагностике состояния воздушной среды, т.к. структура теплового поля города является определяющим фактором возникновения конвекционных потоков и перераспределения загрязняющих веществ в его атмосфере. Цель данной работы состояла в выявлении, картографировании и анализе теплового загрязнения окружающей среды в г. Воронеже по данным ДЗЗ. В задачи работы входило:

- 1) формирование базы данных разновременных тепловых космических снимков Landsat 8 TIRS на город Воронеж.
- 2) проведение подспутниковых инструментальных наблюдений температурного поля от различных подстилающих поверхностей в г. Воронеже с помощью пирометров и тепловизионной съемки.
- 3) геоинформационное картографирование пространственно-временных особенностей теплового загрязнения г. Воронежа по данным тепловой космической съемки и наземных инструментальных наблюдений.
- 4) выявление источников антропогенных тепловых аномалий и сбор информации для их мониторинга.

Материалы и методы.

Данные дистанционного зондирования.

Инфракрасное излучение от земной поверхности в диапазоне длин волн 8...15 мкм формируется за счет суммарного эффекта отраженного и поглощенного солнечного излучения, собственного излучения Земли, а также техногенного излучения. Это суммарное тепловое излучение может регистрироваться сенсорами спутников в виде изображений независимо от времени суток. По таким данным ДЗЗ доступно изучение динамики температур подстилающей поверхности и выявление источников теплового загрязнения.

Основными «поставщиками» космической съемки в тепловом диапазоне для гражданских целей являются сенсоры AVHRR, MODIS, VIIRS. Они ежедневно производят съемку всей поверхности Земли, однако, пространственное разрешение таких снимков составляет около 1 км на пиксель, что ограничивает их применение для изучения сравнительно небольших по размерам островов тепла от городов. Одним из открытых источников более детальной тепловой съемки являются космические аппараты серии Landsat, в частности спутник

Landsat 8 – единственный, на момент написания статьи, действующий в штатном режиме аппарат этой серии.

Landsat 8 был выведен на орбиту в апреле 2013 г. и несет на борту оптико-электронный сенсор OLI и ИК-радиометр TIRS. Последний регистрирует тепловое излучение по двум диапазонам: 10,6...11,19 мкм (канал съемки № 10) и 11,5-12,51 мкм (канал № 11). По данным каналам получают 12-битные снимки с охватом территории 183*170 км и пространственным разрешением 100 м/пиксель. Повторение кадра происходит каждые 16 суток независимо от погодных условий.

Для исследований был выбран Landsat 8 TIRS в качестве основного источника данных – его высокий потенциал для мониторинговых исследований подкрепляется недавним запуском «преемника» – спутника Landsat 9. Открытие публичного доступа к снимкам с нового аппарата ожидается в начале 2022 г.

Исследуемая территория Воронежа по разграфке WRS-2 полностью входит в центр ряда № 24 снимков, выполняемых аппаратами Landsat на витке № 176. Вследствие этого, спутник Landsat 8 производит съемку исследуемого города приблизительно в 11 ч. 20 мин. по местному времени один раз в 16 дней. Данный факт ограничивает число максимально возможных снимков до 5...6 за интересующий сезон одного года, что с учетом редких безоблачных дней сокращает до единиц число подходящих по качеству снимков. Исключение составляет лето 2015 года, за которое, по уникальному стечению обстоятельств, Landsat 8 сделал пять безоблачных снимков г. Воронежа. По данной серии снимков, было выполнено картографирование структуры острова тепла Воронежа, выявлены тепловые аномалии и оценена их стабильность в ходе летнего сезона 2015 года [11, 12]. В продолжение этих работ было выполнено аналогичное исследование зимнего теплового острова Воронежа. Из-за малочисленности зимних снимков для анализа использовались данные за разные годы, что менее надежно вследствие изменений подстилающей поверхности (городского ландшафта) во времени. Все исходные мультиспектральные снимки получены из архива Геологической службы США (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Главными условиями их отбора было отсутствие облачности и полный охват исследуемой территории.

Расчет поверхностных температур

Отобранные снимки обрабатывали следующим образом: для каналов съемки 10 и 11 производили пересчет условных единиц спектральной яркости теплового излучения, записанных в пикселях по соответствующим каналам съемки, в яркостные значения температур (T_{DN}) по формуле (1):

$$T_{DN} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)}, \quad (1)$$

где L_λ – спектральная яркость на апертуре сенсора, Вт/(м²×ср×мкм); K_1 и K_2 – калибровочные константы (они приводятся в метаданных каждого снимка).

Далее, согласно [13], производился пересчет полученных яркостных температур в температуры подстилающей поверхности по формуле (2):

$$T = \frac{T_{DN}}{1 + \frac{1}{c_2}(\lambda \times T_{DN} \times \ln \varepsilon)}, \quad (2)$$

где λ – длина волны испускаемого излучения; c_2 – константа, определяющая отношение постоянной Планка, помноженной на скорость света, к постоянной Больцмана, и равная $1,4388 \times 10^{-2}$ м×К; ε – коэффициент излучения или «степень черноты» (например, для асфальта $\varepsilon = 0,942$, для бетона $\varepsilon = 0,937$, для открытой почвы и газонов $\varepsilon = 0,928$ и $0,982$, соответственно [14]).

Далее было произведено усреднение полученных значений температур в пикселях между каналами за каждую дату, а затем вычисление средних температур за весь сезон и определение коэффициентов ее вариации. По полученным растровым слоям выявляли теп-

ловые аномалии исследуемой территории визуально и количественно: по выбранной пороговой изотерме с учетом коэффициента вариации температуры для оконтуренных ею аномально теплых областей.

Для проведения описанных расчетов и картографирования использовали геоинформационную среду QGIS 3.20 и модуль Semi-Automatic Classification Plugin 7.10 [15].

Наземные контрольные измерения

Точность определения температур поверхностей по данным ДЗЗ достигает $\pm 0,5^\circ\text{C}$, однако, облачность и дымка в атмосфере способны занижать значения на несколько градусов. Кроме того, температура и влажность воздуха, скорость ветра, количество осадков до момента съемки и другие метеорологические параметры могут существенно менять температуру даже одинаковых подстилающих поверхностей при их равной инсоляции. В связи с этим была предпринята попытка учесть метеорологические параметры при интерпретации результатов дистанционного определения температур: для каждого используемого снимка по архивным данным с метеостанций сервиса www.gp5.ru были установлены основные метеоусловия съемки.

Систематичность космической съемки позволяют спланировать подспутниковые исследования: замеры температур подстилающей поверхности разного типа (асфальт, бетон, открытая почва, материалы фасадов и крыш зданий и др.) с помощью пирометров и телевизионной съемки. Получаемые таким образом синхронные наземные и дистанционные данные дополняют друг друга: космические снимки в тепловом диапазоне показывают пространственную структуру городского острова тепла в целом и места расположения наиболее крупных тепловых аномалий, детализировать происходящие в них термодинамические процессы становится возможным с помощью наземной тепловизионной съемки. Применение пирометров на контрольных участках с разными типами подстилающей поверхности дает возможность калибровать тепловые космические снимки, произвести их атмосферную коррекцию.

В данном исследовании для наземных контрольных измерений использовались поверенные тепловизоры RGKTL-80 и TL-60, а также 2 пирометра RGK PL-12 и 5 пирометров PL-8. Данные приборы позволяют производить бесконтактное определение поверхностных температур от -30° до $+350^\circ\text{C}$ с точностью $\pm 2^\circ\text{C}$, на основе излучения в диапазоне 8...14 мкм. При проведении натуральных измерений в приборы вносились поправки на температуру воздуха по ближайшему метеопосту и «степень черноты» целевых поверхностей (ϵ).

Результаты и обсуждение

Пространственная структура острова тепла

Анализ архивных снимков за весь период работы спутника Landsat 8, с апреля 2013 г. по настоящее время, показал, что для города Воронежа было сделано 5 безоблачных зимних снимков (WRS-2 Path: 176, Row: 24). Идентификаторы данных сцен, а также метеорологические параметры на момент их съемки приведены в таблице 1.

В результате обработки данных снимков были получены пять растровых слоев, отображающих распределение температур подстилающей поверхности города Воронежа по состоянию на 26 января и 27 февраля 2014 г., 3 февраля 2017 г., 22 февраля 2018 г. и 28 декабря 2020 г. Эти растровые слои были объединены в мультитременной композитный растр, для каждого пикселя которого были рассчитаны среднее значение температуры за приведенные даты и коэффициент ее вариации. Аналогичный анализ снимков за условно-летний сезон 2015 года (табл. 1) был выполнен ранее, как уже отмечалось [11, 12], и здесь мы цитируем данные этих исследований для полноты картины сезонной изменчивости теплового острова города Воронежа.

Созданные на основе анализа снимков карты поверхностных температур и их вариаций в зимние и летние месяцы показаны на рис. 1 и рис. 2.

Таблица 1

Использованные космические снимки Landsat 8 TIRS и метеорологические условия на момент их съемки

Идентификатор сцены	Дата съемки*	Метеорологические параметры**	
		температура воздуха, °С	скорость ветра, м/с
Зимний период			
LC81760242020363LGN00	28.12.2020	-2,44	2
LC81760242018053LGN00	22.02.2018	-8,8	2
LC81760242017034LGN00	03.02.2017	-11,0	2
LC81760242014058LGN01	27.02.2014	-0,6	4
LC81760242014026LGN02	26.01.2014	-17,4	1
Летний период			
LC81760242015141LGN00	21.05.2015	+22,5	2
LC81760242015157LGN00	06.06.2015	+19,8	5
LC81760242015189LGN00	08.07.2015	+25,1	5
LC81760242015221LGN00	09.08.2015	+29,5	2
LC81760242015237LGN00	25.08.2015	+20,5	3

Примечание: * – съемка в указанные даты производилась около 11:17 по местному времени; ** – данные метеостанции № 34123 «Воронеж» на 12:00 по местному времени.

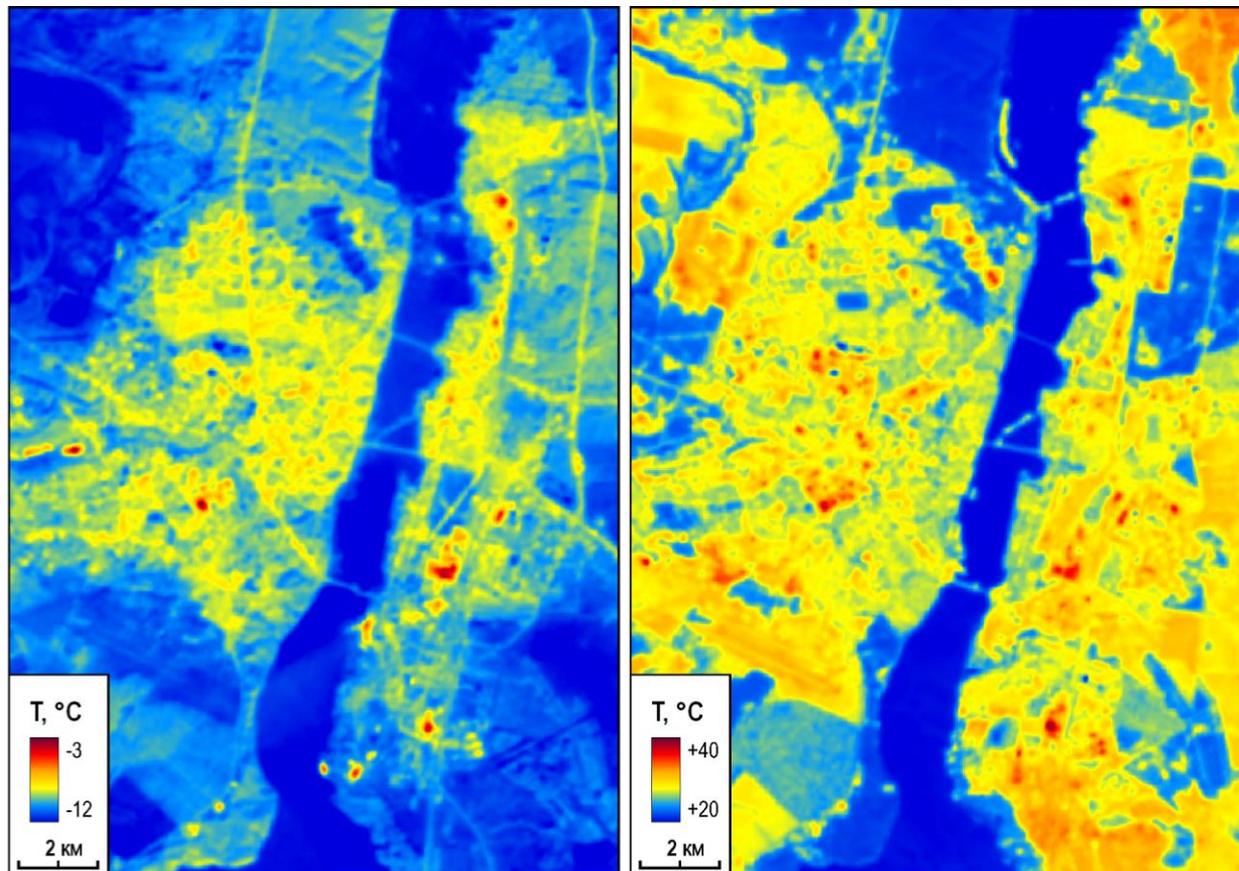


Рис. 1. Карты температур подстилающих поверхностей в г. Воронеже зимой (слева) и летом (справа)

Оранжевые пятна с красными вкраплениями на рисунке 1 отображают источники теплового загрязнения от промышленных зон, причем красные пятна – это в основном отдельные сооружения, где происходят постоянные эмиссии тепла. Поверхностные температуры зимой для таких объектов могут в среднем превышать приблизительно на 3,5° и 6°С, а летом – на 7,5° и 15,5°С показатели средней температуры окружающих жилых кварталов и загородных лесных территорий, соответственно.

Карты коэффициентов вариации температур каждого пикселя (рис. 2) рассчитаны по тем же снимкам и показывают относительную изменчивость температур подстилающих поверхностей между разновременными снимками. Так, для выявленных источников тепла в зимний период отмечается сильное варьирование их поверхностных температур – более 30 %, что связано с большей амплитудой температур контрастных подстилающих поверхностей, более динамичной циркуляцией атмосферы, и соответственно, более быстрым рассеиванием теплового загрязнения от источников зимой, в сравнении с летним периодом. В ходе лета 2015 г. варьирование температур на этих же объектах не превышало 15 %. Наименьшие вариации температуры наблюдаются в малоэтажной застройке и на территории застройки средней плотности с достаточным озеленением, а наиболее высокие – на открытых пространствах, вблизи проезжей части крупных дорог, либо на участках плотной высотной застройки, где минимально внутриквартальное озеленение – это хорошо соотносится с результатами наземных исследований [10].

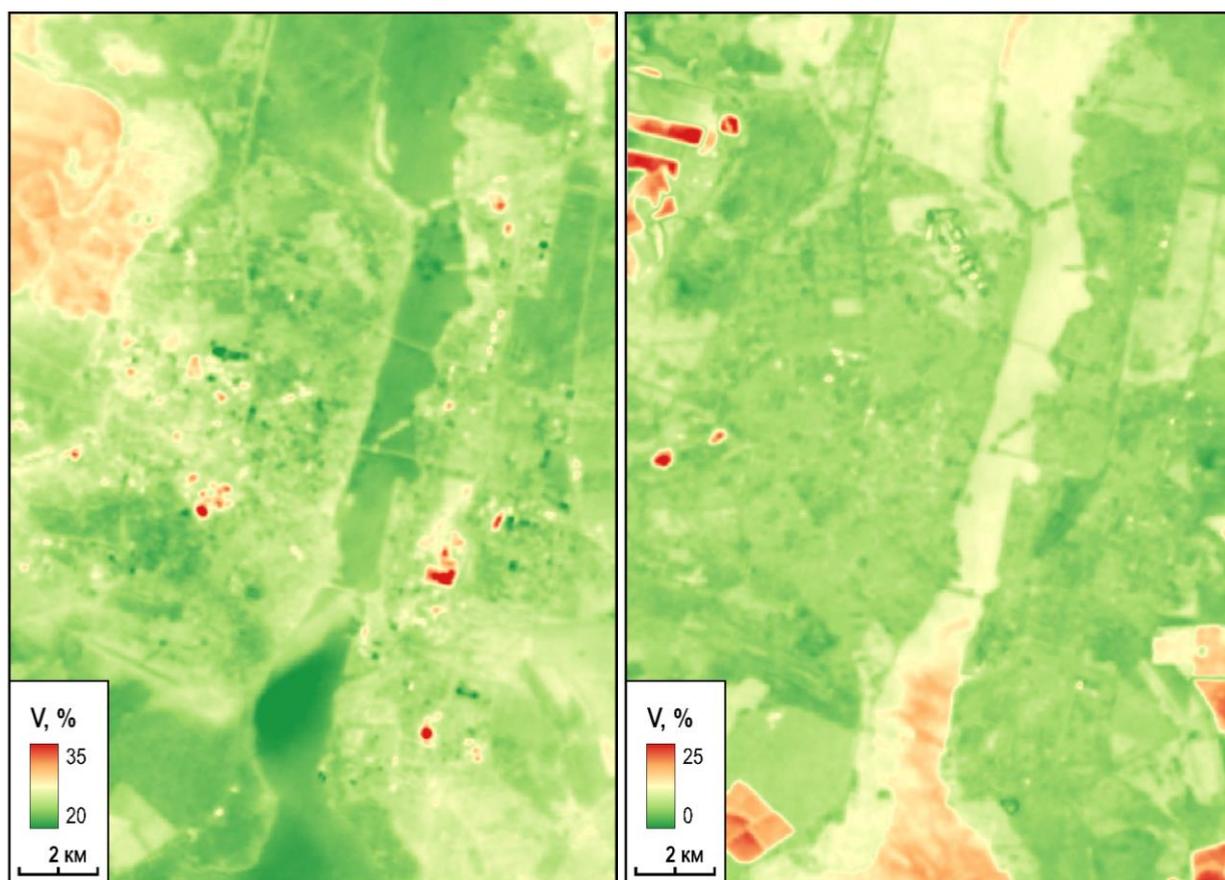


Рис. 2. Карты вариаций температур подстилающих поверхностей в г. Воронеже зимой (слева) и летом (справа)

Апробированная авторами методика исследования пространственной структуры городского острова тепла имеет определенные ограничения. Они связаны прежде всего с предвзятостью исходных данных: для расчетов и картографирования были использованы только космические снимки, отражающее состояние объекта в антициклональную погоду, тогда как при наличии облачности характер циркуляции атмосферы иной, что также влияет на структуру и интенсивность теплового острова. В то же время, это обстоятельство практически не влияет на точность и полноту выявления источников теплового загрязнения среды.

Источники теплового загрязнения

На основе созданных карт были установлены местоположения основных устойчивых тепловых аномалий в Воронеже с повышенными температурами поверхности: летом –

выше $+35^{\circ}$, зимой – выше -6° С. Все оконтуренные такими изотермами стабильные источники тепла совпали с местоположениями строений, отдельных цехов или объектов инфраструктуры промышленных предприятий (рис. 3). Для обеспечения мониторинга этих источников теплового загрязнения были получены их координаты и описательные сведения по ним (табл. 2).

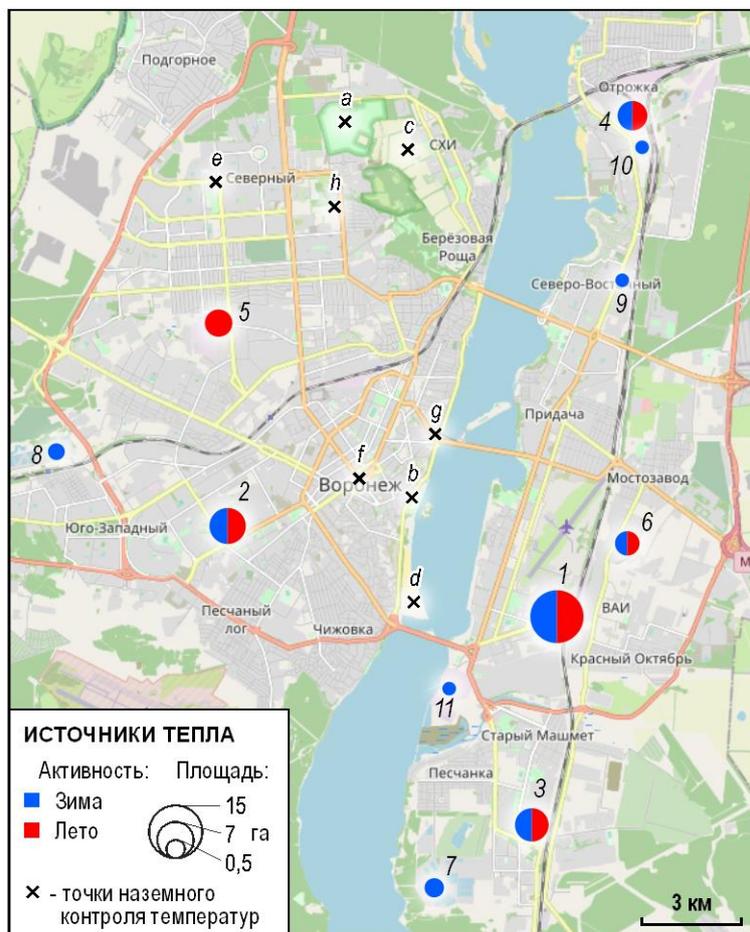


Рис. 3. Карта источников теплового загрязнения г. Воронежа (нумерация объектов соответствует строкам табл. 2, литерация – строкам табл. 3)

Таблица 2

Основные источники теплового загрязнения г. Воронежа

№	Источник теплового загрязнения (ближайший адрес)	Координаты		Площадь очага, га	Превышение максимума средних температур очага над фоном*, °С
		° с. ш.	° в. ш.		
1	ПАО «ВАСО», корпуса № 43, № 45 (ул. Циолковского, 27)	51,6381	39,2540	15,0	7,0° - зима 14,7° - лето
2	Воронежский механический завод, филиал АО «ГКНПЦ им. М. В. Хруничева» (ул. Ворошилова, 22)	51,6535	39,1646	7,0	7,2° - зима 16,0° - лето
3	ЗАО «Воронежский шинный завод» (ул. Ростовская, 41)	51,6027	39,2471	6,0	6,8° - зима 18,5° - лето
4	Воронежский вагоноремонтный завод, филиал АО «Вагонремаш» (пер. Богдана Хмельницкого, 1)	51,7231	39,2745	4,7	6,2° - зима 15,4° - лето
5	ОАО «Тяжмехпресс» (Солнечная, 31)	51,6879	39,1621	4,0	14,5° - лето

Окончание табл. 2

№	Источник теплового загрязнения (ближайший адрес)	Координаты		Площадь очага, га	Превышение мак- симума средних температур очага над фоном*, °С
		° с. ш.	° в. ш.		
6	АО «Воронежстальмост» (ул. Волгоградская, 39)	51,6505	39,2731	3,2	5,8° - зима 14,0° - лето
7	ООО «Левобережные очистные со- оружения» (ул. Балашовская, 29)	51,5920	39,2207	2,0	5,8° - зима
8	«Правобережные очистные сооруже- ния» (ул. Антакольского, 21)	51,6661	39,1181	1,5	7,1° - зима
9	Воронежский стеклотарный завод, филиал ООО «РАСКО» (Ленинский пр-т., 172)	51,6952	39,2717	0,5	4,9° - зима
10	ООО ХК «Мебель Черноземья» (ул. Богдана Хмельницкого, 51А)	51,7178	39,2771	0,5	5,1° - зима
11	Воронежская ТЭЦ-1 (ул. Лебедева, 2)	51,6259	39,2247	0,5	5,1° - зима

Примечание: * - в качестве фоновых значений (зима: -10,6°; лето: +21,5° С) взяты средние за сезон температу-
ры по данным снимков (табл. 1) для удаленного от дорог и застройки однородного участка Воронежской
нагорной дубравы (координаты участка: 51.750°с.ш., 39.195°в.д.).

Таким образом, были установлены 11 техногенных объектов, вносящих основной вклад в тепловое загрязнение г. Воронежа. Все они оказались приурочены к промышленным зонам ПАО «ВАСО», АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», ЗАО «Воронежский шинный завод», АО «Вагонреммаш», ОАО «Тяжмехпресс», АО «Воронежстальмост», ООО «Левобережные очистные сооружения», «Правобережные очистные сооружения», ООО «РАСКО», ООО ХК «Мебель Черноземья», Воронежская ТЭЦ-1. Тепловые аномалии от пяти из них наблюдалось в оба анализируемых сезона, от одного – предприятия (ОАО «Тяжмехпресс») – только летом, а еще 5 объектов отмечались как источники теплового загрязнения только в зимний период (среди них очистные сооружения, что связано с большим тепловым эффектом от коммунально-бытовых сточных вод зимой). Поверхностные температуры очагов этих аномалий в среднем были выше фоновых значений приблизительно на 6° зимой и на 15,5 °С летом. Особенно выделяется ПАО «Воронежское акционерное самолётостроительное общество» по максимальной площади очага – около 15 га, приуроченного к корпусам № 45 и № 43 промышленной зоны предприятия. Максимальное превышение - до 18,5 °С над фоновыми температурами зимой отмечено у ЗАО «Воронежский шинный завод», летом он также остается в числе наиболее «горячих» источников с превышением около 7° С над фоном, наряду с объектами Воронежского механического завода и корпусами ВАСО (табл. 3). 8 из 11 выявленных источников теплового загрязнения приходится на промышленно ориентированное левобережье Воронежа – Железнодорожный и Левобережный районы города.

Подспутниковые измерения

Работы по проведению подспутниковых измерений температур подстилающих поверхностей проводились с июля 2021 г. одновременно с космической съемкой. Так, за прошедший период, съемка Воронежа (WRS-2 Path: 176, Row: 24) аппаратом Landsat 8 TIRS выполнялась 24 июля, 9 и 25 августа, 10 и 26 сентября, 12 и 28 октября 2021 г. – во все эти даты, за исключением 25.08.2021 г. над г. Воронежем в 11...12 часов по местному времени наблюдалась существенная облачность, что делало нецелесообразным проведение подспутниковых замеров. Измерения были выполнены 25 августа, чему способствовала ясная, безоблачная погода над городом (температура воздуха +27,1 °С, относительная влажность воздуха 23 %, ветер 3 м/с – в 12 ч. 00 мин. по метеостанции № 34123 «Воронеж»). В 11:20 ±5 мин., то есть приблизительно в момент прохождения спутника Landsat 8 над Воронежем, в

восьми точках города (рис. 3) были синхронно измерены температуры подстилающих поверхностей. Точки для измерений выбирались с учетом отсутствия выраженного уклона местности и сохранения относительной однородности подстилающей поверхности в радиусе 50 м. Полученные значения температур в этих точках были сопоставлены со значениями температур в соответствующих пикселях теплового снимка от 25.08.2021 г., обработанного по вышеописанной методике. Результаты этих измерений приведены в табл. 3.

Таблица 3

Температуры подстилающих поверхностей в г. Воронеже 25.08.2021, в 11:20, по наземным (T_L) и спутниковым (T_S) измерениям

Название контрольной точки	Координаты		Тип подстилающей поверхности	Температура, °С	
	° с. ш.	° в. д.		T_L	T_S
a. Лес НИИЛГиС	39,1964	51,7213	кроны деревьев	26,5	22,2
b. Петровская набережная	39,2145	51,6576	трава, газон	31,4	27,4
c. Поля СХИ	39,2135	51,7166	открытая почва	43,1	31,2
d. Песчаная Гора	39,2150	51,6398	песок	39,0	28,4
e. ТЦ Арена	39,1613	51,7111	асфальт	37,9	28,5
f. Площадь Ленина	39,2003	51,6608	брусчатка, гранит	32,3	25,8
g. Чернавский мост	39,2209	51,6683	асфальт, тротуарная плитка	33,4	26,7
h. Гаражный кооператив	39,1935	51,7069	бетон, битум, асфальт	40,3	29,5

Полученные результаты сопоставления космических и наземных измерений температур являются предварительными, т.к. выведение эмпирических коэффициентов для коррекции температур тепловых снимков по натурным измерениям требует многолетнего ряда подобных синхронных измерений с учетом разных погодных условий. Тем не менее, наши данные показывают высокую сходимость результатов, если устранить систематическую ошибку, то есть прибавить приблизительно 8,5 °С к значениям температур, определенных по спутниковой съемке. Это дает основания в целом опираться на данные ДЗЗ при выявлении источников теплового загрязнения, оценки их относительных температур и картографировании структуры теплового острова г. Воронежа.

