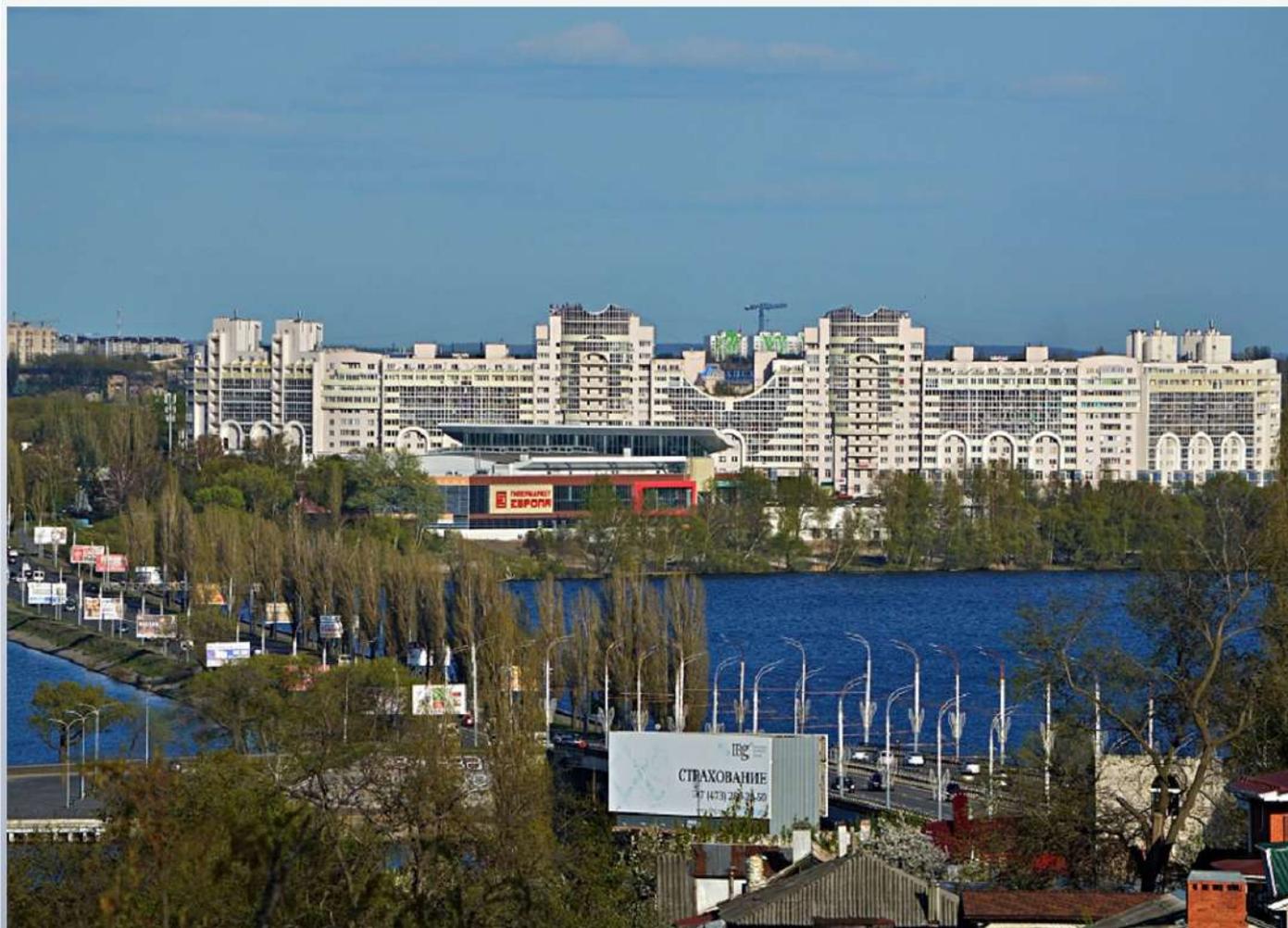


ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 2(25), 2023

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**

№ 2(25), 2023

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

**ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО
и коммунальная инфраструктура**

Адрес редакции:

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





ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

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



Издается с 2017 года

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

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

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

Выходит 4 раза в год

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

Журнал публикует материалы по следующим разделам:

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

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

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

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

Воронеж



ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

Scientific journal

Voronezh State Technical University

**Housing
and Utilities Infrastructure**



The journal has been publishing since 2017

Founder and publisher:

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

Address of the publisher and founder:

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

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

Published 4 times a year

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

Journal publishes materials on the following topics:

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

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

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

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

Individuals can subscribe to it in the online store «Business Press»
<http://www.ural-press.ru/dlya-fizicheskikh-lits/>

Voronezh

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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:* Чудинов В.

Редактор перевода: Козлова В.В.

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

Дата выхода в свет 15.06.2023. Усл. печ. л. 15,1. Формат 60×84/8. Тираж 45 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., Dr. Sc. (Technical), Associate Prof. (Kazan State University of Architecture and Civil Engineering)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Executive Secretary – Mariya Nikolaevna Zherlykina, Cand. Sc. (Technical), Associate Professor of the Department of Housing and Communal Services (Voronezh State Technical University)

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

Cover design: A. V. Yakubenko Cover photo: V. Chudinov

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 15.06.2023. Conventional printed sheets 15,1. Format 60×84/8. Circulation 45 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

<i>Шмелев Г. Д., Жукова А. В., Бурак Е. Э., Сазонов Э. В.</i>	
Анализ методики расчета сроков службы строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений.....	9
<i>Степанов С. Д., Богомолов А. Г.</i>	
Исследование динамических свойств вантового моста в зависимости от жесткостных параметров его несущих элементов.....	19
<i>Семенов А. С., Шмонин Н. Р.</i>	
Организация государственного строительного надзора на объектах жилищного строительства.....	30

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

<i>Саввин Н. Ю.</i>	
Моделирование теплообменного процесса в оригинальном пластинчатом теплообменнике.....	37
<i>Лобанов Д. В., Звенигородский И. И., Новосельцев Б. П., Сафонов С. А.</i>	
Воздухораспределитель для подачи воздуха в зону дыхания человека при использовании системы персональной вентиляции.....	47
<i>Сушко Е. А., Георгиева М. П., Иванова И. А., Каргашилов Д. В.</i>	
Расчётное обоснование времени срабатывания системы автоматического отключения сети газоснабжения жилого дома	56
<i>Сидоренко О. В., Вялкова Е. И., Казанцев М. Е., Шкавро В. С.</i>	
Моделирование очистки талого стока с площадки накопления снега.....	63
<i>Кобелев Е. С., Журавлева И. В., Дедов Д. В.</i>	
Опыт эффективного применения теледиагностики для систем водоотведения ООО «РВК-ВОРОНЕЖ».....	74

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

<i>Золотарева Е. В., Коренькова Е. А.</i>	
Оценка влияния типа пространственных структур городских ландшафтных объектов на устойчивость древесных насаждений.....	83
<i>Кузнецов П. Э., Миронова И. А.</i>	
Формирование архитектурно-градостроительного пространства экопозитивных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов.....	91
<i>Овчинникова П. А., Кононова М. С., Бурак Е. Э.</i>	
Анализ нормативных показателей благоустройства придомовых территорий по федеральным округам России.....	105

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

<i>Ширниех А. А.</i>	
Эффективность использования камеры перемешивания внутри корпуса вертикального осветлительного фильтра.....	116

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

<i>Забара А. В., Кононова М. С.</i>	
Технико-экономическое сравнение вариантов устройства погрузочной зоны в промышленном здании.....	123

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....	129
---	------------

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

<i>Shmelev G. D., Zhukova A. V., Burak E. E., Sazonov E. V.</i>	
Analysis of the methodology for calculating the service life of building structures of operated buildings and structures.....	9
<i>Stepanov S. D., Bogomolov A. G.</i>	
Investigation of the dynamic properties of a cable-stayed bridge depending on the stiffness parameters of its load-bearing elements.....	19
<i>Semenov A. S., Shmonin N. R.</i>	
Organization of state construction supervision at housing construction sites.....	30

ENGINEERING SYSTEMS AND SERVICES

<i>Savvin N. Yu.</i>	
Simulation of the heat exchange process in the original plate heat exchanger.....	37
<i>Lobanov D. V., Zvenigorodsky I. I., Novoseltsev B. P., Safonov S. A.</i>	
Air distributor for supplying air to the person breathing zone when using a personal ventilation system.....	47
<i>Sushko E. A., Georgieva M. P., Ivanova I. A., Kargashilov D. V.</i>	
Calculated substantiation of the activation time of the system of automatic shut-off of the gas supply network in a residential house.....	56
<i>Sidorenko O. V., Vialkova E. I., Kazantsev M. E., Shkavro V. S.</i>	
Modeling the treatment of melt wastewater from the snow accumulation site.....	63
<i>Kobelev E. S., Zhuravleva I. V., Dedov D. V.</i>	
Experience of effective application of a camera sewer inspection system for water drainage systems at RVC-VORONEZH LLC.....	74

URBAN PLANNING. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

<i>Zolotareva E. V., Korenkova E. A.</i>	
Evaluation of the influence of types of spatial structures of urban landscape facilities on tree stability.....	83
<i>Kuznetsov P. E., Mironova I. A.</i>	
Formation of the architectural and urban planning space of ecopositive multifunctional cultural and entertainment complexes.....	91
<i>Ovchinnikova P. A., Kononova M. S., Burak E. E.</i>	
Analysis of the estimated indicators of yard improvement in the federal districts of Russia.....	105

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

<i>Shirniekh A. A.</i>	
Efficiency of using the mixing chamber inside the housing of the vertical clarifying filter	116

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

<i>Zabara A. V., Kononova M. S.</i>	
Technical and economic comparison of options for the loading area in an industrial building	123

WRITING RULES AND GUIDELINES.....	129
--	------------

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

DOI 10.36622/VSTU.2023.29.29.001

УДК 624.07: 001.5

АНАЛИЗ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СРОКОВ СЛУЖБЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Г. Д. Шмелев, А. В. Жукова, Е. Э. Бурак, Э. В. Сазонов

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

Жукова Анна Владимировна, старший преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)254-92-96; e-mail: kav1177@mail.ru

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

Сазонов Эдуард Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-53-21; e-mail: edsazonov36@yandex.ru

В статье проведен анализ методик прогнозирования сроков службы строительных конструкций зданий и сооружений, основанных на применении экспоненциального закона распределения независимой случайной величины. При анализе использованы используемые различными авторами варианты основных расчетных положений, опубликованных в открытой печати, и широко используемых на практике методик расчета и прогнозирования остаточных сроков службы. С использованием конкретных примеров и данных, действующих нормативно-технических документов в области строительства и эксплуатации зданий и сооружений различного назначения, выполнены расчеты с использованием общей модели экспоненциального закона распределения независимой случайной величины. Рассмотрено пять примеров различных зданий с разными нормативными расчетными сроками службы. В примерах рассмотрены жилые и общественные здания разных конструктивных схем с расчетными сроками службы 10, 15, 20 и 25 лет. Кроме того, рассмотрен пример прогнозирования объекта атомной энергетики с расчетным сроком службы 30 лет. Для каждого примера в качестве исходных данных с расчетным сроком службы были использованы показатели поврежденности, соответствующие пяти категориям технического состояния строительных конструкций по СП 13-102-2003: исправное, работоспособное, ограниченно работоспособное, недопустимое и аварийное. Представлен анализ полученных результатов расчетов, проведено сравнение с графиками прогнозных функций «время эксплуатации – поврежденность объекта». Сделаны выводы о применимости методик, основанных на использовании экспоненциального закона распределения независимой случайной величины. На основании полученных расчетных данных и графических материалов сделаны выводы, совпадающие в том числе с работами ведущих специалистов в области надежности сложных технических объектов.

Ключевые слова: строительные конструкции; техническое состояние; прогноз; экспоненциальное распределение; расчетный срок службы.

В последние годы в научной, научно-методической и специальной литературе стало появляться большое количество публикаций, посвященных различным методикам оценки

и прогнозирования остаточных сроков службы строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений [1...6]. При этом следует отметить, что значительная часть таких публикаций основана на модели экспоненциальной зависимости, предложенной в работах [7, 8], опубликованных еще в 1971 и 1983 годах. В соответствии с указанной выше моделью экспоненциальной зависимости, предлагается проводить оценку относительной надежности здания или сооружения по формуле:

$$P = 1 - \varepsilon, \quad (1)$$

где ε – общая оценка поврежденности здания, которую через t лет эксплуатации определяют по формуле:

$$\varepsilon = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

где λ – постоянная развития износа, определяемая в свою очередь по формуле:

$$\lambda = \frac{-\ln P}{t_{\phi}}, \quad (3)$$

где t_{ϕ} – срок эксплуатации сооружения в годах на момент проведения контроля или обследования.

При этом в работе [2], а также в документе «Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам», Москва: ЦНИИПромзданий, 1989. сделано добавление для определения срока эксплуатации конструкций здания до проведения капитального ремонта в годах:

$$t = \frac{0,162}{\lambda}, \quad (4)$$

и срока эксплуатации до наступления аварийного технического состояния в годах:

$$t = \frac{0,5}{\lambda}, \quad (5)$$

которые в дальнейшем используются и другими авторами в своих методиках в том или ином виде, в частности в ряде работ соотношение (5) заменено на соотношение:

$$t = \frac{0,22}{\lambda}. \quad (6)$$

Следует отметить, что в работе [10] при исследовании и анализе различных моделей распределений случайных величин и характеризующих их плотностей распределений и характеристических функций, для экспоненциальной модели сделано следующее замечание: «Экспоненциальный закон хорошо описывает распределение времени безотказной работы объектов при внезапных отказах, распределение времени между соседними отказами и времени восстановления, но для объектов, у которых явно выражены при эксплуатации явления износа и старения, применение экспоненциального закона недопустимо» [9].

Анализ работы строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений показывает, что достижение сроков капитального ремонта, а тем более сроков, при которых конструкции достигают аварийного технического состояния, связано с явно выраженными явлениями износа и старения. На лицо явное противоречие авторских методик, изложенных в работах [1...8] и описанной области применения экспоненциального закона в работе [9].

Рассмотрим, в чем реально может выражаться такое несоответствие на конкретных примерах. В выполняемых далее расчетах учтем определение расчетного срока службы, приведенного в ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения», под которым следует понимать – «установленный в строительных нормах или в задании на проектирование период использования строительного объекта по назначению до капитального ремонта и (или) реконструкции с предусмотренным техническим обслуживанием. Расчетный срок службы отсчитывается от начала эксплуатации объекта или возобновления его эксплуатации после капитального ремонта или реконструкции». При этом продолжительность эффективной эксплуатации зданий с разными кон-

структивными схемами, в соответствии с табл. Г.1 СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения», в зависимости от условий эксплуатации установлена в интервалах: 10...15, 15...20 и 20...25 лет. В том же нормативно-техническом документе в п. 9.4 отмечается, что под сроками эффективной эксплуатации следует понимать сроки проведения капитальных ремонтов жилых и общественных зданий.

Пример 1. Жилой дом со стенами из кирпича и деревянными перекрытиями. Срок службы до капитального ремонта – 10 лет.

Пример 2. Общественное здание со стенами из кирпича, железобетонными перекрытиями, работающее в тяжелых условиях эксплуатации, при повышенной влажности и значительных колебаниях температуры. Срок службы до капитального ремонта – 15 лет.

Пример 3. Жилой дом со стенами из кирпича, железобетонными перекрытиями, работающими в нормальных условиях. Срок службы до капитального ремонта – 20 лет.

Пример 4. Общественное здание с панельными стенами и железобетонными перекрытиями, работающими при постоянно поддерживаемом температурно-влажностном режиме. Срок службы до капитального ремонта – 25 лет.

Пример 5. Объект промышленного назначения на территории АЭС с проектным (расчетным) сроком службы 30 лет.

Для всех вышеперечисленных объектов, характерны выраженные явления износа и старения, появившиеся в процессе эксплуатации. Для каждого из объектов (примеры 1...5) рассмотрим достижение к расчетному сроку службы разных категорий технического состояния и соответственно разных показателей поврежденности по данным табл. 1 из работы «Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам», Москва: ЦНИИПромзданий, 1989.

Категории технического состояния «исправное» соответствует показатель поврежденности – 0; «работоспособное» – 0,5; «ограниченно работоспособное» – 0,15; «недопустимое» – 0,25; «аварийное» – 0,35. Категории технического состояния, взятые для дальнейших расчетов, определены в соответствии с СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений». При показателе поврежденности, равном нулю, объекты могут рассматриваться как работающие в условиях отсутствия износовых отказов и явно выраженных признаков старения.

Результаты расчетов по формулам (1)...(5) представлены в табл. 1...5, где жирным шрифтом выделены прогнозные значения сроков службы, совпадающие со значениями, заложенными в исходных данных, для построения прогноза (расчетный срок службы или срок службы до капитального ремонта).

Таблица 1

Расчеты ключевых параметров и сроков службы для примера 1

Расчетный параметр	Значения расчетных параметров при показателе поврежденности к моменту подготовки капитального ремонта здания по формуле (2)				
	0	0,05	0,15	0,25	0,35
Относительная надежность по (1)	1	0,95	0,85	0,75	0,65
Постоянная износа по (3)	0	0,005	0,016	0,029	0,043
Срок до капитального ремонта по (4), лет	∞	32,4	10,1	5,6	3,8
Срок до аварийного состояния по (5), лет	∞	100,0	31,2	17,2	11,6
Срок до аварийного состояния по (6), лет	∞	44,0	13,75	7,59	5,11

Таблица 2

Расчеты ключевых параметров и сроков службы для примера 2

Расчетный параметр	Значения расчетных параметров при показателе поврежденности к моменту подготовки капитального ремонта здания по формуле (2)				
	0	0,05	0,15	0,25	0,35
Относительная надежность по (1)	1	0,95	0,85	0,75	0,65
Постоянная износа по (3)	0	0,003	0,011	0,019	0,029
Срок до капитального ремонта по (4), лет	∞	54,0	14,73	8,53	5,59
Срок до аварийного состояния по (5), лет	∞	166,67	45,45	26,32	17,24
Срок до аварийного состояния по (6), лет	∞	73,33	20,0	11,58	7,59

Таблица 3

Расчеты ключевых параметров и сроков службы для примера 3

Расчетный параметр	Значения расчетных параметров при показателе поврежденности к моменту подготовки капитального ремонта здания по формуле (2)				
	0	0,05	0,15	0,25	0,35
Относительная надежность по (1)	1	0,95	0,85	0,75	0,65
Постоянная износа по (3)	0	0,002	0,008	0,014	0,022
Срок до капитального ремонта по (4), лет	∞	81,0	20,25	11,57	7,36
Срок до аварийного состояния по (5), лет	∞	250,0	62,5	35,71	22,72
Срок до аварийного состояния по (6), лет	∞	110,0	27,5	15,71	10,0

Таблица 4

Расчеты ключевых параметров и сроков службы для примера 4

Расчетный параметр	Значения расчетных параметров при показателе поврежденности к моменту подготовки капитального ремонта здания по формуле (2)				
	0	0,05	0,15	0,25	0,35
Относительная надежность по (1)	1	0,95	0,85	0,75	0,65
Постоянная износа по (3)	0	0,002	0,0065	0,012	0,017
Срок до капитального ремонта по (4), лет	∞	81,0	24,92	13,5	9,53
Срок до аварийного состояния по (5), лет	∞	250	76,92	41,67	29,41
Срок до аварийного состояния по (6), лет	∞	110,0	33,84	18,33	12,94

Таблица 5

Расчеты ключевых параметров и сроков службы для примера 5

Расчетный параметр	Значения расчетных параметров при показателе поврежденности к моменту подготовки капитального ремонта здания по формуле (2)				
	0	0,05	0,15	0,25	0,35
Относительная надежность по (1)	1	0,95	0,85	0,75	0,65
Постоянная износа по (3)	0	0,0017	0,0054	0,0096	0,014
Срок до капитального ремонта по (4), лет	∞	92,29	30	16,88	11,57
Срок до аварийного состояния по (5), лет	∞	294,12	92,59	52,08	35,71
Срок до аварийного состояния по (6), лет	∞	129,41	40,74	22,91	15,71

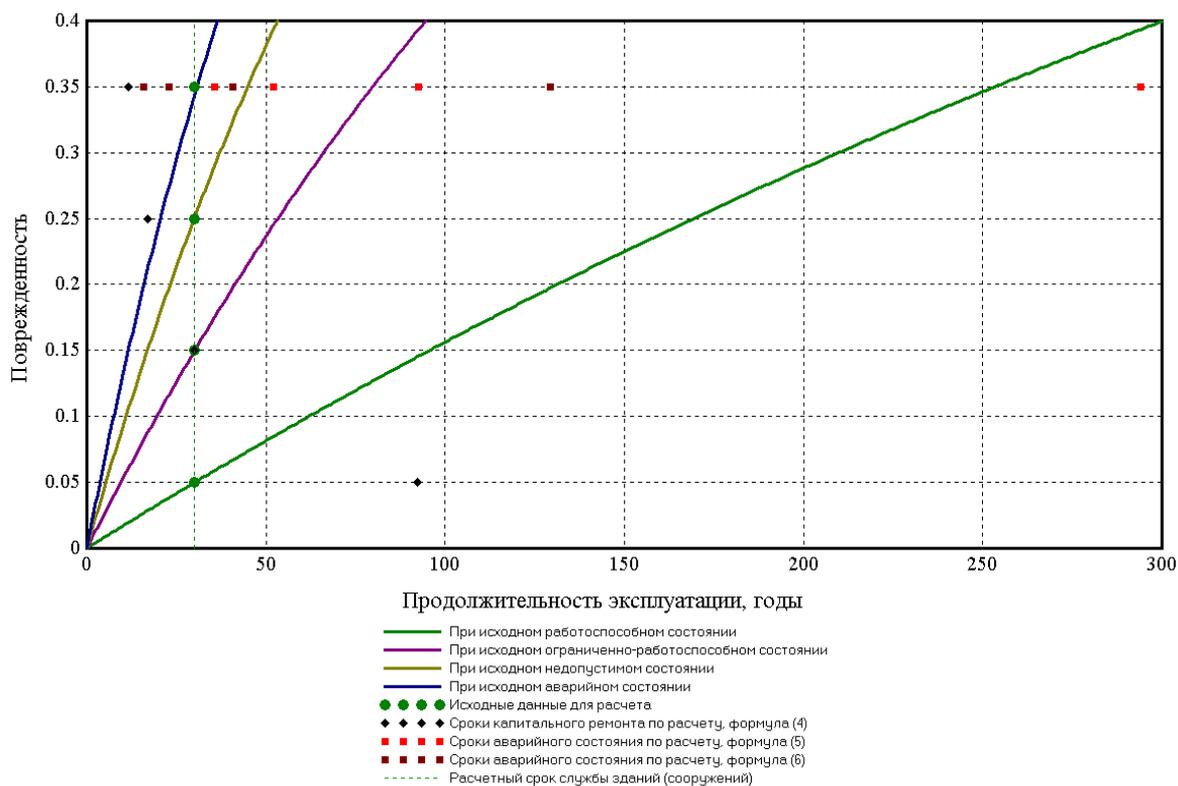
Анализ результатов расчетов по формулам (1)...(6) для всех примеров дает идентичные результаты. Только для конструкций, находящихся в ограниченно-работоспособном техническом состоянии на период времени, соответствующий моменту подготовки к капитальному ремонту (расчетному сроку службы по СП 255.1325800.2016), рассчитанное значение срока до капитального ремонта, определенное по формуле (4), совпадает с введен-

ными в расчет значениями. Для всех остальных категорий технического состояния и соответствующих им показателей поврежденности полученные по формуле (4) значения значительно отличаются от значений времени, соответствующих моменту подготовки к капитальному ремонту (расчетному сроку службы по СП 255.1325800.2016) введенных в расчет.