Заключение.

По данным космической съемки, выполненной в тепловом диапазоне съемочной системой Landsat 8 TIRS, картографирована структура летнего и зимнего острова тепла г. Воронежа. По созданным картам были выявлены 11 стабильных источников теплового загрязнения города, которые оказались приурочены к промышленным зонам (ПАО «ВАСО», АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», ЗАО «Воронежский шинный завод», АО «Вагонреммаш», ОАО «Тяжмехпресс», АО «Воронежстальмост», ООО «РАСКО», ООО ХК «Мебель Черноземья», Воронежская ТЭЦ-1), а также к левобережным и правобережным очистным сооружениям. Перечисленные техногенные источники тепла вносят основной вклад в формирование теплового острова города Воронежа. Поверхностные температуры их очагов были в среднем выше фоновых значений приблизительно на 6° зимой и на 15,5 °С летом.

Таким образом, на основе данных ДЗЗ и наземных контрольных измерений, были созданы наиболее детальные и точные на текущий момент карты вариаций температур подстилающих поверхностей, а также карты источников теплового загрязнения атмосферы Воронежа. Полученные данные могут служить для учета пространственного влияния термодинамических факторов в медицинской экологии и городском планировании. Проведённое исследование является основой для дальнейшего мониторинга и сокращения теплового загрязнения в г. Воронеже.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
Российского научного фонда, проект №20-17-00172*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Изменение климата: последствия, смягчение, адаптация:** учеб.-метод. комплекс / М. Ю. Бобрик [и др.]. – Витебск, 2015. – 426 с.
2. **Григорьева, Е. А.** Комфорт и здоровье человека в климатических условиях городской среды / Е. А. Григорьева // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогноза. Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.). - Том 2. – Воронеж, 2019. – С. 320-322.
3. **Бардин, М. Ю.** Изменения сезонных показателей экстремумов температуры воздуха в Москве и центральных областях европейской части России / М. Ю. Бардин, Т. В. Платова // Метеорология и гидрология. – 2020. – № 7. – С. 20-35.
4. **Сазонов, Э. В.** Экология городской среды: учеб. пособие для вузов / Э. В. Сазонов. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 308 с.
5. **Попова, И. В.** Изучение городского «острова тепла» с помощью геоинформационного моделирования и дистанционного зондирования / И. В. Попова, Д. В. Сарычев, С. А. Куролап // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогноза. Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 3-5 октября 2019 г.). – Том 2. – Воронеж, 2019. – С. 270-275.
6. **Балдина, Е. А.** Использование космических снимков в тепловом инфракрасном диапазоне для географических исследований / Е. А. Балдина, М. Ю. Грищенко, Ю. В. Федорова. – М.: Мысль, 2012. – 120 с.
7. **Балдина, Е. А.** Исследования городских островов тепла с помощью данных дистанционного зондирования в инфракрасном диапазоне / Е. А. Балдина, П. И. Константинов, М. Ю. Грищенко, М. И. Варенцов // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. – 2015. – № 5. – С. 38-42.
8. **Oke T. R.** Urban climates / T. R. Oke, G. Mills, A. Christen [and other]. – Cambridge University Press, 2017. – 546 p.
9. **Куролап, С. А.** Экологическая оценка микроклимата и загрязнения воздушного бассейна индустриально-развитых городов Германии и России / С. А. Куролап, Л. Катцшнер, А. Катцшнер [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2011. – № 2. – С. 7-16.
10. **Попова, И. В.** Моделирование «городского острова тепла» средствами геоинформационного анализа / И.В. Попова, С.А. Куролап, П.М. Виноградов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – С. 87-95.
11. **Сарычев, Д. В.** Применение тепловых космических снимков для оценки моделей городского острова тепла / Д. В. Сарычев, И. В. Попова, С. А. Куролап // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы X Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 14 – 16.11.2018). – Воронеж, 2018. – С. 142-150.
12. **Sarychev, D.V.** Verification of Urban Heat Island Microclimatic Model by Using Thermal Remote Sensing Data / D. V. Sarychev, S. A. Kurolap, I. V. Popova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 272. – 2019. – Pp. 022085
13. **Weng Q.** Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies / Q. Weng, D. Lu, J. Schubring // Remote Sensing of Environment. – 2004. – № 89. – Pp. 467-483.
14. **Mallick, J.** Land surface emissivity retrieval based on moisture index from LANDSAT TM satellite data over heterogeneous surfaces of Delhi city / J. Mallick, C.K. Singh, S. Shashtri, A. Rahman, S. Mukherjee // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2012. – № 19. – Pp. 348-358.

15. **Congedo, L.** Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS / L. Congedo // Journal of Open Source Software. – 2021. – 6(64): 3172. – DOI: 10.21105/joss.03172

Поступила в редакцию 13 ноября 2021

MONITORING THERMAL POLLUTION SOURCES IN VORONEZH (RUSSIA) USING REMOTE SENSING DATA

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

Sarychev Dmitry Vladimirovich, Senior Lecturer, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, phone: +7(473)266-56-54; e-mail: sarychev.geo@gmail.com
Popova Irina Vladimirovna, Cand. Sc. (Geogr.), Associate Professor, Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, phone: +7(473)271-52-49; e-mail: iradobr@yandex.ru
Kurolap Semen Alexandrovich, Dr. Sc. (Geogr.), Professor, Dean of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Head of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, phone: +7(473)266-56-54; e-mail: skurolap@mail.ru

The study deals with the remote sensing and monitoring of urban heat islands. We present a methodology of multispectral satellite imagery selection and processing. The study bases on the freely available Landsat 8 TIRS data. We used multitemporal thermal band combinations to make maps of the urban heat island of Voronezh (Russia) during summer and winter periods. That let us identify 11 artificial sources of heat in Voronezh. All of them turned out to be allocated within industrial zones of plants and water treatment facilities. Land surface temperatures (LST) of these sources were approximately 6° and 15.5° C above the background temperatures in winter and summer, respectively. To prove the remotely sensed temperatures we conducted ground control measurements of LST of different surface types at the satellite revisit moments. Our results showed a significant correlation between the satellite and ground-based measurements, so the maps we produced in this study should be robust. They are of use in urban planning and medical ecology studies.

Keywords: GIS; remote sensing; urban heat island; urban climate; Landsat 8 TIRS.

REFERENCES

1. **Bobrik M. Yu.** *Climate change: impacts, mitigation, adaptation*. Vitebsk. 2015. 426 p. (in Russian)
2. **Grigor'eva E. A.** *Comfort and human health in the climatic conditions of the urban environment*. Global climate change: regional effects, models, forecasts. Materials of the International Scientific and Practical conference (Voronezh, October 3-5, 2019). Vol. 2. Voronezh. 2019. Pp. 320-322. (in Russian)
3. **Bardin M. Yu., Platova T. V.** *Changes in seasonal indicators of air temperature extremes in Moscow and the central regions of the European part of Russia*. Meteorology and Climatology. 2020. No. 7. Pp. 20-35. (in Russian)
4. **Sazonov E. V.** *Ecology of the urban*. Moscow, Yurayt Publishing House. 2017. 308 p. (in Russian)
5. **Popova I. V., Sarychev D. V., Kurolap S. A.** *Study of the urban "heat island" using geoinformation modeling and remote sensing*. Global climate change: regional effects, models, forecasts. Materials of the International Scientific and Practical conference (Voronezh, October 3-5, 2019). Vol. 2. Voronezh. 2019. Pp. 270-275. (in Russian)

6. **Baldina E. A., Grishchenko M. Yu., Fedorkova Yu. V.** *The use of satellite images in the thermal infrared range for geographical research.* Moscow, Publishing house Mysl. 2012. 120 p. (in Russian)
7. **Baldina E. A., Konstantinov P. I., Grishchenko M. Yu., Varentsov M. I.** *Studies of urban heat islands using remote sensing data in the infrared range.* Earth from space – the most effective solutions. 2015. No. 5. Pp. 38-42. (in Russian)
8. **Oke T. R.** *Urban climates.* Cambridge University Press. 2017. 546 p.
9. **Kurolap S. A., Katzshner L., Katzshner A., Burghardt R., Dobrynina I. V., Vladimirov D. R.** *Ecological assessment of microclimate and pollution of the air basin of industrially developed cities in Germany and Russia.* Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geocology. 2011. No. 2. Pp. 7-16. (in Russian)
10. **Popova I. V., Kurolap S. A., Vinogradov P. M.** *Modeling «urban heat islands» by tools of gis-analysis.* Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 87-95. (in Russian)
11. **Sarychev D. V., Popova I. V., Kurolap S. A.** *Application of thermal satellite images to evaluate urban heat island models.* Geoinformation mapping in the regions of Russia: Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference (Voronezh, 14-16.11.2018). Voronezh. 2018. Pp. 142-150. (in Russian)
12. **Sarychev D. V., Kurolap S. A., Popova I. V.** *Verification of Urban Heat Island Microclimatic Model by Using Thermal Remote Sensing Data.* IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. Vol. 272. 2019. Pp.022085.
13. **Weng Q., Lu D., Schubring J.** *Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies.* Remote Sensing of Environment. 2004. No. 89. Pp. 467-483.
14. **Mallick J., Singh C. K., Shashtri S., Rahman A., Mukherjee S.** *Land surface emissivity retrieval based on moisture index from LANDSAT TM satellite data over heterogeneous surfaces of Delhi city.* International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2012. No. 19. Pp. 348-358.
15. **Congedo L.** *Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS.* Journal of Open Source Software. 2021. No. 6(64): 3172. – DOI: 10.21105/joss.03172

Received 13 November 2021

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Сарычев, Д. В. Дистанционное зондирование источников теплового загрязнения города Воронежа / Д. В. Сарычев, И. В. Попова, С. А. Куролап // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 54-65. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.006.

FOR CITATION:

Sarychev D. V., Popova I. V., Kurolap S. A. *Monitoring thermal pollution sources in Voronezh (Russia) using remote sensing data.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 54-65. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.006. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.007

УДК 628.463.4

ТЕХНИЧЕСКОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СЕЛЕКТИВНОГО СБОРА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ

А. Н. Ишков, А. Ю. Терещенко, Г. Д. Шмелев

Ишков Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: ishkov1.78@mail.ru

Терещенко Анна Юрьевна, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: tereshenko.anyuta@yandex.ru

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

Проведен анализ ситуации, сложившейся при совмещенном вывозе твердых коммунальных отходов (ТКО). В связи с тем, что используемые на сегодняшний день конструкции мусоропроводов не предназначены для селективного (раздельного) сбора ТКО, исследована возможность реновации и модернизации мусоропровода и мусоросборной камеры для селективного сбора ТКО в существующем многоквартирном доме. Авторами предложен вариант модернизации существующей системы сбора мусора, заключающийся в следующем: в мусоросборной камере располагается несколько контейнеров, вместо патрубка и шибера устроена единая конструкция на все контейнеры, оснащенная заслонками, которые открываются для нужного вида отходов при нажатии соответствующей кнопки на блоке управления. Для домов, в которых нет мусоропроводов, рассмотрена возможность организации уличной контейнерной площадки, предназначенной для селективного сбора ТКО. Для вычисления размеров необходимых контейнеров было проведено исследование по определению масс и объемов разных фракций ТКО, приходящихся на одного человека. По результатам исследования был выполнен расчет по подбору размеров контейнеров по всем видам отходов для мусоросборной камеры и для уличной контейнерной площадки, с определением периодичности вывоза ТКО. Разработан алгоритм по селективному сбору ТКО в существующей жилой застройке.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы; сортировка; раздельный сбор отходов; контейнеры; мусоропровод.

В настоящее время в многоквартирных домах осуществляется смешанный сбор ТКО. Все отходы собирают в один пакет и выносят на площадку по сбору ТКО или сбрасывают его в мусоропровод. Далее приезжает мусоровоз, как правило, оборудованный механизмом для прессования, и отвозит содержимое контейнеров на полигон для захоронения отходов, или на сортировочный комплекс. В результате подпрессовки на сортировку отходы приходят в виде спрессованной грязной массы. В этих условиях отсортировка полезного вторичного сырья от грязных, мокрых отходов, крайне затруднена. Всего в России утилизации и вторичному использованию подвержено не более 10 % всех отходов [1...4]. В то же время, в странах Европы сортировке и повторному использованию отходов подвергается до 40 % отходов.

Экологичной альтернативой обычному захоронению отходов на полигонах является переработка отходов, которая позволяет снизить количество потребляемых ресурсов, а также уменьшить выбросы парниковых газов. Снизить загрязнение воздуха (от сжигания),

воды и земли (от захоронения), а также исключить утилизацию полезных материалов и сократить потребление первичного сырья можно благодаря введению переработки отходов.

На настоящий момент в нашей стране отсутствует централизованная система селективного сбора ТКО. Однако в 2010 году началась реформа обращения с отходами, которая предполагает поэтапное внедрение раздельного сбора мусора и повышение уровня его переработки [5].

При проектировании новых многоквартирных домов (МКД) и микрорайонов внедрить селективный сбор ТКО легче, чем в существующей жилой застройке, т.к. можно менять планировку территории и конструктивные особенности здания. В существующей же жилой застройке можно только модернизировать внутридомовую инфраструктуру, а также уличную контейнерную площадку.

Существующая конструкция мусоропровода в МКД совершенно не предназначена для селективного сбора ТКО, так как выбрасываемый мусор поступает в общий мусороприемный контейнер и требует дальнейшей сортировки (рис. 1). Мусоропроводы, являющиеся начальным формирующим звеном системы мусороудаления, следует существенно модернизировать и приспособить к современным условиям, повысив эффективность их применения [5, 6].

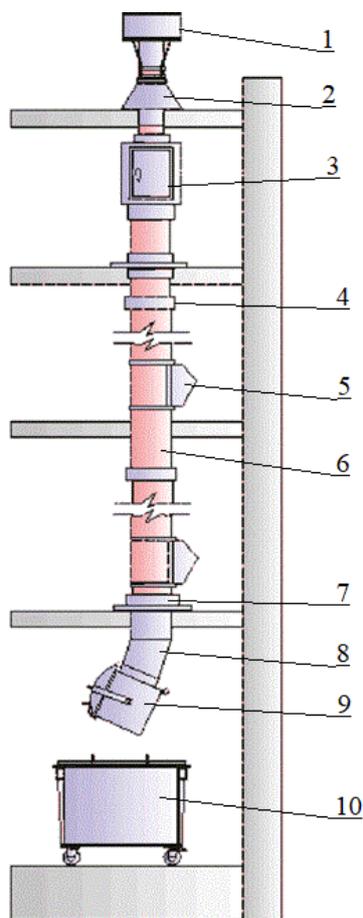


Рис. 1 – Конструкция существующих мусоропроводов: 1 – дефлектор; 2 – фартук; 3 – ЗУМ (зачистное устройство мусоропровода); 4 – муфта соединительная; 5 – клапан приемный; 6 – ствол мусоропровода; 7 – опорный фланец; 8 – патрубок; 9 – шибер; 10 – контейнер

Компания «Градчист» предлагает провести реновацию и модернизацию мусоропровода и мусоросборной камеры [Маевская, Я. Есть ли у мусоропровода будущее? [Электронный ресурс] // Московская правда. – 2019. – 6 декабря. Режим доступа: <http://mospravda.ru/2019/11/25/133027/>]. В мусоросборной камере может располагаться несколько контейнеров, приемный клапан оснащен кнопками по количеству видов отходов,

патрубок расположен под углом и имеет поворотный механизм. После нажатия определенной кнопки, патрубок поворачивается в сторону соответствующего контейнера (рис. 2). В это время все остальные приемные клапаны блокируются и горит запрещающий индикатор, чтобы во время поворота патрубка, мусор, выброшенный с другого этажа, не попал в «чужой» контейнер.



Рис. 2. Модель модернизированной конструкции в мусоросборной камере и приемного клапана мусоропровода компании «Градчист»

Главными недостатками данной конструкции является вероятность пролета отходов мимо контейнера, а также достаточно большие габариты конструкции в мусоросборной камере.

Авторами предлагается вариант модернизации стандартной мусоросборной камеры, который заключается в следующем: в мусоросборной камере располагается несколько контейнеров, вместо патрубка и шибера устроен единый фартук на все контейнеры, оснащенный заслонками, которые открываются для нужного вида отходов при нажатии соответствующей кнопки на блоке управления (рис. 3).

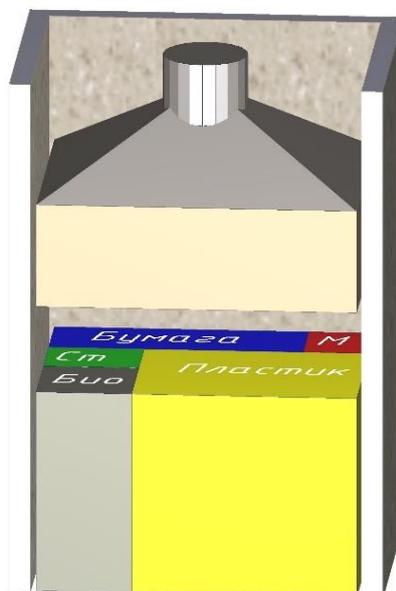


Рис. 3. Пример модернизации мусоросборной камеры в МКД

Рядом с каждым приемным клапаном следует установить блок управления, на котором расположены кнопки по видам отходов, система разблокировки доступа к клапану, запрещающий индикатор (рис. 4).

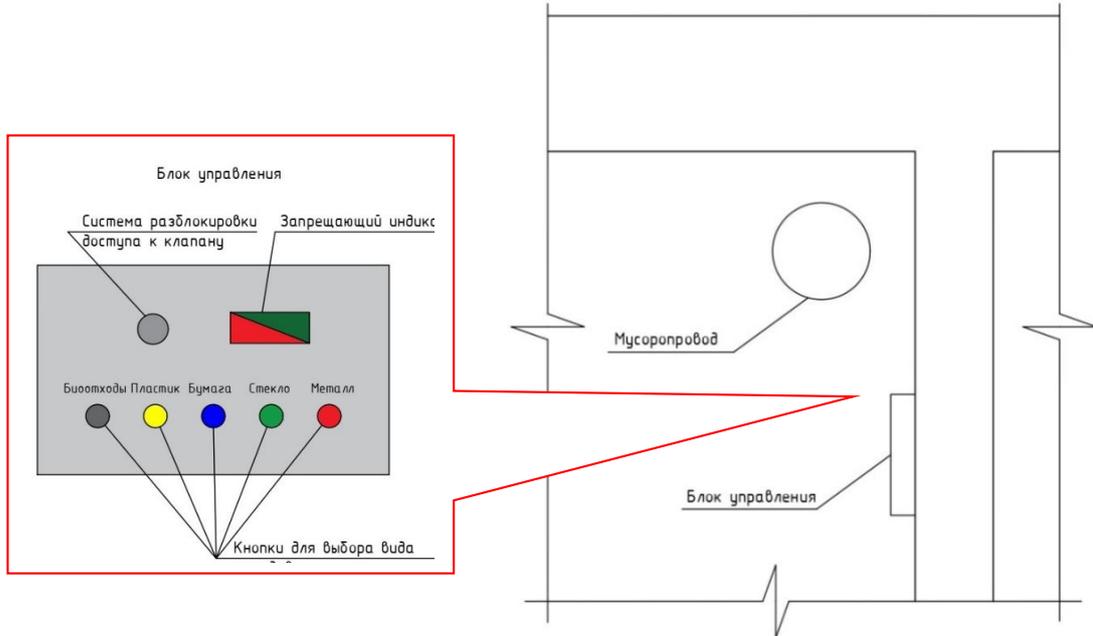


Рис. 4. Схема площадки у приемного клапана мусоропровода

На рис. 5 приведены варианты положения заслонки для разделения различных фракций отходов. Например, для фракции «биоотходы» заслонка Б должна находиться в положении 2, а заслонка А в положении 1. Если заслонка А перейдет в положение 2, а заслонка Б будет находиться в прежнем положении, то отходы будут попадать в контейнер для стекла. А если заслонка Б перейдет в положение 1, то доступ в контейнеры для биоотходов и стекла будет закрыт (рис. 5).

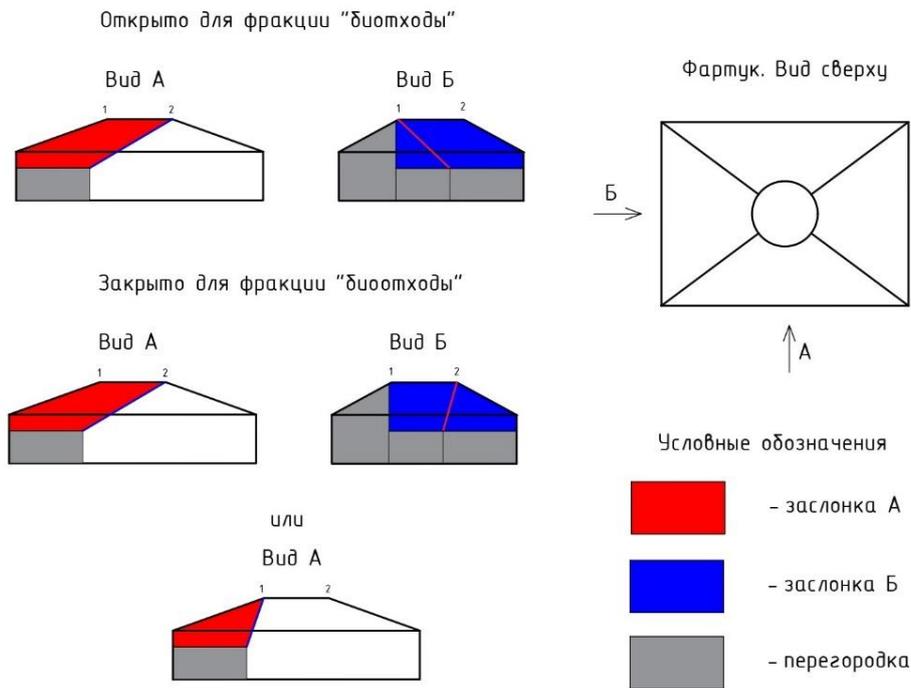


Рис. 5. Положение заслонок для фракции «биоотходы»

При отсутствии мусоропровода в МКД необходимо повсеместно оборудовать контейнерные площадки селективного сбора ТКО, с контейнерами разных цветов, соответствующими разным видам отходов снабдить их навесами, ограждениями и водонепроницаемыми подстилающими покрытиями. С целью уменьшения площадей, занимаемых контейнерными площадками, для придания эстетичного вида придомовым территориям и улучшения санитарной обстановки в местах накопления ТКО необходимо организовать установку заглубленных контейнеров [7].

Система разблокировки доступа к контейнерам должна размещаться также для контейнеров уличной площадки. Открыть доступ к контейнерам можно при помощи электронного ключа. Также по нему система идентифицирует номер квартиры жителя, выбрасывающего ТКО [8]. Контролировать наличие чужих фракций в выброшенном мусоре предполагается при помощи телеметрии и наработок в области искусственного интеллекта, который «просвечивает» содержимое контейнера после каждого человека.

Для привлечения населения к сортировке необходимы экономические стимулы, например, снижение платы за вывоз и утилизацию отходов [9].

Для ориентировочной оценки габаритных размеров контейнеров мусоросборной камеры и контейнеров площадки селективного сбора ТКО авторами статьи было проведено исследование по определению массы и объема ТКО, приходящихся на одного человека. Исследование проводилось путем разделения отходов на отдельные компоненты.

Длительность исследования – 28 дней. Измерения проводились в семье из двух человек, проживающей в квартире площадью 60,0 м². Результаты исследования представлены в таблице.

Журнал измерений массы и объема ТКО

День	Пластик		Металл		Бумага		Стекло		Биоотходы	
	Объем, м ³	Масса, кг								
1	0,01	0,196	-	-	0,0001	0,019	-	-	0,0022	0,693
2	0,0005	0,05	-	-	0,00003	0,006	-	-	0,00022	0,1
3	0,00003	0,008	0,00001	0,001	0,001	0,069	-	-	0,0006	0,32
4	0,0038	0,07	0,00001	0,001	0,00005	0,01	-	-	0,001	0,585
5	0,006	0,105	0,00003	0,025	0,0002	0,033	-	-	0,00353	0,7
6	-	-	-	-	0,0012	0,11	-	-	0,00015	0,165
7	0,001	0,012	-	-	-	-	-	-	0,0006	0,07
8	-	0,028	-	-	0,006	0,296	-	-	0,00172	0,335
9	0,00095	0,012	-	-	0,0032	0,138	-	-	0,0002	0,1
10	0,0063	0,109	0,0002	0,016	0,00006	0,012	-	-	0,0004	0,217
11	0,0039	0,071	0,00002	0,006	0,00003	0,006	-	-	0,00002	0,017
12	-	-	0,00004	0,017	0,00003	0,006	-	-	0,0043	1,354
13	0,0006	0,056	-	-	0,0014	0,084	-	-	0,0039	1,44
14	0,0053	0,117	-	-	0,0002	0,036	0,0004	0,2	0,00048	0,28
15	0,0014	0,093	-	-	0,0001	0,018	0,0003	0,17	0,0004	0,19
16	0,00002	0,006	-	-	0,00002	0,002	-	-	0,0005	0,09
17	0,00396	0,077	0,00002	0,001	0,0013	0,028	0,0088	0,096	0,0015	0,302
18	0,0008	0,064	0,00001	0,001	0,00005	0,017	-	-	0,00353	2,269
19	0,00009	0,035	-	-	0,00002	0,007	-	-	0,00005	0,041
22	0,00042	0,006	0,00003	0,013	-	-	-	-	0,00265	0,646
23	0,00104	0,012	0,00001	0,002	0,00598	0,291	-	-	-	-
24	0,00045	0,03	-	-	0,00015	0,1	0,0002	0,123	-	-
25	0,0005	0,036	-	-	0,00004	0,03	-	-	0,00014	0,151
26	0,00031	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
27	0,00178	0,014	-	-	0,00027	0,041	-	-	0,0006	0,077
28	0,003	0,048	-	-	0,00462	0,107	-	-	0,0003	0,168

Окончание таблицы

День	Пластик		Металл		Бумага		Стекло		Биоотходы	
	Объем, м ³	Масса, кг								
Σ на 2 чел.	0,05215	1,265	0,00037	0,082	0,02605	1,466	0,0097	0,589	0,02899	10,31
N	0,00093	0,023	0,00001	0,001	0,00047	0,026	0,00017	0,011	0,00052	0,184

При сравнении полученных результатов со значениями, полученными в [10], выяснили, что объемы отходов различаются. Различия обусловлены небольшим сроком исследования и отличающимися исходными условиями.

Для вычисления требуемых размеров контейнеров необходимо определить суточное накопление каждого вида отходов C , м³/сут, по следующей формуле:

$$C = P \cdot N \cdot K_n, \quad (1)$$

где P – количество людей, которые будут пользоваться этим контейнером, чел.; N – норма накопления ТКО на 1 жителя, м³/чел (кг/чел); K_n – коэффициент, учитывающий неравномерность накопления отходов. Принимаем $K_n=1,25$.

Исходя из анализа результатов сортировки, представленных в таблице, для мусоросборной камеры одного подъезда МКД, например, типовой серии 125-04, в котором предполагается проживание 100 человек, прогнозируется следующее суточное накопление ТКО: $C_{\text{пластик}}=0,116$ м³/сут, $C_{\text{металл}}=0,001$ м³/сут, $C_{\text{бумага}}=0,059$ м³/сут, $C_{\text{стекло}}=0,021$ м³/сут, $C_{\text{биоотходы}}=0,065$ м³/сут.

В соответствии с СанПиН 2.1.3684-21 вывоз ТКО необходимо выполнять каждый день в теплое время года, и один раз в три дня в холодное время года. Эти нормы следует распространить на биоотходы, поэтому необходим контейнер, вмещающий объем отходов за 3 дня. Следовательно, минимальные габаритные размеры контейнера в плане, имеющего высоту 0,98 м составят 0,45×0,45 м. Для мусоросборной камеры размером 1,19×1,56 м с учетом вывоза ТКО раз в неделю необходимы контейнеры высотой 0,98 м и размером 0,78×1,06 м – для пластика, 1,2×0,35 м – для бумаги, 0,45×0,33 м – для стекла. Накопления отходов металла очень малы, поэтому достаточно контейнера высотой 0,98 м и размером 0,31×0,35 м с учетом вывоза 1 раз в 105 дней. Возможны изменения размеров контейнеров при уменьшении или увеличении периодичности вывоза отходов.