Особенно следует отметить, что для конструкций, находящихся к моменту времени подготовки к капитальному ремонту (расчетному сроку службы по СП 255.1325800.2016) в аварийном состоянии, расчет по формуле (5) дает значения до наступления аварийного технического состояния, значительно отличающиеся от нуля. Таким образом, получается, что к моменту, когда конструкция уже находится в аварийном состоянии, методика дает дополнительное время для его достижения: от 11,6 лет (для примера 1) до 35,71 лет (для примера 5). Те же расчеты по формуле (6) дают еще более нелогичные результаты.

Исследуемая методика оказалась «логичной» только для конструкций и зданий, находящихся к моменту подготовки к капитальному ремонту (расчетному сроку службы по СП 255.1325800.2016) в исправном техническом состоянии. В этом случае для всех примеров сроки службы до капитального ремонта и достижения аварийного технического состояния, определенные по исследованной методике, уходят в бесконечность и не определяются, т.к. деление на 0 в классической математике не предусматривает других значений.

Для получения большей наглядности результатов прогнозирования с использованием формул (1)...(6) представим в виде графиков зависимости сроков службы от показателей поврежденности ε и постоянной износа λ . Полученные графики для примера 5 приведены на рисунке.



Графики зависимости поврежденности сооружения от прогнозируемого срока службы (для примера 5)

Графические зависимости, приведенные на рисунке, показывают значительные расхождения между принятыми для расчета исходными парами значений «поврежденность — срок службы до капитального ремонта» (круглые зеленые точки) и полученными в ходе

прогнозирования расчетными парами значений «поврежденность – срок службы до капитального ремонта» (черные ромбики). Проценты расхождения между этими значениями представлены в табл. 6. Кроме того, полученные расчетные точки, соответствующие прогнозируемому достижению аварийного технического состояния (красные квадратики), выпадают за пределы соответствующих прогнозных графиков развития поврежденности во времени. Для оценки степени расхождения прогнозных точечных значений, определенных по формуле (5), с графическими зависимостями, полученными с использованием формулы (2), рассчитан процент расхождения. Результаты сравнения представлены в табл. 6.

Таблица 6

Оценка расхождений исходных и прогнозных значений (для примера 5)

Исходные значения		Прогнозируемый срок капремонта, годы	Расхождение в сроках капремонта, %	Прогноз достижения аварийного состояния			Расхождения в сроках аварийного состояния, %	
				для t из (2)	по (5)	по (6)	по (5)	по (6)
ε	t (капремонта), годы							
0,05	30	92,29	207,63	253,8	294,12	129,41	15,89	49,11
0,15	30	30,0	0	79,8	92,59	40,74	16,03	48,95
0,25	30	16,88	45,23	45,0	52,08	22,91	15,73	49,09
0,35	30	11,57	61,43	30,77	35,71	15,74	16,05	48,85

Полученные процентные значения расхождений по срокам нормированных t и прогнозных значений сроков капитального ремонта зданий и сооружений в пределах от 45,23 до 207,63 % свидетельствуют о явной грубой ошибке рассматриваемой методики. В то же время расхождение в сроках достижения аварийного технического состояния строительных конструкций здания (сооружения), рассчитанных по формуле (2) и соответствующих им значений сроков эксплуатации по (5), при разных исходных начальных данных, составляют от 15,73 до 16,05 %, что для интервалов прогноза от 30 до 300 лет может быть принято как допустимое. Расхождение в сроках достижения аварийного технического состояния строительных конструкций здания (сооружения), рассчитанных по формуле (2) и соответствующих им численных значений по (6), при разных исходных начальных данных, составляют от 48,85 до 49,11 %, что не может быть принято как допустимое.

Таким образом, основываясь на проведенных исследованиях, для повышения достоверности прогнозируемых значений с использованием экспоненциальной методики рекомендуется авторам, использующим ее в своих расчетах, при прогнозировании сроков службы отказаться от формул (4), (5) и (6), заменив их на формулу:

$$T = \frac{\ln(1 - \varepsilon)}{-\lambda}, \quad (7)$$

где ε – общая оценка поврежденности здания, рассматривается как переменная; λ – постоянная износа, определяемая по формуле (3), при подстановке в нее значения t_{ϕ} – срока эксплуатации сооружения в годах на момент проведения контроля или обследования.

Таким образом, проведенный в настоящей статье анализ показал наличие грубейших ошибок в самой методике, но многими авторами эта методика используется с незначительными изменениями для прогноза развития технического состояния строительных конструкций на опасных производственных объектах [1...3], в нормативной базе для оценки остаточного ресурса строительных конструкций на объектах атомной энергии (приложение № 7 к РБ-167-20 «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии»), а также для других объектов капитального строительства (прил. Б Методических рекомендаций «Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций зданий и сооружений» от 2018 года, разработанная в

развитие положений СП 255.132800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения»).

При этом, как отмечено выше, авторами всех перечисленных выше методик игнорируется факт того, что одним из ведущих специалистов в области надежности сложных технических систем в области атомной энергетики, в работе [10], четко указано, что «экспоненциальный закон хорошо описывает распределение времени безотказной работы объектов при внезапных отказах, распределение времени между соседними отказами и времени восстановления, но для объектов, у которых явно выражены при эксплуатации явления износа и старения, применение экспоненциального закона недопустимо».

Дополнительно следует отметить, что, не смотря на сбор исходных данных по объекту и расчет показателя поврежденности здания, как приведенного значения, что подробно описано в работах [1...2], «Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам», Москва: ЦНИИПромзданий, 1989, нормативных документах (РБ-167-20) и методических рекомендациях, прогнозирование по всем методикам, кроме методики [1], ведется по единичному показателю, без учета фактического разброса показателей поврежденности по всем конструкциям и по объекту в целом, а также без учета фактического распределения этих показателей.

Для улучшения показателей прогноза по методикам, использующим экспоненциальную зависимость распределения случайной величины для прогнозирования сроков службы строительных конструкций зданий и сооружений может быть рекомендован подход, описанный в работах [10, 11], который учитывает возможности распределения значений показателей, используемых в расчетах, и их моделирования при помощи широко известного «метода Монте-Карло».

Заключение.

Выполнен анализ возможности использования модели экспоненциальной зависимости распределения случайной величины для прогнозирования сроков службы строительных конструкций на пяти модельных примерах зданий и сооружений различного назначения. В результате показана несостоятельность модели и расхождение исходных данных, заложенных в нее для построения прогноза, с полученными в ходе расчетов данных о сроках достижения времени расчетных сроков службы (времени капитального ремонта) и достижения технического состояния, соответствующего аварийному.

Подтвержден вывод о том, что экспоненциальный закон хорошо описывает распределение времени безотказной работы объектов при внезапных отказах, распределение времени между соседними отказами и времени восстановления, но для объектов, у которых явно выражены при эксплуатации явления износа и старения, применение экспоненциального закона недопустимо.

Расчетно обосновано, что использование модели экспоненциальной зависимости распределения случайной величины для прогноза процессов, имеющих явные износные отказы и признаки старения, которые характерны для строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений, недопустимо.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Мельчаков, А. П.** Расчет и оценка риска аварии и безопасного ресурса строительных объектов. (Теория, методики и инженерные приложения) / А. П. Мельчаков. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2006. – 49 с.
2. **Добромыслов, А. Н.** Диагностика повреждений зданий и сооружений: Справочное пособие / А. Н. Добромыслов. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 256 с.

3. **Шматков, С. Б.** Расчет остаточного ресурса строительных конструкций зданий и сооружений / С. Б. Шматков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2007. – № 22 (94). – С. 56-57.
4. **Селяев, В. П.** Расчет долговечности железобетонных конструкций / В. П. Селяев // Вестник Мордовского университета. – 2008. – Т. 18. – № 4. – С. 140-149.
5. **Соснин, Н. П.** К вопросу об оценке остаточного ресурса зданий и сооружений / Н. П. Соснин // Вестник Пермского государственного технического университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 1. – С. 59-62.
6. **Самигуллин, Г. Х.** Определение остаточного ресурса производственных зданий и сооружений нефтеперерабатывающих предприятий / Г. Х. Самигуллин, М. М. Султанов // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2011. – № 2. – С. 167-175.
7. **Авиром, Л. С.** Надежность конструкций сборных зданий и сооружений / Л. С. Авиром. – Ленинград: Стройиздат, 1971. – 216 с.
8. **Рогонский, В. А.** Эксплуатационная надежность зданий / В. А. Рогонский, А. И. Костриц, В. Ф. Шеряков. – Ленинград: Стройиздат, 1983. – 280 с.
9. **Острейковский, В. А.** Теория надежности / В. А. Острейковский. – Москва: Высшая школа, 2003. – 463 с.
10. **Головина, Н. В.** Использование метода «Монте-Карло» в экспертных методах оценки остаточного срока службы строительных конструкций / Н. В. Головина, М. И. Федотова, Г. Д. Шмелев // В сборнике: Вызовы времени и ведущие мировые научные центры. Сборник статей Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. – 2019. – С. 18-22.
11. **Golovina, N. V.** The use of expert methods and the «Monte-Carlo method» in predicting the remaining service life of building structures in conditions of limited statistical information / N. V. Golovina, G. D. Shmelev // В сборнике: WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS. Сборник статей LXXI Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2023. – С. 9-11.

Поступила в редакцию 24 февраля 2023

ANALYSIS OF THE METHODOLOGY FOR CALCULATING THE SERVICE LIFE OF BUILDING STRUCTURES OF OPERATED BUILDINGS AND STRUCTURES

G. D. Shmelev, A. V. Zhukova, E. E. Burak, E.V. Sazonov

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

Anna Vladimirovna Zhukova, senior lecturer at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-52-49; e-mail: kav1177@mail.ru

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

Eduard Vladimirovich Sazonov, Dr. Sc. (Tech.), Professor at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-53-21; e-mail: edsazonov36@yandex.ru

The article analyzes the methods of forecasting the service life of structures of buildings based on the application of the exponential distribution law of an independent random variable. The analysis uses all the variants of the main calculation provisions used by various authors, published in the open media, and widely used in practice methods for calculating and predicting residual service life. With the use of specific examples and data, current regulatory and technical documents in the field of construction and operation of buildings and structures for var-

ious purposes, calculations were performed using a general model of the exponential distribution law of an independent random variable. In total, we considered five examples of different buildings with different regulatory design life. The examples consider residential and public buildings of different design schemes with estimated service lives of 10, 15, 20 and 25 years. In addition, we considered an example of forecasting a nuclear power facility with an estimated service life of 30 years. For each example, damage indicators corresponding to five categories of the technical condition of building structures according to SP 13-102-2003 were used as initial data with an estimated service life. They are serviceable, operable, limited operable, unacceptable and emergency. The data obtained as a result of calculations are analyzed, compared with the graphs of predictive functions "operating time – damage to the facility". We concluded how applicable are the methods based on the use of the exponential distribution law of an independent random variable. On the basis of the obtained calculated data and graphic materials, we came to the conclusion that coincides, among other things, with the work of leading experts in the field of reliability of complex technical facilities.

Keywords: building structures; technical state; forecast; exponential distribution; estimated service life.

REFERENCES

1. **Melchakov A. P.** *Calculation and assessment of accident risk and safe resource of construction objects. (Theory, methods and engineering applications)*. Chelyabinsk, SUSU Publishing House. 2006. 49 p. (in Russian)
2. **Dobromyslov A. N.** *Diagnostics of damage to buildings and structures*. Moscow, Reference manual. Publishing House of the Association of Construction Universities. 2006. 256 p. (in Russian)
3. **Shmatkov S. B.** *Calculation of the residual resource of building structures of buildings and structures*. Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and Architecture. 2007. No. 22(94). Pp. 56-57. (in Russian)
4. **Selyaev V. P.** *Calculation of durability of reinforced concrete structures*. Bulletin of the Mordovian University. 2008. Vol. 18. No. 4. Pp. 140-149. (in Russian)
5. **Sosnin N. P.** *On the issue of assessing the residual resource of buildings and structures*. Bulletin of the Perm State Technical University. Construction and architecture. 2010. No. 1. Pp. 59-62. (in Russian)
6. **Samigullin G. H., Sultanov M. M.** *Determination of the residual resource of industrial buildings and structures of oil refineries*. Electronic scientific journal Oil and Gas business. 2011. No. 2. Pp. 167-175. (in Russian)
7. **Avrom L. S.** *Reliability of structures of prefabricated buildings and structures*. Leningrad, Stroyizdat. 1971. 216 p. (in Russian)
8. **Rogonsky V. A., Kostrits A. I., Sheryakov V. F.** *Operational reliability of buildings*. Leningrad, Stroyizdat. 1983. 280 p. (in Russian)
9. **Ostreikovskiy V. A.** *Theory of reliability*. Moscow, High school. 2003. 463 p. (in Russian)
10. **Golovina N. V., Fedotova M. I., Shmelev G. D.** *The use of the Monte Carlo method in expert methods for assessing the residual service life of building structures*. In the collection: Challenges of the time and the world's leading scientific centers. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. In 2 parts. 2019. Pp. 18-22. (in Russian)
11. **Golovina N. V., Shmelev G. D.** *The use of expert methods and the "Monte Carlo method" in predicting the remaining service life of building structures in conditions of limited statistical information*. In the collection: WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS. Collection of articles of the LXXI International Scientific and Practical Conference. Penza. 2023. Pp. 9-11.

Received 24 February 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Анализ методики расчета сроков службы строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений / Г. Д. Шмелев, А. В. Жукова, Е. Э. Бурак, Э. В. Сазонов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 9-18. – DOI 10.36622/VSTU.2023.29.29.001.

FOR CITATION:

Shmelev G. D., Zhukova A. V., Burak E. E., Sazonov E.V. *Analysis of the methodology for calculating the service life of building structures of operated buildings and structures.* Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 9-18. DOI 10.36622/VSTU.2023.29.29.001. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.60.49.002

УДК 624.21:624.53

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВАНТОВОГО МОСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЖЕСТКОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЕГО НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

С. Д. Степанов, А. Г. Богомолов

Степанов Сергей Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент кафедры строительной механики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(910)341-42-25; e-mail: 89103414225@mail.ru

Богомолов Арсений Георгиевич, магистр кафедры строительной механики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(980)542-58-25; e-mail: senybogomolov@yandex.ru

Изучены основные динамические свойства вантовых мостовых сооружений и связанные с ними явления, опасные для их безотказной эксплуатации. Для анализа динамических характеристик мостового сооружения рассмотрены возможные изменения жесткостных параметров вант и балки жесткости. Расчетная модель апробирована на примере вантового пешеходного моста через проток реки Кан в Красноярском крае. Воздействие статических и динамических нагрузок на вантовое сооружение моделировалось в конечно-элементных программных комплексах Лира САПР и SCAD++. Рассмотрены пять основных форм колебаний. Представлены результаты компьютерного моделирования в виде таблиц и графиков.

Ключевые слова: вантовые мостовые сооружения; динамические характеристики; период колебаний.

При проектировании и расчётах современных вантовых мостовых сооружений, а также в научных исследованиях, следует отметить такое важное направление, как моделирование и расчет вантовых мостов при стохастическом воздействии ветровой нагрузки.

Учет стохастичности ветрового воздействия является важной задачей для исследований и непосредственном проектировании вантовых мостовых сооружений, поскольку такие сооружения являются наиболее чувствительными к горизонтальным воздействиям ветра. Научные исследования в области строительства по данному направлению начали развиваться вследствие аварии на Такомском мосту в 1940 году, когда конструкция висячего моста, успешно противостоявшая значительным ветровым нагрузкам, оказалась весьма чувствительной к слабому ветру. После произошедшей катастрофы было проведено множество испытаний мостов в аэродинамических трубах для поиска физико-математических моделей обтекания мостового сооружения ветровым потоком [1, 2].

Особый интерес представляют поперечные формы вынужденных колебаний сооружения как наиболее неблагоприятные для его напряжённо-деформированного состояния [3, 4]. Для решения такого сорта задач необходимо проанализировать основные динамические параметры сооружения, то есть рассмотреть его собственные формы колебаний.

Как известно, свободные колебания систем, в том числе и вантовых, представляют собой набор собственных форм, каждая из которых имеет собственную частоту и период. Параметры колебаний зависят от многих факторов, таких как изгибная жёсткость пролетного строения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, геометрические параметры сооружения, высота подвеса балки жесткости до уровня воды и т.д. [5, 6]. Также важной характеристикой колебаний вантовых мостовых сооружений является логарифмический декремент затухания колебаний, определяемый для каждой собственной формы и являющийся характеристикой затухания (уменьшения амплитуд колебаний во времени) [7].

Частоты и периоды свободных колебаний вантового мостового сооружения являются его важнейшими характеристиками, поскольку по их величине можно судить о пригодности сооружения к эксплуатации, что отображено в действующей нормативной литературе, например, в п. 5.48 СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы», который вводит ограничение на наибольшую величину периода собственных колебаний.

Вынужденные колебания вантовых мостов могут вызываться различными факторами: подвижной временной нагрузкой (при прохождении неровностей проезжей части, определенной (неблагоприятной) скорости движения, колебания отдельных неуравновешенных частей состава), пульсационной составляющей ветровой нагрузки, временной подвижной нагрузки, вызванной пешеходами [4]. Крутильные колебания возникают от несимметричного приложения вертикальных и горизонтальных нагрузок.

При вынужденных колебаниях от пульсационной составляющей ветровой нагрузки возможно появление ветрового резонанса, как сооружения в целом, так и отдельных его элементов. Ветровой резонанс происходит при совпадении частоты срыва вихрей Кармана, которые зависят от числа Рейнольдса ($Re > 50$), $Re = v \times d / \nu$ [8], с одной из собственных частот. При аэродинамическом расчете условием прочности является критическая скорость ветра, которая может вызвать совпадение собственных частот с частотами вынужденных колебаний. Также могут возникнуть другие явления аэродинамической неустойчивости: флаттер – связанные изгибно – крутильные и нарастающие во времени самовозбуждающиеся колебания (при несовпадении точки приложения аэродинамических сил с центром изгиба), дивергенция – крутильная форма потери устойчивости, галопирование – нарастающие колебания в плохо обтекаемых элементах, параметрический резонанс – заключается в «перекачке» энергии горизонтальных колебаний в вертикальные и наоборот, при совпадении периодов [9, 10].

Исходя из вышесказанного, оценка влияния возможных изменений жесткостных характеристик элементов несущих конструкций вантового мостового сооружения на его динамические параметры является актуальной темой, как для научных исследований, так и для практического применения при проектировании.

Цель исследования.

Целью настоящего исследования является анализ изменения основных динамических параметров вантового мостового сооружения при возможных вариациях жесткостных параметров его несущих элементов (несущих вант и балки жесткости), а также изучение явлений аэродинамической устойчивости вантовых мостов, в том числе и при стохастическом воздействии ветровой нагрузки.

Геометрическая схема и расчетные характеристики вантового моста.

В данной статье рассматривается зависимость периода и частоты собственных колебаний 3-х пролетного пешеходного вантового моста, с пролетами $24 \times 96 \times 24$ м, в г. Красноярске (рис. 1) от изменения жесткостных параметров его несущих элементов, а именно: балки жесткости (железобетонной) и вант пролетного строения Система расположения вант – пучок. Балка жесткости – железобетонная с коробчатым сечением, что обеспечивает хорошие аэродинамические характеристики пролетного строения. Класс бетона по прочности на сжатие класса В30, начальный модуль деформации $E = 3,246 \times 10^7$ кПа. Пилоны высотой 17 м, одностоечные металлические (поперек моста – в виде двухстоечной пилонной рамы) (рис. 2)

Длина панелей назначается кратной 4 м. Число вант в каждой из плоскостей $N = 14$ (ванты – канаты 38-Г-И-С-Л-О-Р-1370 ГОСТ 3081-80), диаметр 45,5 мм, $E_A = 2.0152 \times 10^{10}$. Ширина стойки пилона принимается $B = 0,6$ м.

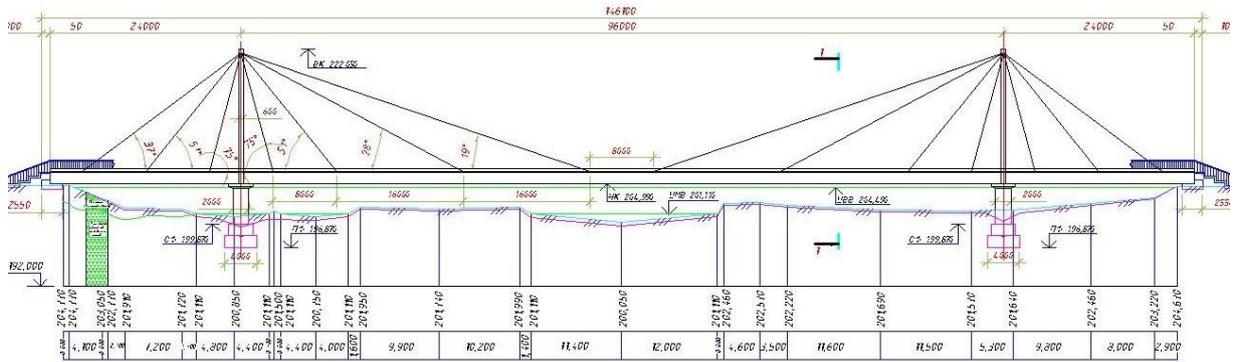


Рис. 1. Схема вантового моста

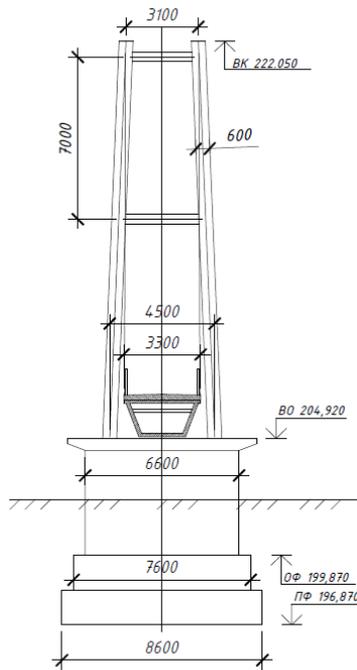


Рис. 2. Поперечное сечение пилона

Модальный анализ.

Формирование расчетной модели вантового моста производится при помощи ПК Лира САПР в нелинейной постановке (ванты задаются КЭ 310 – нить) (рис. 3).

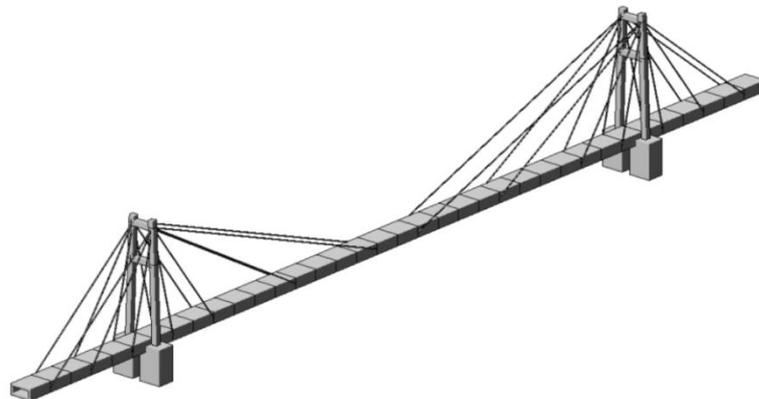


Рис. 3. 3D модель вантового моста

Балка жесткости и пилоны моделируются универсальным пространственным стержневыми элементами КЭ 10. Для обеспечения соответствующего расстояния крепления вант от центра тяжести балки жесткости используется совместное перемещение узлов вант и балки жесткости (рис.4). При модальном анализе нагрузки задаются как динамические по трём направлениям (X, Y, Z) в уровень балки жесткости. Фундамент закреплен жестко – без учета свойств грунтового основания.

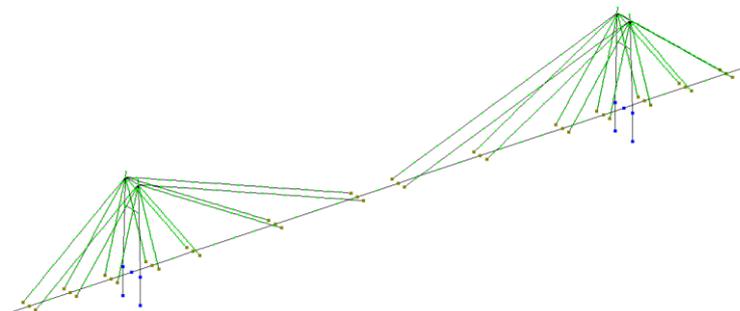


Рис. 4. Нелинейная конечно-элементная модель вантового моста

Модальный анализ проводился для первых пяти форм колебаний. Результаты расчетов сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов свободных колебаний всей системы

N формы колебаний	Частоты		Периоды, с	Коэф. распр.	Масса, кН	Сумма масс
	Рад/с.	Гц.				
1	13.085611	2.083696	0.479916	-1.321409	16.702899	16.702899
2	34.380648	5.474625	0.182661	0.000004	0.000000	16.702899
3	55.246815	8.797264	0.113672	1.187966	15.609450	32.312348
4	66.694064	10.620074	0.094161	0.554126	3.245528	35.804986
5	109.985990	17.513693	0.057098	-0.000432	0.000002	35.804988

Формы колебаний представлены на рис. 5...9.

Загружение 1
Форма колебаний в л. с. 1

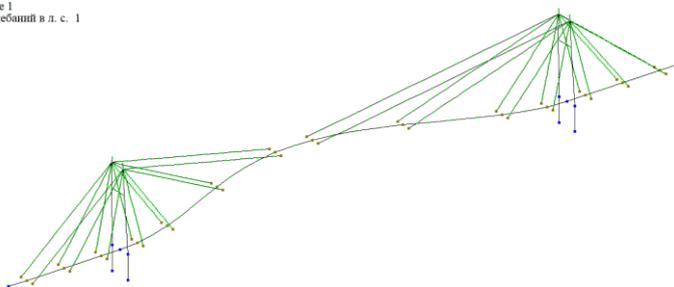


Рис. 5. 1-я форма колебаний

Загружение 1
Форма колебаний в л. с. 2

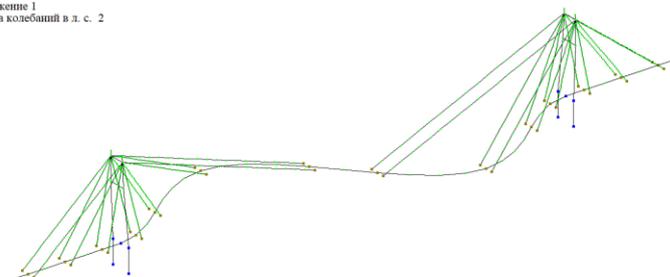


Рис. 6. 2-я форма колебаний

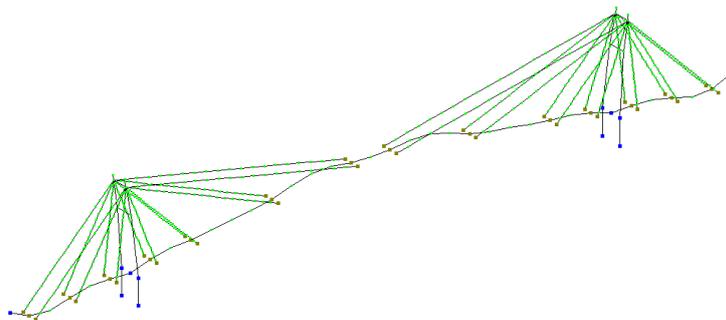


Рис. 7. 3-я форма колебаний

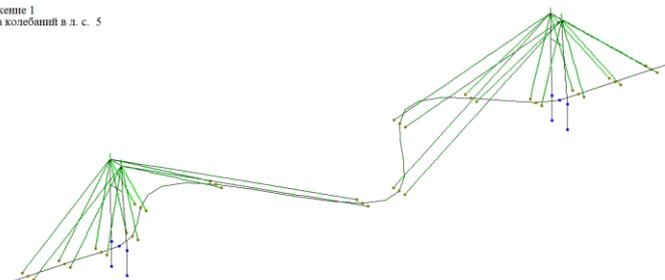
Загружение 1
Форма колебаний в л. с. 5

Рис. 8. 4-я форма колебаний

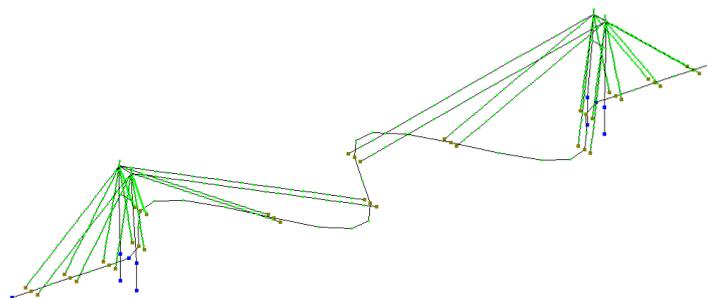


Рис. 9. 5-я форма колебаний

Расчет собственных форм в ПК SCAD++

В отсутствие экспериментальных данных о колебаниях сооружения, для проверки достоверности результатов ПК Лира САПР был проведен дополнительный модальный анализ в ПК SCAD. Расчетная модель создана в линейной постановке (ванты моделируются КЭ-1 – стержень фермы с эквивалентной жесткостью). Балка жесткости и пилоны моделируются универсальным пространственным стержневыми элементами. Для обеспечения соответствующего расстояния крепления вант от центра тяжести балки жесткости используется совместное перемещение узлов вант и балки жесткости (рис. 10). При модальном анализе нагрузки задаются как динамические по трём направлениям (X, Y, Z) в уровень балки жесткости. Фундамент закреплен жестко – без учета свойств грунтового основания.

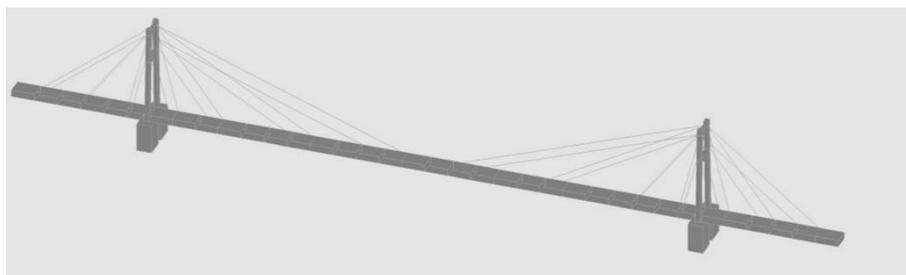


Рис. 10. Расчетная схема вантового моста в ПК SCAD

Таблица 2

Результаты расчетов свободных колебаний всей системы

Номер формы	Собственное значение	Частоты		Период сек
		рад/сек	Гц	
1	0.081	12.3	1.958	0.511
2	0.029	33.906	5.396	0.185
3	0.016	62.967	10.021	0.1
4	0.015	66.467	10.579	0.095
5	0.009	109.866	17.486	0.057

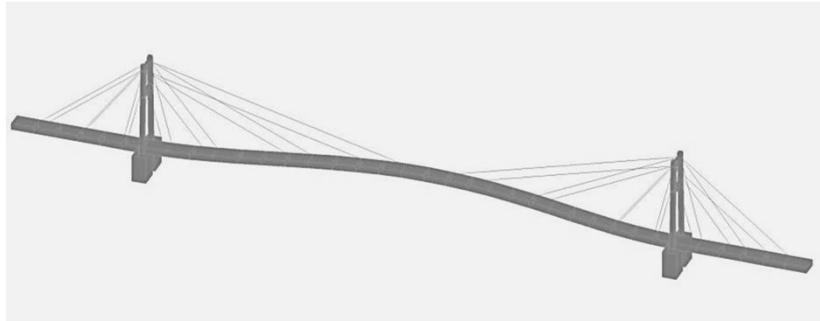


Рис. 11. 1-я форма колебаний по SCAD++

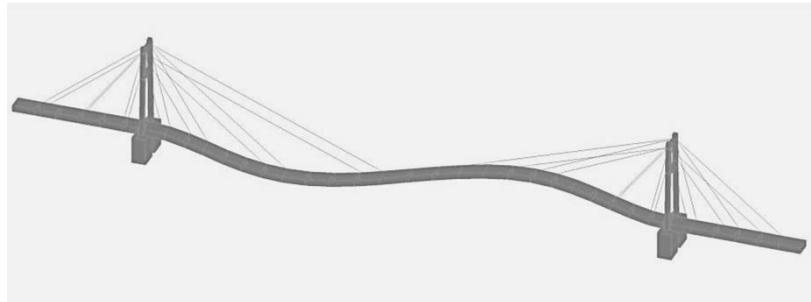


Рис. 12. 2-я форма колебаний по SCAD++

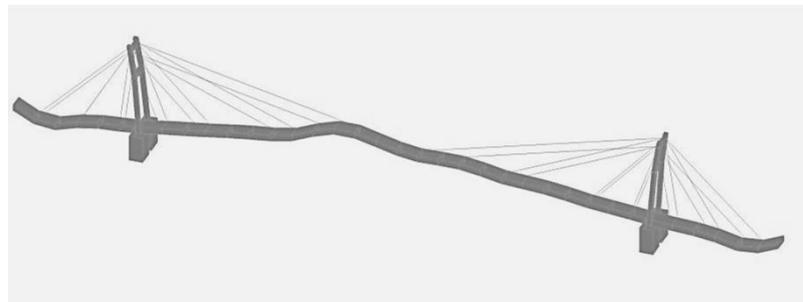


Рис. 13. 3-я форма колебаний по SCAD++

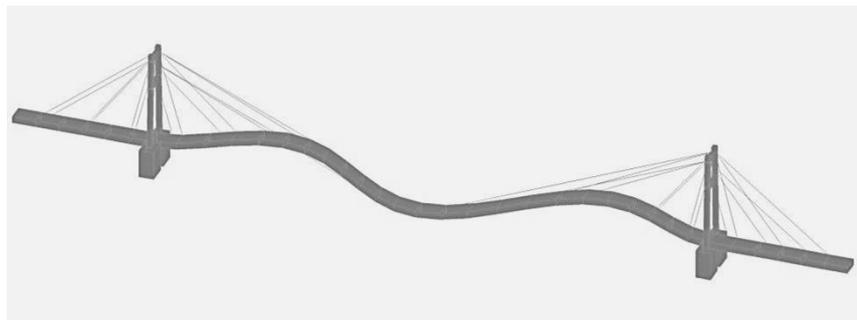


Рис. 14. 4-я форма колебаний по SCAD++

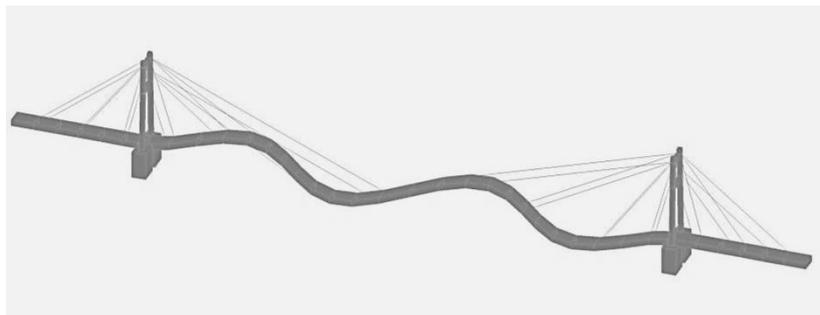


Рис. 15. 5-я форма колебаний по SCAD++

На основании проведенных расчетов можно видеть неплохую сходимость по первым пяти формам свободных колебаний системы. Максимальное расхождение результатов не превышает 6,5 %.

Для анализа зависимости изменения периода колебаний уменьшаем изгибную жесткость балки пролетного строения на 10, 30, 50 и 70 %. Результаты представим в виде графика зависимости периода колебаний для каждой формы от относительного изменения жесткости балки жесткости моста (рис. 16).

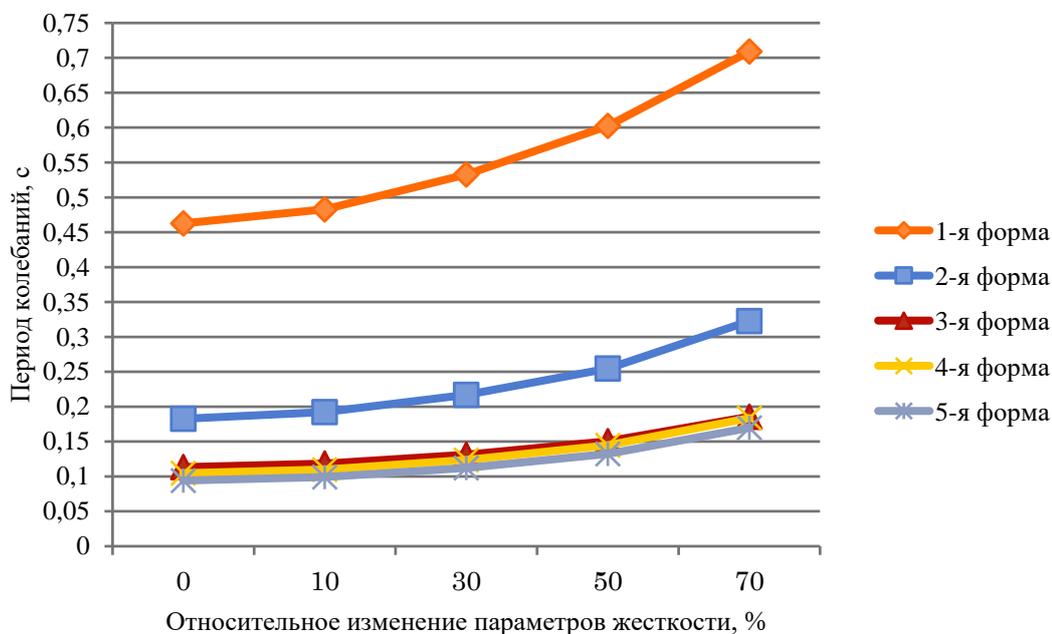


Рис. 16. Зависимость периода колебаний от относительного изменения параметров жесткости балки жесткости

При уменьшении изгибной жесткости балки период колебаний по первой форме (изгибная, в поперечном направлении см. рис. 5) увеличивается на 57,8 %; по второй (изгибная, в поперечном направлении см. рис. 6) – 43,3 %; по третьей (изгибная, в вертикальном направлении см. рис. 7) – 39,2 %; по четвертой (изгибная, в вертикальном направлении см. рис. 8) – 43,5 %; по пятой (изгибная, в поперечном направлении см. рис. 9) – 44,7 %. При этом наблюдается переход четвертой формы в третью, поскольку эти формы имеют разные направления (3-я – изгибная в вертикальном направлении, 4-я изгибная в поперечном направлении), то это может привести к явлению параметрического резонанса.

Следующий этап исследования заключался в анализе зависимости периода колебаний вантового моста от жесткости на растяжение всех вант.

Результаты представлены на (рис. 17).

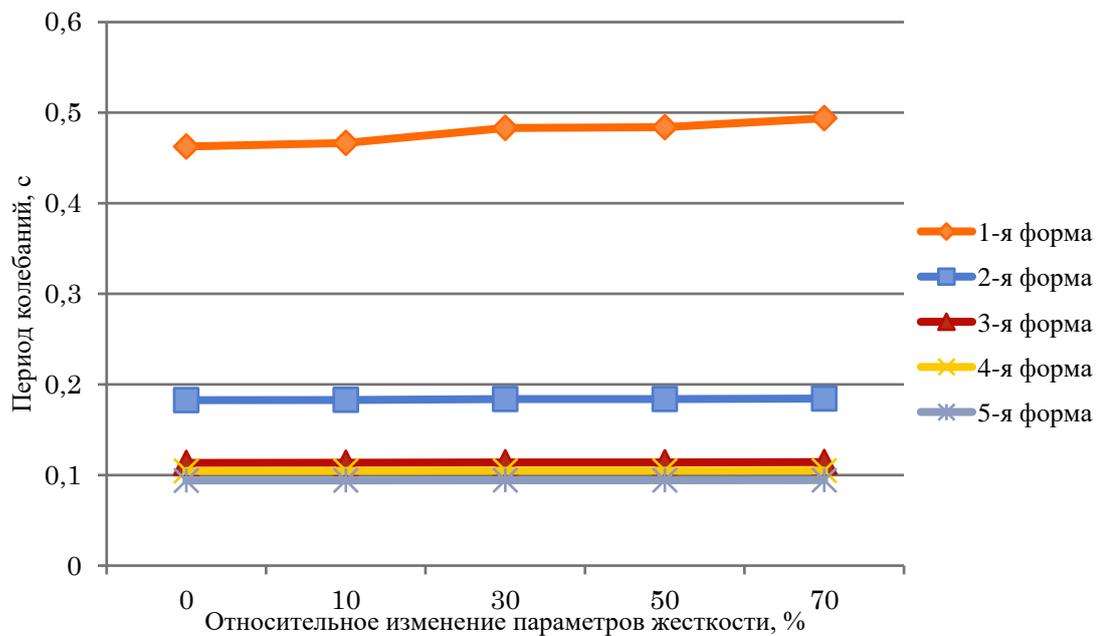


Рис. 17. Зависимость периода колебаний от относительного изменения параметров жесткости всех вант моста

На данном этапе исследования изменяется только первая форма на 5,5 %, а остальные изменяются не значительно.