На уличной контейнерной площадке для жилого дома этой же типовой серии, состоящего из четырех подъездов (400 человек), суточное накопление составит: $C_{\text{пластик}}=0,465$ м³/сут, $C_{\text{металл}}=0,005$ м³/сут, $C_{\text{бумага}}=0,235$ м³/сут, $C_{\text{стекло}}=0,085$ м³/сут, $C_{\text{биоотходы}}=0,260$ м³/сут. Следовательно, минимальный объем контейнера для биоотходов составит 0,8 м³ с периодичность вывоза отходов 1 раз в 3 дня в холодное время года или 1 раз в день в теплое время года. Для пластика и бумаги, потребуются контейнеры объемом 3,0 м³ с периодичностью вывоза 6 и 12 дней соответственно. Для металла и стекла потребуются контейнеры объемом 0,8 м³ с периодичностью вывоза – 120 и 9 дней соответственно. Объем запасного контейнера, предназначенного для смешанного сбора в случае поломки или переполнения контейнеров, составляет 3,2 м³ с периодичность вывоза отходов 1 раз в 3 дня в холодное время года или 1 раз в день в теплое время года.

Если установка заглубленных контейнеров невозможна, то следует устраивать наземные контейнеры. Тогда требуются контейнеры со следующими размерами в плане при высоте 1,1 м (в скобках указана периодичность вывоза отходов):

✓ 0,84×0,84 м (3 дня в холодное время года или 1 день в теплое время года) – для биоотходов;

✓ 1,13×1,13 м (3 дня) – для пластика;

✓ 0,80×0,80 м (3 дня) – для бумаги;

✓ 0,48×0,48 м (3 дня) – для стекла;

✓ 0,36×0,36 м (28 дней) – для металла.

Принято считать, что менталитет жителей нашей страны мешает внедрению селективного сбора. Но опыт других стран показывает, что, когда их обязали сортировать отходы, жители были против. По прошествии времени граждане этих стран привыкли, и теперь для них не составляет труда разделять отходы.

И в нашей стране существует положительный опыт информационной подготовки для организации раздельного сбора мусора [11]. В начале введения раздельного сбора отходов необходимо проводить информационную кампанию, которая включает создание и размещение информационных материалов, посвященных раздельному сбору отходов в печатных СМИ, в эфире телевидения, проведение промоакций среди жителей с раздачей печатных материалов и расклейкой информационных плакатов.

Опираясь на предложенный вариант модернизации мусоросборной камеры, авторами статьи предложена алгоритмическая модель селективного сбора ТКО, представленная на рис. 6 и 7, которая предусматривает выполнение следующих процедур: житель в пределах своей квартиры собирает и сортирует ТКО, максимально уменьшая объем отходов, далее он выносит отсортированные ТКО на уличную контейнерную площадку или к мусоропроводу (у мусоропровода дожидается разрешающего индикатора).

Если мусоропровод или контейнерная площадка находятся в нерабочем состоянии, то житель сообщает об этом эксплуатирующей организации, которая в свою очередь разблокирует доступ к запасному контейнеру для смешанных отходов. Житель выбрасывает ТКО в этот запасной контейнер, который потом вывозится на утилизацию (полигоны для захоронения или мусоросжигающие заводы). Если мусоропровод или контейнерная площадка находится в рабочем состоянии, то житель с помощью электронного ключа разблокирует доступ к мусоропроводу или контейнеру, система идентифицирует номер квартиры. Житель выбрасывает ТКО, предварительно освободив от мусорного мешка.

Далее с помощью средств контроля, происходит проверка выброшенного ТКО на наличие «чужих» фракций в выброшенном мусоре. Если обнаружены другие фракции, то эксплуатирующей организации посылается сообщение, что данный контейнер содержит смешанные отходы. Жителю этой квартиры направляется штраф, а содержимое данного контейнера вывозят на утилизацию. Остальные типы отходов забирает отдельный специализированный мусоровоз. Отходы пластика, металла, бумаги и стекла отправляются на досортировку. Даже вторсырье, собранное по разным контейнерам, требует досортировки, чтобы разделить, например, один вид пластика от другого или выявить наличие не подлежащих переработке отходов, которые потом отправляются на утилизацию. Далее происходит перевоз отсортированных и спрессованных отходов на заводы и предприятия по переработке вторсырья. Биоотходы отправляются на заводы по переработке и компостированию, для изготовления удобрений (рис. 6, 7).

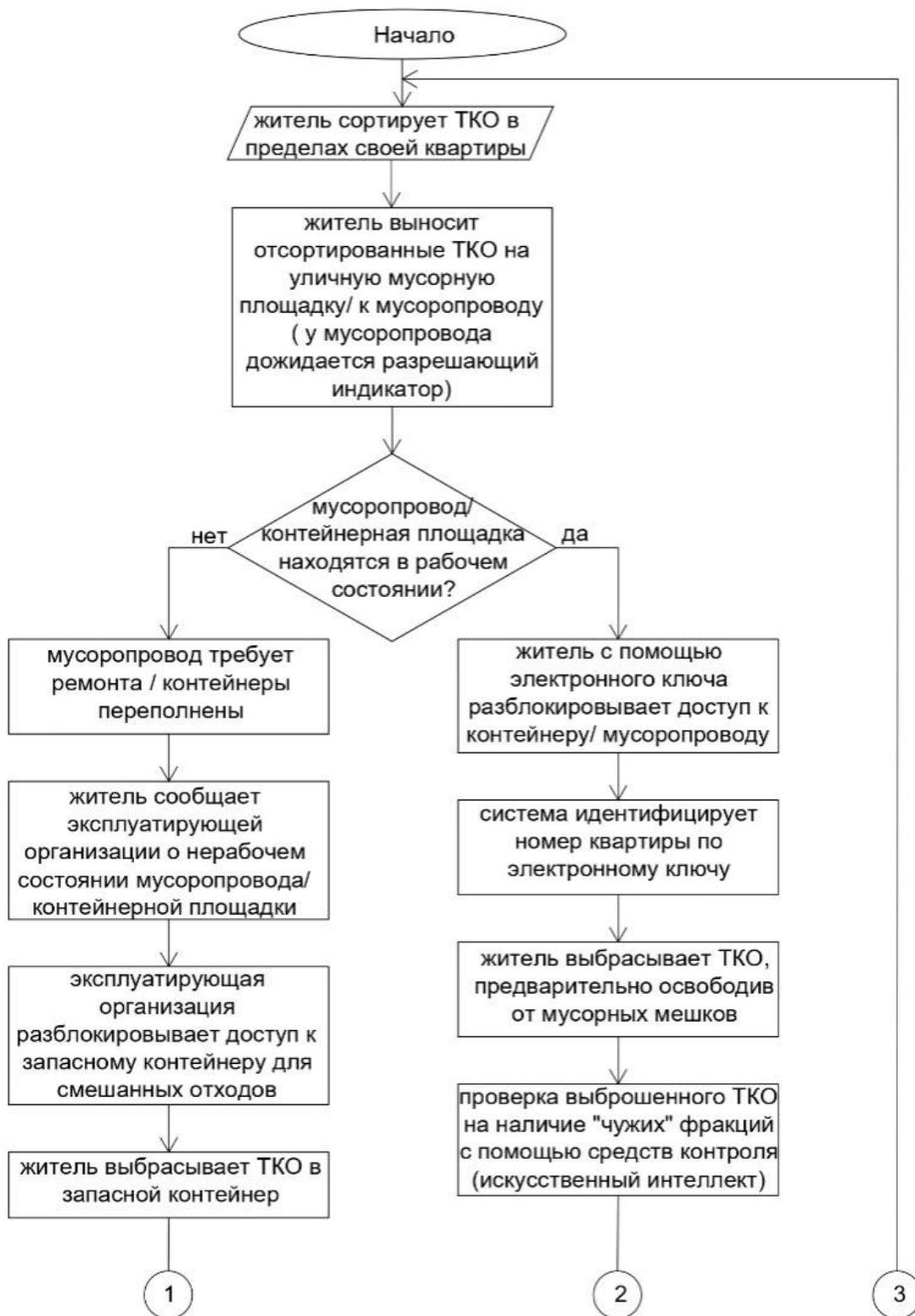


Рис. 6. Алгоритмическая модель организации селективного сбора твердых коммунальных отходов в жилой застройке

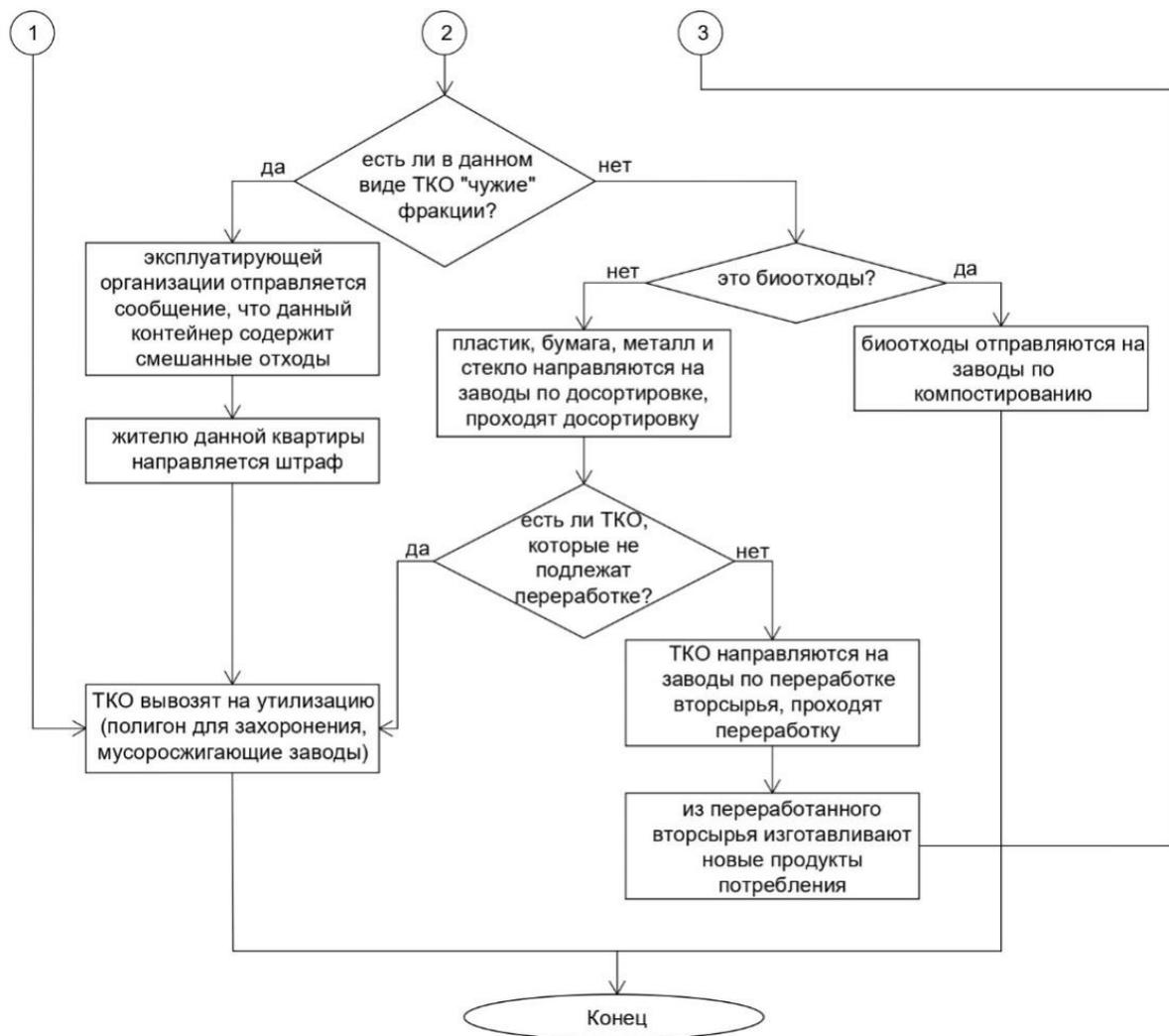


Рис. 7. Алгоритмическая модель организации селективного сбора твердых коммунальных отходов в жилой застройке (окончание)

Заключение.

Предложен вариант модернизации и реновации мусоросборной камеры многоквартирного жилого дома, позволяющий организовать разделение различных фракций бытовых отходов. Проведено исследование по определению массы и объема ТКО при селективном сборе отходов, приходящихся на одного человека. По результатам исследования выполнен расчет по подбору размеров контейнеров по каждому виду отходов. Представлен алгоритм организации селективного сбора ТКО в существующей жилой застройке, который может быть в дальнейшем внедрен в структуру мероприятий по переработке ТКО.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Алешин, А. А.** Внедрение отдельного сбора отходов на территории г. Люберцы / А. А. Алешин, Е. С. Демидов, И. Е. Фадеева // Вестник МАНЭБ. – 2015. – Т. 20. – № 2. – С. 7-9.
2. **Крючкова, Е. А.** Анализ структуры сбора и транспортировки бытовых отходов г. Воронежа / Е. А. Крючкова, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 4(7). – С. 76-84.
3. **Кононова, М. С.** Оценка технико-экономической эффективности транспортировки твердых коммунальных отходов / М. С. Кононова, Е. А. Крючкова, А. К. Епишева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 2(9). – С. 95-102.

4. **Ярцева, Е.А.** Раздельный сбор и переработка мусора в Липецкой области / Е. А. Ярцева, А. Ю. Карандеев // VI Семеновские чтения: наследие П.П. Семенова-Тян-Шанского и современная наука. – 2017. – С.62-65.

5. **Краснопольская, В. А.** Проблемы организации раздельного сбора мусора во дворах многоэтажных домов / В. А. Краснопольская // Международная научно-техническая конференция молодых ученых. – 2020. – С. 483-491.

6. **Кодолов, О. М.** Удаление отходов в многоэтажных домах / О. М. Кодолов, Г. О. Кодолов // Твердые бытовые отходы. – 2012. – № 10(76) – С. 32-37.

7. **Чурилова, Ю. С.** Методические подходы к разработке генеральных схем санитарной очистки городов (на примере Хабаровска) / Ю. С. Чурилова, Г. А. Волосникова // Философия современного природопользования в бассейне реки Амур. – 2016. – С. 102-106.

8. **Ишков, А. Н.** Организация комфортного селективного сбора ТБО в жилых зданиях / А. Н. Ишков, Н. А. Малева, В. О. Мальцев, А. Е. Чурсин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – С. 18-25.

9. **Крупенева, А. А.** Сбор и переработка вторичного сырья (раздельный сбор отходов) в Санкт-Петербурге / А. А. Крупенева // Сборник статей студентов – исполнителей дипломных проектов, выполненных по заказу исполнительных органов государственной власти Санкт-Петербурга «Студенты – городу». – 2017. – С. 160-161.

10. **Малева, Н. А.** Накопление ТКО на душу населения в г. Воронеж. Подсчёт объёмов контейнеров для селективного сбора отходов / Н. А. Малева, А. Н. Ишков // Научная опора Воронежской области. 2019. – С. 184-186.

11. **Ильиных, Г. В.** Раздельный сбор отходов в Перми. Основные результаты эксперимента / Г. В. Ильиных, Н. Н. Слюсарь, В. Н. Коротаев, Н. В. Соколова // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 11(65). – С. 36-41.

Поступила в редакцию 25 июня 2021

TECHNICAL AND METHODOLOGICAL JUSTIFICATION OF THE ORGANIZATION OF SELECTIVE COLLECTION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN A RESIDENTIAL DEVELOPMENT

A. N. Ishkov, A. Yu. Tereshchenko, G. D. Shmelev

Ishkov Alexey Nikolaevich, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: ishkov1.78@mail.ru

Tereshchenko Anna Yuryevna, master student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: tereshchenko.anyuta@yandex.ru

Shmelev Gennady Dmitrievich, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, phone: +7(473)271-52-49; e-mail: shmelev8@mail.ru

We carried out the analysis of the situation with the combined disposal of solid municipal waste (SMW). Due to the fact that the designs of waste chutes used today are not intended for selective (separate) collection of SMW, the article examines the possibility of renovation and modernization of the waste chute and waste collection chamber for selective collection of SMW in the existing apartment buildings. The authors offer a variant of modernization of the waste collection chamber, which consists in the following: in the waste collection chamber there are several containers, instead of a branch pipe and a gate, a single apron is arranged for all containers, equipped with flaps that open for the desired type of waste when the corresponding button is pressed on the control unit. The possibility of organizing street container platform for selective collection of SMW was considered for the apartment buildings which do not have waste chutes. To calculate the size of the required containers, we conducted a study to determine the mass and volume of different SMW fractions per person. According to

the results of the study, a calculation was made for the selection of container sizes for all types of waste for the waste collection chamber and for the street container site, with the determination of the frequency of SMW removal. An algorithm for selective collection of SMW in existing residential buildings has been developed.

Keywords: municipal solid waste; sorting; separate waste collection; containers; waste chute.

REFERENCES

1. **Aleshin A. A., Demidov E. S., Fadeeva I. E.** *Introduction of separate waste collection on the territory of Lyubertsy*. Bulletin of MANEB. 2015. T. 20. No. 2. Pp. 7-9. (in Russian)
2. **Kryuchkova E. A., Kononova M. S.** Analysis of the structure of the collection and transportation of household waste in the city of Voronezh. 2018. No. 4(7). Pp. 76-84. (in Russian)
3. **Kononova M. S., Kryuchkova E. A., Episheva A. K.** *Evaluation of technical and economic efficiency of transportation of solid communal waste*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 2(9). Pp. 95-102. (in Russian)
4. **Yartseva E. A., Karandeev A. Y.** *Separate collection and processing of waste in the Lipetsk region*. VI Semenov readings: the legacy of P.P. Semenova - Tyan - Shanskiy and modern science. 2017. Pp. 62-65. (in Russian)
5. **Krasnopolskaya V. A., Karandeev A. Y.** *Problems of organizing separate waste collection in the courtyards of multi-storey buildings*. International Scientific and Technical Conference of Young Scientists. 2020. Pp. 483-491. (in Russian)
6. **Kodolov O. M., Kodolov G. O.** *Waste disposal in multi-storey buildings*. Solid household waste. 2012. No. 10(76). Pp. 32-37. (in Russian)
7. **Churilova Yu. S., Volosnikova G. A.** *Methodological approaches to the development of general schemes for sanitary cleaning of cities (on the example of Khabarovsk)*. Philosophy of modern nature management in the Amur River basin. 2016. Pp. 102-106. (in Russian)
8. **Ishkov A. N., Maleva N. A., Maltsev V. O., Chursin A. E.** *Organization of comfortable selective collection of solid waste in residential buildings*. Housing and communal infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 18- 25. (in Russian)
9. **Krupeneva A. A.** *Collection and processing of secondary raw materials (separate waste collection) in St. Petersburg*. Collection of articles by students - executors of graduation projects, commissioned by the executive bodies of state power of St. Petersburg Students for the city. 2017. Pp. 160-161. (in Russian)
10. **Maleva N. A., Ishkov A. N.** *Accumulation of MSW per capita in Voronezh. Calculating the volume of containers for selective waste collection*. Scientific Support of the Voronezh Region. 2019. Pp. 184-186. (in Russian)
11. **Ilinykh G. V., Slyusar N. N., Korotaev V. N., Sokolova N. V.** *Separate waste collection in Perm. The main results of the experiment*. Solid household waste. 2011. No. 11(65). Pp. 36-41. (in Russian)

Received 25 June 2021

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ишков, А. Н. Техническое и методическое обоснование организации селективного сбора твердых коммунальных отходов в жилой застройке / А. Н. Ишков, А. Ю. Терещенко, Г. Д. Шмелев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 66-76. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.007.

FOR CITATION:

Ishkov A. N., Tereshchenko A. Yu., Shmelev G. D. *Technical and methodological justification of the organization of selective collection of municipal solid waste in a residential development*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 66-76. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.007. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.008

УДК 504.064.2

СОСТОЯНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В МЕСТАХ СБРОСА ВОДЫ С ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Н. В. Каверина

Каверина Наталия Викторовна, канд. геогр. наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(910)240-62-58; e-mail: knataliy@mail.ru

Рассмотрена проблема загрязнения Воронежского водохранилища в пределах Воронежской городской агломерации, в местах сброса вод с очистных сооружений предприятий левого берега. В работе использованы результаты количественного химического анализа донных отложений, выполненных на базе эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета, а также данные мониторинга, предоставленных Федеральной службой по надзору в сфере природопользования и Департаментом природных ресурсов и экологии Воронежской области. База данных включает результаты наблюдений с 2000 по 2021 год. По составу осадков прослежена история аккумуляции загрязнителей, выделены проблемные зоны водоема в каждом исследуемом периоде. Выполнен пространственно-временной анализ содержаний загрязняющих веществ, рассчитаны «кларки концентрации» тяжелых металлов, по которым для каждой точки наблюдения в порядке возрастания значения признака построен ранжированный ряд. На основании лабораторных исследований и результатов их статистической обработки с применением корреляционного анализа сделаны выводы о перспективах существования и развития Воронежского водохранилища. Проверены корреляционные связи между «кларками концентрации» и суммой выпавших осадков за календарный и за гидрологический год. По содержаниям сероводорода в различные годы, сделаны выводы о диапазоне колебания концентраций и формирования циклического процесса. Выделена зона устойчивой деградации водоема. Ее формирование происходит выше и ниже сброса с городских очистных сооружений левого берега города. Результаты многолетних наблюдений за качеством донных отложений указывают на значительную техногенную нагрузку со стороны Воронежской городской агломерации. Недостаточная очистка воды, медленная скорость течения и турбулентность природной воды ускоряет процесс естественного эвтрофирования водоема.

Ключевые слова: водохранилище; донные отложения; мониторинг; очистные сооружения; загрязняющие вещества; показатель суммарного загрязнения; эвтрофикация.

Донные отложения в водоемах естественного и искусственного происхождения образуются в результате механического осаждения взвешенного вещества. Взвеси аккумулируют всё разнообразие загрязняющих воду соединений. В настоящее время в акваторию Воронежского водохранилища осуществляется сброс ливневых, смешанных хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод [1].

Состав хозяйственно-бытовых сточных вод характеризуется практически постоянным перечнем загрязнителей и множеством вариантов их содержания [2]. В свою очередь производственные сточные воды существенно различаются как по количественному, так и компонентному признаку. Разнообразие соединений зависит от технологического процесса производства, а концентрация от эффективности систем водоочистки [3].

Ливневые воды, поступающие в водохранилище, содержат не только химические соединения различной природы, но и большое количество мусора. За счет механической

миграции в водоем попадают «плавающие» отходы (бумажная, фольгированная, картонная и полиэтиленовая упаковка, пластиковые стаканчики и бутылки, окурки, растительный опад и т.д.). В процессе разложения органической части водоем «обогащается» сероводородом и «цветет» [4], а донные отложения накапливают сложно деградирующий мусор [5].

Целью настоящего исследования являлась оценка влияния деятельности очистных сооружений города на формирование зон эвтрофикации Воронежского водохранилища.

Задачами исследования были охвачены вопросы организации и отбора проб донных отложений в намеченных точках, исследование образцов, анализ результатов мониторинга, расчеты коэффициентов концентрации и показателя степени загрязнения грунтов (Z_c).

Объектом исследования является акватория Воронежского водохранилища на участке от Суворовской косы до Масловского затона. Точки отбора отмечены на рис. 1.

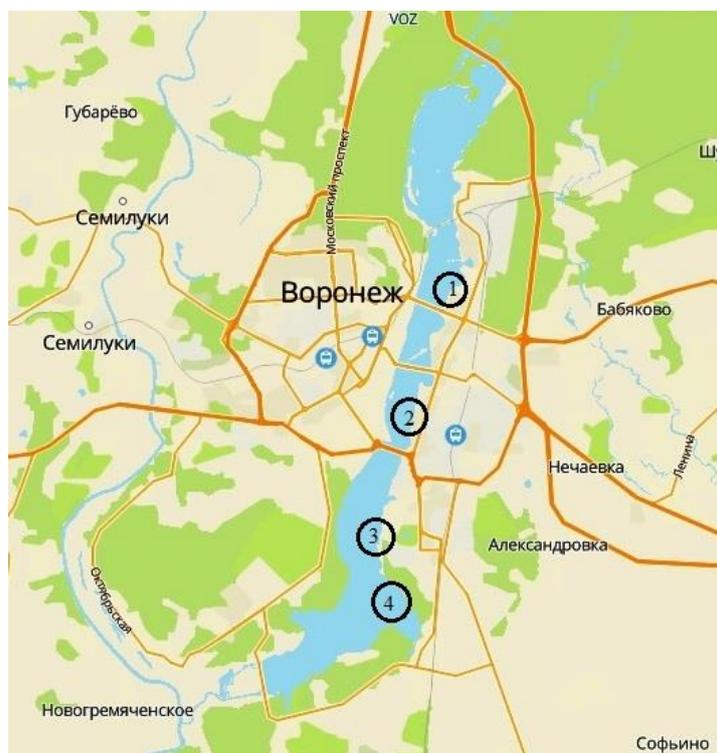


Рис. 1. Карта-схема расположения точек отбора проб

Предметом исследования определены донные отложения участков водохранилища в местах сброса сточных вод различной степени очистки. В табл. 1 приведен перечень точек мониторинга донных отложений водохранилища.

Таблица 1

Перечень мониторинговых точек отбора донного грунта

№ точки	Месторасположение точки отбора проб
1	Участок водохранилища напротив сброса воды ООО «Процессор»
2	Участок водохранилища напротив сброса воды ВАСО
3	Выше сброса сточных вод с городских очистных сооружений
4	Ниже сброса сточных вод с городских очистных сооружений

Особое внимание к контролируемым участкам обусловлено формированием в зоне смешения вод особого вида донных отложений – техногенных илов, которые включают гумусовые горизонты затопленных почв, песчаные или глинистые наносы [6], а также избыточный активный ил биологических очистных сооружений [7].

Отбор проб верхнего слоя донного грунта (до 10 см глубиной) выполнен в июле 2021 года. Анализ проведен в соответствии с методиками, применяемыми для целей государственного экологического контроля. В связи с отсутствием установленных норм содержания (ПДК, ОДК) для донных отложений [8], содержание тяжелых металлов оценивалось по кларку концентрации, рассчитанному как отношение содержания элемента в образцах грунта к кларкам почвы, составленных А.П. Виноградовым в 1962 году [9].

Выполненные исследования позволили установить, что исследуемые участки загрязнены неравномерно. Мониторинг донных отложений места сброса воды ООО «Процессор» (**точка № 1**) в 2021 году выполнен с целью выявления несанкционированного сброса. Производственную деятельность предприятие не осуществляет с 2008 года. Однако часть территории арендуется, и сброс сточных вод в водохранилище мог осуществляться и после банкротства завода.

По степени химического загрязнения донные отложения в **точке № 1** были отнесены к «умеренно опасным» ($Z_c = 16,9$). В 2001 году в пробе выявлено высокое содержание кадмия ($K_{кр\text{Pb}} = 15,8$), свинца ($K_{кр\text{Cd}} = 2,1$) и установлено накопление сероводорода (0,5 мг/кг). Последующими исследованиями 2010 и 2021 годов донный грунт отнесен к категории «чистая», т.к. сероводород не выявлен, а кларковые содержания тяжелых металлов не превышены. Ранжированный ряд имеет следующий вид: $\text{Cr} < \text{Ni} < \text{Cu} < \text{Mn} < \text{Zn} < \text{Pb} < \text{Cd}$.

В месте сброса стоков Воронежского акционерного самолётостроительного общества в 2008 году (**точка № 2**) установлен опасный уровень загрязнения донных отложений ($Z_c = 34,95$). При этом установлено, что на участке сформирована неблагоприятная сероводородная обстановка ($\text{H}_2\text{S} = 3,1$ мг/кг), превышены кларковые концентрации по кадмию ($K_{кр\text{Cd}} = 30,8$), меди ($K_{кр\text{Cu}} = 1,49$) и цинку ($K_{кр\text{Zn}} = 4,69$). Мониторинг 2010, 2018, 2021 годов не выявил накопления тяжелых металлов, а ранжированный ряд имеет следующий вид: $\text{Mn} < \text{Cr} < \text{Ni} < \text{Pb} < \text{Cu} < \text{Zn} < \text{Cd}$.