Третий этап исследования заключается в анализе зависимости колебаний вантового моста от жесткости на растяжение самых длинных вант, результаты представлены на (рис. 18), на котором наблюдается ситуация, аналогичная предыдущему этапу исследования.

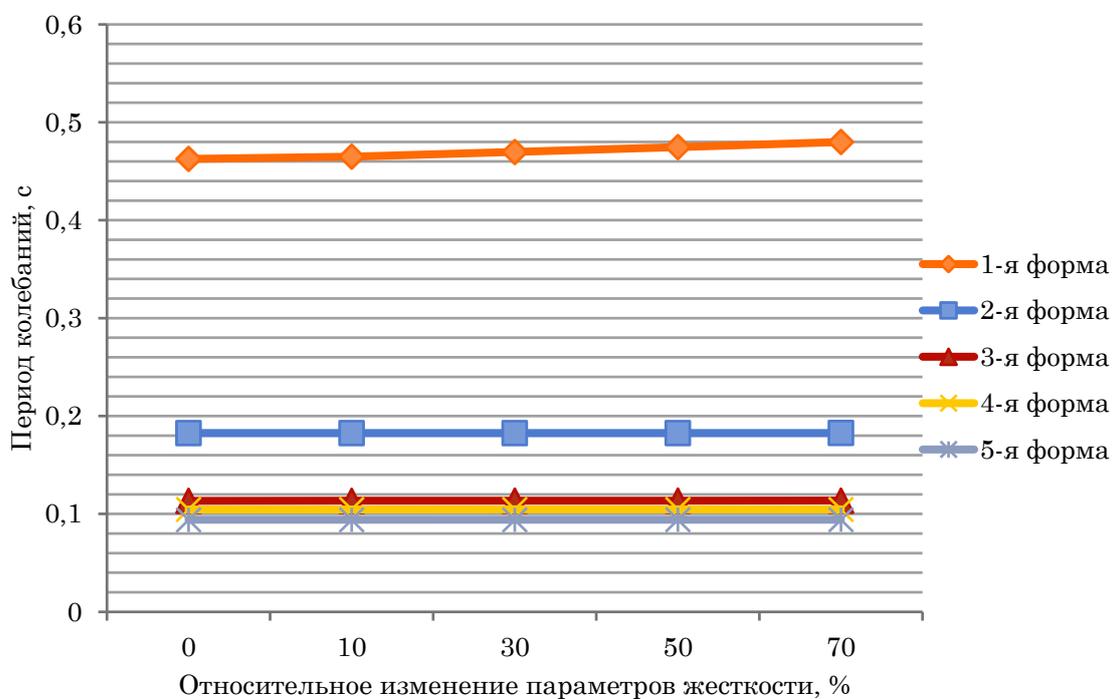


Рис. 18. Зависимость периода колебаний от относительного изменения параметров жесткости самых длинных вант моста

Численные исследования расчётной модели подтвердили теоретические предпосылки о существовании зависимости между жесткостными характеристиками отдельных элементов системы и периодом колебаний всей системы. На основании полученных данных можно сделать вывод о существенном влиянии жесткостных характеристик балки жесткости вантового моста на его динамические параметры. Также следует отметить, что изменение изгибной жесткости пролетного строения на определённом этапе может повлечь за собой явление аэродинамической неустойчивости (параметрический резонанс), и этот вопрос следует контролировать при проектировании подобных сооружений. Численными исследованиями расчётной модели также выявлено, что уменьшение жесткости вант на растяжение влияет на динамические параметры моста незначительно.

Заключение.

В настоящем исследовании были изучены основные динамические свойства вантовых мостовых сооружений и связанные с ними явления, опасные для их безотказной эксплуатации.

Составлена и апробирована динамическая расчётная модель вантового мостового сооружения, позволяющая анализировать его напряжённо-деформированное состояние при статическом и динамическом нагружении, а также резонансные явления, как в отдельных несущих конструкциях, так и в сооружении в целом.

Следует отметить, что, учитывая большое разнообразие вариаций расчётных схем вантовых мостовых сооружений и их индивидуальную чувствительность к внешним динамическим воздействиям, приведенное исследование количественно в известной степени справедливо только для рассматриваемого сооружения или для сооружений с подобными характеристиками. Однако полученные результаты и выводы качественно справедливы для всего класса подобных конструкций и могут быть использованы при проектировании и расчётах. Дальнейшее развитие этого исследования в конечном итоге позволит создать универсальную методику учёта влияния изменения жесткостных параметров несущих конструкций вантовых мостовых сооружений на их динамические характеристики, в том числе и при стохастическом воздействии ветровой нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Качурин, В. К.** Проектирование висячих и вантовых мостов / В. К. Качурин, А. В. Брагин, Б. Г. Ерунов. – М.: Изд-во «Транспорт», 1971. – 279 с.
2. **Папаев, М. А.** Моделирование устойчивости систем при стохастическом аэродинамическом воздействии: автореф. дис. ...кнд. технич. наук : 05.23.17 / М. А. Папаев; Москва. гос. ун-т путей сообщения. – Москва, 2009. – 5 с.
3. **Масленников, А. М.** Некоторые аспекты динамики вантового моста / А. М. Масленников, Б. О. Рагех // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – № 1(42). – С. 37-43.
4. **Казакевич, М. И.** Аэродинамика мостов / М. И. Казакевич. – Москва: Транспорт, 1987. – 240 с.
5. **Леонова, А. Н.** Конструктивная безопасность вантовых конструкций / А. Н. Леонова, Е. Н. Сорокина // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 3(63). – С. 33.
6. **Киселев, Д. Б.** Арочно-вантовые комбинированные конструкции. численные и экспериментальные исследования / Киселев Д. Б. // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 17-27.
7. **Хоанг, А. З.** Определение растягивающих усилий в кабелях вантовых систем / А. З. Хоанг // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2016. – № 2(76). – С. 25-27.
8. **Рагех Басем, О. С.** Численный энергетический метод в приложении к большепролетным вантовым мостам: Диссертация канд. техн. наук: 05.23.17. – Санкт-Петербург, 2014 – 152 с.

9. **Кадисов, Г. М.** Динамика вантового моста после обрыва ванты / Г. М. Кадисов, В. В. Чернышов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2011. – № 4(22). – С. 19-23.

10. **Соловьев, С. Ю.** Аэродинамическая устойчивость большепролетных мостов / С. Ю. Соловьев // Транспортная инфраструктура. – 2016. – № 5. – С. 47-49.

Поступила в редакцию 18 апреля 2023

INVESTIGATION OF THE DYNAMIC PROPERTIES OF A CABLE-STAYED BRIDGE DEPENDING ON THE STIFFNESS PARAMETERS OF ITS LOAD-BEARING ELEMENTS

S. D. Stepanov, A. G. Bogomolov

Sergey Dmitrievich Stepanov, Cand. Sc. (Techn.), Associate Professor at the Department of Structural Mechanics, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(910)341-42-25; e-mail: 89103414225@mail.ru
Arseniy Georgievich Bogomolov, Master student of the Department of Structural Mechanics, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(980)542-58-25; e-mail: senybogomolov@yandex.ru

We studied the main dynamic properties of cable-stayed bridge structures and related phenomena that are dangerous for their trouble-free operation. We considered possible changes in the stiffness parameters of the shrouds and the stiffness beam to analyze the dynamic characteristics of the bridge structure. The calculation model was tested on the example of a cable-stayed pedestrian bridge across the channel of the Kan River in the Krasnoyarsk Territory. The impact of static and dynamic loads on the cable-stayed structure was modeled in the finite element software complexes Lira CAD and SCAD++. Five main forms of oscillations are considered. The results of computer modeling are presented in the form of tables and graphs.

Keywords: cable-stayed bridge structures; dynamic characteristics; oscillation period.

REFERENCES

1. **Kachurin V. K., Bragin A. V., Yerunov B. G.** *Design of suspension and cable-stayed bridges*. Moscow, Publishing house Transport. 1971. 279 p. (in Russian)
2. **Papaev M. A.** *Modeling of stability of systems under stochastic aerodynamic impact* abstract. dis. cand. technical. Sciences: 05.23.17; Moscow. state. University of Railway Transport. Moscow. 2009. 5 p. (in Russian)
3. **Maslennikov A. M., Rageh B. O.** *Some aspects of the dynamics of a cable-stayed bridge*. Bulletin of Civil Engineers. 2014. No. 1(42). Pp. 37-43 (in Russian)
4. **Kazakevich M. I.** *Aerodynamics of bridges*. Moscow, Publishing house Transport. 1987. 240 p. (in Russian)
5. **Leonova A. N., Sorokina E. N.** *Structural safety of cable-stayed structures* Engineering Bulletin of the Don. 2020. No. 3(63). Pp. 33. (in Russian)
6. **Kiselev D. B.** *Arch-cable-stayed combined structures. numerical and experimental studies*. Modern industrial and civil construction. 2006. Vol. 2. No. 1. Pp. 17-27. (in Russian)
7. **Hoang A. Z.** *Determination of tensile forces in cables of cable-stayed systems*. Science and technology in the road industry. 2016. No. 2(76). Pp. 25-27. (in Russian)
8. **Rageh Basem O. S.** *Numerical energy method in application to large-span cable-stayed bridges*: Dissertation of the Candidate of Technical Sciences: 05.23.17 St. Petersburg. 2014. 152 p. (in Russian)
9. **Kadisov G. M., Chernyshov V. V.** *Dynamics of a cable-stayed bridge after a cable-stayed break*. Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. 2011. No. 4(22). Pp. 19-23. (in Russian)

10. **Soloviev S. Y.** *Aerodynamic stability of large-span bridges*. Transport infrastructure. 2016. No. 5. Pp. 47-49. (in Russian)

Received 18 April 2023

Для цитирования:

Степанов, С. Д. Исследование динамических свойств вантового моста в зависимости от жесткостных параметров его несущих элементов / С. Д. Степанов, А. Г. Богомолов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 19-29. – DOI 10.36622/VSTU.2023.60.49.002.

FOR CITATION:

Stepanov S. D., Bogomolov A. G. *Investigation of the dynamic properties of a cable-stayed bridge depending on the stiffness parameters of its load-bearing elements*. Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 19-29. DOI 10.36622/VSTU.2023.60.49.002. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.68.49.003

УДК 69.009.1:692

ОРГАНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО НАДЗОРА НА ОБЪЕКТАХ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А. С. Семенов, Н. Р. Шмонин

Семенов Александр Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительное производство», ФГБОУ ВО «Владимирский Государственный Университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых», Владимир, Российская Федерация, тел.: +7(920)624-85-59; e-mail: semenov-alex@mail.ru

Шмонин Никита Романович, студент, ФГБОУ ВО «Владимирский Государственный Университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых», Владимир, Российская Федерация тел.: +7(904)857-77-42; e-mail: shmonin.ign@yandex.ru

Рассмотрены основные проблемы государственного строительного надзора, связанные с большими объемами строительства на территории Владимирской области и небольшим штатом Инспекции государственного строительного надзора. Поставлена задача разработать мероприятия, которые могли бы вывести организацию государственного строительного надзора на более высокий уровень, повысить качество сдаваемых в эксплуатацию зданий жилищного фонда, а также снизить финансовые риски собственников объектов капитального строительства. Для достижения поставленной задачи даны предложения по взаимодействию ответственного инспектора государственного строительного надзора с собственниками через уполномоченного представителя. Предлагается взаимодействие инспектора с представителем собственников для обмена информацией на всех этапах строительства. Также предлагается анкетирование собственников на завершающем этапе строительства в целях получения структурированной информации о всех имеющихся недостатках, дефектах, отклонениях от проектной документации. Сформулирован вывод о полезности предлагаемого механизма как для собственников жилья, так и для качества жилищного строительства.

Ключевые слова: государственный строительный надзор; строительный контроль; объект капитального строительства; жилищный фонд.

Под государственным строительным надзором понимается независимый контроль со стороны государства за деятельностью по строительству, реконструкции объектов капитального строительства, проектная документация которых подлежит экспертизе. Государственный строительный надзор осуществляется на федеральном и региональном уровне. Региональный надзор осуществляется инспекцией государственного строительного надзора субъекта РФ. Особый порядок надзора предусматривается для объектов атомной энергетики, опасных производственных объектов, объектов обороны, объектов, сведения о которых составляют государственную тайну.

Предметом государственного строительного надзора в первую очередь является проверка строительных работ на предмет соответствия требованиям проектной документации и действующему законодательству.

Значение государственного строительного надзора рассмотрено в научной статье Люкшина А. М. [1], который основную задачу государственного строительного надзора выделил в виде предупреждения, выявления и пресечения допущенных нарушений законодательства о градостроительной деятельности со стороны заказчика или подрядчика. В статье Петрова И. А. [2] государственный строительный надзор направлен на обеспечение безопасности граждан при проживании и эксплуатации объектов капитального строительства. В статье Новикова А. А. [3] государственный строительный надзор направлен на соблюдение норм законодательства и обеспечения финансовой безопасности. В статье Подъяблонской Л. Д. [4] сделана попытка разграничить понятия «надзор» и «контроль». В диссертации

ционном исследовании Захарова Е. В. [5] предлагается функцию по проведению экспертизы проектной документации передать органом государственного строительного надзора в составе субъектов РФ.

Актуальность темы статьи объясняется наличием значительного количества недостатков на объектах жилищного фонда, которые были приняты в эксплуатацию, и по которым проводятся многочисленные судебные разбирательства между собственниками жилых помещений и застройщиками или между управляющими компаниями и застройщиками.

Организация государственного строительного надзора на объектах жилищного строительства имеет важное практическое значение как для отдельного региона, так и для страны в целом.

Единственным элементом воздействия на застройщика при возведении объекта жилищного строительства со стороны государства является государственный строительный надзор.

Главное отличие государственного строительного надзора от строительного контроля в том, что надзор ведется независимым государственным органом. Государственный строительный надзор имеет более широкие полномочия, но менее вовлечен в процесс строительства, проверка объекта государственным строительным надзором проводится примерно раз в два-три месяца, в отличие от строительного контроля, который обязан принимать участие во входном, операционном и приемочном контроле качества по мере поступления строительных материалов и выполнения строительных работ.

Орган государственного строительного надзора выдает заключение о соответствии (ЗОО) или решение об отказе выдачи его в течение десяти рабочих дней с момента обращения заинтересованного лица, которым может выступать застройщик или заказчик, при завершении строительства.

Строительный контроль проводится участниками строительства. По Градостроительному Кодексу строительный контроль ведет застройщик и лицо осуществляющее строительство, то есть финансово заинтересованные стороны. Предметом строительного контроля также является проверка строительных работ на соответствие требованиям проектной документации и техническим регламентам.

К основным функциям строительного контроля относятся:

- ✓ проверка качества проектных решений, технологических процессов;
- ✓ строительных материалов, строительных конструкций, машин, механизмов и оборудования, строительной продукции в целом;
- ✓ проведение контроля качества и приемка завершенных скрытых работ;
- ✓ участие в приемке готовых строительных объектов;
- ✓ подтверждение фактически выполненных работ их качества и устранение брака и выявленных отклонений;
- ✓ предоставление своевременной информации застройщику и территориальным органам государственного строительного надзора обо всех отклонениях, допущенных при строительстве.

Общим для государственного строительного надзора и строительного контроля является необходимость заполнения соответствующих разделов в общем журнале работ. Пятый раздел общего журнала работ заполняется строительным контролем. Седьмой раздел заполняется государственным строительным надзором.

Методические аспекты проведения строительного надзора и контроля рассмотрены в статье Шемякиной Т. Ю. и Герасимова О. А. [6].

В статье Белова А. В. [7] для повышения качества строительства предлагается комплекс мероприятий, в том числе вовлечение саморегулируемых организаций в контроль качества путем проведения дней качества на строящихся объектах. В статье Юденко М. Н. [8] предлагается проводить обследование технического состояния объекта перед вводом в экс-

плуатацию. В статье Топчий Д. В. [9] приводится схема взаимодействия между государственным строительным надзором и участниками строительного производства (застройщик, заказчик, подрядчик, проектант).

Административная процедура надзора за объектом начинается с получения извещения о начале строительства от застройщика. В соответствии с законодательством, извещение подается заблаговременно и не позднее, чем за семь рабочих дней до начала основных строительных работ на объекте.

При получении извещения о начале строительства сотрудниками инспекции государственного строительного надзора должны быть предприняты следующие действия. Проверяется заполнение бланка извещения, приложенных документов, а также достоверность представленной информации. В извещении должны быть указаны реквизиты застройщика или заказчика, адрес и наименование объекта капитального строительства, сведения о проектной документации, разрешении на строительство, положительном заключении экспертизы проектной документации.

После проверки извещения и приложенных к нему документов и в случае отсутствия ошибок или несоответствий законодательству, объект берется на контроль. За вновь поступившим объектом капитального строительства закрепляется сотрудник инспекции государственного строительного надзора (инспектор). Он назначается ответственным за осуществление государственного строительного надзора на данном объекте. В его обязанности входит взаимодействие с застройщиком и подрядчиком, составление и корректировка программы проверок, проведение проверок и других контрольно-надзорных и профилактических мероприятий. Проверки объекта проводятся по завершению основных этапов строительства: фундаменты, каркас, кладка стен, устройство кровли и т.д. Частота проверок зависит от параметров конкретного объекта и от темпов строительства. По завершению строительства ответственный инспектор проводит итоговую проверку и подготавливает заключение о соответствии или мотивированный отказ с указанием замечаний.

ЗОС является документом строительного надзора, который выдается после окончания итоговой проверки объекта строительства, если завершены все строительные-монтажные работы по проекту и устранены все нарушения. Целью выдачи ЗОС является подтверждение, что завершённые строительные работы полностью соответствуют нормативным актам, техническим регламентами и проектной документации. Также ЗОС является основанием для оформления разрешения на ввод объекта в эксплуатацию.

В настоящее время государственный региональный строительный надзор во Владимирской области осуществляет инспекция государственного строительного надзора. Инспекция подчиняется заместителю Губернатора Владимирской области, который курирует вопросы развития инфраструктуры, ЖКХ и энергетики. Численность сотрудников инспекции – 25 человек. В структуре следующие подразделения: Владимирский, Ковровский, Муромский и Кольчугинский отделы надзора, административный отдел, бухгалтерия, юрист.

С начала года инспекция курирует 298 объектов на территории Владимирской области, за пять месяцев поведено 160 проверок данных объектов. На поднадзорных объектах выявлено более сорока нарушений, выдавались предписания на устранения.

Активность строительства распределяется по региону следующим образом: Наиболее активно застраивается областной центр и его пригороды. На май 2023 года во Владимире строятся 180 объектов капитального строительства. В основном это многоэтажные жилые дома, расположенные в таких микрорайонах как Веризино, Заклязьменский, Коммунар, Юрьеvec. Так же на территории г. Владимира полным ходом идет строительство важных бюджетных объектов: лабораторный корпус Онкодиспансера на ул. Каманина, Рпенский проезд, восстановление Драмтеатра, детский сад в микрорайоне Юрьеvec.

Вторым по количеству объектов является Ковровский район. На май 2023 года под надзором находятся 60 объектов. Активно застраивается частный город Доброград. На его территории одновременно возводится более тридцати объектов различного назначения. За

счет бюджетных средств строится детский сад, физкультурно-оздоровительный комплекс с бассейном, школа на 1100 мест, обширная сеть коммуникаций, дороги.

Из-за большого количества поднадзорных объектов на одного инспектора приходится большой объем получаемой и обрабатываемой информации в процессе осуществления государственного строительного надзора. В связи с этим, значительно осложняется процесс выявления недостатков при строительстве объектов капитального строительства.

Предлагается следующий комплекс мероприятий, который позволит повысить качество государственного строительного надзора за строительством.

За последние годы сильно увеличилось количество возводимых многоквартирных домов с этажностью свыше десяти этажей, зачастую такие здания имеют больше трех-четырёх секций. Произвести осмотр всех квартир у инспектора государственного строительного надзора нет возможности. В данных условиях предлагается обеспечить взаимодействие с собственниками квартир.

Предлагается следующая схема работы.

✓ информировать собственников о необходимости выбора представителя для взаимодействия с органами государственного строительного надзора. При необходимости собственники могут привлекать стороннюю профильную организацию для представления своих интересов;

✓ уведомить представителя собственников о проведении проверки объекта капитального строительства;

✓ организовать возможность присутствия представителя собственников на проверке объекта капитального строительства;

✓ на завершающем этапе строительства инспектор собирает через представителя собственников информацию (в форме анкеты) от собственников о наличии недоделок, дефектов, отклонений от проекта.

Пример заполнения анкеты
по наличию замечаний от собственников объекта жилищного строительства

№ п/п	Элемент здания	Замечания (примеры)
1	Благоустройство придомовой территории	Отсутствует один из элементов игрового комплекса на детской площадке. Столбы ограждения по периметру придомовой территории не имеют надежного крепления.
2	Наружная отделка	Облицовка оконных откосов вентилируемого фасада выполнена без планки примыкания.
3	Отделка мест общего пользования	Отсутствуют доводчики на выходах из тамбурах в воздушную зону незадымляемой лестничной клетки
4	Отделка квартиры	Оконные блоки не оснащены детскими замками
5	Оснащенность квартиры	Отсутствуют дымовые пожарные извещатели в жилых комнатах квартир
6	Система отопления	Отсутствуют терморегуляторы на приборах отопления. Смонтированы алюминиевые радиаторы вместо биметаллических.
7	Системы водоснабжения и водоотведения	Отсутствует подключение задвижки с электроприводом к сети на обводной линии водомерного узла.
8	Система электроснабжения и освещения	Отсутствует заземление в помещении ванной
9	Слаботочные системы	Отсутствуют световые указатели системы эвакуации при пожаре
10	Лифтовое оборудование	Отсутствует табло в кабине лифта в первом подъезде.
11	Котельная	Покрытие пола котельной выполнено без гидроизоляции
12	Прочее	В пожарных шкафах отсутствует пожарные рукава

Важным моментом при анализе анкет является выявление недостатков, которые требуют устранения до приемки объекта в эксплуатацию. К этим недостаткам следует отнести недостатки, которые влияют на безопасность объекта жилищного строительства.

Полученные замечания оформляются надлежащим образом и выдается предписание на их устранение. Только после устранения обоснованных замечаний от собственников объект может быть принят органами государственного строительного надзора и выдано заключение о соответствии.

Заключение.

Предлагаемый комплекс мероприятий позволяет вывести организацию государственного строительного надзора на более высокий уровень, повысить качество сдаваемых в эксплуатацию объектов жилищного фонда за счет взаимодействия инспектора государственного строительного надзора с представителем собственников объекта жилищного строительства.

Возможность взаимодействия собственников объекта жилищного строительства с государственным строительным надзором значительно повысит доверие к данному органу исполнительной власти и снизит финансовые риски собственников, которые связаны с возможной недобросовестностью застройщиков. В свою очередь указанное взаимодействие оказывает положительный эффект на деятельность государственного строительного надзора, поскольку значительно сокращает затраты времени на поиск возможных недостатков на поднадзорном объекте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Люкшин, А. М.** Понятие и значение государственного строительного надзора / А. М. Люкшин // *Russian Journal of Economics and Law*. – 2011. – № 1. – С. 205-208.
2. **Петров, И. А.** Государственный строительный надзор: основания и порядок его осуществления / И. А. Петров // *Наука, техника и образование*. – 2016. – № 10. – С. 44-46.
3. **Новиков, А. А.** Организация проверок при проведении государственного строительного надзора / А. А. Новиков // *Материалы XII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум»*. – 2020. – № 12. – С.10-15.
4. **Подъяблонская, Л. Д.** Теоретические основы государственного контроля и надзора в сфере строительной деятельности / Л. Д. Подъяблонская // *Вестник науки и образования*. – 2022. – № 9. – С. 54-61.
5. **Захаров, Е. В.** Административный контроль и надзор в области строительства: дис. ... канд. юр. наук :12.00.14 / Евгений Владимирович Захаров; Москва, ГОУВПО «Российский университет дружбы народов». – 2009. – С. 178.
6. **Шемякина, Т. Ю.** Методические аспекты проведения строительного надзора и контроля в современных условиях строительства / Т. Ю. Шемякина, О. А. Герасимов // *Вестник Государственного университета управления*. – 2014. – № 14. – С. 280-286.
7. **Белов, А. В.** Задачи обеспечения качества процессов строительства / А. В. Белов // *Промышленность: экономика, управление, технологии*. – 2012. – № 5. – С. 97-99.
8. **Юденко, М. Н.** Комплексная оценка качества объектов жилищного строительства государственными учреждениями / М. Н. Юденко, О. М. Васильева // *Научный результат: Технологии бизнеса и сервиса*. – 2016. – № 3. – С. 57-63.
9. **Топчий, Д. В.** Формирование иерархий в системе организации государственного строительного надзора при репрофилировании городских территорий / Д. В. Топчий, А. Я. Токарский // *Вестник евразийской науки*. – 2018. – № 6. – С. 69.
10. **Токарский, А. Я.** Формирование структуры государственного строительного надзора на объектах реновации / А. Я. Токарский // *Технология и организация строительного производства*. – 2018. – № 2. – С. 22-25.

Поступила в редакцию 10 мая 2023

ORGANIZATION OF STATE CONSTRUCTION SUPERVISION AT HOUSING CONSTRUCTION SITES

A. S. Semenov, N. R. Shmonin

Alexander Sergeevich Semenov, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Construction Production, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia, tel.: +7(920)624-85-59; e-mail: semenov-alex@mail.ru

Nikita Romanovich Shmonin, student, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia, tel.: +7(904)857-77-42, e-mail: shmonin.igsn@yandex.ru

In this article we consider the main issues of state construction supervision related to large volumes of construction on the territory of the Vladimir region and small staff of the State Construction Supervision Inspectorate. We set a task to develop measures that could bring the organization of state construction supervision to a higher level, improve the quality of commissioned housing stock buildings, as well as reduce the financial risks of owners of capital construction facilities. To achieve this task, we make some proposals for the interaction of the responsible inspector of the state construction supervision with the owners through an authorized representative. We believe the interaction of the inspector with the representative of the owners to exchange information is expedient at all stages of construction. It is also proposed to survey the owners at the final stage of construction in order to obtain structured information about all the shortcomings, defects, deviations from the project documentation. We come to conclusion that the proposed mechanism is useful both for homeowners and for the quality of housing construction.

Keywords: state construction supervision; construction control; capital construction facility; housing stock.

REFERENCES

1. **Lyukshin A. M.** *The concept and meaning of state construction supervision.* Russian Journal of Economics and Law. 2011. No. 1. Pp. 205-208. (in Russian)
2. **Petrov I. A.** *State Construction Supervision: Grounds and procedure for its Implementation.* Science, technology and education. 2016. No. 10. Pp. 44-46. (in Russian)
3. **Novikov A. A.** *Organization of inspections during state construction supervision.* Materials of the XII International Student Scientific Conference Student Scientific Forum. 2020. No. 12. Pp. 10-15. (in Russian)
4. **Podiablonskaya L. D.** *Theoretical foundations of state control and supervision in the field of construction activity.* Bulletin of Science and Education. 2022. No. 9. Pp. 54-61. (in Russian)
5. **Zakharov E. V.** *Administrative control and supervision in the field of construction: dis. ... candidate of Legal Sciences :12.00.14 / Evgeny Vladimirovich Zakharov ; Moscow. Peoples' Friendship University of Russia. 2009. 178 p. (in Russian)*
6. **Shemyakina T. Yu., Gerasimov O. A.** *Methodological aspects of construction supervision and control in modern construction conditions.* Bulletin of the State University of Management. 2014. No. 14. Pp. 280-286. (in Russian)
7. **Belov A. V.** *Tasks of ensuring the quality of construction processes.* Industry: economics, management, technology. 2012. No. 5. Pp. 97-99. (in Russian)
8. **Yudenko M. N., Vasilyeva O. M.** *Comprehensive assessment of the quality of housing construction facilities by state institutions.* Scientific result: Business and service technologies. 2016. No. 3. Pp. 57-63. (in Russian)

9. **Topchiy D. V., Tokarsky A. Ya.** *Formation of hierarchies in the system of organization of state construction supervision during the re-profiling of urban areas.* Bulletin of Eurasian Science. 2018. No. 6. Pp. 69. (in Russian)

10. **Tokarsky, A. Ya.** *Formation of the structure of state construction supervision at renovation facilities.* Technology and organization of construction production. 2018. No. 2. Pp. 22-25. (in Russian)

Received 10 May 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Семенов, А. С. Организация государственного строительного надзора на объектах жилищного строительства / А. С. Семенов, Н. Р. Шмонин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 30-36. – DOI 10.36622/VSTU.2023.68.49.003.

FOR CITATION:

Semenov A. S., Shmonin N. R. *Organization of state construction supervision at housing construction sites.* Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 30-36. DOI 10.36622/VSTU.2023.68.49.003. (in Russian)

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

ENGINEERING SYSTEMS AND SERVICES

DOI 10.36622/VSTU.2023.41.58.004

УДК 536.24.08: 66.045.126

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО ПРОЦЕССА В ОРИГИНАЛЬНОМ ПЛАСТИНЧАТОМ ТЕПЛООБМЕННОМ АППАРАТЕ

Н. Ю. Саввин

Саввин Никита Юрьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», Белгород, Российская Федерация, тел.: +7(952)422-25-75; e-mail: n-savvin@mail.ru

Рассмотрен метод увеличения эффективности работы пластинчатого теплообменного аппарата. Для этого была разработана оригинальная геометрия теплообменной пластины. Основная часть имеет сферические углубления, располагающиеся на площадках между рифлений по линейному закону в шахматном порядке и имеющие различный диаметр. В результате геометрическая модель канала интенсифицированного пластинчатого теплообменного аппарата включает в себя форму профиля и размеры теплообменных пластин. Для достижения поставленной цели сформулированы начальные и граничные условия, также выполнено компьютерное моделирование. Создана трехмерная модель пластины, проведено моделирование движения теплоносителя в модифицированном гофрированном канале при различных скоростях теплоносителя. В результате определены численные значения коэффициента турбулизации. На основе использования метода наименьших квадратов предложено уравнение линейной зависимости коэффициента турбулизации от скорости теплоносителя в модифицированном гофрированном канале.

Ключевые слова: пластинчатый теплообменный аппарат; турбулизация; компьютерное моделирование; оригинальная поверхность; сферическое углубление.

Пластинчатое теплообменное оборудование применяется повсеместно от индивидуальных жилых зданий до крупных промышленных объектов. Применение пластинчатого оборудования стало инновационным решением, пришедшем на смену морально устаревшим кожухотрубным теплообменникам. Это привело к росту эффективности теплообменного процесса, снижению металлоёмкости, увеличению срока эксплуатации до капитального ремонта и увеличению периодов проведения обслуживающих регламентных работ. Поэтому исследования направленные на увеличения эффективности теплообменного процесса являются актуальными [1].

Отечественные и зарубежные ученые активно ведут работы по созданию поверхностей, способствующих интенсификации теплообменных процессов. Так, например, в работе [2] рассматривается установка прямоугольных ребер с различной высотой и интервалах в каналах. Применение спиральных труб в сравнении с прямыми способствует разрушению пристенного слоя и, как следствие, увеличению интенсификации теплоносителя [3]. По мнению авторов статьи, использование шаровых турбулизаторов, приводит не только к росту количества вихрей, но и к увеличению потерь напора [4]. Применение лопастей в каналах теплообменного аппарата приводит к генерации продольных вихрей и является эффективным методом повышения тепловых характеристик, но при этом происходит рост отложений в каналах [5]. Применение спирально-винтовых вставок способствует снижению энергозатрат на производство тепла, но значительно усложняет процесс изготовления

теплообменника [6].

Для интенсификации теплообмена была разработана патентнозащищенная конструкция интенсифицированного пластинчатого теплообменного аппарата с модифицированными гофрированными пластинами (рис. 1). Теплообменные гофрированные пластины имеют сферические углубления, располагающиеся на площадках между рифлений по линейному закону в шахматном порядке и имеющие различный диаметр между соседними рифлениями основной теплообменной части [7].

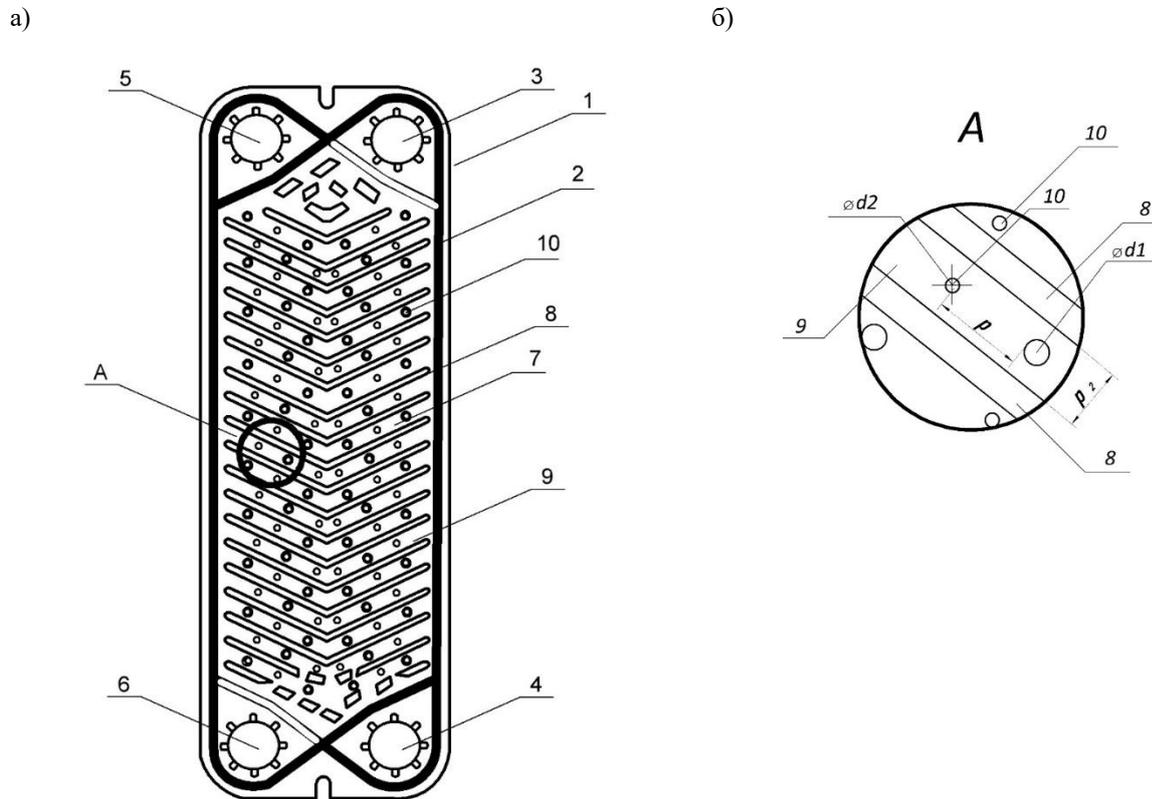


Рис. 1. Теплообменная пластина: а – общий вид пластины; б – фрагмент пластины;
 1 – металлическая пластина, служащая основой изделия;
 2 – герметизирующая прокладка; 3 – выходное отверстие нагреваемого контура; 4 – входное отверстие нагреваемого контура; 5 – входное отверстие греющего контура; 6 – выходное отверстие греющего контура;
 7 – основная теплообменная часть; 8 – рифление (гофра); 9 – площадка между соседними рифлениями;
 10 – технологическое углубление сферической формы; d_1 , d_2 – диаметры углублений, м;
 h – высота углубления, м; p – шаг углублений, м; p_2 – расстояние между соседними рифлениями

Применение пластин с вышеуказанными технологическими углублениями сферической формы позволяет повысить эффективность теплообмена между двумя теплоносителями, например, жидкостями, за счет повышения коэффициента теплопередачи путем турбулизации потока теплоносителя в теплообменнике [8].

Характер течения теплоносителей позволяет эффективно передавать тепло между двумя средами, обеспечивая высокую производительность и экономичность работы теплообменника [9].

Геометрическая модель канала интенсифицированного пластинчатого теплообменного аппарата включает в себя форму профиля и размеры теплообменных пластин, а также расположение входов и выходов рабочих сред (обычно жидкость и газ). Канал имеет сложную геометрическую форму (рис. 2).

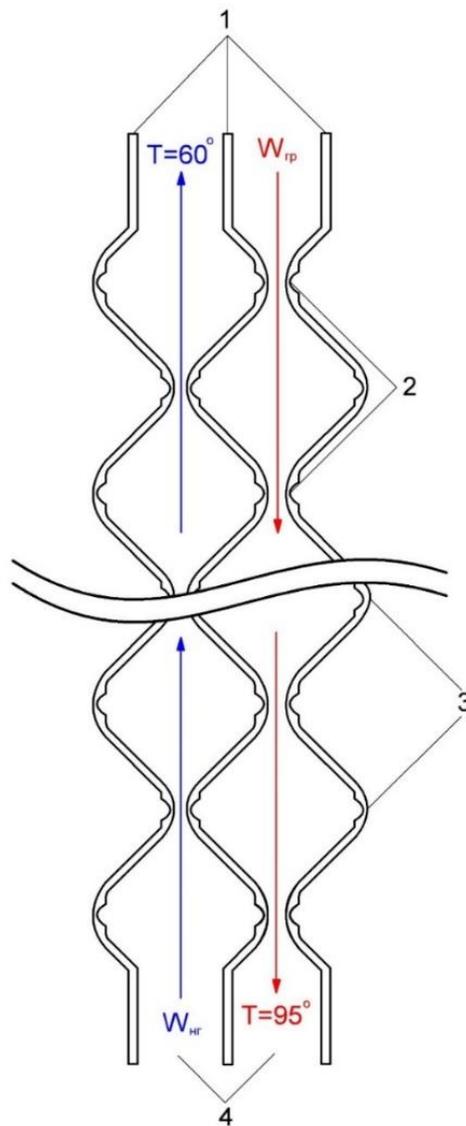


Рис. 2. Сечение межпластинных каналов:

1 – пластины; 2 – сферические углубления; 3 – гофрированная поверхность; 4 – живое сечение каналов;
 $W_{гр}$ – направление потока в греющем контуре; $W_{нгр}$ – направление потока в нагреваемом контуре

Применение модифицированных оригинальных пластин приводит к улучшению теплообмена в пластинчатом теплообменнике благодаря изменению геометрических параметров пластин, таких как угол пересечения и характеристики поверхности. В итоге это приводит к увеличению производительности и эффективности теплообмена, снижению затрат на энергию и сокращению затрат на техническое обслуживание. Однако, такое применение может также привести к возникновению проблем с повышением износа пластин и роста гидравлического сопротивления [10].

Для компьютерного моделирования системы управления теплообменным процессом можно использовать специализированные программные средства, такие как MATLAB Simulink с помощью которого определены управляющие параметры прототипа автоматизированной энергоэффективной системы управления теплообменным процессом на основе интенсифицированного пластинчатого аппарата с повышенной турбулизацией теплоносителя, Ansys Fluent – реализует на основе уравнений теплообмена, уравнений движения жидкости или газа, а также уравнений теплопередачи, математическую модель объекта управления [11].

Исходными данными для моделирования являются параметры объекта управления (теплообменного процесса), такие как геометрия, материалы конструкции, теплопередающая способность, температурные границы и т.д.

Начальные условия при моделировании процесса теплообмена в пластинчатом теплообменнике с помощью программного продукта «Ansys» включают:

- 1) тепловую мощность (или тепловой поток), передаваемую через теплообменник – до 5 МВт.
- 2) давление входного потока – до 1 МПа.
- 3) температуру входного потока – $\min 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ для греющего контура и $\min 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ для нагреваемого контура.
- 4) геометрические параметры теплообменника (длина, ширина) – представлены на рис. 3. Количество пластин – $\min 3$ шт.
- 5) материал пластин – коррозионностойкая сталь марки AISI.

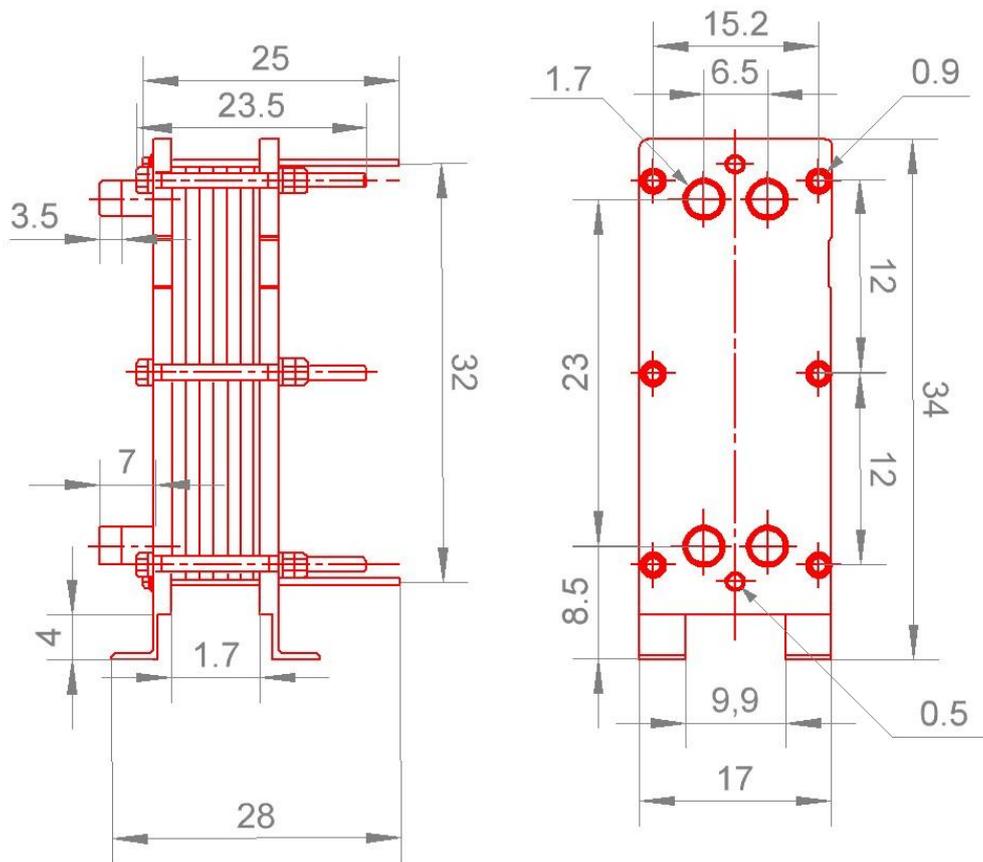


Рис. 3. Геометрические параметры теплообменника

Граничные условия при моделировании процесса теплообмена в пластинчатом теплообменнике включают:

- 1) граничные условия на входных краях теплообменника:
 - ✓ $\max 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ для греющего контура и $\max 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ для нагреваемого контура;
 - ✓ тепловой поток до 5 МВт;
 - ✓ скорость теплоносителя $\max 1,5\text{ м/с}$.
- 2) направления потоков теплоносителя – встречное (как наиболее эффективное).
Схема встречного движения теплоносителей представлена на рис. 4.