В работе городских очистных сооружений левого берега отмечается устойчивый тренд на увеличение объемов стоков, поступающих на очистку. Сточные воды влияют на обширную акваторию водохранилища выше и ниже сброса (рис. 2).

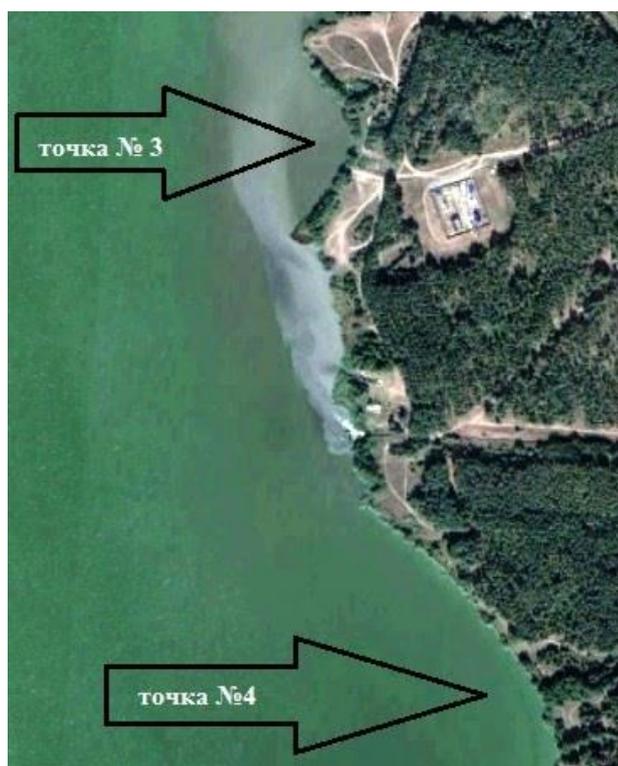


Рис. 2. Места отбора проб выше (**точка № 3**) и ниже (**точка № 4**) сброса сточных вод в октябре 2021 года

(использованы спутниковые фото свободного интернет приложения «Google Планета Земля»)



Рис. 3. Расположение сброса сточных вод с левобережных очистных сооружений в Воронежское водохранилище в марте 2017 года

(использованы спутниковые фото свободного интернет приложения «Google Планета Земля»)

Специфика русла проточной части водотока в месте сброса с очистных сооружений формирует устойчивый турбулентный поток. В результате сточные воды, смешиваясь с природными поднимаются выше по течению (рис. 3).

Донные отложения водохранилища в **точке №3** контролируются регулярно. На протяжении всего периода мониторинга в них фиксируются избыточные содержания тяжелых металлов (табл. 2). По степени накопления элементов построен ранжированный ряд, в котором доминируют элементы I и II класса опасности: $Mn < Ni < Cr < Zn < Cu < Pb < Cd$. Их накопление является косвенным признаком высокой экотоксичности донных грунтов.

Таблица 2

Значения коэффициентов концентрации тяжелых металлов в донных отложениях выше сброса левобережных очистных сооружений

Наименование показателя	Значение показателя по годам									
	2004	2005	2008	2010	2013	2017	2018	2019	2020	2021
Свинец, мг/кг	2,04	5,84	2,81	8,69	8,44	8,25	8,13	11,1	6,75	9,69
Кадмий, мг/кг	34,6	31,5	115	138	138	146	123	172	98,5	142
Медь, мг/кг	1,41	1,93	9,1	7,7	6,5	5,85	5,96	8,43	5,17	8,36
Цинк, мг/кг	1,55	0,87	6,89	6,24	6,05	6,08	5,94	7,08	4,04	6,95
Никель, мг/кг	0,08	0,08	0,07	1,02	0,72	0,6	0,55	0,8	0,54	0,83
Хром, мг/кг	0,36	0,27	0,13	2,31	0,36	0,55	0,51	0,39	0,46	0,49
Марганец, мг/кг	0,08	0,02	0,02	0,59	0,42	0,38	0,41	0,62	0,42	0,64
Суммарный показатель загрязнения (Zc)	36,6	37,3	131	160	156	163	140	195	111	164

Основное питание реки Воронеж снеговое. Воронежское водохранилище занимает лишь часть русла водотока и получает загрязняющие вещества со всей водосборной площади и из стоков города [10]. Для оценки влияния атмосферных осадков на процесс накопления загрязнителей в донных отложениях был выполнен корреляционный анализ.

По данным Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды установлено годовое количества осадков (табл. 3). Материалы о ежемесячном объеме использовались для расчета атмосферных осадков за гидрологический год (помесячная сумма количества осадков с началом года 1 октября и окончанием 31 сентября).

Таблица 3

Исходные сведения о количестве атмосферных осадков по метеорологической станции в городе Воронеж (широта 51.70 долгота 39.21 высота над уровнем моря 149 м)

Год мониторинговых наблюдений	Годовое количество осадков, мм	Количество осадков за гидрологический год, мм
2004	706	728,8
2005	688	640,6
2008	486	537,2
2010	607	486,1
2013	591	700,9
2017	642	558,9
2018	612	731,9
2019	520	499,1
2020	448	465,0
2021	- *	622,1

Примечание: на момент написания статьи нет полной информации за 2021 год.

Расчетами установлена средняя отрицательная связь между годовым количеством атмосферных осадков и медью ($r = -0,69$), цинком ($r = -0,56$) и сероводородом ($r = -0,56$). По остальным исследуемым показателям корреляция слабая.

Значительные изменения в составе донных отложений **точки №3** произошли с 2005 по 2008 год. Содержание сероводорода за этот период возросло в 94 раза (рис. 4). Можно предположить, что именно в это время очистные сооружения перестали справляться с нагрузкой.

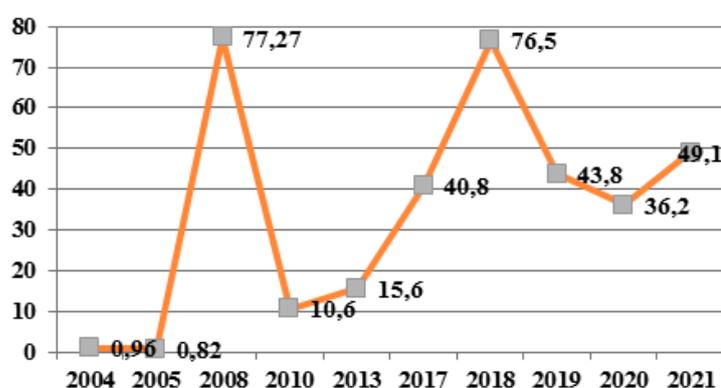


Рис. 4. Содержание сероводорода в донных отложениях выше сброса сточных вод (**точка №3**)

Концентрации сероводорода в донном грунте **точки №3** имеют выраженные колебания вокруг средних значений (35 мг/кг). Верхние значения максимумов содержаний практически не меняются и повторяются с периодичностью 10 лет. Нижняя граница концентраций не опускается до уровня естественного фона и сокращает разрыв с пиковыми нагрузками.

В точке №4 ранжированный ряд имеет следующий вид: $Mn < Ni < Cr < Pb < Zn < Cu < Cd$. В 2021 году донные отложения впервые отнесены к категории «умеренно опасные» с показателем загрязнения более 16 (рис. 5). Ранее по степени химического загрязнения грунты относились к категории «допустимая» ($Zc < 16$). С 2010 года содержание сероводорода в грунте точки №4 находится на уровне (10 мг/кг).

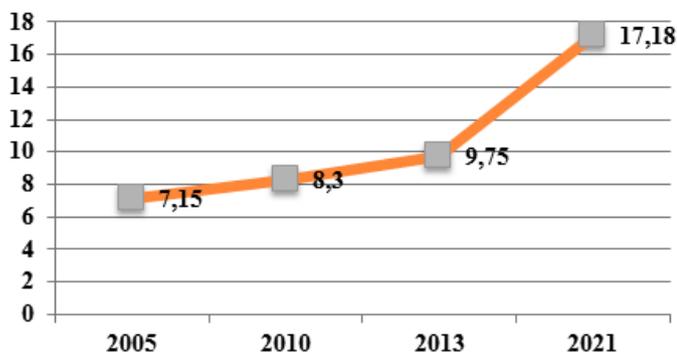


Рис. 5. Значения суммарного показателя загрязнения донных отложений ниже сброса сточных вод (точка №4)

В процессе седиментации взвешенных частиц из водного потока, происходит накопление загрязнителей. В точках наблюдения выше и ниже левобережных сооружений установлены самые высокие концентрации тяжелых металлов и сформирована зона эвтрофикации водоема.

Заключение.

Выполненные исследования позволили установить степень загрязнения донных отложений исследуемых участков различными веществами, определен их количественный и качественный состав, а также динамика изменения суммарного показателя загрязнения.

Методами статистического анализа установлено, что количество атмосферных осадков за гидрологический год не оказывает значимого влияния на содержание загрязнителей в донных отложениях.

Корреляционный анализ содержания загрязняющих веществ и годового количества осадков показал наличие обратной связи по всем исследуемым параметрам. Отрицательные значения коэффициентов объясняются взаимосвязью типа «увеличение-уменьшение»: чем больше атмосферных осадков, тем меньше загрязняющих веществ в донных отложениях.

Многолетние исследования позволяют определить степень загрязнения донных отложений и спрогнозировать возможную трансформацию водоема в современных реалиях его использования. Проведенные анализы и расчеты могут быть использованы при разработке мероприятий по предотвращению негативных последствий загрязнения водохранилища.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-05-00779

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Анциферова, Г. А.** Состояние водной среды Воронежского водохранилища в связи с экологической ситуацией в Масловском затоне / Г. А. Анциферова, Е. В. Беспалова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География, Геоэкология. – 2016. – № 2. – С. 91-100.

2. **Оценка и прогноз эколого-санитарного состояния Воронежского водохранилища на 2018-2019 годы** / В.С. Петросян [и др.] // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23 – № 7. – С. 52-56.

3. **Искусственные водные объекты бассейна реки Воронеж и альгобиотехнология в управлении качеством вод** / Г. А. Анциферова [и др.] // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22. – № 8. – С. 50-54.

4. **Сарычев, Д. В.** Мониторинг «цветения» вод Воронежского водохранилища по данным спектральной космической съемки SENTINEL-2 / Д. В. Сарычев, Ю. А. Нестеров, Е. Ю. Иванова // Сборник статей: Региональная геоэкологическая диагностика состояния хозяйственно-питьевого и рекреационного водопользования. – Воронеж, 2020. – С. 145 – 167.

5. **Дворникова, В. С.** Геохимическое загрязнение донных отложений пойменных озер Подгоренского гидрографического участка р. Дон / В. С. Дворникова, Н. В. Каверина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2016. – № 1. – С. 71-74.

6. **Батоян, В. В.** Особенности геохимического профиля подводных почв в водоемах с нейтральной реакцией / В. В. Батоян // Вестник Московского государственного университета. Серия 5. География. – 1983. – № 3. – С. 79-86.

7. **Каверина, Н. В.** Экологическая безопасность донных отложений Воронежского водохранилища / Н. В. Каверина, С. А. Куролап // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2021. – № 2. – С. 70-79.

8. **Тяжелые металлы в донных отложениях Куйбышевского водохранилища** / Е. Ю. Ершова [и др.] // Водные ресурсы. – 1996. – № 1. – С. 59-65.

9. **Каверина, Н. В.** Тяжелые металлы в донных отложениях донных отложениях водохранилища и почвах г. Воронежа // Н. В. Каверина, С. А. Куролап, Т. И. Прожорина // Естественные и технические науки. – 2020. – № 9. – С. 120-126.

10. **Прожорина, Т. И.** Гидрохимия речных вод Воронежской городской агломерации / Т. И. Прожорина, С. А. Куролап, Н. В. Каверина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2020. – № 3. – С. 78-85.

Поступила в редакцию 13 ноября 2021

STATE OF BOTTOM SEDIMENTS OF THE VORONEZH RESERVOIR IN THE PLACES OF WATER DISCHARGE FROM THE TREATMENT FACILITIES OF THE CITY OF VORONEZH

N. V. Kaverina

Kaverina Nataliya Viktorovna, Cand. Sc. (Geogr.), Associate Professor, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia, phone: +7(910)240-62-58; e-mail: knataliy@mail.ru

The author considers the problem of pollution of the Voronezh water reservoir within the Voronezh urban agglomeration, in places of discharge of water from the treatment facilities of enterprises of the left bank. The paper uses the results of quantitative chemical analysis of bottom sediments performed on the basis of the ecological and analytical laboratory of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism of Voronezh State University, as well as monitoring data provided by the Federal Service for Supervision of Nature Management and the Department of Natural Resources and Ecology of the Voronezh Region. The database includes the results of monitoring from 2000 till 2021. On the basis of the composition of precipitation the author detected the history of accumulation of pollutants; as well she identified problem areas of the water reservoir in every study period. The author performed a spatio-temporal analysis of the contents of pollutants, calculated the "concentration clarkes" of heavy metals, according to which she created an ordered series for each observation point in ascending order of the attribute value. Based on laboratory studies and results of their statistical processing using correlation analysis the author draws some conclusions concerning the prospects for the Voronezh water reservoir existence and development. The correlations between the "concentration clarkes" and the amount of precipitation for the calendar and hydrological year have been verified. Based on the hydrogen sulfide content in different years, the author concludes about the range of concentration fluctuations and the

formation of a cyclic process. She identified the zone of stable degradation of the water reservoir. Its formation occurs above and below the discharge from the municipal sewage treatment plants of the left bank of the city. The results of long-term observations of the quality of bottom sediments indicate a significant anthropogenic load on the part of the Voronezh urban agglomeration. Insufficient water purification, slow flow velocity and turbulence of natural water accelerate the process of natural eutrophication of the water reservoir.

Keywords: water reservoir; bottom sediments; monitoring; treatment facilities; pollutants; total pollution indicator; eutrophication.

REFERENCES

1. **Antsiferova G. A., Bepalova E. V.** *The state of the water environment of the Voronezh reservoir in connection with the ecological situation in the Maslovsky backwater.* Bulletin of the Voronezh State University, Ser. Geography, Geoecology. 2016. No. 2. Pp. 91-100. (in Russian)
2. **Petrosyan V. S.** *Assessment and forecast of the ecological and sanitary condition of the Voronezh reservoir for 2018-2019.* Ecology and industry of Russia. 2019. T. 23. No. 7. Pp. 52-56. (in Russian)
3. **Antsiferova G. A.** *Artificial water objects of the Voronezh River basin and algobiotechnology in water quality management.* Ecology and industry of Russia. 2018. T. 22. No. 8. Pp. 50-54. (in Russian)
4. **Sarychev D. V., Nesterov Yu. A., Ivanova E. Yu.** *Monitoring of the flowering of the waters of the Voronezh reservoir using SENTINEL-2 spectrosonal satellite imagery data.* Regional geocological diagnostics of the state of economic, drinking and recreational water use. 2020. Pp. 145-167. (in Russian)
5. **Dvornikova V. S., Kaverina N. V.** *Geochemical pollution of bottom sediments of flood-plain lakes of the Podgorensky hydrographic section of the Don.* Bulletin of the Voronezh State University. Series Geography. Geoecology. 2016. No. 1. Pp. 71-74. (in Russian)
6. **Batoyan V. V.** *Features of the geochemical profile of underwater soils in reservoirs with a neutral reaction.* Bulletin of the Moscow State University. Series 5. Geography. 1983. No. 3. Pp. 79-86. (in Russian)
7. **Kaverina N. V., Kurolap S. A.** *Ecological safety of bottom sediments of the Voronezh reservoir.* Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2021. No. 2. Pp. 70-79. (in Russian)
8. **Ershova E. Y.** *Heavy metals in the bottom sediments of the Kuibyshev reservoir.* Water resources. 1996. No. 1. Pp. 59-65. (in Russian)
9. **Kaverina N. V., Kurolap S. A., Prozhorina T. I.** *Heavy metals in bottom sediments of bottom sediments of water storage and soils of Voronezh.* Natural and technical sciences. 2020. No. 9. Pp. 120-126. (in Russian)
10. **Prozhorina T. I., Kurolap S. A., Kaverina N. V.** *Hydrochemistry of river waters of the Voronezh urban agglomeration.* Bulletin of the Voronezh State University. Geography series. Geoecology. 2020. No. 3. Pp. 78-85. (in Russian)

Received 13 November 2021

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Каверина, Н. В. Состояние донных отложений Воронежского водохранилища в местах сброса воды с очистных сооружений города Воронежа / Н. В. Каверина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 77-84. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.008.

FOR CITATION:

Kaverina N. V. *State of bottom sediments of the Voronezh reservoir in the places of water discharge from the treatment facilities of the city of Voronezh.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 77-84. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.008. (in Russian)

**ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ХОЗЯЙСТВО
И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**
**ROAD TRANSPORT, AGRICULTURE
AND CONSTRUCTION MACHINES**

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.009

УДК 621.878:621.396.6

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ
ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА**

В. К. Маршаков, А. Д. Кононов, А. А. Кононов, В. И. Гильмутдинов

Маршаков Владимир Кириллович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры радиофизики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)252-40-50; e-mail: mvk@phys.vsu.ru

Кононов Александр Давыдович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-70; e-mail: sovet_femit@mail.ru

Кононов Андрей Александрович, д-р. техн. наук, профессор кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-70; e-mail: kniga126@mail.ru

Гильмутдинов Владимир Исламович, канд. техн. наук, доц. кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-70; e-mail: gilmutdinov_v_i@mail.ru

Рассмотрены варианты моделирования управления мобильными технологическими машинами строительного комплекса для различных задач автоматизации рабочих процессов с целью уменьшения выбросов в атмосферу за счет сокращения расхода топлива. Представлены возможные схемы снижения вредных вибрационных воздействий на оператора машины. На основе анализа динамических характеристик в операторной форме и с учетом передаточных функций, рассмотрены требования к подвеске технологической машины, повышающие защиту машиниста от воздействия вибраций при автоматическом управлении рабочими процессами. Приведены функциональные схемы динамических систем, позволяющие учитывать изменение упругих и демпфирующих свойств обрабатываемой поверхности грунта.

Ключевые слова: технологические машины; автоматизация; динамическая система управления.

Негативное воздействие на биосферу, природу и человека оказывают работающие механизмы при производстве строительных работ, в том числе при строительстве автодорог. Кроме того, существует ряд экологических задач, направленных на снижение вредных воздействий, сопровождающих процессы перемещения пассажиров, промышленных грузов по автодорожным магистралям.

Снижению отрицательного влияния на человека выбросов от автотранспортных средств, вибраций, повышению безопасности и комфорта пассажироперевозок и перемещения грузов посвящено большое количество научных работ, результаты которых активно внедряются в дорожном строительстве.

Одним из важных направлений, направленных на снижение вредных выбросов в атмосферу в рабочем процессе дорожно-строительной техники и обеспечение комфорта и нормальной жизнедеятельности оператора, является моделирование и анализ вопросов, связанных со снижением вибрационного воздействия на оператора при работе строитель-

дорожных машин.

Концептуальная разработка рекомендаций к подвеске агрегатов базируется на анализе их динамических характеристик. Проводимый в данной работе анализ требований к подвеске технологических машин (ТМ) строительного комплекса, снабженных автоматизированной системой управления перемещением по независимым заданным траекториям [1...4], может быть в дальнейшем ориентирован на целый ряд мобильных объектов (МО) с различными системами оптимизации рабочих процессов.

Для многих ТМ различного назначения при отсутствии корреляционной связи между различными воздействиями среды на МО можно в первом приближении ограничиться линейной моделью по схеме, показанной на рис. 1.

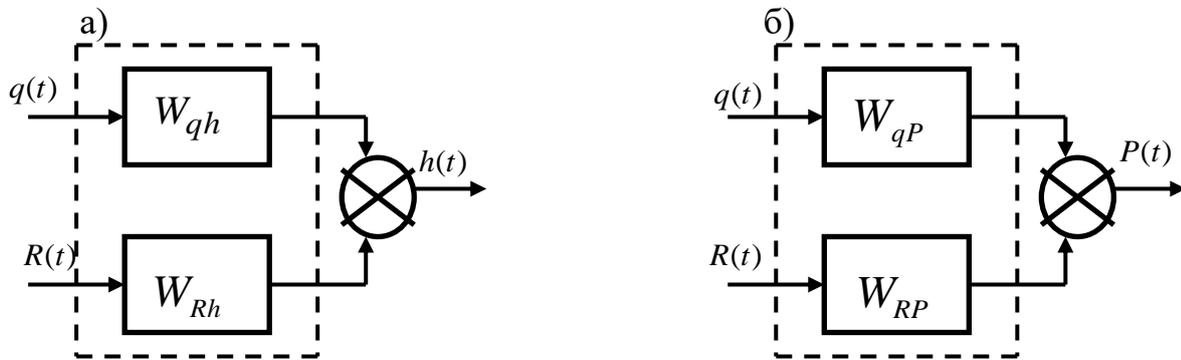


Рис. 1. Схемы модели МО с двумя входами и одним выходом

Модель представляет собой две независимые системы, каждая из которых имеет два входа – входные воздействия $g(t)$ (микропрофиль рабочей поверхности) и $R(t)$ (сопротивление грунта разработке) и один выход – $h(t)$ (заглубление рабочего органа) или $P(t)$ (например, сила сопротивления разработке грунта). Для этих моделей можно записать:

$$h(t) = W_{gh} [g(t)] + W_{Rh} [R(t)], \quad (1)$$

$$P(t) = W_{qP} [q(t)] + W_{RP} [R(t)], \quad (2)$$

где W_{gh} , W_{Rh} , W_{qP} , W_{RP} – соответствующие операторы рассматриваемых систем.

Если рабочий агрегат автоматизируется с целью поддержания стабильности хода рабочих частей оборудования на заданной строительными нормами глубине, то достаточно рассмотреть модель рис. 1, а. Если же задача автоматизации ТМ заключается в создании оптимальных условий работы агрегата в целом, обеспечивающих экономичную реализацию энергетических и тягово-сцепных свойств машины в конкретных условиях, то необходимо учитывать обе модели (рис. 1, а, б).

В качестве примера рассмотрим решение задачи автоматизации функционирования дорожно-строительного агрегата применительно к модели, приведенной на рис. 1, а. При условии, что входные воздействия $g(t)$ и $R(t)$ в пределах конкретного рабочего участка представлены в виде случайных стационарных процессов [5...8] выражение (1) можно записать как

$$S_h(\omega) = |W_{hq} [i\omega]|^2 S_q(\omega) + |W_{hR} [i\omega]|^2 S_R(\omega), \quad (3)$$

где $S_h(\omega)$ – спектральная плотность процесса $h(t)$; $S_q(\omega)$, $S_R(\omega)$ – спектральные плотности входных воздействий $q(t)$ и $R(t)$; $|W_{hq} [i\omega]|^2$, $|W_{hR} [i\omega]|^2$ – квадраты модулей соответствующих передаточных функций.

Модули указанных передаточных функций могут быть найдены из рассмотрения уравнений движения ТМ в продольной плоскости. Например, для навесного оборудования

автогрейдера или трактора с колесным движителем при учете упругих и демпфирующих свойств его опор уравнения движения описываются следующей системой дифференциальных уравнений в операторной форме

$$\begin{aligned} q_1(p) &= D_1(p)Z_2 + K_1D_2(p)Z_1 + K_2D_3(p)\phi_3; \\ q_2(p) &= D_4(p)Z_2 - K'_1D_5(p)Z_1 + K'_2D_6(p)\phi_3; \\ R(p) &= K_3D_7(p)Z_2 + K'_3D_8(p)Z_1 + D_9(p)\phi_3. \end{aligned} \quad (4)$$

где Z_1, Z_2, ϕ_3 – обобщенные координаты системы (линейные вертикальные колебания передней и задней осей трактора и угловые колебания рабочего органа относительно трактора); $D_i(p)$ – дифференциальные полиномы; K_i, K'_i – масштабные коэффициенты; q_1, q_2 – координаты микропрофиля поверхности поля под передними и задними осями рабочего агрегата; p – комплексная переменная; $R(p)$ – функция возмущения со стороны навесного орудия (сопротивление почвы);

Координаты микропрофиля под передними и задними осями связаны соотношением:

$$q_2(p) = e^{-p\tau} \cdot q_1(p), \quad (5)$$

где $\tau = L/v$; v – скорость движения, м/с; L – размер базы машинного агрегата, м.

Квадраты модулей соответствующих передаточных функций могут определяться следующими соотношениями:

$$|W_{hq}(i\omega)|^2 = \frac{a_1\omega^{10} + a_2\omega^8 + a_3\omega^6 + a_4\omega^4 + a_5\omega^2 + a_6}{a_7\omega^{12} + a_8\omega^{10} + a_9\omega^8 + a_{10}\omega^6 + a_{11}\omega^4 + a_{12}\omega^2 + a_{13}}, \quad (6)$$

$$|W_{hR}(i\omega)|^2 = \frac{b_1\omega^8 + b_2\omega^6 + b_3\omega^4 + b_4\omega^2 + b_5}{b_6\omega^{12} + b_7\omega^{10} + b_8\omega^8 + b_9\omega^6 + b_{10}\omega^4 + b_{11}\omega^2 + b_{12}}, \quad (7)$$

где a_i, b_i – коэффициенты, зависящие от геометрических, весовых, упругих и демпфирующих параметров эквивалентной динамической модели, а также от скорости движения ТМ.

Дисперсия глубины взаимодействия рабочего органа с почвой D_h определится выражением

$$D_h = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S_h(\omega) d\omega. \quad (8)$$

Таким образом, задавая для каждого конкретного вида земляных работ соответствующими расчетными соотношениями для микропрофиля статистически шероховатой рабочей поверхности $q(t)$ и физико-механических свойств грунта $R(t)$ можно осуществить синтез оптимальной коррекции и повысить эффективность [9] и качество рабочего процесса ТМ различного назначения.

Если принять в качестве оптимального параметра D_h , причем $D_h \leq [D_h]$ (здесь $[D_h]$ – не превосходящая допустимой строительными требованиями дисперсии глубины разработки), то задачу автоматизации рабочего агрегата можно сформулировать следующим образом.

Следует найти оптимальную коррекцию $\Phi_k^*(p)$ такую, что

$$\begin{aligned} D_h[\Phi_k^*(p)] &= \min D_h[\Phi_k(p)], \\ \Phi_k^*(p) &\in \overline{\Phi_k(p)}, \end{aligned} \quad (9)$$

где $\overline{\Phi_k(p)}$ – допустимая область существования параметров оператора $\Phi_k(p)$; p – комплексная частота.

Осуществить синтез оптимального корректирующего оператора можно, зная функции

возмущения $R(t)$ и $q(t)$, и имея возможность регулировать некоторые параметры динамической системы ТМ.

Определение функции возмущения $R(t)$ непосредственно на движущемся в рабочем процессе агрегате затруднительно. Для определения функции возмущения $q(t)$ существуют два принципиально различных способа: экстраполяция возмущения по «пройденному» пути и определение функции возмущения с «упреждением». Алгоритм предсказания возмущающего воздействия по «пройденному» пути и схемы экстраполяторов, реализованных в виде специализированных устройств непрерывного и дискретного действия, представлены в [10]. В качестве устройств, реализующих второй способ, можно предложить систему с локационным устройством [11], определяющим физико-механические свойства грунта и профиль рабочего участка впереди идущей ТМ, и специализированным вычислительным устройством – экстраполятором функции $q(t)$. Поляризационный датчик измерения физико-механических свойств грунта [9] представляет собой поляризационно-фазовую систему, отслеживающую изменение электрических параметров рабочей поверхности и передающую данные на специализированное вычислительное устройство, вырабатывающее команды управления на исполнительные механизмы ТМ.

Для формирования оптимального корректирующего оператора в соответствии с (9) необходимо регулировать параметры динамической системы ТМ. Исследованиями, проведенными в [12], показана принципиальная возможность изменения в процессе движения некоторых весовых и геометрических параметров транспортных средств, однако применительно к ТМ дорожно-строительного комплекса этот метод не является эффективным. Гораздо эффективнее и конструктивно проще реализуемым является способ регулирования путем изменения упругих и демпфирующих свойств динамической системы.

Можно считать «подвеской» любой элемент, с помощью которого возможно изменение упругих и демпфирующих свойств динамической системы ТМ в широких пределах. На рис.2 представлены схемы включения такого устройства в рабочий агрегат «подвески» ТМ дорожно-строительного профиля.