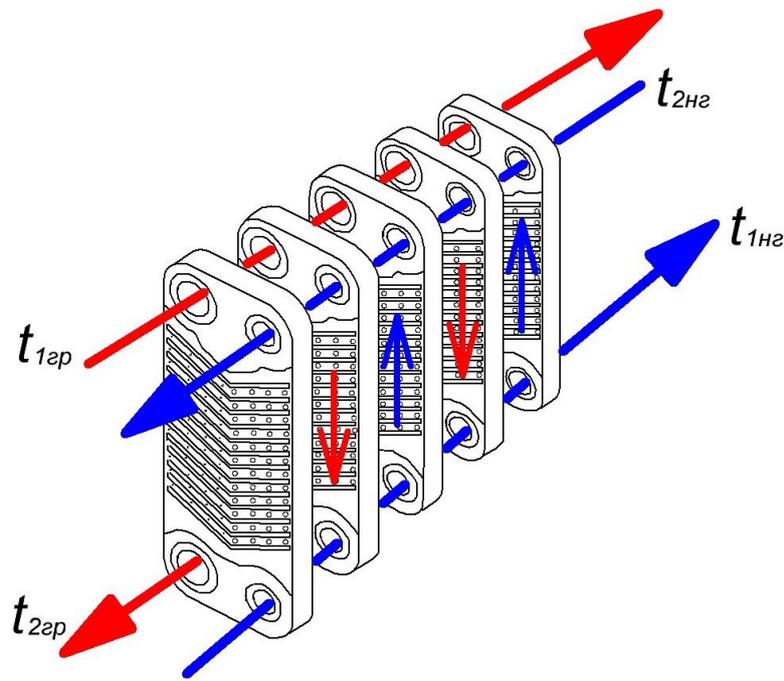


Рис. 4. Схема встречного движения теплоносителей

Кроме того, с учетом оригинальной геометрии основной теплообменной части (см. рис. 1) при проектировании 3D-модели (рис. 5) модифицированных каналов (греющего и нагреваемого) были заданы следующие параметры:

- ✓ геометрия межпластинных каналов соответствует рис. 2;
- ✓ радиус сферических углублений – 0,35 мм, такое значение является оптимальным и способствует сохранению жесткости пластины. Может варьироваться от 10 до 70 % толщины пластины;
- ✓ сферические углубления располагаются на расстоянии, превышающем на 60...120 % значение диаметра сферического углубления.

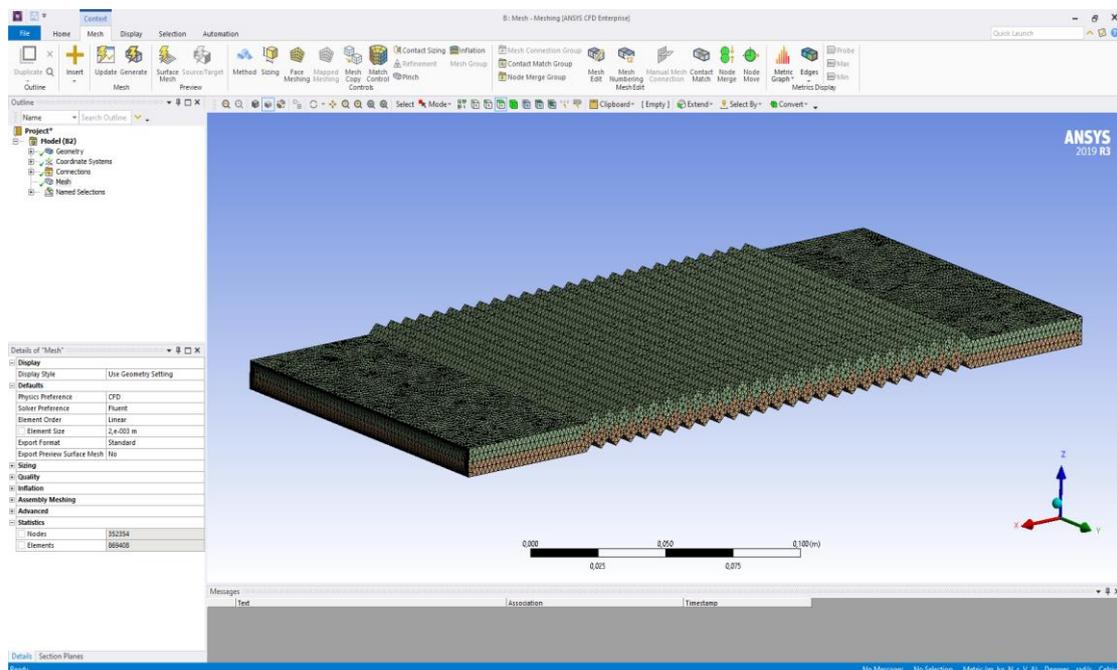


Рис. 5. 3D-модель каналов разработанного теплообменника

Разработанная модель позволяет проанализировать распределение температуры и силовых характеристик вдоль поверхности пластины и выявить особенности течения в зависимости от скорости и температуры потока. Кроме того, она позволяет выбирать оптимальные параметры для улучшения эффективности теплообмена или снижения сопротивления движению в зависимости от конкретных задач и условий эксплуатации системы. Также 3D-модель может быть использована для обучения и демонстрации эффектов турбулентности студентам и инженерам в области аэродинамики и теплообмена.

Следующим этапом стало численное определение коэффициента турбулизации Tu . Для этого были проведены измерения температуры теплоносителей в начале модифицированного канала и в конце при различных скоростных режимах работы оборудования (рис. 6). Данные измерений были обработаны с помощью специальной программы «Ansys», которая позволяет определить коэффициент турбулизации в зависимости от скорости течения.

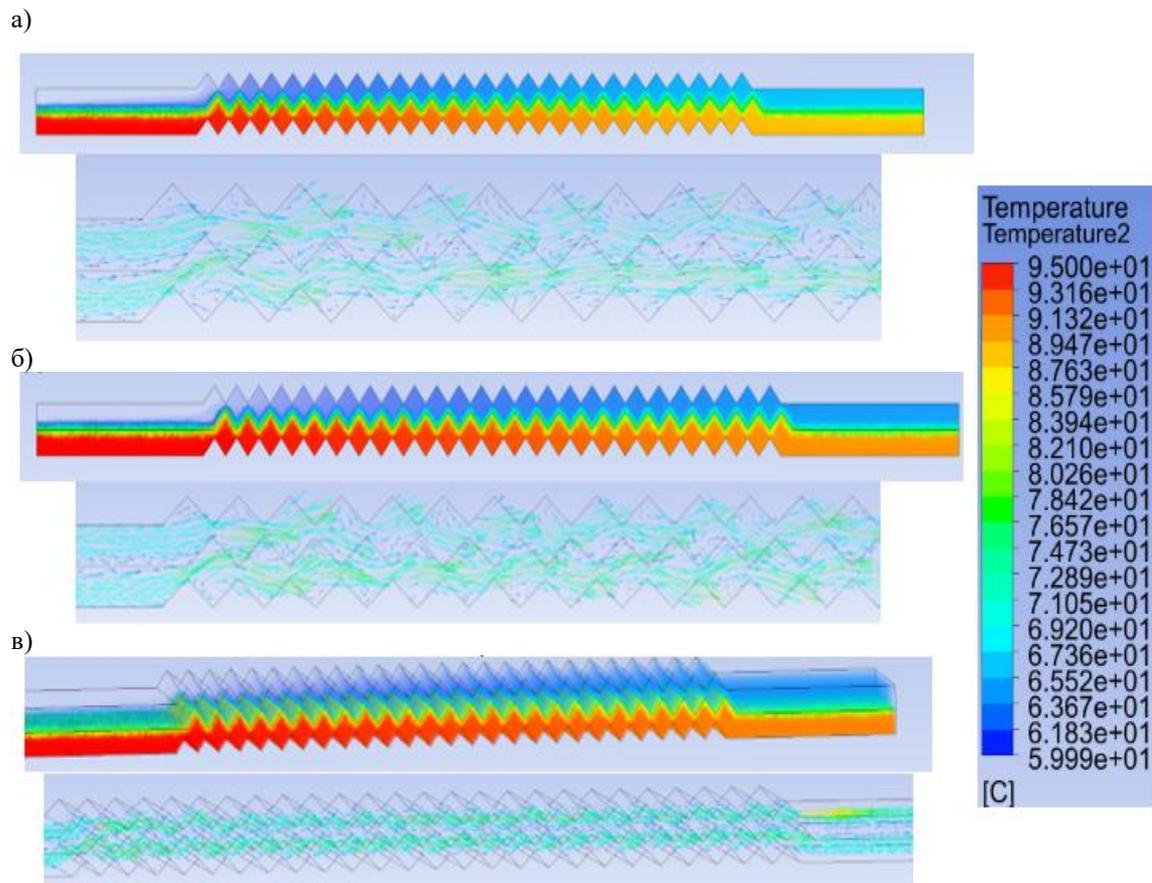


Рис. 6. Распределение температур в процессе теплообмена в межпластинном канале при различных скоростях: а – 0,4 м/с; б – 1 м/с; в – 1,5 м/с

Результаты исследования показали, что коэффициент турбулизации существенно увеличивается при увеличении скорости теплоносителя. Это означает, что при высоких скоростях течения жидкости турбулентные потоки становятся более интенсивными и эффективными. Результаты занесены в таблицу.

Таблица 1

Значения коэффициента турбулизации							
Скорость теплоносителя, м/с	0,15	0,2	0,45	0,8	1,1	1,3	1,5
Фактическое значение коэффициента турбулизации Tu , %	1,3	3,2	5,8	10,2	13	18,6	23,5

Таким образом, для повышения эффективности работы оборудования, связанного с течением жидкости, необходимо увеличивать скорость теплоносителя. Для этого собираются экспериментальные данные о коэффициенте турбулизации при различных значениях скорости и диаметра канала. Затем составляется уравнение линейной зависимости коэффициента турбулизации от скорости, используя метод наименьших квадратов:

$$Tu = 12,2 W.$$

Это уравнение затем может быть использовано для прогнозирования коэффициента турбулизации при других значениях скорости и диаметра канала.

Для подтверждения результатов компьютерного моделирования целесообразно выполнение экспериментальных исследований с целью определения значений коэффициента теплопередачи как осинового параметра, характеризующего эффективность работы теплообменного оборудования. Для этого, необходимо выполнить сравнение значений коэффициентов теплопередачи пластинчатого теплообменного аппарата с серийными гофрированными пластинами и с модифицированными гофрированными пластинами. Схема лабораторной установки, находящейся на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова, изображена на рис. 7.

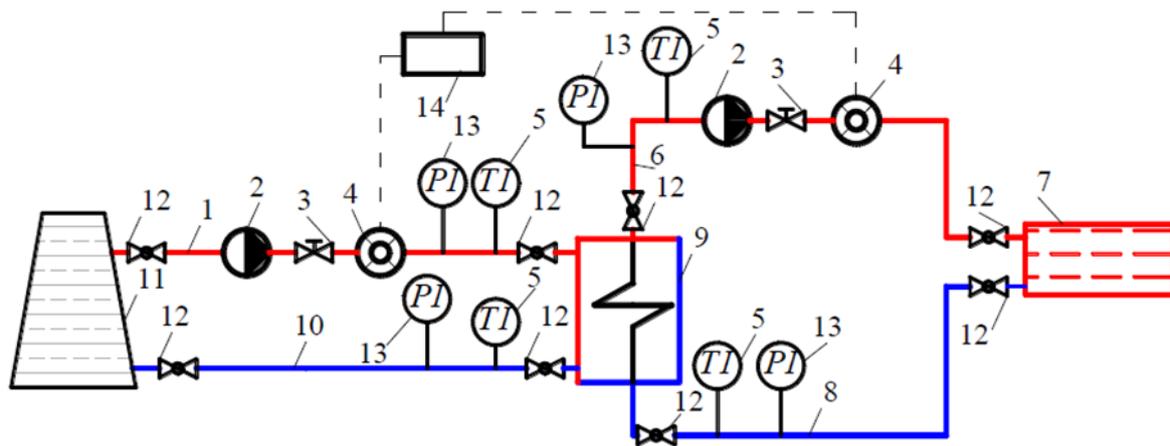


Рис. 7. Схема экспериментальной установки:

- 1 – подающий трубопровод от источника теплоснабжения; 2 – насос; 3 – регулирующее устройство;
- 4 – расходомер; 5 – датчик температуры; 6 – подающий трубопровод от теплообменника;
- 7 – потребители системы отопления; 8 – обратный трубопровод (от системы отопления в теплообменник);
- 9 – пластинчатый теплообменный аппарат; 10 – обратный трубопровод к источнику теплоснабжения;
- 11 – источник теплоснабжения; 12 – шаровый кран; 13 – манометр; 14 – тепловычислитель

Данная установка имеет два независимых контура и позволяет осуществлять контроль следующих параметров:

- ✓ значение температуры на входе греющего контура;
- ✓ значение температуры на выходе греющего контура;
- ✓ значение температуры на входе нагреваемого контура;
- ✓ значение температуры на выходе нагреваемого контура;
- ✓ расход в греющем контуре;
- ✓ расход в нагреваемом контуре.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 8.

Полученный график подтверждает результаты компьютерного моделирования и позволяет определить, как изменяется коэффициент теплопередачи при изменении температуры. Видно, что с использованием модифицированных пластин, удалось увеличить значение коэффициента теплопередачи более чем на 3%. Это связано с высокой степенью турбулизации теплоносителя.

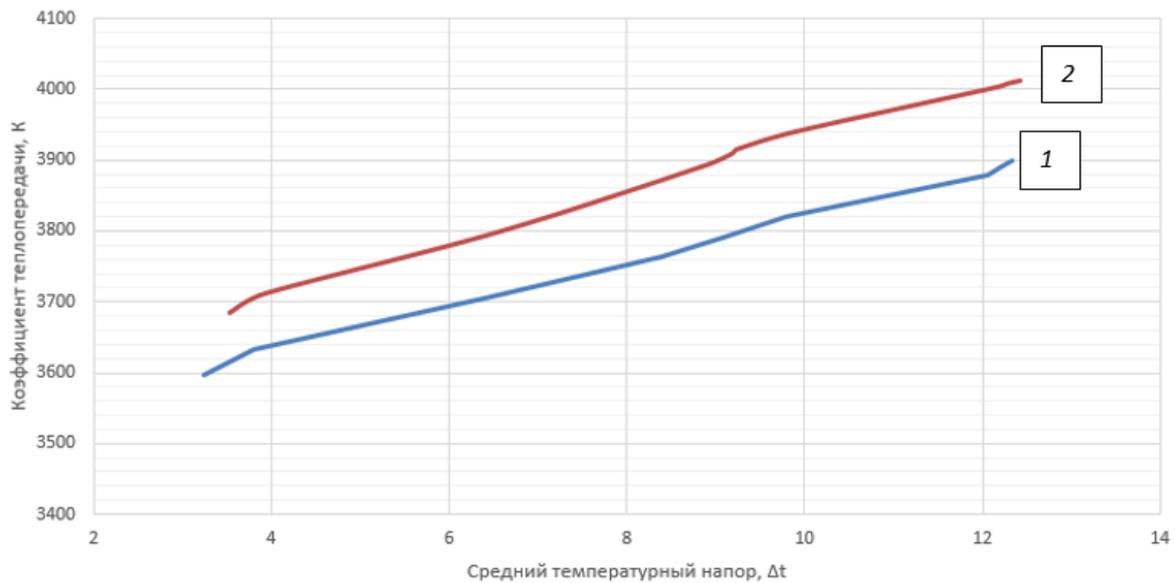


Рис. 8. Значения коэффициента теплопередачи:

- 1 – пластинчатый теплообменный аппарат с серийными гофрированными пластинами;
 2 – пластинчатый теплообменный аппарат с модифицированными гофрированными пластинами

Заключение.

В результате исследования предложена оригинальная геометрия теплообменной пластины, способствующая интенсификации теплообменного процесса.

Выполнено компьютерное моделирование движения теплоносителя в основном диапазоне скоростей. Определены фактические значения коэффициента турбулизации при различных скоростях теплоносителя.

Получена линейная зависимости коэффициента турбулизации от скорости теплоносителя в модифицированном гофрированном канале.

В результате экспериментальных исследований установлено, что коэффициент теплопередачи возрастает с применением модифицированных гофрированных пластин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Интенсифицированный пластинчатый теплообменный аппарат в системах тепло-снабжения ЖКХ РФ / Л. А. Кушев, В. А. Уваров, Н. Ю. Саввин, С. В. Чуйкин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2021. – № 2(62). – С. 60-69.
2. **Kang, C.** Characterization of turbulent heat transfer in ribbed pipe flow / C. Kang, K. S. Yang // Journal of Heat Transfer. – 2016. – Т. 138. – №. 4. – С. 41-50.
3. **Круглов, Г. А.** Теоретические исследования степени взаимосвязи турбулизации потока с коэффициентом теплоотдачи / Г. А. Круглов, В. В. Бакунин, М. В. Андреева // Вестник КрасГАСУ. – 2015. – № 6. – С. 67-73.
4. Heat transfer and friction characteristics of turbulent flow through a circular tube with ball turbulators / W. Yuan, G. Fang, X. Zhang, Y. Tang, Z. Wan, S. Zhang // Applied sciences. – 2018. – Т. 8. – № 5. – Pp. 776.
5. **Song, K.** Flow Symmetry and Heat Transfer Characteristics of Winglet Vortex Generators Arranged in Common Flow up Configuration / K. Song, T. Tagawa, Z. Chen // Symmetry. – 2020. – № 12. – Pp. 38-44.
6. **Maradiya, C.** The heat transfer enhancement techniques and their thermal performance factor / C. Maradiya, J. Vadher, R. Agarwal // Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. – 2018. – Т. 7. – № 1. – Pp. 1-21.

7. **Саввин Н. Ю., Кущев Л. А., Серебrenикова М. В., Волабуев И. В.** Пластина теплообменника, пат. № 201068 (Российская Федерация), МПК F28F 3/00 патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». – № 2020125206: заявл. 29.07.2020: – опублик. 25.11.2020, Бюл. №7 – 9 с.

8. **Некрасов, А. С.** Перспективы развития теплоснабжения России / А. С. Некрасов, Ю. В. Синяк, С. А. Воронина // Проблемы прогнозирования. – 2018. – № 2. – С. 37-54.

9. **Саввин, Н. Ю.** Совершенствование конструкции и метода расчета пластинчатого теплообменного аппарата с повышенной эффективностью: дис. канд. техн. наук: 2.1.3. . – Белгород, 2022. – 177 с

10. **Savvin, N. Yu.** Modern methods of intensification of heat exchange processes in plate apparatuses / N. Yu. Savvin, L. A. Kushchev, A.I. Alifanova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Pp. 93-101.

11. **Кущев, Л. А.** Компьютерное моделирование движения теплоносителя в гофрированном канале пластинчатого теплообменника / Л. А. Кущев, В. Н. Мелькумов, Н. Ю. Саввин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2020. – № 4(60). – С. 51-58.

Поступила в редакцию 4 апреля 2023

SIMULATION OF THE HEAT EXCHANGE PROCESS IN THE ORIGINAL PLATE HEAT EXCHANGER

N. Yu. Savvin

Nikita Yurivich Savvin, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia, tel.: +7(952)422-25-75; e-mail: n-savvin@mail.ru

In this article I consider the method of increasing the efficiency of the plate heat exchanger. For this purpose, I developed the original geometry of the heat exchange plate. The main part has spherical recesses located on the platforms between the corrugations in a linear staggered manner and having different diameters. As a result, the geometric model of the channel of the intensified plate heat exchanger includes the shape of the profile and the dimensions of the heat exchange plates. To achieve this goal, I formulated the initial and boundary conditions, and also performed computer modeling. I created a three-dimensional model of the plate and carried out modeling of the movement of the coolant in a modified corrugated channel at different speeds of the coolant. As a result, I determined the numerical values of the turbulization coefficient. Based on the use of the method of least squares, I proposed an equation of the linear dependence of the turbulization coefficient on the velocity of the coolant in a modified corrugated channel.

Keywords: plate heat exchanger; turbulization; computer simulation; original surface; spherical recess.