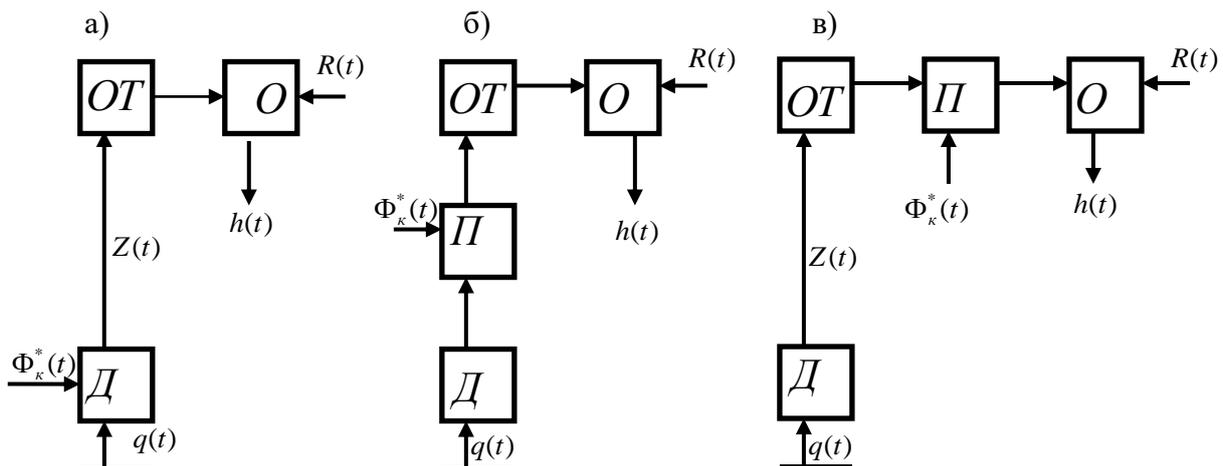


Рис. 2. Варианты функциональных схемы технологической машины:
Д – движитель, ОТ – остов трактора, О – орудие, П – подвеска

Схема (рис. 2, а) может быть реализована в ТМ на базе колесного движителя, снабженного специальными шинами с регулируемым демпфером или шинами с регулируемым давлением (путем изменения давления воздуха в шине изменяются ее упругие и демпфирующие качества). Указанные системы обладают малым диапазоном и оперативностью регулирования, а также известной сложностью конструкции специальных шин. Схема может быть рекомендована для ТМ, работающих с небольшими диапазонами величин параметров q и R и скоростей их изменения.

Схема (рис. 2, б) может быть наиболее эффективной в случае отказа от традиционной

схемы компоновки колесного агрегата, например, если связь между поддресоренными (ОТ), (О) и неподдресоренными (Д) массами будет осуществляться с помощью одного пневмо- или гидравлического регулятора положения системы (ОТ) – (О). Схема обладает достаточным быстродействием, но может оказаться конструктивно сложной.

Схема (рис. 2, в) может быть реализована на существующих ТМ путем введения в механизм навесного устройства регулирующего звена пневматического, гидравлического или комбинированного типа.

Вышеизложенное позволяет сформулировать следующие требования, которым должна удовлетворять подвеска, обеспечивающая эффективное функционирование агрегата и нормальные условия жизнедеятельности оператора ТМ:

- ✓ привод от существующих на ТМ гидро- или пневмосистем;
- ✓ наличие электрической схемы управления;
- ✓ возможность статистической регулировки для эксплуатации ТМ в пределах определенного интервала рабочих характеристик;
- ✓ наличие системы перехода на запасную ступень статистической регулировки или остановки ТМ при невыполнении заданных нормативных требований;
- ✓ наличие специализированных вычислительных устройств адаптации функционирования ТМ при изменении внешних факторов.

Заключение.

Учет сформулированных требований на основе анализа динамических характеристик в операторной форме и передаточных функций для каждого конкретного вида земляных работ и задание расчетных соотношений для статистически шероховатых поверхностей и физико-механических свойств почвы дает возможность осуществить синтез оптимальной коррекции и повысить эффективность управления рабочими процессами технологических машин различного назначения.

Оптимизация управления рабочими органами дорожно-строительных машин обеспечивает снижение удельного расхода топлива и, соответственно, уменьшение вредных выбросов в атмосферу, а также способствует достижению комфортных условий работы операторов мобильных технологических машин различного назначения за счет уменьшения воздействия вибраций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Маршаков, В. К.** Анализ систем траекторного сопровождения мобильных объектов с автоматическим управлением / В. К. Маршаков, А. Д. Кононов, А. А. Кононов // Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2015. – Т.3. – С.1296-1304.

2. **Маршаков, В. К.** Экспериментальные исследования разностно-дальномерной системы управления движением мобильных объектов / В. К. Маршаков, А. Д. Кононов, А. А. Кононов // Сборник докладов XXIV Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2018. – С. 300-309.

3. **Маршаков, В. К.** Анализ вариантов обработки выходных сигналов разностно-дальномерной навигационной системы для согласования с исполнительными механизмами мобильного объекта / В. К. Маршаков, А. Д. Кононов, А. А. Кононов // Сб. докладов XXIII Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2017. – Т. 1. – С.813-821.

4. **Маршаков, В. К.** Устройство дискретной обработки выходных сигналов разностно-дальномерной системы для дистанционного управления подвижными объектами / В. К. Маршаков, А. А. Кононов, Н. А. Варданян // Сборник докладов XVIII Международной

научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2012. – Т. 3. – С. 1542-1549.

5. **Гильмутдинов, В. И.** К вопросу использования пространственно-временных характеристик сигнала в системах передачи информации через магнитоактивную среду / В. И. Гильмутдинов, А. А. Кононов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах – 2019. – № 1(15). – С. 7-11.

6. **Гильмутдинов, В. И.** Система эффективного интерфейса исходных данных с вычислительным устройством / В. И. Гильмутдинов, А. А. Кононов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах – 2018. – № 3(13). – С. 6-10.

7. **Гильмутдинов, В. И.** Определение энтропии принимаемого двумерного сигнала с m -распределением огибающих ортогонально-поляризованных компонент / В. И. Гильмутдинов, А. А. Кононов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах – 2019. – № 3-4(17-18). – С. 36-40.

8. **Маршаков, В. К.** Некоторые характеристики эффективности передачи информации при распространении поляризованного сигнала через магнитоактивные среды / В. К. Маршаков, А. Д. Кононов, А. А. Кононов // Сборник докладов XXV Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2019. – С. 381-392.

9. **Кононов, А. А.** Развитие научных основ повышения эффективности управления рабочими процессами землеройно-транспортных машин: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.05.04 / А. А. Кононов; Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. – Воронеж, 2007. – 36 с.

10. **Кононов, А. Д.** Построение оптического устройства для выделения траекторий движения в системах дистанционного управления рабочими агрегатами / А. Д. Кононов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве, материалы международной научно-практической конференции в 3 т. – Минск, 2011. – С. 118-123.

11. **Авдеев, Ю. В.** Разработка специализированного вычислительного устройства для системы отслеживания предыдущих траекторий движения машинно-тракторных агрегатов / Ю. В. Авдеев, А. Д. Кононов, А. А. Кононов, В. И. Енин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве, материалы международной научно-технической конференции: в 3 т. – Минск, 2014. – С. 225-230.

12. **Петров, В. А.** Автоматические системы транспортных машин / В. А. Петров. – М.: Машиностроение, 1974. – 336 с.

Поступила в редакцию 10 ноября 2021

MODELING OF SOME DYNAMIC CHARACTERISTICS OF TECHNOLOGICAL MACHINES OF THE ROAD-BUILDING COMPLEX

V. K. Marshakov, A. D. Kononov, A. A. Kononov, V. I. Gilmudinov

Marshakov Vladimir Kirillovich, Cand. Sc. (Phys.-math.), Associate Professor, Department of Radiophysics, Voronezh State University, Voronezh, Russia, phone: +7(473)252-40-50; e-mail: mvk@phys.vsu.ru

Kononov Aleksandr Davidovich, Cand. Sc. (Phys.-math.), Associate Professor, Department of Management Systems and Information Techniques in Construction, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, phone: +7(473)271-52-70; e-mail: sovet_femit@mail.ru

Kononov Andrey Aleksandrovich, Dr. Sc. (Tech.), Professor, Department of Management Systems and Information Techniques in Construction, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, phone: +7(473)271-52-70; e-mail: kniga126@mail.ru

Gilmudinov Vladimir Islamovich, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Department of Management Systems and Information Techniques in Construction, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, phone: +7(473)271-52-70; e-mail: gilmudinov_v_i@mail.ru

We considered some variants of modeling control of mobile technological machines of the construction complex for various tasks in automation of work processes in order to reduce emissions into the atmosphere by reducing fuel consumption. We presented as well possible schemes for reducing harmful vibration effects on the machine operator. Being based on the analysis of dynamic characteristics in the operator form and taking into account the transfer functions, we considered the requirements for the suspension of a technological machine. This increases the protection of the driver from the effects of vibrations during automatic control of work processes. Functional schemes of dynamic systems are given, which allows us to take into account changes in the elastic and damping properties of the processed soil surface.

Keywords: technological machines; automation; dynamic control system.

REFERENCES

1. **Marshakov V. K., Kononov A. D., Kononov A. A.** *The analysis of systems of trajectory support of computer-controlled mobile objects.* The collection of the reports of XXI International technological conference «Radiolocation, navigation, communication». Voronezh. 2015. Vol. 3. Pp. 1296-1304. (in Russian)
2. **Marshakov V. K., Kononov A. D., Kononov A. A.** *Experimental researches of the difference ranging movement control system of mobile objects.* The collection of the reports of XXIV International technological conference «Radiolocation, navigation, communication». Voronezh. 2018. Pp. 300-309. (in Russian)
3. **Marshakov V. K., Kononov A. D., Kononov A. A.** *The analysis of variants of handling of output signals of difference-ranging navigator for coordination with the operating mechanisms of a mobile object.* The collection of the reports of XXIII International technological conference «Radiolocation, navigation, communication». Voronezh. 2017. Vol. 1. Pp. 813-821. (in Russian)
4. **Marshakov V. K., Kononov A. A., Vardanyan N. A.** *Device for discrete processing of output signals of a difference-rangefinder system for remote control of mobile objects.* Collection of reports of the XVIII International scientific and technical conference «Radar, navigation, communication». Voronezh. 2012. Vol. 3. Pp. 1542-1549. (in Russian)
5. **Gilmutdinov V. I., Kononov A. A.** *To the problem of using time-space performances of a signal in the systems of the information transmitting through a magnetoactive medium.* Information techniques in building, social and economical systems. 2019. No. 1(15). Pp. 7-11. (in Russian)
6. **Gilmutdinov V. I., Kononov A. A.** *System of the effective interfacing of input data with a computing device.* Information techniques in building, social and economical systems. 2018. No. 3(13). Pp. 6-10. (in Russian).
7. **Gilmutdinov V. I., Kononov A. A.** *Determining of entropy of an accepted two-dimensional signal with m-distribution of envelopes of orthogonally - polarized components.* Information techniques in building, social and economical systems. 2019. No. 3-4 (17-18). Pp. 36-40. (in Russian)
8. **Marshakov V. K., Kononov A. D., Kononov A. A.** *Some efficiency characteristics of information transfer at distribution of a polarized signal through magnetoactive medium.* The collection of the reports of XXV International technological conference «Radiolocation, navigation, communication». Voronezh. 2019. Pp. 381-392. (in Russian)
9. **Kononov A. A.** *Development of scientific bases for improving the efficiency of management of working processes of earthmoving and transport machines.* Voronezh, Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. 2007. 36 p. (in Russian)
10. **Kononov A. D.** *Build-up of an optical device for selection of trajectories of driving in remote control systems by working aggregates.* Scientific and technological progress in agricultural production, materials of the international scientific and practical conference. Minsk. 2011.

Рр. 118-123. (in Russian)

11. **Avdeev Yu. V., Kononov A. D., Kononov A. A., Enin V. I.** *Development of a specialized computing device for tracking the previous trajectories of machine-tractor units*. Scientific and technological progress in agricultural production, materials of the international scientific and practical conference. Minsk. 2014. Pp. 225-230. (in Russian)

12. **Petrov V. A.** *Automatic systems of transport vehicles*. Moscow, Machinery manufacturing. 1974. 336 p.

Received 10 November 2021

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Маршаков, В. К. Моделирование некоторых динамических характеристик технологических машин дорожно-строительного комплекса / В. К. Маршаков, А. Д. Кононов, А. А. Кононов, В. И. Гильмутдинов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 85-92. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.009.

FOR CITATION:

Marshakov V. K., Kononov A. D., Kononov A. A., Gilmutdinov V. I. *Modeling of some dynamic characteristics of technological machines of the road-building complex*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 85-92. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.009. (in Russian)

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА **ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION**

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.010

УДК 332.87

УПРАВЛЕНИЕ МНОГОКВАРТИРНЫМИ ДОМАМИ В РОССИИ ЗА РАМКАМИ БЮДЖЕТИРОВАНИЯ

Д. Б. Литвинцев, Н. И. Нижальская

Литвинцев Денис Борисович, магистрант по направлению 38.04.10 «Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура», преподаватель кафедры экономики, управления, социологии и педагогики, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Новосибирск, Российская Федерация, тел.: +7(383)266-27-93; e-mail: denlitv@inbox.ru

Нижальская Наталья Ивановна, кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой экономики, управления, социологии и педагогики, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Новосибирск, Российская Федерация, тел.: +7(383)266-27-93; e-mail: nizhalskaya.natasha@yandex.ru

В статье рассматривается 12 принципов Beyond Budgeting, предложенные Дж. Хоупом и Р. Фрейзером, и особенности их применения к управлению многоквартирными домами. Анализируется возможность внедрения Beyond Budgeting не только в управляющих организациях, но и при непосредственном управлении многоквартирными домами и создании товариществ собственников жилья. Результаты внедрения принципов Beyond Budgeting (изменение организационной культуры) анализируются по модели McKinsey 7S. Рекомендации по внедрению Beyond Budgeting даются в рамках теории организационных изменений М. Бира и Н. Нориа. Положительный опыт внедрения принципов Beyond Budgeting в ООО УК «Маяк» позволяет рекомендовать управление за рамками бюджетирования другим организациям, осуществляющих предпринимательскую деятельность по управлению многоквартирными домами в России.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство; многоквартирный дом; управляющая организация; гибкое управление; организационные изменения; Beyond Budgeting; McKinsey 7S; теории E и O.

В условиях продолжающегося реформирования сферы жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) и динамично трансформирующегося жилищного законодательства в России организации, осуществляющие предпринимательскую деятельность по управлению многоквартирными домами (МКД), вынуждены постоянно адаптироваться к условиям внешней среды. Это обуславливает, с одной стороны, необходимость применения гибких (адаптивных) моделей менеджмента, с другой стороны, – актуальность исследования возможностей и перспектив их применения в российских реалиях. В условиях, когда потребители (собственники помещений в МКД) определяют стоимость работ и услуг, а государство регулирует их качество [1], перспективным представляется применение принципов управления за рамками бюджетирования (англ. Beyond Budgeting) [2, с. 210-211].

Управление МКД за рамками бюджетирования в терминах настоящего исследования не связано с понятием внебюджетных фондов (Бюджетный кодекс Российской Федерации) и применяется самостоятельно для определения управленческой парадигмы, которая развивается с 1990-х гг. сообществом финансовых директоров Beyond Budgeting Round Table (BBRT), основателями которого были Дж. Хоуп, Р. Фрейзер и П. Банс. При этом отдельные эксперименты по применению данного подхода были осуществлены еще в 1970-х гг. (например, шведской банковской компанией Handelsbanken).

Принципы лидерства и процесса управления за рамками бюджетирования.

Beyond Budgeting означает выход за рамки командования и контроля в сторону модели управления, которая является более гибкой (адаптивной). Управление за рамками бюджетирования – это переосмысление того, как управлять организацией в постиндустриальном мире, где инновационные модели управления представляют собой устойчивое конкурентное преимущество. Речь также идет о том, чтобы освободить работников от удушающей бюрократии и систем контроля, доверить им закрытую информацию и предоставить время для размышлений и рефлексии, возможности поделиться информацией, обучения и самосовершенствования. Что подразумевается в данном случае под «бюджетированием»? Бюджетирование используется не в его узком смысле планирования и контроля, а как общий термин для обозначения традиционной модели командно-административного управления, в основе которой лежит процесс составления годового бюджета. В этом контексте бюджетирование описывает не только культуру управления, но и систему управления производительностью.

Beyond Budgeting включает в себя 12 наиболее важных принципов лидерства и управленческих процессов, которые необходимо учитывать для достижения всех преимуществ философии управления за рамками бюджетирования. Наблюдения BBRT за тем, что работает, а что не работает на практике вместе с другими исследованиями и дискуссиями начиная с 1998 г. составляют прочную основу для этих принципов. Согласованность между принципами лидерства и процесса управления – ключевая составляющая Beyond Budgeting, без которой организации рискуют иметь серьезные разногласия между тем, что говорится, и тем, что делается. Это объясняет двойную направленность 12 принципов, цель которых заключается в том, чтобы дать основу организациям для внедрения системы управления Beyond Budgeting и, таким образом, выйти за рамки бюджетирования.

Впервые принципы Beyond Budgeting были сформулированы Дж. Хоупом и Р. Фрейзером [3]. В дальнейшем подход неоднократно адаптировался различными авторами, например, Н. Пфлегингом [4]. В марте 2016 г. BBRT выпустили новую редакцию принципов на своем сайте (The Beyond Budgeting Principles // Beyond Budgeting Round Table. – URL: <https://bbrt.org/the-beyond-budgeting-principles/> (дата обращения 22.06.2021)), в которой претерпели изменения как порядок самих принципов лидерства и процессов управления, так и формулировки некоторых из них (табл. 1).

Таблица 1

12 принципов управления за рамками бюджетирования

Принципы лидерства	Принципы управленческих процессов
1. Назначение – вовлекать и вдохновлять людей на большие смелые дела (не ориентированные на краткосрочные финансовые результаты)	7. Ритм – динамично организовывать процессы управления в соответствии с бизнес-ритмами и событиями (не только в соответствии с годовым планом)
2. Ценности – управлять на основе общих ценностей и здравого смысла (не через подробные правила и положения)	8. Цели – ставить прямые, амбициозные и относительные цели (избегать фиксированных и каскадных целей)
3. Прозрачность – сделать информацию открытой для саморегулирования, инноваций, обучения и контроля (не ограничивать доступ к ней)	9. Планы и прогнозы – сделать процессы планирования и прогнозирования экономичными и беспристрастными (не жесткими и политизированными)
4. Организация – развивать сильное чувство принадлежности и организовывать работу вокруг подотчетных команд (избегать иерархического контроля и бюрократии)	10. Распределение ресурсов – поощрять сознательный подход к затратам и предоставлять ресурсы по мере необходимости (не через ежегодное распределение бюджета)
5. Автономия – доверять людям свободу действий (не наказывать тех, кто злоупотребляет этим)	11. Оценка эффективности – оценивать производительность комплексно и с учетом отзывов коллег для дальнейшего обучения и развития (не только на основе измерения и не только для вознаграждения)
6. Клиенты – связать работу каждого сотрудника с потребностями клиентов (избегать конфликта интересов)	12. Вознаграждение – награждать за успех в соревновании (не за выполнение фиксированных показателей)

Морлидж С. отмечает 4 недостатка традиционного бюджетирования, которые помогают преодолеть Beyond Budgeting: бюрократия (процесс разработки детального бюджета занимает немало времени и сил), негибкость (сложность адаптации к изменяющимся обстоятельствам), субоптимизация (использование одних и тех же средств для конкурирующих целей приводит к субоптимизации производительности), политизация (бюджет используется для оценки производительности и установления стимулов, что поощряет состязательное поведение и сосредотачивает внимание на внутренних делах организации, а не на рынках и потребностях клиентов) [5, с. 20]. Подобной позиции придерживается и Ю. Даум, отмечая, что традиционное бюджетирование как инструмент менеджмента все чаще рассматривается как препятствие для развития организации [6]. При этом Б. Богснес отмечает, что внедрение принципов Beyond Budgeting может происходить как революционным, так и эволюционным путем (что по-прежнему является предметом для дискуссий) [7, с. 260-261] в организациях любого размера, на что указывал Н. Пфлегинг [4, с. 15].

Применение принципов Beyond Budgeting в управлении МКД в России.

Возможно ли применение Beyond Budgeting при выборе способа управления товариществом собственников жилья (ТСЖ)? Ответ на этот вопрос дает пункт 3 статьи 148 Жилищного кодекса Российской Федерации (ЖК РФ) – в обязанности правления ТСЖ входит составление смет доходов и расходов, а также отчетов о финансовой деятельности. Кроме того, согласно части 4 статьи 151 ЖК РФ правление ТСЖ имеет право распоряжаться средствами товарищества только в соответствии с финансовым планом товарищества. Как отмечает В. Гассуль, «финансовый план, во-первых, в определенной степени отождествляется со сметами доходов и расходов и, во-вторых, рассматривается как важный и необходимый документ, в соответствии с которым используются все финансовые ресурсы ТСЖ» [8, с. 79]. Таким образом, финансовый план – это обобщающий документ, который на основе смет доходов и расходов, входящих в его состав, регламентирует всю экономическую деятельность ТСЖ. С. А. Белолипецкий включает финансовый план в общий список обязательной документации, необходимой для МКД, а управление бюджетом дома в рамках ТСЖ – основой управления домом в целом [9, с. 33, 138]. Исходя из вышеизложенного и учитывая тот факт, что ТСЖ является некоммерческой организацией, применение Beyond Budgeting к управлению в ТСЖ является не просто не целесообразным, но и противоречащим самим принципам управления за рамками бюджетирования.

Вопрос о применении Beyond Budgeting при непосредственном управлении МКД, количество квартир в котором составляет не более чем тридцать, что предусмотрено частью 2 статьи 161 ЖК РФ, также не имеет смысла, т.к. в силу части 2.1 статьи 161 ЖК РФ при осуществлении непосредственного управления МКД собственниками помещений не создается отдельная организация (исполнители услуг напрямую несут ответственность перед собственниками), а органом управления МКД остается исключительно общее собрание собственников помещений, на что указывает часть 1 статьи 44 ЖК РФ.

Таким образом, применение принципов Beyond Budgeting в России целесообразно только при управлении МКД управляющей организацией (УО). В рамках настоящей статьи рассмотрим четыре наиболее значимых на наш взгляд принципа Beyond Budgeting в управлении МКД: ориентация на клиента (принцип №6), прозрачность (принцип № 3), планирование (принцип №9) и доступность ресурсов (принцип №10).

Ориентация на клиента. Данный принцип согласуется фактически с целями управления МКД, утвержденными частью 1 статьи 161 Жилищного кодекса РФ от 29.12.2004 № 188-ФЗ (ред. от 30.04.2021).., а именно «управление многоквартирным домом должно обеспечивать благоприятные и безопасные условия проживания граждан ...». Кроме того, в соответствии с пунктом 27 «Правил осуществления деятельности по управлению многоквартирными домами», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 15.05.2013 № 416, организации обязаны обеспечить взаимодействие со всеми собственниками помещений в МКД, в том числе посредством их личного обращения в офис УО, который должен

находиться в пешей доступности (не более 3 км от МКД). До 2018 г. расстояние до представительства УО никогда не регламентировалось, а большинство УО умышленно располагали свои офисы вдали от управляемых МКД с целью сократить количество личных обращений граждан, что зачастую приводило к обратному эффекту. Таким образом, формальные институты (правила и нормы) управления МКД в России все больше ориентируют отрасль на клиента и согласуются с принципами Beyond Budgeting.

Прозрачность. Утверждение «Стандарта раскрытия информации организациями, осуществляющими деятельность в сфере управления многоквартирными домами» Постановлением Правительства РФ от 23.09.2010 № 731 и в последствии утверждение «Форм раскрытия информации организациями, осуществляющими деятельность в сфере управления многоквартирными домами» Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 22.12.2014 № 882/пр фактически определило вектор информатизации процессов управления МКД на прозрачность и информационную открытость как для потребителей – собственников помещений в МКД, так и для самих исполнителей. Целесообразно отметить, что информатизация сферы ЖКХ в России носит достаточно противоречивый характер [10, с. 34]. Так, например, с 1 января 2021 г. утратил силу «Стандарт раскрытия информации ...» в связи с изданием Постановления Правительства РФ от 29.07.2020 № 1136. Теперь информация по управлению МКД подлежит размещению в Государственной информационной системе жилищно-коммунального хозяйства, вызывающей многочисленные нарекания по ее работе со стороны собственников и УО с самого начала ее функционирования [10, с. 31]. Тем не менее, обозначенный выше вектор сохраняется и соответствует принципам Beyond Budgeting.

Планирование. Как отмечают О. П. Аринцева, Е. И. Богомольный, А. Н. Гонда и Е. В. Шерешовец, «управление МКД – это непрерывный циклический процесс управляющего воздействия на дом как объект управления для достижения целей собственников объекта» [11, с. 35]. Непрерывный цикл управления МКД, представленный П. Г. Грабовым, [12, с. 197], позволяет рассматривать данный цикл не только в пределах года, но и месяца, недели или даже конкретного вида работ (например, текущего ремонта), что позволяет сделать процесс планирования достаточно гибким. В таком случае планирование и прогнозирование затрат будет соответствовать принципам Beyond Budgeting. При этом непрерывность процесса управления МКД в целях удовлетворения потребностей собственников помещений в МКД связано с жизненным циклом здания и должна оперативно обеспечиваться различными видами ресурсов в процессе его эксплуатации.

Доступность ресурсов. Наиболее значимыми ресурсами, обеспеченность и доступность которых является необходимым условием для непрерывности процесса управления являются: правовая и информационная обеспеченность, обеспеченность всеми видами материальных ресурсов и необходимой инфраструктурой, а также обеспеченность персоналом [11, с. 35]. Ключевую роль безусловно играет обеспеченность материальными ресурсами и инфраструктурой в связи с тем, что УО обязана обеспечить круглосуточную работу аварийно-диспетчерской службы, в задачи которой входит ликвидация аварий на общем имуществе МКД в строго регламентированные сроки. Кроме того, Приложением № 2 «Правил и норм технической эксплуатации жилого фонда», утвержденных Постановлением Госстроя РФ от 27.09.2003 № 170, также регламентируются предельные сроки устранения неисправностей при выполнении внепланового (непредвиденного) текущего ремонта. Для исполнения указанных правил и норм материальные ресурсы и инфраструктура должны быть доступны для работников аварийно-диспетчерской службы по требованию, что соответствует принципам Beyond Budgeting. Учитывая характер работы по устранению аварийных ситуаций, большинство из которых могут возникнуть по непредвиденным обстоятельствам (например, погодные условия или человеческий фактор), предварительное планирование и

распределение ресурсов становится практически невозможным либо приводит к нарушению регламентированных сроков устранения аварий и/или к ухудшению качества выполненных работ.

Анализ изменений организационной культуры в результате внедрения Beyond Budgeting по модели McKinsey 7S.

В 2016 г. руководством ООО УК «Маяк» было принято решение о внедрении принципов Beyond Budgeting в управлении двух МКД в г. Новосибирске (общая площадь 66285,3 м²) на период до 2020 г., что потребовало кардинальных изменений организационной культуры и принципов работы в целом. В целях анализа подобной трансформации целесообразно обратиться к прошедшей испытанию временем модели McKinsey 7S (табл. 2), разработанной в конце 1970-х гг. бывшими консультантами McKinsey & Company Т. Дж. Питерсом и Р. Х. Уотерманом-младшим [13].

В основе модели McKinsey 7S заложена согласованная взаимосвязь семи «жестких» и «мягких» элементов. Три «жестких» элемента – это стратегия (англ. Strategy), структура (англ. Structure) и система управления (англ. Systems). Их относительно легко идентифицировать, и руководство может влиять на них напрямую. С другой стороны, четыре «мягких» элемента – сумму навыков (англ. Skills), состав работников (англ. Staff), стиль отношений (англ. Style) и систему ценностей (англ. Shared Values) сложнее описать, они менее осязаемы и в большей степени подвержены влиянию организационной культуры. Но они так же важны, как и «жесткие» элементы, если организация хочет добиться успеха.

Таблица 2

Сравнение элементов модели McKinsey 7S до и после внедрения Beyond Budgeting

Элемент	До внедрения принципов Beyond Budgeting	После внедрения принципов Beyond Budgeting
Стратегия	Удержаться на плаву в условиях убыточности бизнеса	Улучшение качества обслуживания МКД, находящихся в управлении, сокращение количества проверок и штрафов, максимальное погашение кредиторской задолженности, снижение дебиторской
Структура	Линейно-функциональная структура с иерархической системой управления (директор → заместители → руководители отделов → конечные исполнители)	Гибкая (адаптивная) структура, способная изменяться под требования внешней среды (конечные исполнители ↔ директор ↔ руководители направлений ↔ конечные исполнители)
Система управления	Руководитель определяет цели и всю политику в целом, распределяет обязанности. Плановое распределение ресурсов (согласно годовому бюджету)	Руководитель в основном информирует подчиненных об их обязанностях, задачах, при необходимости определяет, как их нужно решать. Ресурсы доступны по требованию (отказ от годового бюджетирования – переход на нулевое ежемесячное бюджетирование (англ. Zero Based Budgeting))
Сумма навыков	Работники имеют низкую квалификацию, не соответствующую профессиональным стандартам в сфере ЖКХ (что обусловлено низкими требованиями к кадровому составу). Оплата труда складывается из оклада и стимулирующих надбавок (премий), которые применяются как метод «кнути и пряника»	Высококвалифицированный персонал, полностью соответствующий профессиональным стандартам в сфере ЖКХ (высокие требования к кадровому составу). Работники имеют фиксированный оклад, конкурентоспособный на рынке труда (штатное расписание не предполагает стимулирующие и компенсационные выплаты)

Окончание табл. 2

Элемент	До внедрения принципов Beyond Budgeting	После внедрения принципов Beyond Budgeting
Состав работников	Работники изначально ленивы и по возможности избегают работы, руководители не могут доверять ни одному сотруднику (работники типа X по Д. Макгрегору [14]). Руководитель единолично принимает решение о приеме на работу новых работников	Работники амбициозны и получают удовольствие от своих обязанностей (что, по мнению Н. Пфлегинга, чрезвычайно важно [4, с. 88-89]), имеют внутренние стимулы, стремятся взять на себя больше ответственности, осуществлять самоконтроль и самоуправление (работники типа Y по Д. Макгрегору [14]). Подбор персонала и собеседования проводят сотрудники – будущие коллеги кандидатов на должность
Стиль отношений	Авторитарный (директивный) стиль управления. Высокая централизация руководства, доминирование единоначалия. Преобладает культура Аполлона по Ч. Хэнди [15]	Демократический (коллегиальный) стиль управления. Высокая степень децентрализации полномочий, сотрудники активно участвуют в принятии решений. Преобладает культура Афины по Ч. Хэнди [15], что характерно для гибких организаций, по мнению Н. Пфлегинга [4, с. 46-47]
Система ценностей	Не разрабатывалась, организационная культура не выражена	BOSSA, предложенная Ю. Экштейн и Дж. Бак [16]: В – управление за рамками бюджетирования (англ. Beyond Budgeting), OS – открытость и прозрачность процессов и принятия решений (англ. Open Space), S – социократия (англ. Sociocracy), А – гибкость (англ. Agile)

Таким образом, для внедрения принципов Beyond Budgeting в управлении многоквартирными домами ООО УК «Маяк» потребовалось в 2017...2019 гг. не просто переориентировать стратегию (задать конкретные цели) и изменить организационную структуру с традиционной на более гибкую, но и изменить систему управления организацией (переход на управление «снизу-вверх»), отказавшись от годового бюджетирования. Подобные изменения неизбежно потребовали пересмотра системы ценностей и обновления штатного расписания согласно новым навыкам, состава работников и стиля взаимоотношений с авторитарного на демократический. Были переработаны должностные инструкции под действующие профессиональные стандарты в сфере ЖКХ и расторгнуты трудовые договоры с работниками, им не соответствующие. Кроме того, для реализации принципа открытости осуществлен переезд в другой офис без отдельных кабинетов (но с клиентской зоной) для административно-управленческого персонала.

Рекомендации по внедрению принципов Beyond Budgeting в рамках теории организационных изменений М. Бира и Н. Нориа.

С целью объяснения направленности организационных изменений, произошедших в ООО УК «Маяк» за 2017...2019 гг., целесообразно обратиться к теориям организационных изменений Е (англ. Economic Theory) и О (англ. Organizational Theory), которые обосновали М. Бир и Н. Нориа [17]. Несмотря на то, что инициатива по изменениям в каждой организации уникальна, их исследования показывают, что существует два основных архетипа организационных изменений. Стратегия изменений Теории Е как правило включает активное использование экономических стимулов, резкие увольнения, сокращение и реструктуризацию; прибыль – единственный показатель успеха. Стратегия изменений Теории О направлена на формирование организационной культуры (поведение, отношение, способности и

приверженность сотрудников); критерий успеха – способность организации учиться на собственном опыте (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная таблица стратегий организационных изменений М. Бира и Н. Нория

Область изменений	Стратегия Теории Е	Стратегия Теории О	Комбинация стратегий Теории Е и О
Цели	Максимизация прибыли	Развитие организационных возможностей	Принять парадокс между экономической ценностью и организационными возможностями
Лидерство	Управление изменениями сверху вниз	Поощрение работников за изменения снизу вверх	Задать направление сверху и привлечь работников снизу
Фокус	На «жестких» элементах (структуре и системах)	На «мягких» элементах (организационной культуре)	Одновременно сосредоточиться на «жестких» «мягких» элементах
Процесс	План и заданные программы	Эксперимент и развитие	Запланированная спонтанность
Система вознаграждения	Мотивация через финансовое стимулирование	Мотивация через обязательства – оплата труда как справедливый обмен	Использование стимулов для укрепления изменений – не для управления ими
Привлечение консультантов	Консультанты анализируют проблемы и формируют решения	Консультанты поддерживают руководство в формировании собственных решений	Консультанты – это экспертный ресурс, который расширяет возможности сотрудников

С учетом организационных изменений, прошедших в ООО УК «Маяк» с 2016 г. по 2019 г., для внедрения принципов Beyond Budgeting в управлении МКД в России необходимо было отказаться от стратегии Теории Е и руководствоваться в первую очередь принципами Теории О, проводя организационные изменения. Именно Теория О соответствует принципам и ценностям Beyond Budgeting в то время, как Теория Е является полной противоположностью, поскольку в ней не соблюдается принцип, сформулированный Н. Пфлегингом: сотрудники должны быть на первом месте, клиенты – на втором, поставщики и окружение – на третьем, а учредители – на четвертом [4, с. 60]. В дальнейшем возможен постепенный переход к комбинации стратегий, что требует отдельных исследований.

Результатом внедрения принципов Beyond Budgeting через стратегию организационных изменений Теории О стало сокращение в ООО УК «Маяк» к 2019 г. кредиторской задолженности на 75 % (в том числе полное погашение задолженности перед ресурсоснабжающими организациями), дебиторской задолженности – на 40 %. Кроме того, планомерно сократилось количество проверок контрольно-надзорных органов (в том числе Государственной жилищной инспекции Новосибирской области), а число штрафов соответственно было сведено к нулю [18]. Целесообразно отметить, что подобные изменения не сопровождались ежегодным увеличением стоимости работ и услуг по содержанию и ремонту общего имущества в МКД, находящихся в управлении, в виду игнорирования собственниками помещений пункта 1 статьи 45 ЖК РФ.

Заключение.

Целью внедрения принципов Beyond Budgeting (Дж. Хоуп, Р. Фрейзер) в ООО УК «Маяк» в 2016 г. через переход от стратегии Теории Е к стратегии Теории О (М. Бир, Н. Нория) по модели McKinsey 7S (Т. Питерс, Р. Уотерман) в управлении МКД стала попытка не просто преодолеть ежегодные проблемы бюджетирования, а фактически оптимизиро-

вать бизнес-процессы и более гибко подойти к управлению МКД в условиях, когда потребители определяют стоимость работ и услуг, а государство задает и регулирует стандарты качества.

Результаты внедрения принципов Beyond Budgeting через трансформацию организационной культуры (работники типа Y по Д. Макгрегору, организационная культура Афины по Ч. Хэнди, система ценностей BOSSA М. Бира и Н. Нориа) в ООО УК «Маяк» (г. Новосибирск) отразились в ключевых показателях работы управляющей организации, а именно сокращении дебиторской задолженности и погашении долгосрочной кредиторской задолженности, минимизации проверок контрольно-надзорных органов и уменьшении количества штрафов.

Таким образом, положительный опыт внедрения принципов Beyond Budgeting позволяет рекомендовать данную гибкую модель управления другим российским организациям независимо от их размера, осуществляющим предпринимательскую деятельность по управлению МКД на территории Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Литвинцев, Д. Б.** Управление многоквартирными домами в условиях определения потребителем стоимости работ и услуг / Д. Б. Литвинцев, Н. И. Нижальская // Наука. Технологии. Инновации: Сборник научных трудов. В 9-ти частях. Часть 7 «Экономика и управление». – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. – С. 322-325.

2. **Litvintsev, D. B.** Condos in Russia: Socio-Economic Aspect / D. B. Litvintsev, L. A. Osmuk, G. P. Litvintseva // Advances in Economics, Business and Management Research. – Vol. 131: Proceedings of the “New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development” (NSRBCPED 2019). – Atlantis Press, 2020. – Pp. 206-212.

3. **Хоуп, Дж.** Бюджетирование, каким мы его не знаем. Управление за рамками бюджетов / Дж. Хоуп, Р. Фрейзер; пер. с англ. Р. В. Кащеев. – М.: Вершина, 2004. – 271 с.

4. **Пфлегинг, Н.** Управление на основе гибких целей. Вне бюджетирования: как преодолеть конкурентов в XXI веке / Н. Пфлегинг; пер. с нем. А. Друзенко. – М.: Белый город, 2009. – 279 с.

5. **Morlidge, S.** The Little Book of Beyond Budgeting. A New Operation System for Organisations: What it is and Why it Works / S. Morlidge. – Leicestershire: Matador, 2017. – 71 p.

6. **Daum, J. H.** Von der Budgetsteuerung zum Beyond Budgeting: Motivation, Fallbeispiele der Pioniere und Zukunftsperspektiven / J. H. Daum // Controlling and Management. – 2003. – Vol. 47. – Pp. 77-90.

7. **Bogsnes, B.** Implementing Beyond Budgeting: Unlocking the Performance Potential. 2nd Edition / B. Bogsnes. – New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2016. – 270 p.

8. **Гассуль, В. А.** Многоквартирный дом: стандарты управления и инфраструктура / В. Гассуль. – СПб.: Питер, 2018. – 240 с.

9. **Белолипецкий, С. А.** Основы практической эксплуатации зданий: учебник / С. А. Белолипецкий. – М.: Проспект, 2019. – 160 с.

10. **Литвинцев, Д. Б.** Процессы информатизации жилищно-коммунального хозяйства в Российской Федерации / Д. Б. Литвинцев, Г. П. Литвинцева // Цифровая трансформация экономики: теория и практика в интеграционных союзах. – Минск: Институт бизнеса БГУ, 2020. – С. 27-34.

11. **Аринцева, О. П.** Как управлять многоквартирным домом: методическое пособие / О. П. Аринцева, Е. И. Богомольный, А. Н. Гонда, Е. В. Шерешовец. – Москва: Проспект, 2016. – 128 с.

12. **Грабовой, П. Г.** Экономика и управление жилищно-коммунальным хозяйством: учебник / П. Г. Грабовой, А. Н. Кирилловой. – М.: Издательство АСВ, 2018. – 672 с.

13. **Peters, Th. J.** In Search of Excellence: Lessons of America's Best-Run Companies / Th. J. Peters, R. H. Waterman Jr. – New York: Harper Business, 2006. – 400 p.
14. **McGregor, D.** The Human Side of Enterprise. Annotated Edition. – New York: McGraw-Hill Education, 2006. – 480 p.
15. **Handy, Ch. B.** Gods of Management: The Changing Work of Organizations / Ch. B. Handy. – Oxford: Oxford University Press, 1996. – 268 p.
16. **Eckstein, J.** Company-wide Agility with Beyond Budgeting, Open Space & Sociocracy: Survive & Thrive on Disruption / J. Eckstein, J. Buck. – USA: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018. – 246 p.
17. **Beer, M.** Cracking the Code of Change / M. Beer, N. Nohria // Harvard Business Review. – 2000. – Vol. 78. – No. 3. – Pp. 133–141.
18. **Литвинцев, Д. Б.** Результаты применения принципов Beyond Budgeting в управлении многоквартирными домами / Д. Б. Литвинцев // Опыт и проблемы реформирования системы менеджмента на современном предприятии: тактика и стратегия: сборник статей XIX Международной научно-практической конференции. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 159-162.

Поступила в редакцию 24 июня 2021

MANAGEMENT OF APARTMENT BUILDINGS IN RUSSIA BEYOND BUDGETING

D. B. Litvintsev, N. I. Nizhalskaya

Litvintsev Denis Borisovich, Master Student in the direction 38.04.10 «Housing and Communal Infrastructure», Lecturer at the Department of Economics, Management, Sociology and Pedagogy, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia, phone: +7(383)266-27-93; e-mail: denlitv@inbox.ru
Nizhalskaya Natalya Ivanovna, Cand. Sc. (Econ.), Associate Professor, Head of the Department of Economics, Management, Sociology and Pedagogy, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia, phone: +7(383)266-27-93; e-mail: nizhalskaya.natasha@yandex.ru

The article examines the 12 principles of *Beyond Budgeting*, proposed by J. Hope and R. Fraser, and the peculiarities of their application to the management of multi-apartment buildings. The possibility of introducing *Beyond Budgeting* is analyzed not only in management organizations, but also in the direct management of apartment buildings and in creation of a homeowners' association. The results of the implementation of the principles of *Beyond Budgeting* (change in organizational culture) are analyzed according to the McKinsey 7S model. Recommendations for the implementation of *Beyond Budgeting* are given in the framework of the theory of organizational change by M. Beer and N. Noria. The positive experience of implementing principles of *Beyond Budgeting* at OOO Management Company 'Mayak' allows us to recommend *Beyond Budgeting* management to other organizations carrying out entrepreneurial activities in the management of apartment buildings in Russia.

Keywords: housing and communal services; apartment building; management organization; adaptive management; organizational changes; Beyond Budgeting; McKinsey 7S; E and O theories.

REFERENCES

1. **Litvintsev D. B., Nizhalskaya N. I.** *Condominium Management Under Conditions of Determining the Cost of Works and Services by The Consumer*. Science. Technology. Innovation. Collection of scientific papers in 9 parts. Part 7 Economics and Management. Edited by A.V. Gadyukina. Novosibirsk, NSTU. 2019. Pp. 322-325. (in Russian)
2. **Litvintsev D. B., Osmuk L. A., Litvintseva G. P.** *Condos in Russia: Socio-Economic Aspect*. Advances in Economics, Business and Management Research. Vol. 131 Proceedings of the "New

Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development” (NSRBCPED 2019). Atlantis Press. 2020. Pp. 206-212.

3. **Hope J., Fraser R.** *Budgeting as We Don't Know It. Management Beyond Budgeting*. Translated from English by R.V. Kascheev. Moscow, Vershina. 2004. 271 p. (in Russian)

4. **Pflaeging N.** *Flexible Goal Based Management. Beyond Budgeting: How to Surpass Competitors in the XXI century*. Translated from German by A. Druzenko. Moscow, Belyy Gorod. 2009. 279 p. (in Russian)

5. **Morlidge S.** *The Little Book of Beyond Budgeting. A New Operation System for Organisations: What it is and Why it Works*. Leicestershire, Matador. 2017. 71 p.

6. **Daum J. H.** *Von der Budgetsteuerung zum Beyond Budgeting: Motivation, Fallbeispiele der Pioniere und Zukunftsperspektiven*. Controlling and Management. 2003. Vol. 47. Pp. 77-90.

7. **Bogsnes B.** *Implementing Beyond Budgeting: Unlocking the Performance Potential. 2nd Edition*. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. 2016. 270 p.

8. **Ghassul V. A.** *Apartment Building: Management Standards and Infrastructure*. Saint-Petersburg, Peter. 2018. 240 p. (in Russian)

9. **Belolipetskiy S. A.** *Fundamentals of the Practical Maintenance of Buildings*. Moscow, Prospect. 2019. 160 p. (in Russian)

10. **Litvintsev D. B., Litvintseva G. P.** *Processes of Informatization of Housing and Communal Services in The Russian Federation*. Digital Transformation of The Economy: Theory and Practice in Integration Unions. Edited by M. L. Zelenkevich, N. N. Bondarenko. Minsk, Institute of Business BSU. 2020. Pp. 27-34. (in Russian)

11. **Arintseva O. P., Bogomolny E. I., Gonda A. N., Shereshovets E. V.** *How to Manage an Apartment Building: A Methodological Guide*. Moscow, Prospect. 2016. 128 p. (in Russian)

12. **Grabovoi P. G., Kirillova A. N.** *Economics and Management of Housing and Communal Services*. Moscow, ASV Publishing House. 2018. 672 p. (in Russian)

13. **Peters Th. J., Waterman Jr. R. H.** *In Search of Excellence: Lessons of America's Best-Run Companies*. New York, Harper Business. 2006. 400 p.

14. **McGregor D.** *The Human Side of Enterprise. Annotated Edition*. New York, McGraw-Hill Education. 2006. 480 p.

15. **Handy Ch. B.** *Gods of Management: The Changing Work of Organizations*. Oxford, Oxford University Press. 1996. 268 p.

16. **Eckstein J., Buck J.** *Company-wide Agility with Beyond Budgeting, Open Space & Sociocracy: Survive & Thrive on Disruption*. San Bernardino, CreateSpace Independent Publishing Platform. 2018. 246 p.

17. **Beer M., Nohria N.** *Cracking the Code of Change*. Harvard Business Review. 2000. Vol. 78. No. 3. Pp. 133-141.

18. **Litvintsev D. B.** *The Results of Applying the Principles of Beyond Budgeting in The Management of Apartment Buildings*. Experience and Problems of Reforming the Management System in A Modern Enterprise: Tactics and Strategy: Collection of Articles of the XIX International Scientific and Practical Conference. Penza, Penza State Agrarian University. 2020. Pp. 159-162. (in Russian)

Received 24 June 2021

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Литвинцев, Д. Б. Управление многоквартирными домами в России за рамками бюджетирования / Д. Б. Литвинцев, Н. И. Нижальская // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 93-102. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.010.

FOR CITATION:

Litvintsev D. B., Nizhalskaya N. I. *Management of apartment buildings in Russia beyond budgeting*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 93-102. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.010. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.011

УДК 332.6/8

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДОСТУПНОСТЬ ЖИЛЬЯ В РОССИИ

Е. Е. Тимофеева, Ю. Е. Острякова

Тимофеева Елена Евгеньевна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры организации производства и городского хозяйства, Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, Российская Федерация, тел.: +7(960)501-76-21; e-mail: eltimof@mail.ru;

Острякова Юлия Евгеньевна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры организации производства и городского хозяйства, Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, Российская Федерация, тел.: +7(903)888-21-14; e-mail: ostryakova@list.ru

Доступность жилья является очень многогранным понятием, отражающим социально-экономические процессы, происходящие в обществе, учитывающее ожидания населения и его доходы. Проведен анализ факторов, определяющих ценовую политику в секторе недвижимости. Выявленные факторы разделены на две группы: объективные и субъективные. К группе объективных факторов отнесены такие, которые зависят от макроэкономической ситуации, ситуации на рынке недвижимости и факторы, на которые не могут повлиять домохозяйства. К субъективным отнесены факторы, которые зависят от особенностей самих домохозяйств или могут быть ими изменены. Показано, что влияние выявленных факторов необходимо рассматривать комплексно, что обусловлено их взаимосвязью и непропорциональной взаимозависимостью. На примере мониторинга цен для Иваново показан существенный разброс цен в сегменте жилья как эконом-класса, так и бизнес-класса. Проведены примеры анализа влияния различных факторов на формирование стоимости жилья в различных категориях. Предложено разделение понятий «доступное жилье» и «доступное комфортное жилье». В частности, при расчете критериев доступности жилья (независимо от методики расчета) следует брать в расчет среднюю цену за наиболее экономичные варианты новостроек. Приводится обоснование важности участия государства в формировании доступного жилья за счет регулирования доходов граждан, а также внедрения государственных программ поддержки граждан по приобретению жилья.

Ключевые слова: доступное жилье; ипотека; стоимость жилья; критерии доступности

Задача повышения доступности жилья входит в повестку социально-экономической и жилищной политики многих стран. На протяжении последних лет в Российской Федерации эта задача является одной из самых приоритетных среди остальных задач социально-экономического развития страны.

Доступность жилья является сложным многогранным индикатором, который не только отражает ход рыночных реформ в жилищной сфере, их социальную направленность, но и связан с общим течением социально-экономических процессов в обществе, их успешностью, учитывает поведение населения на рынке жилья, его ожидания, степень доверия к государственным и коммерческим институтам.

Под доступностью жилья, как правило, понимается соотношение между стоимостью жилья и доходами населения или потенциальная возможность домохозяйств приобрести жилье на рынке. Чаще всего понятие «доступное жилье» включает в себя возможность приобретения жилья, используя различные механизмы, в том числе систему ипотечного кредитования, государственного субсидирования, льготного кредитования [1].

Сопоставляя показатели доступности жилья в России и в развитых зарубежных странах, можно сделать вывод о том, что доступность жилья в России находится на крайне

низком уровне. А среди причин такого положения, в частности, можно называть недостаточные объемы строительства жилья [2].

При оценке доступности жилья используют различные подходы и методики расчета показателя доступности жилья. При этом используют такие показатели, как коэффициент доступности жилья, индекс доступности приобретения жилья, а также доля семей, которые имеют возможность за счет собственных и привлеченных ресурсов приобрести стандартное жилье.

Анализ этих методик показал, что самым распространенным показателем доступности жилья является индекс доступности жилья, измеряемый количеством лет, необходимых домохозяйству для накопления средств на покупку жилья. По мнению автора Петухова Н.А. этот показатель в последнее время находится на уровне 2,5...3,5 лет. В реальных условиях и в зависимости от региона Российской Федерации данный показатель может быть несколько выше вследствие особенностей того или иного региона, возможностей и уровня получаемого дохода, предложения на рынке жилья, и для жителей соответствующих регионов в этом случае возможность приобретения жилья может растянуться на 5...7 лет [3].

Индекс доступности жилья имеет несколько модификаций [4]. В первоначальном варианте данный показатель рассчитывался как отношение стоимости жилья к годовому доходу среднестатистического домохозяйства. Но затем при его расчете стали учитываться многие факторы и условия. Прежде всего, было предложено учесть в расчете индекса доступности жилья то, что на приобретение жилья используется не весь доход, а только его часть (поскольку домохозяйства осуществляют также текущие расходы на потребление), а значит, в расчетах должна учитываться только сберегаемая часть дохода. Далее было предложено учитывать то, что часть выплат на приобретение жилья компенсируется (это особенно важно сейчас, когда реализуются программы поддержки молодых семей, в приобретении жилья используются средства материнского капитала и т.д.), а также возможно использовать при приобретении жилья накопленных средств, в том числе за счет продажи другого имущества. Вместе с тем при приобретении жилья возникают дополнительные затраты, сопутствующие покупке квадратных метров, которые необходимо учитывать (проценты по ипотеке, страхование имущества и проч.). И это также стали учитывать при расчете индекса доступности жилья.

В настоящее время процесс модификации и доработки данных методик продолжается с учетом меняющихся условий и выявления все большего количества факторов, влияющих на доступность жилья.

По мнению авторов Пивоварова Г. Б., Третьяченко Т. В. [5], для реальной оценки доступности жилья в целом по стране и в частности по регионам целесообразно использовать методику, учитывающую возможность приобретения недвижимости с использованием ипотечных средств и дифференциацию доходов.

Согласно данной методике, определить нижний порог совокупного дохода семьи, который необходим, чтобы приобрести жилье, соответствующее стандартам обеспечения жилищными помещениями (54 кв. м для семьи из трех человек) за счет собственных и заемных средств, можно по формуле:

$$TI = \frac{LTV \times P \times 54 \times \frac{i}{12 \times 100}}{1 - \left(1 + \frac{i}{12 \times 100}\right)^{-t \times 12}} \times \frac{PI}{100}, \quad (1)$$

где TI – нижний порог совокупного дохода семьи; P – средняя цена 1м² жилья; t и i – срок и ставка ипотечного кредита соответственно; LTV – размер кредита, %; PI – отношение ипотечного платежа к месячному доходу семьи, %.

Рассмотрим отдельные параметры, формирующие показатель доступности жилья и условия их формирования с учетом современных тенденций.

Одним из важнейших показателей является средняя цена за квадратный метр. Доступность жилья во многом определяется именно этим параметром.

Вместе с тем, следует различать понятия «доступное жилье» и «доступное комфортное жилье». В отличие от России, где преобладает тенденция к повышению доступности приобретения жилья в собственность, в том числе с помощью ипотечных кредитов, во многих развитых странах больше внимания уделяется повышению качества городской среды, что приводит к некоторому снижению доступности приобретения жилья в собственность [6]. Чем выше уровень комфорта и, соответственно, класса жилья, тем выше его цена за квадратный метр.

Проведенный авторами анализ цен на первичном рынке жилой недвижимости показал, что цены на разный уровень жилья значительно различаются. Клочкова Е. Н. и Толстякова М. А. указывают, что цена на рынке жилья – это один из самых сложных для анализа показателей, так как отражает в себе тенденции на товарных и финансовых рынках, рынке труда, реагирует на политические и социально-экономические изменения [7]. Это зависит от типа жилья (эконом-класс, комфорт, бизнес-класс), качества отделки (черновая, предчистовая, чистовая, улучшенная отделка), местоположения объекта недвижимости, этажности, этажа, вида коммуникаций (прежде всего отопления, поскольку жилье, оборудованное индивидуальным газовым котлом, стоит существенно дороже жилья с центральным отоплением) и много других факторов. Одним словом, если взять самый дешевый вариант (эконом-класс, не самый престижный спальный район и т.п.), то уровень доступности возрастет. Если говорить о доступном комфортном жилье и рассчитывать стоимость, исходя из средней цены жилья эконом-класса и жилья в престижных жилых комплексах бизнес-класса, то мы получим среднюю цену за квадратный метр намного выше.

Проведенный мониторинг цен на жилье в марте-апреле 2021 года на примере города Иваново показал, что цена в новостройке за однокомнатную квартиру в строящихся жилищных комплексах (со сдачей в конце 2021 года) начинается от 39 тыс. руб. за квадратный метр и доходит до 80 тыс. руб. за квадратный метр (в зависимости от типа жилья, местоположения, этажа и прочих характеристик), а на готовое жилье в новостройках – 44 тыс. руб. за квадратный метр (это отдаленный от центра города район, жилье эконом-класса) и доходит до 101 тыс. руб. за квадратный метр (более элитное жилье с индивидуальным отоплением и более хорошим местоположением, относящееся к бизнес-классу). То есть разница в цене по жилью эконом-класса с более «скромными» характеристиками приблизительно в два раза ниже, чем по жилью бизнес-класса. Аналогичная ситуация наблюдается и по рынку вторичного жилья. И эта разница в ценах на квадратный метр возрастает с ростом размера города.

В связи с этим, если рассчитывать доступность жилья (неважно каким методом), то, по мнению авторов, необходимо брать в расчет среднюю цену за наиболее экономичные варианты новостроек. Это как раз и характеризует реальную доступность жилья – то есть то, что среднестатистический россиянин может действительно приобрести с учетом своего дохода и дополнительных условий (выплат по ипотеке, первоначального взноса, текущих расходов и проч.).

Безусловно, дорогие квадратные метры будут доступны далеко не всем среднестатистическим гражданам, а только домохозяйствам с достаточно высоким уровнем дохода (или тем, кто имеет средства, вырученные, например, от продажи другой недвижимости или иного имущества). И считать эти квадратные метры по данным высоким ценам для всех семей, являющихся потенциальными семьями, желающими приобрести жилплощадь – это значит заведомо занижать уровень доступности жилья для населения страны. Учитывая цены на такую элитную недвижимость при расчетах показателя средней цены за квадратный метр при определении доступности жилья, мы заведомо искажаем реальные цены, на которые домохозяйства готовы потратить свои средства. В связи с этим, принимая во внимание при расчете средней цены за квадратный метр цены на квартиры в новостройках бизнес-класса, определяем уровень доступного и комфортного жилья.