REFERENCES

1. **Kushchev L. A., Uvarov V. A., Savvin N. Yu., Chuikin S. V.** *Intensified plate heat exchanger in heat supply systems of housing and communal services of the Russian Federation.* Scientific Journal of Construction and Architecture. 2021. No. 2(62). Pp. 60-69. (in Russian)
2. **Kan S., Yang K. S.** *Characteristics of turbulent heat exchange in a flow through a ribbed pipe.* Journal of heat exchange. 2016. No. 4. Pp. 41-50.
3. **Kruglov G. A., Bakunin V. V., Andreeva M. V.** *Theoretical studies of the degree of correlation of flow turbulence with the heat transfer coefficient.* Bulletin of KrasGASU. 2015. No. 6. Pp. 67-73. (in Russian)

4. **Yuan U., Fang G., Zhang H., Tang Yu., Wang Z., Zhang S.** *Characteristics of heat transfer and friction of turbulent flow through a round pipe with ball turbulators.* Applied Sciences. 2018. Vol. 8. No. 5. Pp. 776-781.
5. **Song K., Tagawa T., Chen Z.** *Flow symmetry and heat transfer characteristics of Wing-let vortex generators located in the general "Flow up" configuration* Symmetry. 2020. No. 12. Pp. 38-44.
6. **Maradia S., Vadher J., Agarwal R.** *Methods of improving heat transfer and their coefficient of thermal characteristics.* Journal of Fundamental and Applied Sciences of Beni-Suef University. 2018. Vol. 7. No. 1. Pp. 1-21.
7. **Savvin N. Yu., Kushchev L. A., Serebrenikova M. V., Volabuyev I. V.** *Heat exchanger plate*, pat. No.201068 (Russian Federation), IPC F28F 3/00 patent holder Federal state Budgetary Educational Institution of Higher Education Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. No. 2020125206: application No. 29.07.2020: publ. 25.11.2020, Bul. No. 7 9 p. (in Russian)
8. **Nekrasov A. S., Sinyak Yu. V., Voronina S. A.** *Prospects for the development of heat supply in Russia.* Problems of forecasting. 2018. No. 2. Pp. 37-54. (in Russian)
9. **Savvin N. Yu.** *Improving the design and calculation method of a plate heat exchanger with increased efficiency.* Technical Sciences. Belgorod. 2022. 177 p. (in Russian)
10. **Savvin N. Yu., Kushchev L. A., Alifanova A. I.** *Modern methods of intensification of heat transfer processes in plate apparatuses.* IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2020. Pp. 93-101.
11. **Kushchev L. A., Melkumov V. N., Savvin N. Yu.** *Computer simulation of the movement of a coolant in a corrugated channel of a plate heat exchanger.* Scientific Journal of Construction and Architecture. 2020. No. 4(60). Pp. 51-58. (in Russian)

Received 4 April 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Саввин, Н. Ю. Моделирование теплообменного процесса в оригинальном пластинчатом теплообменнике / Н. Ю. Саввин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 37-46. – DOI 10.36622/VSTU.2023.41.58.004.

FOR CITATION:

Savvin N. Yu. *Simulation of the heat exchange process in the original plate heat exchanger.* Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 37-46. DOI 10.36622/VSTU.2023.41.58.004. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.65.23.005

УДК 697.922

ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ ДЛЯ ПОДАЧИ ВОЗДУХА В ЗОНУ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Д. В. Лобанов, И. И. Звенигородский, Б. П. Новосельцев, С. А. Сафонов

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

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

Новосельцев Борис Петрович, 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: belebey36@mail.ru

Сафонов Сергей Александрович, канд. техн. наук, доцент, профессор 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: vgasu.gkh@gmail.com

Проведен анализ расхода приточного воздуха в системах вентиляции, требуемого для подачи в помещения умственного труда общественных и административно-бытовых зданий. Выявлено, что расчетный воздухообмен зависит от схемного решения и эффективности системы воздухораспределения. Показано, что для человека, занятого умственным трудом с применением ПЭВМ, наиболее рациональным является использование системы персональной вентиляции с подачей воздуха в зону дыхания. Предложена конструкция персонального воздухораспределительного устройства. Выполнен анализ его оптимального размещения с учетом эргономики рабочего места пользователя ПЭВМ. Установлено, что расход приточного воздуха при его подаче с помощью персональной вентиляции существенно ниже величин, указанных в нормативной и справочной литературе. Предложены мероприятия для снижения расхода воздуха, подаваемого в помещения, без ухудшения экологической обстановки внутренней среды.

Ключевые слова: персональная вентиляция; эффективность воздухораспределения; зона дыхания человека; воздухораспределитель; умственный труд

В настоящее время актуальной задачей является снижение расхода приточного воздуха в системах вентиляции с целью уменьшения типоразмеров оборудования, экономии полезного рабочего объема, уменьшения энергетических затрат и т.д. вентиляционными системами без ухудшения экологической обстановки в помещении.

При применении систем вентиляции требуется подача различного расхода воздуха из-за многообразия схем организации воздухообмена и различия коэффициентов их эффективности. Подача наружного воздуха необходима для удовлетворения потребности человека в кислороде и разбавления загрязненных веществ, находящихся во внутреннем воздухе помещения. Согласно рекомендациям [1] и концепции, изложенной в [2], требуемый расход приточного воздуха для человека, занятого умственным трудом, составляет 0,2...0,6 м³/ч при организации систем персональной вентиляции [3, 4]. Объем подаваемого воздуха имеет важнейшее значение при гигиенической оценке работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха. При этом его величина определяется следующим образом [5]:

✓ 2 м³/ч – для удовлетворения потребностей в кислороде;

- ✓ $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ – для ограничения содержания CO_2 до 0,6 %;
- ✓ $12 \text{ м}^3/\text{ч}$ – для удаления запаха человеческого тела.

Таким образом, для удовлетворения потребности человека в кислороде, необходимо очень малое количество наружного воздуха, т.к. доминирующим при определении требуемого количества наружного воздуха является расчет разбавления двуокиси углерода и запахов, образующихся в местах пребывания людей (при условии ассимиляции теплоизбытков в помещении, разбавления влагоизбытков).

При этом расчетный воздухообмен в помещении определяется по СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» на основании количества выделяющихся в помещении вредных веществ, и корректируется с учетом коэффициента эффективности воздухораспределения по ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». Таким образом, при организации схемного решения, представленного в [2], требуется подача приточного воздуха исключительно на нужды физиологических потребностей человека [6].

Отметим, что имеется минимальная санитарная норма подачи наружного воздуха, составляющая для находящихся более 2 ч непрерывно людей в помещениях общественного и административно-бытового назначения $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ (помещения без естественного проветривания) и $40 \text{ м}^3/\text{ч}$ (помещения с естественным проветриванием) по СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». Значит, с учетом требований нормативных документов величина приточного воздуха составит от 18 до $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ при коэффициенте эффективности воздухораспределения, равном 0,3 и 0,5 соответственно и минимальной санитарной норме для помещения без естественного проветривания. Вышеуказанные величины близки к рекомендуемой подаче наружного воздуха на одного человека, согласно [7].

Из вышеизложенного следует, что величина подачи приточного воздуха, составляющая $0,2 \dots 0,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ [1], возможна при его подаче с использованием масок. Зачастую такой способ не приемлем по ряду причин: неудобство для пользователя (ограничения в движении), подаваемый воздух должен быть тщательно очищен от механических и газовых примесей и т.д. Наибольшее распространение могут получить воздухораспределители, предназначенные для подачи воздуха в зону дыхания человека, но размещенные на некотором расстоянии от лица работающего [8, 9]. Отметим, что зона дыхания по СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» – это пространство радиусом 0,5 м от лица человека.

Рассмотрим укрупненно возможный диапазон требуемого расхода приточного воздуха при организации систем персональной вентиляции с учетом вышеизложенного и требований по эргономике, изложенных в ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». Основные требования по эргономике человека умственного труда при работе на ПЭВМ с учетом рекомендаций [10, 11] представлены на рис. 1.

На рис. 1, б выделены три зоны: 1 – зона для размещения наиболее важных и очень часто используемых органов управления (оптимальная зона моторного поля); 2 – зона для размещения часто используемых органов управления (зона легкой досягаемости моторного поля); 3 – зона для размещения редко используемых органов управления (зона досягаемости моторного поля).

Таким образом, с учетом эргономических требований, размещение приточного устройства от лица работающего должно составлять в среднем 0,7 м. При этом требуется организовать движение воздушного потока таким образом, чтобы площадь поперечного сечения основного участка струи была больше площади, занимаемой головой (лицом) работающего человека с учетом возможных ее отклонений и перемещений по вертикали и горизонтали, см. рис. 2, 3.

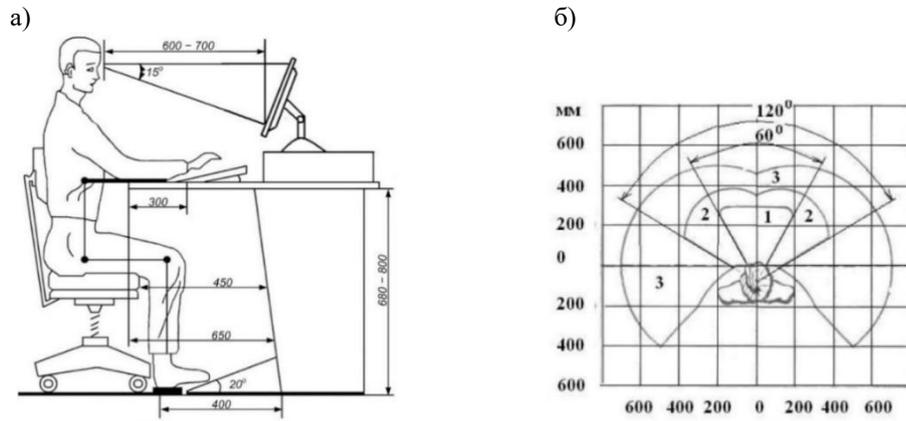


Рис. 1. Эргономические требования автоматизированного рабочего места (положение сидья): а – вид сбоку; б – вид сверху с зонами расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта в горизонтальной плоскости для работы в положении сидья.

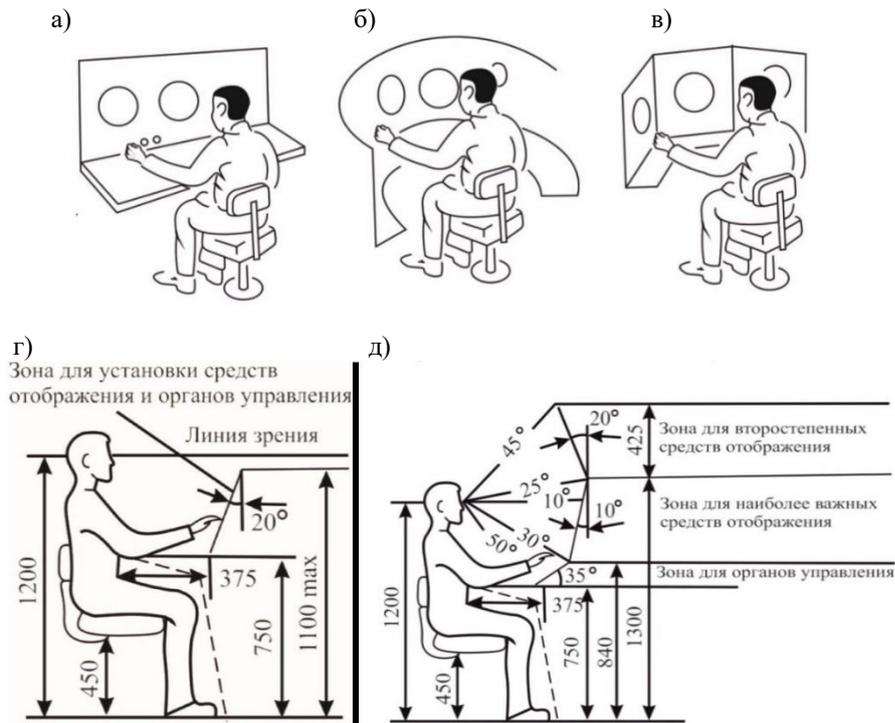


Рис. 2. Варианты размещения пульта оператора в зависимости от формы поверхности приборной доски: а – плоская; б – плавно огибающая; в – секционная; г – контур пульта; д – для работы сидья с обзором поверх пульта; д – для работы сидья

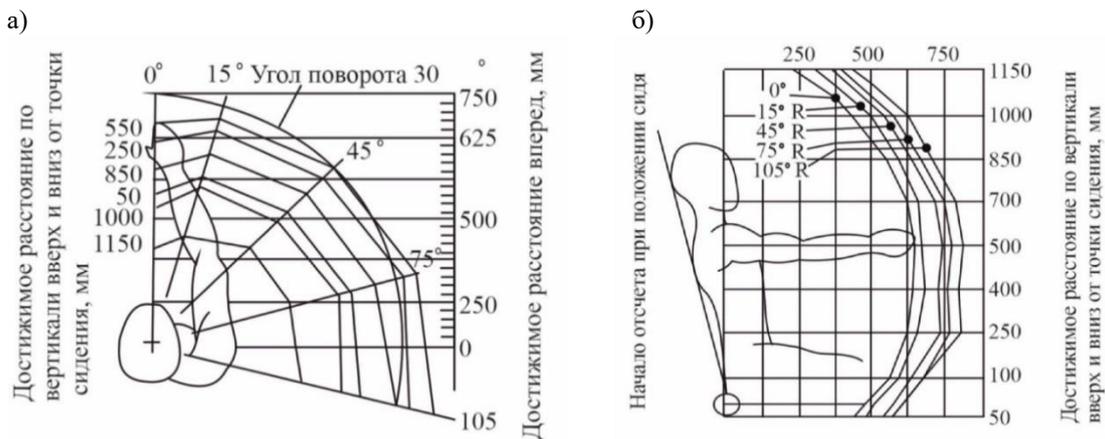


Рис. 3. Максимальное пространство при работе руками: а – вид сверху; б – вид сбоку

Возможная область отклонения головы человека находится в зоне, составляющей $0,159 \leq F \leq 0,3848 \text{ м}^2$ при диаметрах 0,45 м (минимальное) и 0,7 м (максимальное) соответственно (см. рис. 1, 3).

Рассмотрим три варианта:

- 1) $F_1=0,159 \text{ м}^2$ ($d=0,45 \text{ м}$);
- 2) $F_2=0,2719 \text{ м}^2$ ($d=0,59 \text{ м}$);
- 3) $F_3=0,3848 \text{ м}^2$ ($d=0,7 \text{ м}$).

При этом зададимся конечной скоростью (подвижностью) воздуха в зоне дыхания на минимальном уровне – 0,01 м/с. Определим расходы воздуха для вышеописанных случаев: $L_1=5,7 \text{ м}^3/\text{ч}$; $L_2=9,79 \text{ м}^3/\text{ч}$; $L_3=13,85 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При конечной подвижности в зоне дыхания 0,02 м/с расходы приточного воздуха увеличатся и составят

- 1) $L_1=11,45 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при $F_1=0,159 \text{ м}^2$);
- 2) $L_2=19,58 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($F_2=0,2719 \text{ м}^2$);
- 3) $L_3=27,71 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($F_3=0,3848 \text{ м}^2$).

Как показывают многочисленные экспериментальные исследования, при выполнении умственной работы перемещения и отклонения головы человека зачастую укладываются в площадь $0,25 \text{ м}^2$, т.е. $d = 0,56 \text{ м}$. Поэтому обоснованной можно считать величину подачи приточного воздуха $9 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при конечной подвижности 0,01 м/с) или $18 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при конечной подвижности 0,02 м/с, что соизмеримо с минимальным расходом воздуха по СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» с учетом коэффициента эффективности воздухораспределения по ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»).

Отметим, что при организации системы персональной вентиляции лицо человека будет практически постоянно находиться в потоке движущегося воздуха, значит концентрация углекислого газа (CO_2) в зоне дыхания будет равна или близка к концентрации этого газа в приточном воздухе и зависит от месторасположения объекта и/или способа обработки воздуха не только от пыли, но и от газообразных веществ. Однако, длительное нахождение головы человека в потоке движущегося воздуха может привести к высыханию поверхности кожи и слизистой оболочки глаз, поэтому воздухораспределитель должен иметь гибкую конструкцию с возможностью регулирования высоты его установки и параметров воздушной струи [8].

На рис. 4 представлен вариант размещения постоянного рабочего места с расположенным воздухораспределителем персональной системы вентиляции и указанием направления движения воздушного потока при различных углах раскрытия струи.

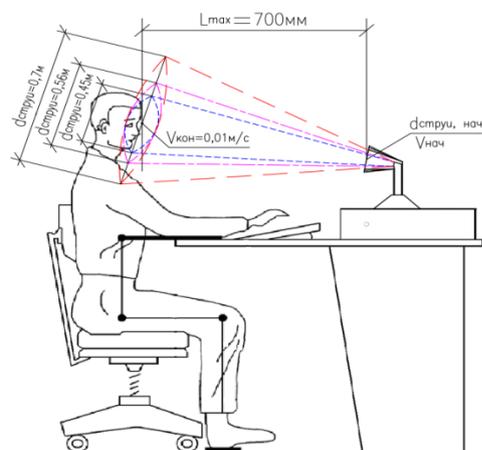


Рис. 4. Вариант размещения рабочего места с расположенным воздухораспределителем персональной системы вентиляции и указанием направления движения воздушного потока при различных углах раскрытия струи

Следует отметить, что возможно уменьшение расхода подаваемого воздуха с 9... 18 м³/ч до меньших значений при разработке новых различных конструкций воздухораспределителей.

В настоящее время авторами проводятся научные исследования и разработка различных видов воздухораспределительных устройств для персональной вентиляции. В частности, предложена модель персонального воздухораспределителя [8], которая относится к области вентиляции и кондиционирования и может быть использована в помещениях умственного труда с постоянными (фиксированными) рабочими местами, в том числе с применением ПЭВМ.

Суть конструкции предлагаемой модели заключается в том, что воздухораспределитель содержит корпус, выполненный в виде полусферы, к которому с одной стороны присоединен воздуховод со встроенным локальным регулирующим устройством, представляющим собой дроссельный клапан, для подачи воздуха, а с другой стороны насадок для выпуска воздуха с изменяемым профилем выпускного отверстия, выполненный в виде полусферы с перфорированной стенкой. По оси полусферы и воздуховода расположен металлический стержень, жестко закрепленный в воздуховоде таким образом, что правый торец стержня ограничивает угол поворота заслонки дроссельного клапана, а для перемещения распорного кольца на левом конце стержня установлено устройство в виде трубы с внутренней резьбой. Такое конструктивное выполнение обеспечивает регулирование угла раскрытия (расширения) и скорости движения приточной струи по желанию пользователя ПЭВМ.

На рис. 5, 6 показаны общий вид и разрез воздухораспределителя при минимальном (D_{\min}) и максимальном (D_{\max}) открытии воздуховыпускного отверстия соответственно.

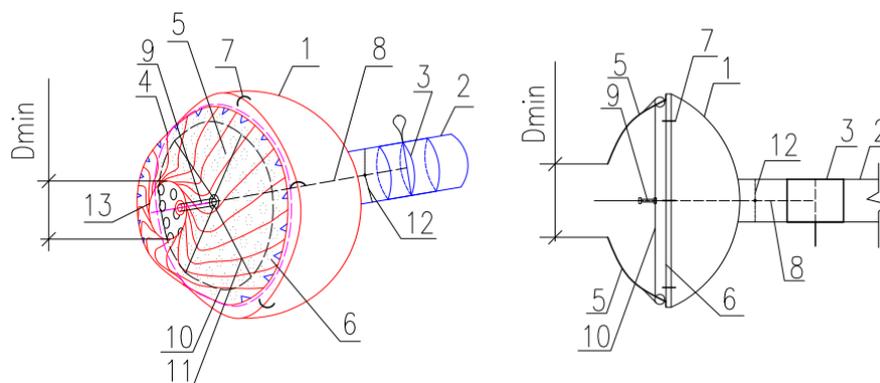


Рис. 5. Воздухораспределительное устройство с минимальным открытием воздуховыпускного отверстия

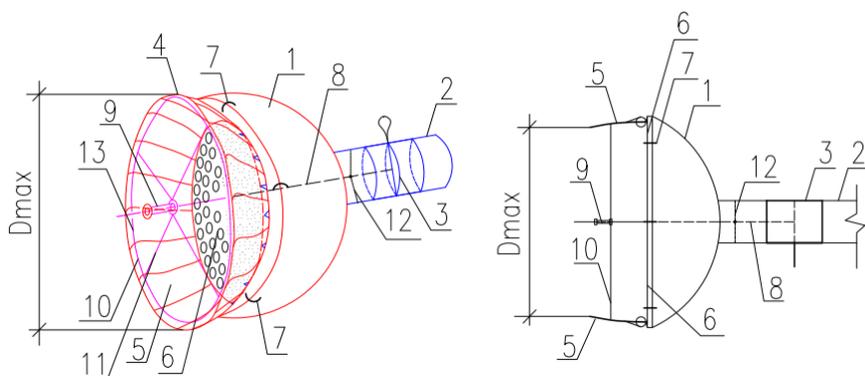


Рис. 6. Воздухораспределительное устройство с максимальным открытием воздуховыпускного отверстия

Предлагаемый воздухораспределитель (см. рис. 5, 6) содержит полый полусферический корпус 1 к которому жестко прикреплен воздуховод 2 для подачи воздуха, в котором расположено устройство для регулирования расхода приточного воздуха 3, представляющее собой дроссельный клапан, а с противоположной стороны к основанию корпуса 1 присоединен насадок 4. Насадок 4 выполнен из набора установленных внахлест и подпружиненных пластин-лепестков 5 на перфорированном основании 6. Насадок 4 присоединен на защелках 7 к корпусу 1, с применением уплотнительного материала (на рис. 5, 6 не показан) по периметру стыка. По оси воздуховода 2, корпуса 1 и насадки 4 (оси указанных элементов 2, 1, 4 расположены на одной прямой линии) размещен металлический стержень 8, который правым торцом (если смотреть на рис. 5, 6) практически касается (зазор 0,2...0,3 мм) дроссельного клапана 3, когда он находится в закрытом положении, т.е. в закрытом положении поворотная заслонка дроссельного клапана 3 перпендикулярна своей боковой плоскостью правому торцу металлического стержня 8 и расположена в непосредственной близости от него. При повороте заслонки дроссельного клапана (т.е. при его открывании) на 90 градусов, ее поверхность касается металлического стержня 8, т.е. правый конец металлического стержня 8 ограничивает поворот заслонки дроссельного клапана более, чем на 90 градусов. Левый конец металлического стержня 8 снабжен резьбой, по которой перемещается рукоятка 9. Рукоятка 9 представляет собой металлическую трубку с внутренней резьбой, правый торец которой соединен с распорным кольцом 10 жесткими связями 11, а левый торец используется в качестве рукоятки для перемещения распорного кольца 10. Следует отметить, что металлический стержень 8 жестко закреплен в воздуховоде 2 с помощью связей 12.