Здесь важную роль играет и то, какой тип жилья и где предпочитают граждане. Если домохозяйство настроено на приобретение квартиры в конкретном месте с определенными характеристиками, которые намного выше, чем у эконом-класса, то это одна ситуация с доступностью жилья. Если же соглашается со скромными характеристиками, то уровень доступности может быть гораздо выше. Повышая комфортность жилья и формируя современную комфортную среду с соответствующими характеристиками новых жилых зданий, мы тем самым повышаем планку доступности путем корректировки цен с учетом повышенной комфортности среды обитания современных жилищ.

Далее обратимся к такому важнейшему и, как показала практика последних месяцев, взаимосвязанному с ценой за квадратный метр параметру, как процентная ставка по ипотечному кредиту.

Реализуя государственную программу по обеспечению доступным и комфортным жильем граждан Российской Федерации, государство в лице федеральных и региональных органов власти принимало на протяжении последних лет ряд важнейших мер по повышению доступности жилья. Для реализации основной цели программы («Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации», утвержденной Постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 №323) – повышение доступности жилья и качества жилищного обеспечения населения, а также для поддержки строительной отрасли в период пандемии со второй половины 2020 года были снижены ипотечные ставки на первичном рынке недвижимости до 6,5 %. Затем данную программу поддержки по сниженным ипотечным ставкам продлили до июня 2021 года. Однако, данная мера подогрела спрос на рынке недвижимости, увеличив спрос на ипотечные кредиты на первичном рынке приобретения жилья и тем самым «подстегнув» застройщиков повысить цену квадратного метра строящегося жилья. Цены на новостройки повысились во всех регионах России, вслед за этим отреагировал и вторичный рынок жилой недвижимости: цены на вторичном рынке жилья значительно возросли.

В настоящее время важным фактором доступности жилья выступает доступность ипотеки. И здесь речь идет не только о суммах ипотечного кредита и ставках, но и о степени одобрения ипотечного кредита. Это зависит от многих факторов. Учитывая то, что многие показатели, участвующие в расчетах доступности жилья в России, берутся по данным официальной статистики, можно отметить, что может иметь место некоторое искажение реальной ситуации с уровнем доходов населения. Занижение частными организациями официальных сумм заработных плат с целью ухода от обязательных платежей во внебюджетные фонды, отражается не только на результатах расчетов доступности жилья, но и влияет на доступность ипотеки, поскольку банки учитывают доходы только на основании официальных документов по доходам граждан.

Еще одной проблемой в получении ипотеки является учет банками других (кроме доходов) параметров. В настоящее время в России наблюдается достаточно высокий уровень закредитованности населения. Возросло количество используемых кредитных карт различных банков. Население научилось жить в кредит, что само по себе неплохо. Но сложности возникают при обращении в банк за ипотечным кредитом. И в этом случае могут возникнуть проблемы с одобрением ипотеки: если есть много кредитов и суммы, выплачиваемые за них, существенны, банк может отказать в выдаче ипотеки. Усиление тенденции отказов по ипотечным кредитам с учетом этого обстоятельства прослеживается с конца зимы 2021 года.

Увеличение кредитной нагрузки на домохозяйства может быть связано и с возрастанием уровня потребления (больше приобретается товаров и услуг с привлечением кредитных средств). Также причинами отказа могут выступать плохая кредитная история, предоставление недостоверных сведений.

Фактором, который зависит от личных предпочтений граждан, является склонность к потреблению: чем выше уровень склонности к потреблению, тем больше у конкретного домохозяйства уходит сумм доходов на текущее потребление (приобретение продуктов питания, одежды, обуви, предметов быта, путешествия и проч.). Это определяет ту часть доходов, которая остается для реализации приобретения жилья. А у разных людей эти суммы разные и зависят от самых различных причин, а не только от количества членов семьи, в том числе детей. И хотя банки не учитывают сумму расходов населения на реальное потребление конкретного домохозяйства и долю этих расходов в сумме доходов, данный фактор в значительной степени будет определять возможность граждан выплачивать ипотечные платежи.

Указанные причины являются субъективными и зависят от предпочтений, отношений к риску кредитной нагрузки, платежной дисциплины и других личных характеристик граждан.

Многие вопросы, связанные с доступностью, зависят от усилий государства по регулированию доходов граждан (установление минимального размера оплаты труда (МРОТ), оптимизация налоговой нагрузки), а также внедрению государственных программ поддержки граждан по приобретению жилья. Сюда можно отнести программы поддержки молодым семьям, программу военной ипотеки, использования материнского капитала для приобретения жилья и прочее.

В связи с этим можно предложить следующую схему факторов, влияющих на доступность жилья в России (рисунок).

В схеме, представленной на рис. 1, к объективным отнесены факторы, которые зависят от макроэкономической ситуации, ситуации на рынке недвижимости и на которые не могут повлиять домохозяйства. К субъективным отнесены факторы, которые зависят от самих домохозяйств или могут быть ими изменены.

В основном все факторы находятся в зависимости между собой, образуя сложные взаимосвязи. Изменение одного параметра не влечет за собой пропорциональное изменение доступности жилья, так как факторы оказывают комплексное воздействие.

В регионе, где стоимость жилья в основном определяется затратами на строительство, доступность жилья напрямую зависит от уровня жизни населения (от доходов, сбережений и т.д.) [8]. Повышение уровня доходов населения должно, согласно формуле расчета индикатора, привести к повышению доступности жилья. Однако, увеличение доходов одновременно приводит к росту спроса на недвижимость, что в условиях ограниченного предложения становится причиной роста цен на недвижимость. Следовательно, доступность жилья практически не изменяется.

Иванова Т. А. выявила существование ценовых и территориальных диспропорций в развитии рынка жилищных инвестиций и рынка жилья. Автор указала, что более высокий уровень доступности жилья в регионах РФ соответствует большему значению ввода жилья в этих регионах [9].

Зависимость спроса на ипотечные кредиты от уровня доходов населения говорит о том, что приобретение квартир могло стать результатом спекулятивного спроса. В первую очередь это касается квартир с наименьшей площадью, что делает данный сегмент менее доступным для семей с небольшими доходами, нуждающихся в увеличении жилплощади [8].

Развитие ипотеки и, как следствие, рост цен на недвижимость являются сильным стимулом для притока капитала в строительный сектор. Однако это влияние на уровне предложения становится заметным не сразу, а с течением определенного периода времени. Это обусловлено тем обстоятельством, что жилищное строительство имеет определенный цикл развития и необходимо время (как правило, 3–4 года) от принятия решения инвестирования до сдачи дома в эксплуатацию [10].

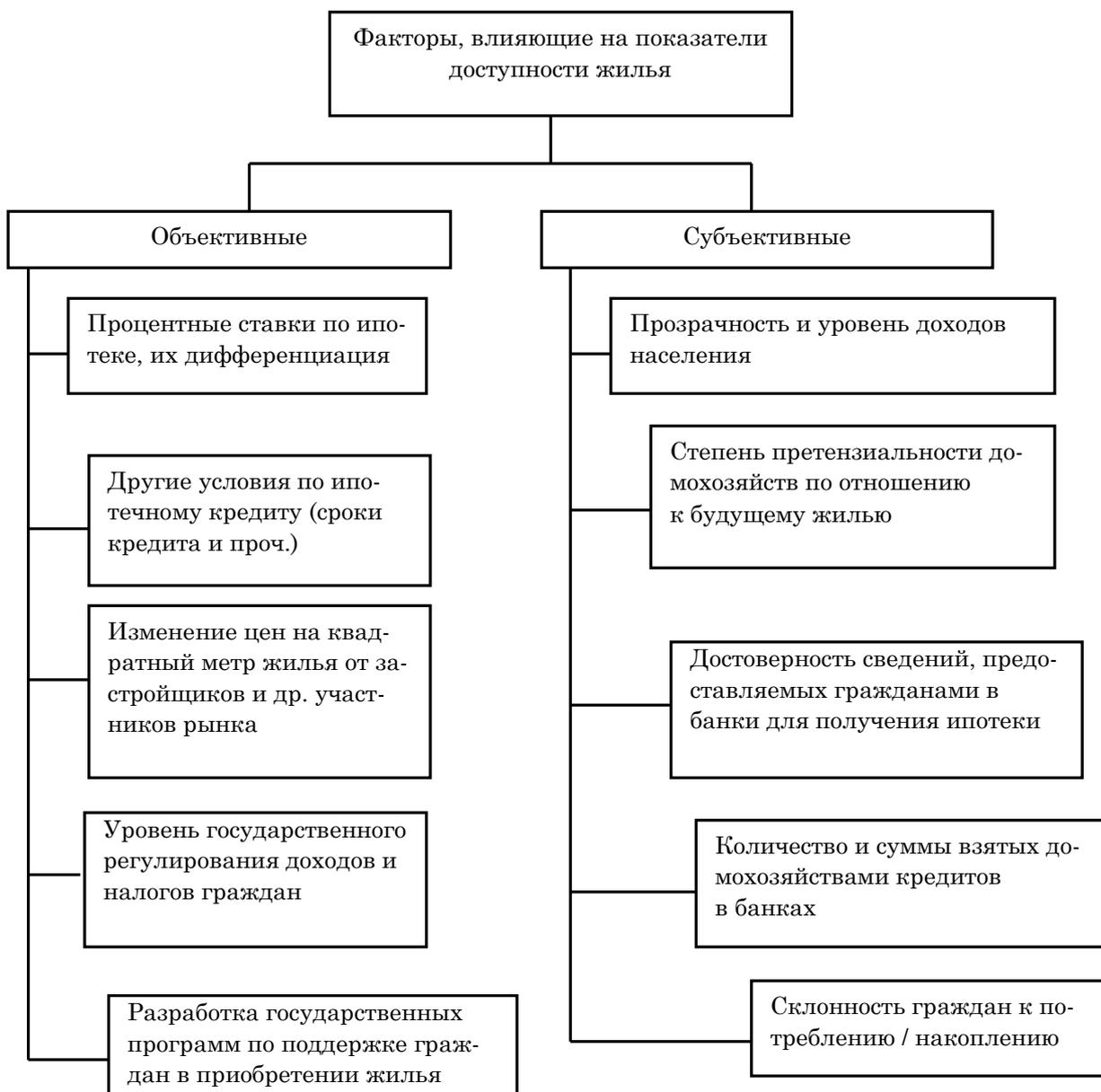


Рис. 1. Субъективные и объективные факторы, влияющие на показатели доступности жилья (составлено авторами)

Таким образом, доступность жилья – многогранный показатель, зависящий от множества субъективных и объективных факторов. Влияние некоторых факторов носит опосредованный и отложенный характер. Изменение только одного из факторов не может привести к положительному результату. Только с помощью доступной ипотеки проблему повышения доступности жилья решить не удастся, так как на доступность жилья оказывает воздействие и фактор наличия предложения на рынке жилья. Повышение доступности жилья требует увеличения объемов жилищного строительства, которое должно формировать соответствующее предложение жилья вслед за ростом платежеспособного спроса при увеличении реальных доходов населения, развития ипотечного кредитования и снижения стоимости 1 кв. м.

Заключение.

В результате анализа факторов, определяющих цены на жилье, проведено их разделение на две группы: объективные и субъективные. Показано, что влияние выявленных факторов необходимо рассматривать комплексно, что обусловлено их взаимосвязью.

Показано влияние различных факторов на формирование стоимости жилья в различных категориях. Рекомендовано разделение понятий «доступное жилье» и «доступное комфортное жилье». Предложено при расчете критериев доступности жилья брать в расчет среднюю цену за наиболее экономичные варианты новостроек.

Установлено, что многие вопросы, связанные с доступностью, зависят от политики государства по регулированию доходов граждан (установление минимального размера оплаты труда, оптимизация налоговой нагрузки), а также внедрению государственных программ поддержки граждан по приобретению жилья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Палий, В. М.** Проблема трактовки понятий «доступности жилья» / В. М. Палий // Вопросы экономики. – 2011. – № 26(458). – С. 70-74.
2. **Дворниченко, Т. С.** Доступность качественного и комфортного жилья в России, направления совершенствования / Т. С. Дворниченко // Образование. Наука. Производство: сборник материалов X Международного молодежного форума с международным участием. – 2018. – С. 568-571.
3. **Петухов, Н. А.** Реальная доступность жилья в Российских регионах // Друкеровский вестник. – 2020. – № 5 – С. 200-211.
4. **Рабцевич, О. В.** Доступность жилья в регионах России: анализ и интегральная оценка / О. В. Рабцевич, А. А. Уварова // Экономика строительства и природопользования. – 2020. – № 4(77). – С. 39-49.
5. **Пивоварова, Г. Б.** Доступность жилья в современных реалиях развития первичного рынка жилой недвижимости / Г. Б. Пивоварова, Т. В. Третьяченко // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2020. – № 1(69). – С. 167-175.
6. **Косарева, Н. Б.** Доступность жилья в России и за рубежом / Н. Б. Косарева, Т. Д. Полиди // Вопросы экономики. – 2019. – № 7. – С. 29-51.
7. **Клочкова, Е. Н.** Рынок жилой недвижимости: тенденции и перспективы / Е. Н. Клочкова, М. А. Толстякова // Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова. 2019. – № 3. – С. 24-33.
8. **Масик, С. А.** Анализ факторов, определяющих доступность жилья / С. А. Масик // Научный аспект. – 2012. – № 4. – С. 19-23.
9. **Иванова, Т. А.** Ипотечное кредитование как способ повышения доступности жилья в России / Т. А. Иванова // Вестник Российского университета кооперации. – 2021. – № 1(43). – С. 68-71.
10. **Белоусов, А. Л.** Развитие ипотечного кредитования и вопросы методологии определения доступности жилья / А. Л. Белоусов // Актуальные проблемы экономики и права. – 2019. – Т. 13. – № 1. – С. 935-947.

Поступила в редакцию 20 октября 2021

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING HOUSING AFFORDABILITY IN RUSSIA

E. E. Timofeeva, Yu. E. Ostryakova

Timofeeva Elena Evgenievna, Cand. Sc. (Econ.), Associate Professor, Department of Organization of Production and Urban Economy, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia, tel.: 89605017621; e-mail: eltimof@mail.ru
Ostryakova Yulia Evgenievna, Cand. Sc. (Econ.), Associate Professor, Department of Production Organization and Urban Economy, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia, tel.: 89038882114; e-mail: ostryakova@list.ru

Housing affordability is a very multifaceted concept that reflects the socio-economic processes in society, which take into account the expectations of the population and its income. We carried out analysis of the factors determining the pricing policy in the real estate sector. All identified factors are divided into two groups: objective and subjective. The group of objective factors included those ones that depend on the macroeconomic situation, the situation in the real estate market and which cannot be influenced by households. Subjective factors include the ones that depend on the households or can be changed by them. We show that the influence of the identified factors must be considered comprehensively, which is due to their interrelation and disproportionate interdependence. On the example of price monitoring for the city of Ivanovo (Russia), we demonstrate a significant variation in prices in the segment of housing estate, both economy and business class. We give some examples of the analysis of various factors influence on the formation of cost of housing estate in various categories. We offer differentiation of the concepts of *affordable housing estate* and *affordable comfortable housing*. In particular, when calculating the criteria for housing affordability (regardless of the calculation method), the average price for the most economical options for new buildings should be taken into account. As well we offer substantiation of the importance of state participation in the formation of affordable housing estate both by regulating the income of citizens and by introduction of state programs to support citizens in home buying.

Keywords: affordable housing; mortgage; cost of housing; factors of affordability.

REFERENCES

1. **Paliy V. M.** *The problem of interpretation of the concepts of housing affordability*. Economic issues. 2011. No. 26(458) Pp. 70-74. (in Russian)
2. **Dvornichenko T. S.** *Availability of high-quality and comfortable housing in Russia, directions of improvement collection*. Education. The science. Production. Materials of the X International Youth Forum with International Participation. 2018. Pp. 568-571. (in Russian)
3. **Petukhov N. A.** *Real housing affordability in Russian regions*. Druker's Newsletter. 2020. No. 5. Pp. 200-211. (in Russian)
4. **Rabtsevich O. V., Uvarova A. A.** *Housing affordability in the regions of Russia: analysis and integral evaluation*. Economics of construction and Environmental Management. 2020. No. 4(77). Pp. 39-49. (in Russian)
5. **Pivovarova G. B., Tretyachenko T. V.** *Housing affordability in the modern realities of the development of the primary residential real estate market*. Bulletin of the Rostov State University of Economics (RINH). 2020. No. 1(69). Pp. 167-175. (in Russian)
6. **Kosareva N.B., Polidi T. D.** *Housing affordability in Russia and abroad*. Questions of Economics. 2019. No. 7. Pp. 29-51. (in Russian)
7. **Klochkova E. N., Tolstyakova M. A.** *Residential real estate market: trends and prospects*. Plekhanov Russian University of Economics. 2019. No. 3. Pp. 24-33. (in Russian)
8. **Masik S. A.** *Analysis of factors determining housing affordability*. Scientific aspect 2012. No. 4. Pp. 19-23. (in Russian)
9. **Ivanova T. A.** *Mortgage lending as a way to increase housing affordability in Russia*. Bulletin of the Russian University of Cooperation. 2021. No. 1(43). Pp. 68-71. (in Russian)
10. **Belousov A. L.** *Development of mortgage lending and issues of methodology for determining housing affordability*. Actual problems of economics and law. 2019. Vol. 13. No. 1. Pp. 935-947. (in Russian)

Received 20 October 2021

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Тимофеева, Е. Е. Анализ факторов, влияющих на доступность жилья в России / Е. Е. Тимофеева, Ю. Е. Острякова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 103-111. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.011.

FOR CITATION:

Timofeeva E. E., Ostryakova Yu. E. *Analysis of factors affecting housing affordability in Russia.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 103-111. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.011. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.012

УДК 332.834

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ПРИ ПРОЕКТНОМ ФИНАНСИРОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭСКРОУ-СЧЕТОВ

Е. Н. Карпушко, А. А. Тимников

Карпушко Елена Николаевна, канд. экон. наук, доцент, институт архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(8442)97-45-13; e-mail: hhelena@mail.ru

Тимников Алексей Алексеевич, магистрант, институт архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(8442)974513; e-mail: timnikov89@rambler.ru

Проведен анализ текущей ситуации на первичном рынке жилой недвижимости в рамках перехода на новые условия финансирования жилищного строительства. Выявлены преимущества внедрения проектного финансирования, а также проблемы, ограничивающие его эффективность на основе основных тенденций и направлений применения проектного финансирования в России в строительстве, при реализации инфраструктурных проектов и в деятельности институтов развития по привлечению в систему проектного финансирования частных инвестиций. Показаны принципы построения схемы для строительного проекта, реализующейся с проектным финансированием по заранее составленной модели, где применены эскроу-счета. Предложен метод оценки земельного участка при проектном финансировании с использованием эскроу-счетов. Для оценки инвестиционной стоимости земли, то есть стоимости, при которой доход от приобретения земельного участка соответствует норме интереса, установленной инвестором, или стоимости, удовлетворяющей требования инвестора к доходности конкретного проекта, рекомендовано использовать три денежных потока, а именно денежный поток от инвестиционной деятельности, финансовой деятельности и поток на собственный капитал проекта. Проведен анализ опыта иностранных государств в вопросе формирования стоимости земли в черте города и влияющих на неё факторов. Показаны преимущества оценки земельного участка при проектном финансировании с использованием эскроу-счетов: удобство, гарантии; прозрачность и поддержка.

Ключевые слова: оценка; земельный участок; проект; финансирование; эскроу-счета; рынок; инвестиции.

Анализ текущей ситуации на первичном рынке жилой недвижимости в рамках перехода на новые условия финансирования жилищного строительства показал необходимость разработки системы развития первичного рынка жилой недвижимости [1]. Сегодня экономическая модель эволюционирует благодаря жилищному строительству. Отрасль причислена к ключевым механизмам, рост которых позитивно сказывается на производстве в смежных индустриях.

Активность строительства позволяет выпускать и продавать большие объемы товаров таких категорий:

- ✓ материалы строительно-отделочного предназначения;
- ✓ группа потребительских товаров;
- ✓ продукция, являющаяся основой быта, интерьерного обустройства, техника для дома.

Проектное финансирование является эффективным инструментом финансового обеспечения устойчивого экономического роста, что подтверждено как зарубежной, так и российской практикой последних лет. На основе анализа основных тенденций и направлений

применения проектного финансирования в России в строительстве, при реализации инфраструктурных проектов и в деятельности институтов развития по привлечению в систему проектного финансирования частных инвестиций были выявлены преимущества его внедрения, а также проблемы, ограничивающие его эффективность [2].

Покажем принципы построения схемы для строительного проекта, реализующейся с проектным финансированием по заранее составленной модели, где применены эскроу-счета:

- ✓ проект субсидируется после того, как по запросу застройщика средства выделяет банк, правомочный открывать счета эскроу;
- ✓ старт работ на строительстве требует от застройщика вложения собственного капитала, но с определенной даты банк перечисляет финансирование как кредитор; кредитор;
- ✓ застройщику требуется обосновать разрешительным документом факт начавшегося строительства, и только затем предлагать потенциальным покупателям строящееся жилье;
- ✓ на банк ложится обязанность обеспечить застройщика займами, пока объект не передается эксплуатанту;
- ✓ застройщик может требовать кредит по более низкой процентной ставке, если по эскроу-счетам средства накоплены в объеме, превосходящем кредит;
- ✓ признание строительства законченным позволяет начать использовать средства с эскроу-счетов, откуда через банк происходит списание кредитованных средств и причитающихся процентов, тогда как размером остатка в полном объеме распоряжается застройщик.

Принимая во внимание методику оценки земельных участков, нужно понимать, что расчеты в подобном случае выполнены аналитическим методом, через процедуру дисконтирования денежных потоков. Такой способ интересен универсальностью, из-за чего учитывается свойство финансовых потоков проявлять нестабильность в сфере строительной деятельности, инфраструктурного обустройства и эксплуатации объекта, чтобы достигнуть эффективности использования на максимальном уровне.

Земля, рыночная стоимость которой находится под вопросом, оценивается через сравнительный подход, когда аналитик производит с продажами такие операции как распределение, выделение и сравнение. Информативен и подход доходный, для чего методом капитализации оценивается земельная рента, начисление проводится методом остатка для земли и предполагаемого использования. В настоящем случае по земельному участку стоимость определена методом предполагаемого использования.

Данный подход ложится в основу расчетов стоимости земельного участка, для чего все прогнозируемые в перспективе будущие доходы подлежат пересчету из-за того, что на данный момент их стоимость требует уточнения. Покупка участка инвестором подразумевает, что земля на законных правах будет застраиваться, не отклоняясь от формата использования, определенного, как наилучший вариант, что и принесет инвестору доход, когда объект будет эксплуатировать сам субъект, покупатель объекта или арендатор.

Суть метода состоит в том, что он акцентируется на задаче – оценить, как можно точнее будущие доходы и расходы, возникающие из-за строительных работ и эксплуатации объекта. При этом здесь суммируются расходы и доходы будущих периодов, если величины приняты как оправданные, а инвестор резюмировал ожидания по отдаче, прогнозируемые от вложений капитала. Требование формулируется с учетом того, насколько неоднозначные риски возникают из-за отличия недвижимых объектов по типологии, расположения на местности, динамикой и ситуации рынка разных масштабов.

Правовое поле РФ расширило гражданско-правовые отношения с принятием договора счета эскроу. Этап освоения такого инструмента, без сомнения, сегодня новый, но законо-

датель начал намечать контур данного института в нормах ГК РФ. Однако пока формирование происходит неспешно и не согласовано с реалиями, из-за чего и теоретики, и практики акцентируют на проблемном характере применения [3].

Землю, инвестиционная стоимость которой не известна, нужно оценить методом предполагаемого использования, если инвестор, приобретая земельный участок, не видит отклонений от нормы интереса, а также в случае, если стоимость не противоречит ожиданиям инвестирующей стороны о том, насколько проект окажется доходным. Между инвестиционной и рыночной стоимостью отличий не возникает, если инвестор прогнозирует получить доход, опираясь сугубо на оценку проекта в рыночных показателях.

В результате, полученная рыночная стоимость справедлива только при реализации конкретного проекта, учитывающего действующее разрешение на строительство земельного участка, конкретные технико-экономические параметры и объемно-планировочные решения объекта строительства.

Среди различных методов расчета для определения ставки дисконтирования остановимся на кумулятивном построении. Особенностью способа является то, что ставку, являющуюся начальной (безрисковой), нужно поднять из-за рисков, угрожающих применительно к конкретному недвижимому объекту.

В общем виде формула расчета выглядит так:

$$Y = Y_b + \sum_{i=1}^n dY_i, \quad (1)$$

где Y_b – безрисковая ставка; dY_i – i -я поправка при $1 < i < n$; n – количество премий за риск.

Совокупность множества рисков формирует риск строительства из-за того, что пока строится объект, не исключено, что работы будут выполнены со срывом сроков, проявятся отклонения качества работ ниже должного уровня, в продаже возникнет дефицит материалов. Если в реальности проявляется строительный риск, то застройщик нередко откладывает срок сдачи объекта эксплуатанту, пересматривает проект и сужает его полноту и функциональность, теряет потенциальных покупателей.

Риск неликвидности связан с общей величиной площадей, вводимых в эксплуатацию.

С реализацией риска конкуренции инвестор или застройщик столкнется с тем, что вблизи от сооружаемого объекта конкуренты начнут работы по сооружению аналогичных. При реализации риска конкуренции возможна частичная потеря потенциальных покупателей площадей возводимых улучшений.

Однако и управление проектом сопровождается рисками из-за того, что работы могут быть сорваны до момента, пока не начнется режим эксплуатации, а Госкомиссия не признает проект соответствующим стандартам.

Ниже перечислены мероприятия, реализация которых входит в продвижение проекта и подготовку площадей к приемо-сдаточному акту:

✓ получение услуги консалтинга, если работа над проектом сопровождается трудностями;

✓ информирование общественности (деловой и потребительской) о скорой готовности проекта через СМИ, размещение рекламы, поиск арендаторов.

Часть рисков входят в категорию прочих, если в прежде раскрытые категории таковые внесены не были, а также нужно учитывать совокупность рисков, лежащих в основе вложения инвестиций в недвижимость и опасность нестабильности деятельности.

Так, рассчитывая для земельного участка стоимость, не следует останавливаться на одной математической модели, чтобы описать поступающие доходы и расходы.

Вопрос о том, каким инструментом моделировать результат инвестиций в недвижимость решается с учетом поставленных при оценке целей, изучения доходных и расходных статей по типу, информированности инвестора.

Для оценки инвестиционной стоимости земли, то есть стоимости, при которой доход от приобретения земельного участка соответствует норме интереса, установленной инвестором, или стоимости, удовлетворяющей требования инвестора к доходности конкретного проекта используются три денежных потока:

Первый поток. Поступает из такого источника, как инвестиционная деятельность и отражает финансы, объем которых предприятие инвестировало в форме долгосрочных активов или затратило (по статье капитальных). Однако обязательно вычитаются средства, источником которых стали проданные активы или капитал, вложение которого происходило в финансовые инструменты или бизнес.

В рассматриваемой модели инвестиционная деятельность формирует исходящий поток из таких источников:

1) продажа прав по договору долевого участия (до ввода многоквартирного дома в эксплуатацию);

2) продажа основных средств (после ввода объекта в эксплуатацию);

3) все затраты по инвестиционно-строительному проекту:

- ✓ строительно-монтажные работы;
- ✓ проектные и изыскательские работы;
- ✓ инженерное обеспечение объекта;
- ✓ инвестиционные обременения (социальные обременения);
- ✓ реклама.

Второй поток. Источником потока является финансовая деятельность в таких формах, как средства, поступающие и выплачиваемые субъекту из-за того, что получен кредит или заем на условиях возврата в короткие сроки. В таком случае организация изыскивает источники внешние, чтобы профинансировать хозяйственную деятельность.

Поступление:

- ✓ привлечение заемных средств;

Списание

- ✓ погашение кредита;
- ✓ выплата процентов;
- ✓ плата за резервирование;
- ✓ иное.

Третий поток. В проекте использован собственный капитал, на который приходится соответствующий поток из-за того, что компания, погасив обязательства по всем платежам, долги перед кредиторами или расходы, позволяющие продолжать и углублять операционную деятельность, самостоятельно может распоряжаться остатком.

При этом общий анализ проекта включает в себя:

Анализ застройщика.

✓ положительная деловая репутация. Количество лет в строительном бизнесе, количество построенных объектов, качество этих сооружений, соответствие поставленным срокам.

✓ количество введенных/строющихся объектов. Лучшим показателем эффективности застройщика являются сданные в эксплуатацию проекты.

✓ наличие информации по застройщику и его проектах – в открытых источниках информации. По итогам, ретроспективной информации по возведенным объектам и текущей ситуации по строящимся проектам, можно сделать вывод о надежности застройщика, его профессиональных качествах и опыте.

Анализ земельного участка.

В рамках данного анализа проводятся маркетинговые исследования с целью определения целесообразности строительства объекта в определенном месте.

Выявляются положительные и отрицательные факторы локального расположения земельного участка:

Предпосылки благоприятствующие:

- ✓ объект территориально тяготеет к центру города;
- ✓ район характеризуется высокой деловой активностью;
- ✓ неподалеку находятся малонаселенные кварталы;
- ✓ доступность для транспорта высокая;
- ✓ станция метрополитена находится в шаговой доступности;
- ✓ территория под объектом статусная;
- ✓ объект причислен к категории городского значения;
- ✓ соседствует с зоной рекреации и стадионом;

Отрицательные факторы:

- ✓ в центре уличное движение перегружено;
- ✓ для автотранспорта доступность объекта ограничена;
- ✓ к объекту прилегают улицы с низким уровнем движения;
- ✓ фасад здания не ориентирован для прямой доступности с главной магистрали;
- ✓ визуально здание не заметно с проезжей части;
- ✓ вокруг объекта раскинулась сети улиц, из-за узости не обладающих высокой пропускной способностью.

Анализ Конкурентного окружения.

Выявляются жилые комплексы, в районе местоположения объекта оценки. Определяются стадия готовности, средняя стоимость, количество непроданных квартир.

Проводится Анализ достаточности обеспечения объектами социальной, транспортной и коммунальной инфраструктуры (школы, детские садики, торговые центры и т.п.).

Анализ документов при проектном финансировании включает в себя:

- 1) правоустанавливающие документы основных участников сделки:
 - ✓ выписки из ЕГРН на объект недвижимости (земельный участок, капитальные строения);
 - ✓ договор долгосрочной аренды;
 - ✓ договор купли продажи земельного участка (при наличии).
- 2) документы по проекту:
 - ✓ исходно-разрешительная документация;
 - ✓ проектная документация;
 - ✓ проектная декларация;
 - ✓ разрешение на строительство.
- 3) бизнес-план и/или финансовая модель по проекту, с указанием:
 - ✓ цен реализации и графика продаж помещений;
 - ✓ бюджета финансирования проекта;
 - ✓ фактических вложений;
 - ✓ размера собственного участия.

Кредитная организация проводит комплексный анализ представленной документации, касающейся правоустанавливающих документов, технической и финансовой стороны проекта.

До появления механизма счетов эскроу застройщики плавно повышали цены в зависимости от стадии строительства объекта. Теперь же ситуация поменялась, и уже наблюдается тенденция, при которой девелоперы уже на начальном этапе устанавливают цены выше, чем на аналогичных объектах без использования счетов эскроу, постепенно повышая их в зависимости от стадии готовности проекта. Объясняется это тем, что рентабельность в нынешних реалиях будет ниже ввиду затрат по кредиту. В связи с этим застройщики вынуждены повышать средние цены на квартиры [4].

Существующие на сегодняшний день эскроу-отношения проявляют характер трехсторонних: должник, за которым закреплено основное обязательство, подтверждает намерение исполнить таковое передачей средств, принимать которые будет не контрагент, но некое

третье лицо (эскроу-агент). Средства передаются кредитору не ранее момента, когда реализуются оговоренные договором обстоятельства. Все три стороны участвуют в оформлении договора, и каждая получает по экземпляру. Счет эскроу развивался в рамках англо-саксонской правовой системы, а в России система права его распространения ДО недавнего времени не поддерживалась [5].

Алгоритм для сторон, подписывающих договор через эскроу-счета, является универсальным из-за того, что каждый участник уверен в сделке и результатах работы другой стороны. Даже факт несостоявшейся сделки подразумевает для должника выгоду из-за возврата средств, часть которых кредитор должен получить, но перечисление не состоялось.

Однозначно, что гражданско-правовые отношения в российских реалиях ранее не проводились с договором эскроу из-за отсутствия такого института. Но сегодня важно продолжить совершенствовать и дорабатывать механизм, чтобы исключить риски для предпринимателей, реализующих строительные проекты. Договор эскроу еще не опирается на развитое правовое регулирование, но становление этого института является своевременным и жизненно необходимым, чтобы дольщики не рисковали правами, вступая в договорные отношения, как заказчики строящейся подрядчиком недвижимости [6].

Рассматривая особенности оценки земельного участка нельзя не упомянуть, что России нужно сфокусироваться на наработках иностранных государств в вопросе формирования в черте города стоимости земли и соответствующих факторах. Причина, по мнению авторов, в том, что страна начинает признавать значимость агломераций из-за выхода на новую ступень пространственного развития.

Акцент исследователей S.L. Handy и D.A. Niemeier поставлен на том, как провести для городских районов замеры критерия доступности [7]. При этом J.G. Kowalski, C.C. Paraskevopoulos аналитически подошли к тому, как территория, отводимая под промышленный объект, изменяет стоимость в зависимости от привязки к некоторой местности [8].

Монография М.А. Boyle и К.А. Kiel знакомит с аналитическим обзором того, как окружающая среда способна изменить стоимость земли, если ориентироваться на важнейшие параметры: свежий воздух, чистая вода для питья, отсутствие токсичных загрязнителей или их потенциальных источников вблизи от объекта [9].

В иностранных монографиях обработаны большие массивы статистических данных, что позволяет действительно усреднить представление о цене недвижимого объекта и земельного участка [10].

Правовые акты являются регулятором деятельности сторон, оформивших договорные отношения через эскроу-счета. За рубежом данной практике уже свыше 100 лет. При этом данный институт глубоко изучен ввиду многолетнего применения феномена стабильности в финансовом секторе, в экономике и политике зарубежных государств. Однако Россия пока сталкивается с проблемами исполнения таких договоров. Нельзя забывать о том, что несопоставимы открытый застройщиком счет и эскроу-счет. За открытие последнего отвечает банк, если его клиентом становится покупатель недвижимости, и если застройщик уже пользуется в данной банковской организации расчетным счетом.

Покупатель не ограничен в подписании договора по счету эскроу с момента, когда признает, что вступил в договорные отношения с застройщиком и стал на долях участвовать в строительстве. Но до даты, пока Росреестр не проведет регистрацию застройщика, банк не открывает его счета дольщику для зачисления средств. Заключая договорные отношения по счету эскроу, важно внести основания для покупателя передать финансы застройщику, а также комиссию и длительность пребывания на счете эскроу хранящихся средств. Когда застройщик успел в срок и исполнил оговоренные в договоре условия, не нарушив прав участников долевого строительства, то по решению банка на расчетный счет, открытый застройщиком, поступит перевод средств. Однако срыв договора ведет к тому, что неминуемо произойдет возврат финансов на счет дольщика.

В США разработано обширное законодательство по вопросам счёта эскроу. Однако и это не позволило избежать трудностей с тем, что такие сделки из трехсторонних перерастают в многосторонние. Граждане получают услугу кредитования в сложнейшем механизме, побуждающем к переплате по сравнению с обычной сделкой купли-продажи. Так, владельцу счёта эскроу приходится выплатить средства всем участникам сделки, но по закону оплату правомерно требовать только брокеру, если его деятельность в сфере недвижимости лицензирована.

2019 г. стал точкой отсчета для вступающих в действие расчетов со счетами эскроу из-за обновления схемы. От нормы не смогут уклониться лица, оформляющие договорные отношения об участии в строительстве на правах дольщика. Для таких сторон как застройщик недвижимого объекта и покупателя обязательно при заключении договора третьего лица: через банк оформляется договорной документ о счете эскроу. Роль эскроу-агента предоставлена банку, независимость которого как третьего лица из-за отсутствия интереса гарантирует исполнение сделки. Банк открывает дольщику счет эскроу, на который последний перечисляет средства, хранение которых оговорено сдачей дома согласно проектной документации конкретной датой с переводом объекта в режим эксплуатации. Риски банкротства застройщика страхует банк, который оформит возврат средств, которые покупатель перечислил за еще только сооружаемое жилье.

Но не тождественными являются открытый застройщику специальный счет и соответственно эскроу-счет. Банковская организация, открывая последний, привязывает его к покупателю. Законно оформить открытие эскроу, если застройщик получил одобрение от данного банка на специальный расчетный счет. В момент, когда строительство завершено, а все обязательства сторон выполнены, и дольщики не имеют претензий к застройщику, Банк проведет транзакцию средств, накопившихся на эскроу-счете в пользу застройщика, на реквизиты его специального расчетного счета. ЦБ РФ утвердил несколько банков, имеющих право на открытие счетов эскроу. При этом застройщик, сдавший дом в эксплуатацию и выполнивший сроки проектов, имеет право требовать, чтобы хранение денег на счете эскроу продолжалось не более 6 месяцев.

Преимущества оценки земельного участка при проектном финансировании с использованием эскроу-счетов очевидны:

- 1) удобство – открытие счета эскроу без визита в банк.
- 2) гарантии – аккредитив в связке со счётом эскроу.
- 3) прозрачность – предоставляется вся информация по счетам эскроу.
- 4) поддержка – горячая линия для клиентов по счетам эскроу.

В случае работы через счета эскроу, все расчеты должны проводиться только через эти счета, поэтому застройщик не может проводить расчёты с подрядчиками или за земельный участок квартирами.

Сейчас рынок находится на начальном этапе работы по новым правилам, ведь новая схема зачастую впервые используется и банками, и застройщиками. Также не опытни и покупатели, а эксперты не готовы дать серьезных и обоснованных выводов. Примечательно, что застройщики новостроек не усложнили и не редактировали процедуру покупки жилья. Покупатели столкнулись только с тем, что их обязанностью стало открытие счета и ограничение по выбору банков, чтобы не нарушить перечень ЦБ РФ и определиться с одной банковской организацией с застройщиком. Окончательная трансформация счета в эскроу наступит тогда, когда строительная организация и покупатель жилья после подписания договора о долевом участии (ДДУ) дождутся внесения сделки в государственный реестр. Договор при оформлении требует несколько больше усилий по согласованию, из-за чего затягивается время. Проблема актуальна для покупателей, собственными средствами которых в объеме 100 % оплачивается приобретаемая недвижимость. Даже на таких условиях дополнительного визита в банк не избежать. Вместе с тем, приобретение жилья через ипотеку

на порядке сделки не скажется. Справедливо и то, что кредитовать в ипотечных целях клиентов согласны банки, вкладывающие средства в строящийся объект, из-за чего механизм реализуется в пространстве только одного-единственного банкира. Учитывая, что сделку оформлять дольше, но процедура удлиняется несущественно, то данный недостаток с запасом перекрывает безусловно прозрачный алгоритм сделки, равно как и наличие банка, являющегося мощным дополнительным гарантом.

Заключение.

Проанализирован существующий опыт в вопросе формирования стоимости земли в черте города с учетом различных факторов. Выявлены преимущества оценки земельного участка при проектном финансировании с использованием эскроу-счетов. Их введение позволяет оптимизировать издержки проектного финансирования, способствует защите прав граждан, увеличит их доверие к системе участия в долевом строительстве

Определены основные направления совершенствования системы использования эскроу-счетов. Наиболее приоритетными из них являются: пересмотр порядка определения суммы, возмещаемой участнику долевого строительства в случае банкротства банка; разработка системы индексации денежных сумм, депонированных на счете-эскроу; внесение поправок в соответствующие законодательные акты, согласно которым будет разрешено частичное раскрытие эскроу-счетов, что позволит оптимизировать издержки проектного финансирования, и обеспечит приток денежных средств населения в строительный жилищный сектор экономики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Пухова, В. В.** Система развития первичного рынка жилой недвижимости в условиях проектного финансирования / В. В. Пухова // Известия БГУ. – 2021. – № 1. – С. 90-97.
2. **Терновская, Е. П.** Проектное финансирование как перспективный инструмент финансовой поддержки экономического роста / Е. П. Терновская // Теория и практика общественного развития. – 2021. – № 7(161). – С. 73-82.
3. **Кувшинова, В. С.** Новеллы в ГК РФ: договор счета эскроу и договор эскроу / В. С. Кувшинова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 1-3. – С. 111-114.
4. **Пантюков, И. А.** Исследование проблем проектного финансирования строительства жилой недвижимости с использованием механизма счетов эскроу / И. А. Пантюков, В. А. Опекунов // Вестник ГУУ. – 2021. – № 5. – С. 176-182.
5. **Дубнова, Д. К.** Субъектный состав договора счета эскроу / Д. К. Дубнова // Вестник СГЮА. – 2017. – № 5(118). – С. 152-156.
6. **Квициния, Н.В.** Перспективы развития договора эскроу в России / Н.В. Квициния // Legal Concept. – 2020. – №1. – С. 51-59.
7. **Handy S. L.** Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives / S. L. Handy, D. A. Niemeier // Environment and Planning A. – 1997. – Vol. 29(7) – Pp. 1175-1194.
8. **Kowalski, J. G.** The impact of location on urban industrial land prices / J. G. Kowalski, C. C. Paraskevopoulos // Journal of Urban Economics. – 1990. – Vol. 27(1). – Pp. 16-24.
9. **Boyle, M. A.** A Survey of House Price Hedonic Studies of the Impact of Environmental Externalities / M. A Boyle, K. A. Kiel // Journal of Real Estate Literature. – 2001. – Vol. 9(2). – Pp. 117-144.
10. **Davis, M. A.** The price of residential land in large US cities / M. A. Davis, M. G. Palumbo // Journal of Urban Economics. – 2008. – Vol. 63(1). – Pp. 352-384.

Поступила в редакцию 29 октября 2021

FEATURES OF LAND VALUATION IN PROJECT FINANCING USING ESCROW ACCOUNTS

E. N. Karpushko, A. A. Timnikov

Karpushko Elena Nikolaevna, Cand. Sc. (Econ.), Associate Professor, Institute of Architecture and Civil Engineering, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, phone: +7(8442) 97 45 13; e-mail: hhelena@mail.ru
Timnikov Aleksey Alekseevich, Master student, Institute of Architecture and Civil Engineering, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, phone: +7(8442) 974513; e-mail: timnikov89@rambler.ru

We carried out the analysis of the current situation in the primary residential real estate market as part of the transition to new conditions for financing housing construction. We identified the advantages of introducing project financing, as well as problems limiting its effectiveness on the basis of the identified main trends and areas of application of project financing in Russia in construction, when implementing infrastructure projects and in the activities of development institutions to attract private investment into the project financing system. We show the principles of constructing a scheme for a construction project, implemented with project financing according to a pre-compiled model, where escrow accounts are used. A method for assessing a land plot for project financing using escrow accounts of the intended use is proposed. To assess the investment value of land, that is the value at which the income from the acquisition of a land plot corresponds to the rate of interest set by the investor, or the value that meets the investor's requirements for the profitability of a particular project, it is recommended to use three cash flows, namely, cash flow from investment activities, financial activities and the flow on equity capital of the project. We analyzed the development of foreign countries in the context of cost formation of land within the city and relevant factors influencing this cost. The advantages of assessing a land plot with project financing using escrow accounts have also been revealed: convenience, guarantees, transparency and support.

Keywords: valuation; land plot; project; financing; escrow accounts; market; investments.

REFERENCES

1. **Pukhova V. V.** *The system of development of the primary market for residential real estate in terms of project financing.* Bulletin of BSU. 2021. No. 1. Pp. 90-97. (in Russian).
2. **Ternovskaya E. P.** *Project financing as a promising instrument of financial support for economic growth.* Theory and practice of social development. 2021. No. 7(161). Pp. 73-82. (in Russian).
3. **Kuvshinova V. S.** *Novels in the Civil Code of the Russian Federation: an escrow account agreement and an escrow agreement.* International Journal of the Humanities and Natural Sciences. 2021. No. 1-3. Pp. 111-114. (in Russian).
4. **Pantuykov I. A., Opekunov V. A.** *Investigation of the problems of project financing for the construction of residential real estate using the mechanism of escrow accounts.* Newsletter of GUU. 2021. No. 5. Pp. 176-182 (in Russian).
5. **Dubnova D. K.** *Subject composition of the escrow account agreement.* Bulletin of the SGLA. 2017. No. 5(118). Pp. 152-156. (in Russian).
6. **Kvitsinia N. V.** *Prospects for the development of an escrow agreement in Russia.* Legal Concept. 2020. No. 1. Pp. 51-59. (in Russian).
7. **Handy S. L., Niemeier D. A.** *Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives.* Environment and Planning A. 1997. Vol. 29(7). Pp. 1175-1194.
8. **Kowalski J. G., Paraskevopoulos C. C.** *The impact of location on urban industrial land prices.* Journal of Urban Economics. 1990. Vol. 27(1). Pp. 16-24.
9. **Boyle M. A., Kiel K. A.** *A Survey of House Price Hedonic Studies of the Impact of Environmental Externalities.* Journal of Real Estate Literature. 2001. Vol. 9(2). Pp. 117-144.

10. **Davis M. A., Palumbo M. G.** *The price of residential land in large US cities*. Journal of Urban Economics. 2008. Vol. 63(1). Pp. 352-384.

Received 29 October 2021

Для цитирования:

Карпушко, Е. Н. Особенности оценки земельного участка при проектном финансировании с использованием эскроу-счетов / Е. Н. Карпушко, А. А. Тимников // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 4(19). – С. 112-121. – DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.012.

FOR CITATION:

Karpushko E. N., Timnikov A. A. *Features of land valuation in project financing using escrow accounts*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 4(19). Pp. 112-121. DOI 10.36622/VSTU.2021.19.4.012. (in Russian)

**ПОЗДРАВЛЕНИЕ С ЮБИЛЕЕМ
КАФЕДРЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА
И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ФГБОУ ВО «ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ИВГПУ 40 ЛЕТ – РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНОЙ
И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Л. А. Опарина

Опарина Людмила Анатольевна, д-р техн. наук, доцент, заведующая кафедрой организации производства и городского хозяйства, ФГБОУВО «Ивановский государственный политехнический университет», Иваново, Российская Федерация, тел.: +7(964)493-39-65; e-mail: L.A.Oparina@gmail.com

В 2021 году кафедре организации производства и городского хозяйства Ивановского государственного политехнического университета исполняется круглая дата – 40 лет. При основании ее назвали кафедрой технологии и организации строительного производства, но уже вскоре, в том же учебном году, она была преобразована в кафедру «Организация и экономика строительства», а с 1 февраля 2014 года кафедру реорганизовали и переименовали в кафедру «Организация производства и городского хозяйства». Первоначальный состав кафедры возглавлял единственный в те времена в институте профессор, к.т.н. Черкасов Борис Петрович (зав. кафедрой), затем Давидовский Николай Николаевич (ветеран ВОВ), д.э.н. Петрухин Александр Борисович, д.т.н. Федосеев Вадим Николаевич, в настоящее время д.т.н. Опарина Людмила Анатольевна. Сейчас здесь работают девять преподавателей: три профессора, три доктора наук (в том числе два члена Петровской академии наук и искусств, один академик Российской инженерной академии), четыре доцента – кандидаты экономических наук, один старший преподаватель. Также на кафедре в должности доцентов работают пять внешних совместителей – представители работодателей.

В 1983 году кафедрой был произведен первый выпуск инженеров - строителей по специальности «Промышленно-гражданское строительство» в количестве 25 человек, а на следующий, 1984 год, выпуск удвоился. До образования в 1981 году Инженерно-строительного института студенты - первые выпускники кафедры обучались на инженерно-строительном факультете Ивановского Энергоинститута.

В 1990 году на кафедре была открыта новая специальность «Экономика и управление на предприятиях» и в этом же году произвели первый набор. Далее специалитет выпусков разделился и появилась новая специальность «Экономика и управление на предприятии (операции с недвижимым имуществом)». В настоящее время кафедра является выпускающей по направлениям бакалавриата: 08.03.01 «Строительство» (профиль «Экспертиза и управление недвижимостью»), 43.03.01 Сервис (профиль «Сервис недвижимости»). Магистратура: 08.04.01 «Ценообразование и управление проектами в строительстве и ЖКХ», 38.04.01 «Экономика недвижимости».

Профессорско-преподавательский состав плодотворно работает в научном, учебно-методическом, воспитательном направлениях, принимает активное участие в жизни вуза, выполняет заказы на научно-исследовательские работы по заявкам Минобрнауки РФ, в рамках хозяйственных работ и грантов, вносит весомый вклад в развитие отечественной науки. Мало кто знает, но ипотека в Ивановском регионе появилась именно благодаря кафедре ОПГХ, когда доценты Петрухин А.Б. и Ларин В.И. организовали Управление жилищной политики и ипотечного кредитования в Администрации города Иваново и стали выдавать первые ипотечные займы, которые в начале 2000-х годов были муниципальными, банковской ипотеки в то время ещё не было.

Это дало начало основанию научных школ кафедры: «Формирование рынка доступного жилья» и «Формирование микро- и макроэкономических условий развития жилищно-строительной сферы» (научный руководитель – д.э.н., профессор Петрухин А.Б.). В рамках школы было защищено пять кандидатских и две докторских диссертации.

Следующий важный этап в развитии кафедры связан с руководством кафедрой профессора Федосеева В.Н., который основал научную школу «Энерго- и ресурсосбережение в жилищно-строительной сфере и ЖКХ». В рамках этой школы было получено несколько патентов, связанных с возобновляемыми источниками энергоресурсов и усовершенствованием работы воздушных тепловых насосов, защищена кандидатская диссертация.

Ещё одна научная школы кафедры «Развитие теории и практики организации жизненного цикла объектов недвижимости» была основана с момента защиты докторской диссертации заведующей кафедрой Опариной Л.А. В настоящее время в рамках этой школы работают пять аспирантов – молодых учёных.

Кафедра активно участвует в разработке госбюджетных, хоздоговорных НИР и грантов, профессорско-преподавательский состав ежегодно принимает участие в международных и всероссийских конференциях, федеральных и муниципальных программ по заказу администрации г. Иванова и Ивановской области. Кафедрой организуются круглые столы, научно-практические семинары. Преподаватели кафедры активно участвуют в вебинарах, программах повышения квалификации, научных семинарах, онлайн-конференциях.

В научную деятельность кафедры вовлечены не только преподаватели, но и студенты, магистранты, аспиранты и соискатели. Ежегодно кафедра активно участвует в студенческих НИРС как в рамках вуза (МНТК «Поиск»), так и России. На кафедре с 2015 года на постоянной основе выходит сборник научных трудов «Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений», зарегистрированный в РИНЦ. В 2021 году выходит 10 юбилейный сборник.

Кафедра сотрудничает с Фондом содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства, участвуют в запуске открытой информационной площадки по энергоэффективному капремонту, которая нацелена на создание в регионах экспертов в этой области, на кафедре создан проектный офис по вопросам энергоэффективного капитального ремонта многоэтажек. Проводятся научно-практические семинары «Проектирование мультикомфортных зданий» в рамках сотрудничества с ООО «Сен-Гобен» г. Москва. Кафедра является партнёром ООО «НПО Консультант», постоянно проводит обучающие семинары и олимпиады для сотрудников, студентов и магистрантов. А с 2020 года началась работа по созданию лаборатории «Цифровые трансформации в управлении предприятиями и ЖКХ», которая позволит внедрить в Ивановском регионе систему цифровой эксплуатации зданий на основе интеллектуального мониторинга данных.

При кафедре организован клуб «Политех Realty», где известные в городе Иваново специалисты рынка недвижимости делятся знаниями со студентами и обмениваются опытом с преподавателями.

Выпускники кафедры имеют возможность трудоустроиться по выбранным профессиям на высокооплачиваемые должности. Это строительные и девелоперские организации, службы земельного кадастра и кадастра городской недвижимости, службы застройщика, комитеты по управлению собственностью, Ростехинвентаризация, управления жилищного и коммунального хозяйства, организации, управляющие недвижимостью (ТСЖ, ЖСК), риэлтерские, оценочные, проектные и сметные организации, инвестиционные фонды и страховые компании. В строительной отрасли и ЖКХ сейчас происходит настоящая кадровая перезагрузка, появляются «Умные дома», активно внедряются цифровые технологии управления строительством и эксплуатацией зданий. Всему этому преподаватели кафедры учат бакалавров, магистров, аспирантов. Такой задел и славная история позволяют кафедре развиваться, уверенно смотреть в будущее, занимать лидирующие позиции в Институте архитектуры, строительства и транспорта Ивановского государственного политехнического университета. Кафедра открыта и готова к сотрудничеству!

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** объемом от 200 до 250 слов, выравнивание по ширине, отступ слева и справа 1 см (шрифт 11 пт, обычный);

✓ **ключевые слова** от 5 до 12 слов, указывающие на принципиально важные объекты и особенности исследования, отделяются друг от друга точкой с запятой, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);

✓ **текст статьи** (в тексте статьи должны быть отражены: актуальность проблемы, оценка степени ее разработанности, цели, задачи и методы решения научной задачи, полученные результаты). В конце статьи обязательно приводится **заключение**.

При оформлении текста статьи следует придерживаться следующих требований:

✓ русские и греческие буквы и индексы, а также цифры, аббревиатуры и стандартные функции (Re, cos и др.) в тексте, формулах, подписях к рисункам и в таблицах набираются прямым шрифтом; латинские буквы – курсивом;

✓ в статье должен быть необходимый минимум формул, которые:

❖ следует набирать шрифтом Times New Roman в редакторе формул MS Equation или MathType;

❖ начинать с красной строки;

❖ располагать по центру и нумеровать арабскими цифрами в скобках у правого края страницы;

❖ ссылки на формулы в тексте – арабскими цифрами в скобках;

✓ рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и добавлены в текст после первого упоминания;

✓ до и после рисунка и таблицы необходимо сделать пробел (шрифт 12 пт);

✓ иллюстрации представляются в редакцию

❖ в виде отдельных файлов (рисунков и фотографий), записанных с расширением .TIFF или .JPEG; линии чертежа – не тоньше 1 пт; иллюстрации, в том числе фотографии, должны иметь хорошую проработку деталей;

❖ подписи к рисункам нумеруются и располагаются под ними, выравнивание текста по центру (шрифт 10 пт, обычный), в конце точка не ставится;

✓ таблицы оформляются следующим образом:

❖ шрифт выбирается автором самостоятельно с учетом возможности качественного чтения текста;

❖ наименования в таблицах даются полностью, без сокращения слов;

❖ номер таблицы располагается отдельно, выравнивание текста по правому краю (шрифт 10 пт, обычный);

❖ название таблицы размещается над таблицей, выравнивание текста по центру (шрифт 11 пт, обычный), в конце точка не ставится;

✓ **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**, составляемый по следующим правилам;

❖ список используемой литературы должен включать не менее 10 источников;

❖ шрифт 12 пт, выравнивание текста по ширине, абзацный отступ 1 см;

❖ в список включаются *только опубликованные работы*, в порядке упоминания в статье; ссылки на них в тексте статьи даются арабскими цифрами в квадратных скобках;

❖ в списке не должно быть нормативных документов (ГОСТ, СП, технических регламентов, правовых актов и т.п. неавторизованных источников) – ссылки на них даются в тексте статьи в развернутом виде или в форме подстраничных сносок;

❖ библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003; включенные в текст статьи или подстраничные библиографические ссылки следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5-2008;

❖ ссылки на интернет-сайты не допускаются; для статей из зарегистрированных *электронных журналов* указываются фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, выходные данные выпуска, адрес сайта журнала и дата обращения к электронному ресурсу;

англоязычная часть:

✓ **название статьи;**

✓ **инициалы, фамилии авторов**, выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);

✓ **сведения об авторах** – последовательно для каждого: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученые звания, должность, название организации (учреждения), города, страны, контактный телефон; e-mail автора; выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);

✓ **аннотация:** перевод, идентичный русскому варианту;

✓ **ключевые слова** (Keywords);

✓ **библиографический список** (REFERENCES).



ISSN 2541-9110



9 772541 911046

21 >