На рис. 7 представлена изготовленная модель воздухораспределителя для подачи воздуха в зону дыхания человека [8] при различных вариантах открытия воздуховыпускного отверстия 13, а также истечение дыма (для лучшей визуализации) при промежуточном варианте открытия отверстия 13.

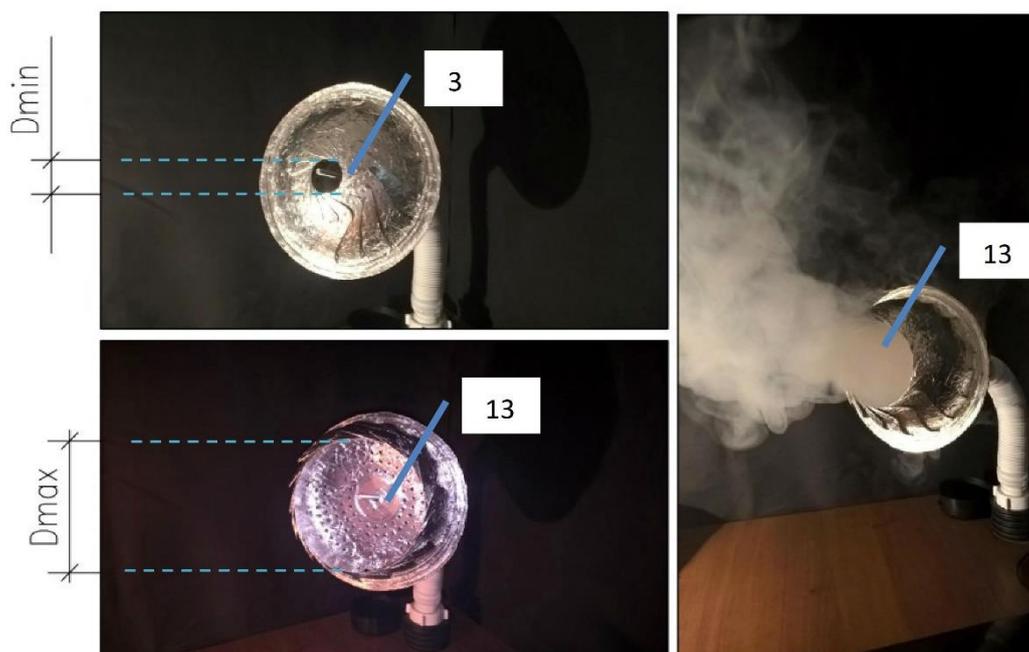


Рис. 7. Внешний вид воздухораспределителя для подачи воздуха в зону дыхания человека

Воздухораспределитель работает следующим образом: приточный вентиляционный воздух по воздуховоду 2 в требуемом количестве, задаваемым работником (пользователем) при помощи регулирующего устройства 3, представляющего собой дроссельный клапан, поступает в корпус 1, проходит через перфорированное основание 6, позволяю-

шее выровнять поле скоростей на входе в воздухораспределительный насадок 4. Затем воздух поступает в объем, ограниченный установленными внахлест подпружиненными пластинами-лепестками 5 и перфорированным основанием 6 и выходит в помещение в виде воздушной струи через выходное отверстие 13 (на рис. 5, 6 показано, что выходное отверстие может иметь размер D_{\min} и D_{\max}). Если в воздухораспределительном насадке 4 установлен минимальный диаметр (D_{\min}) выходного отверстия 13 (см. рис. 5), то формируется воздушная струя с максимальной дальностью и скоростью движения воздуха. Для уменьшения дальности и скорости движения приточной струи на рабочем месте, необходимо увеличить диаметр выходного отверстия 13 (см. рис. 6). Для этого необходимо рукоятку (трубку) 9 повернуть против часовой стрелки, при этом металлическая трубка, имеющая внутреннюю резьбу, перемещается по металлическому стержню 8 (который жестко закреплен), а т.к. трубка 9 жестко соединена связями 11 с распорным кольцом 10, то вместе с трубкой 9 перемещается и распорное кольцо 10, т.е. распорное кольцо отодвигается от перфорированного основания 6, а подпружиненные пластины-лепестки 5 перемещаются (раздвигаются), при этом диаметр выходного отверстия 13 увеличивается (см. рис. 6) до максимального значения (D_{\max}), а скорость приточной струи уменьшается.

Если необходимо увеличить скорость движения приточной струи (увеличить ее дальность) на выходе из отверстия 13, то необходимо, рукоятку 9 повернуть по часовой стрелке. При этом рукоятка 9 будет перемещаться по металлическому стержню 8, а т.к. рукоятка 9 жестко соединена связями 11 с распорным кольцом 10, то и распорное кольцо будет перемещаться вправо в сторону перфорированного основания 6, и одновременно будут перемещаться (сдвигаться) подпружиненные пластины-лепестки 5, а диаметр выходного отверстия 13 будет уменьшаться до D_{\min} (см. рис. 5).

В предлагаемом воздухораспределителе механизмом для индивидуальной (персональной) настройки формы и параметров приточной струи служит распорное кольцо 10, соединенное жесткими связями 11 с трубкой 9, которые перемещаются по металлическому стержню 8, закрепленному неподвижно в воздуховоде 2 жесткими связями 12.

Заключение.

В результате анализа нормативно-справочной литературы определены основные способы уменьшения требуемого расхода приточного воздуха для помещений умственного труда с применением ПЭВМ.

Обоснованы геометрические параметры расположения персонального воздухораспределительного устройства исходя из требований эргономики и условий работы человека, занимающегося умственным трудом с использованием ПЭВМ.

Предложена конструкция воздухораспределителя, обеспечивающего регулируемую подачу воздуха в зону дыхания человека. Регулирование расхода воздуха, а также настройка формы и параметров струи осуществляется индивидуально, в зависимости от текущих потребностей пользователя в текущий момент времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Брух, С. В.** Влияние особенностей метаболизма на воздушный баланс человека. Третье условие комфортности / С. В. Брух // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2005. – №6.
2. **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.
3. **Наумов, А. Л.** Локальные системы кондиционирования воздуха в офисных зданиях»/ А. Л. Наумов, Д. В. Капко // АВОК. – 2012. – № 2. – С. 14-19.
4. **Капко, Д. В.** Персональная вентиляция. Время перейти от теории к практике! /

Д. В. Капко, Р. В. Афанасьев // АВОК. – 2016. – № 5. – С. 18-23.

5. **Бурцев, С. И.** Судовые системы индивидуального комфортного кондиционирования воздуха (теория, схем. решения, принципы проектирования): дис. ... доктора технических наук: 05.04.03. / Сергей Иванович Бурцев; Санкт-Петербург, 1997. – 363 с.

6. **Лобанов, Д. В.** Расчет требуемого воздухообмена в офисном помещении при организации персональной системы вентиляции / Д. В. Лобанов, И. И. Полосин // Приволжский научный журнал. – 2014. – № 1(29). – С. 56-60.

7. **Уаддн, Р. А.** Загрязнение воздуха в жилых и общественных зданиях: Характеристика, прогнозирование, контроль / Р. А. Уаддн, П. А.; Шефф, Пер. с англ. С. А. Пирумовой; под ред. А.И. Пирумова. – Москва: Стройиздат, 1987. – 160 с.;

8. **Звенигородский И. И., Лобанов Д. В., Новосельцев Б. П.** Воздухораспределитель для подачи воздуха в зону дыхания человека, патент на полезную модель ⁽¹⁹⁾RU⁽¹¹⁾207364 ⁽¹³⁾U1 (Российская Федерация), МПК F24F 13/06 патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет». – № 2021111074; заявл. 19.04.2021 ; – опубл. 25.10.2021, Бюл. № 30. – 9 с.

9. **Наумов А. Л., Капко Д. В.** Воздухораспределительное устройство для рабочего стола, патент на изобретение ⁽¹⁹⁾RU⁽¹¹⁾ 2 497 048⁽¹³⁾ C1 (Российская Федерация), МПК F24F 7/00 патентообладатель открытое акционерное общество "ЦНИИПромзданий". – № 2012127479/12; заявл. 03.07.2012; – опубл. 27.10.2013, Бюл. № 30. – 6 с.

10. **Чепелев, Н. И.** Основы эргономики и безопасность труда: учеб. пособие [электронный ресурс] / Н. И. Чепелев, С. Н. Орловский, А. Ю. Щекин. – Красноярск: КГАУ, 2018. – 253 с.

11. **Салвенди Г.** (Ред.) Человеческий фактор (в 6 т.). Том 5. Эргономические основы проектирования рабочих мест. (ред.)/ Пер. с англ. Под общ. ред. В. П. Зинченко, В. М. Мунипова. – Москва: Мир, 1992. – 390 с.

Поступила в редакцию 22 мая 2023

AIR DISTRIBUTOR FOR SUPPLYING AIR TO THE PERSON BREATHING ZONE WHEN USING A PERSONAL VENTILATION SYSTEM

D. V. Lobanov, I. I. Zvenigorodsky, B. P. Novoseltsev, S. A. Safonov

Dmitry Valeryevich Lobanov, Senior Lecturer, Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(903)651-33-43; e-mail: LDV-36@mail.ru

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

Boris Petrovich Novoseltsev, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor of Housing and Communal Services Department, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-28-92; e-mail: belebey36@mail.ru

Sergey Aleksandrovich Safonov, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Professor of Department, Air Force Academy named after N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)244-76-45; e-mail: vgasu.gkh@gmail.com

We analyzed the flow rate of supply air in ventilation systems required for supplying air to the mental work rooms of public and administrative buildings. It has been revealed that the calculated air exchange rate depends on the schematic solution and the efficiency of the air distribution system. We show that the most rational method is to use a personal ventilation system with air supply in the breathing zone for a person engaged in mental work with a PC. We developed the design of a personal air distribution device. We analyzed its optimal location taking into account the ergonomics of a PC user's workplace. We found out that the supply air consumption during its delivery by means of personal ventilation is considerably

lower than the values indicated in normative and reference literature. We proposed measures to reduce the flow rate of air supplied to the premises without deteriorating the environmental conditions of the indoor environment.

Keywords: personal ventilation; air distribution efficiency; human breathing zone; air distributor; mental work.

REFERENCES

1. **Bruch S. V.** *The influence of metabolic peculiarities on human air balance. The third condition of comfort.* Plumbing, Heating, Air Conditioning. 2005. No. 6. (in Russian)
2. **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)
3. **Naumov A. L., Kapko D. V.** *Local air conditioning systems in office buildings.* AVOK. 2012. No. 2. Pp. 14-19. (in Russian)
4. **Kapko, D. V., Afanasiev R. V.** *Personal Ventilation. Time to go from theory to practice!* AVOK. 2016. No. 5. Pp. 18-23. (in Russian)
5. **Burtsev S. I.** *Ship systems of individual comfort air conditioning (theory, schemes. solutions, design principles).* Saint-Petersburg. 1997. 363 p. (in Russian)
6. **Lobanov D.V., Polosin I. I.** *The calculation of the required ventilation in the office space at the organization of personal ventilation system.* Privolzhsky scientific journal. 2014. No. 1(29). Pp. 56-60. (in Russian)
7. **Waddn R. A., Sheff P. A.** *Air pollution in residential and public buildings: Characteristics, prediction, control.* Moscow, Stroyizdat. 1987. 160 p. (in Russian)
8. **Zvenigorodsky I. I., Lobanov D. V., Novoseltsev B. P.** *Air distributor for air supply to human breathing zone, utility model patent* ⁽¹⁹⁾RU⁽¹¹⁾207 364 ⁽¹³⁾U1 (Russian Federation), IPC F24F 13/06 patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State Technical University». No. 2021111074; Appl. 19.04.2021 ; publ. 25.10.2021, bull. No. 30. 9 p. (in Russian)
9. **Naumov A. L., Kapko D. V.** *Air distribution device for a work table, patent for invention* ⁽¹⁹⁾RU⁽¹¹⁾ 2 497 048⁽¹³⁾ C1 (Russian Federation), IPC F24F 7/00 patent holder Open Joint Stock Company «TsNIIPromzdany». No. 2012127479/12; Appl. 03.07.2012 ; publ. 27.10.2013, bull. No. 30. 6 p. (in Russian)
10. **Chepelev N. I., Orlovsky S. N., Shchekin A. Y.** *Fundamentals of ergonomics and labor safety: textbook [electronic resource].* Krasnoyarsk, KSAU. 2018. 253 p. (in Russian)
11. **Salvendy G. (Ed.)** *The Human Factor (in 6 vols.). Volume 5: Ergonomic foundations of workplace design.* Moscow, Mir. 1992. 390 p. (in Russian).

Received 22 May 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Воздухораспределитель для подачи воздуха в зону дыхания человека при использовании системы персональной вентиляции / Д. В. Лобанов, И. И. Звенигородский, Б. П. Новосельцев, С. А. Сафонов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 47-55. – DOI 10.36622/VSTU.2023.65.23.005.

FOR CITATION:

Lobanov D. V., Zvenigorodsky I. I., Novoseltsev B. P., Safonov S. A. *Air distributor for supplying air to the person breathing zone when using a personal ventilation system.* Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 47-55. DOI 10.36622/VSTU.2023.65.23.005. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.14.75.006

УДК 696.2:62-783.1

РАСЧЁТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВРЕМЕНИ СРАБАТЫВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ СЕТИ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

Е. А. Сушко, М. П. Георгиева, И. А. Иванова, Д. В. Каргашилов

Сушко Елена Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-30-00; e-mail: u00075@vgasu.vrn.ru

Георгиева Маргарита Петковна, канд. пед. наук, старший преподаватель кафедры пожаротушения, ФГБУ ДПО «Воронежский институт повышения квалификации сотрудников Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)236-33-05; e-mail: margaritka_geor@mail.ru

Иванова Ирина Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-30-00; e-mail: ivanova-eco@mail.ru

Каргашилов Дмитрий Валентинович, канд. техн. наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-30-00; e-mail: kargashil@mail.ru

В статье приведены статистические данные взрывов бытового газа в жилых домах на территории Российской Федерации в период с 2011 по 2022 год. Проведен расчет избыточного давления взрыва при аварии системы газоснабжения на примере жилого дома, где для обеспечения нормальных бытовых условий в качестве топлива применяется природный газ метан. Расчет показал, что выбор системы сигнализации загазованности и аварийного отключения горючего газа необходимо осуществлять с учетом объема помещения, параметров системы газоснабжения и вида системы вентиляции.

Ключевые слова: газоснабжение; безопасность; взрыв; давление; вентиляция.

Количество аварийных ситуаций и инцидентов в сетях газоснабжения в многоквартирных домах приобрело массовый характер за последние десять-двадцать лет, сопровождаемых большим количеством пострадавших. Основной причиной возникновения аварии является беспечность жителей при использовании газового оборудования и не соблюдение правил безопасности применения газа. Самой сложной задачей является коллективная ответственность граждан за безопасность использования газоснабжения.

Одно нарушение требований безопасности может привести к несчастному случаю, и пострадают все граждане, проживающие в непосредственной близости от жилого дома.

Правительство Российской Федерации приняло ряд нормативных актов, уточняющих требования к газоснабжению, расчет тарифов поставщика газа, порядок заключения договоров и проведения технического обслуживания и ремонта газового оборудования в квартирах [1].

Данный порядок с учетом изменений представлен в Кодексе Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 г. N 195-ФЗ – ст. 9.23. «Нарушение правил обеспечения безопасного использования и содержания внутридомового и внутриквартирного газового оборудования»

По данным исследований, за последние пять лет в России произошло более 100 взрывов бытового газа. Данные представлены на рис. 1.

В большинстве случаев (до 90 %) взрывы в жилых домах вызваны непосредственно утечками газа из бытовых помещений, вызванными поврежденными и разрушенными га-

© Сушко Е. А., Георгиева М. П., Иванова И. А., Каргашилов Д. В., 2023

зовыми трубами, выходом из строя кранов, вентиляей, газовых колонок и печей, взрывом баллонов, содержащих взрывоопасные жидкости и газы. До 3...5 % из-за перегрева, разгерметизации или разрушения (бензин, ацетон, пропан, бутан, ацетилен).



Рис. 1. Статистические данные о взрывах и иных авариях, связанных с бытовым газом в системе газоснабжения жилых домов в России

При взрывах, особенно в многоэтажных зданиях, могут погибнуть десятки людей. Взрывы бытовых газов в жилых домах могут привести к избыточному давлению, обрушению стен и потолков, повышению температуры и возникновению пожаров, образованию вредных для здоровья человека продуктов взрыва и горения [2, 3, 4, 5].

Приведём пример возможных последствий взрыва природного газа метана в одном из жилых домов без системы автоматического отключения подачи газа. Расчётное время перекрытия газового вентиля в соответствии с п. А.1, в) СП 12.13130.2009. составит $T = 5$ мин (300 с).

Размеры помещения с газовым оборудованием $4,15 \text{ м} \cdot 3 \text{ м} \cdot 2,7 \text{ м}$.

Свободный объём помещения $V_{\text{св}} = 0,8 \cdot V_{\text{помещения}} = 0,8 \cdot 4,15 \cdot 3 \cdot 2,7 = 26,96 \text{ м}^3$.

Параметры для дальнейших расчетов приведены в таблице, численные значения получены проведением расчетов по методике определения массы горючего газа, поступившего в помещение при аварии, представленной в п. А. 2.4., СП 12.13130.2009. При определении объемной плотности газа в помещении аварии рассчитывается с учетом температуры окружающей среды [6].

При расчете будем рассматривать наихудшие условия работы вентиляции в помещении использования газовых приборов, а именно отсутствие естественной тяги [7, 8, 9].

Определим количество газа, вышедшего в помещение при аварии за расчетное время:

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (1)$$

$$V_T = 35,71 \text{ м}^3 + 0,0007 \text{ м}^3 = 35,7107 \text{ м}^3.$$

Рассчитаем массу газа, вышедшего в результате аварии в помещение:

$$m = V_T \cdot \rho_{\text{метана}}, \quad (2)$$

$$m = 35,7107 \text{ м}^3 \cdot 0,668 \text{ кг/м}^3 = 23,86 \text{ кг}.$$

Рассчитаем избыточное давление взрыва, вызванное утечкой газа в частном жилом доме, при ручном перекрытии вентиля газопроводной трубы:

$$\Delta P = (P_{\text{max}} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{г.в}}} \frac{100}{C_{\text{ст}} K_{\text{н}}}, \quad (3)$$

$$\Delta P = (706 - 101) \cdot \left(23,86 \cdot \frac{0,5}{26,96} \cdot 0,668\right) \cdot \frac{100}{9,36} \cdot \frac{1}{3} = 1407,29 \text{ кПа.}$$

Показатели и их значения для расчета избыточного давления взрыва
в рассматриваемом помещении

Обозначение показателя	Наименование показателя	Расчётное значение
P_{\max}	максимальное давление	706 кПа
P_0	начальное давление	101 кПа
m	масса горючего газа	23,86 кг
V_T	объём газа, вышедшего из трубопровода при аварии	35,7107 м ³
V_{1T}	объём газа, вышедшего из трубопровода до его отключения	35,71 м ³
q	расход газа (при диаметре трубы 32 мм)	0,119 м ³ /с
T	расчетное время отключения трубопроводов	300 с
V_{2T}	объём газа, вышедшего из трубопровода после его отключения	0,0007 м ³
P_2	максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту рабочее давление в газовой трубе)	300 кПа
r	внутренний радиус трубопровода	0,0032 м
L	длина трубопровода от аварийного аппарата до задвижек	7,5 м
Z	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,5
$\rho_{\text{метана}}$	плотность метана	0,668 кг/м ³
$V_{\text{св}}$	свободный объём помещения	26,96 м ³
$C_{\text{ст}}$	стехиометрическая концентрация ГГ	9,36
β	стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	2
K_n	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

Согласно данным таблицы А4, ГОСТ Р 12.3.047-2012, избыточное давление взрыва, равное 1407,29 кПа приведёт к полному разрушению здания.

Теперь проведём расчёт избыточного давления взрыва с учётом, что в доме установлен сигнализатор загазованности с аварийным отключением подачи газа, время срабатывания на аварийное отключение $T = 2$ мин. (120с).

Определим количество газа вышедшего в помещение при аварии за расчетное время по формуле (1):

$$V_T = 14,2807 \text{ м}^3 + 0,0007 \text{ м}^3 = 14,2814 \text{ м}^3.$$

Рассчитаем массу газа, вышедшего в результате аварии в помещение по формуле (2):

$$m = 14,2814 \text{ м}^3 \cdot 0,668 \text{ кг/м}^3 = 9,54 \text{ кг}$$

Рассчитаем избыточное давление взрыва, возникшее в результате утечки газа в индивидуальном жилом доме, при аварийном отключении подачи газа по формуле (3):

$$\Delta P = (706 - 101) \cdot \left(9,54 \cdot \frac{0,5}{26,96} \cdot 0,668\right) \cdot \frac{100}{9,36} \cdot \frac{1}{3} = 554,39 \text{ кПа}$$

В результате срабатывания системы аварийного отключения газа ΔP уменьшилась в 2,54 раза, однако этого давления всё равно достаточно для полного разрушения здания, которое по приведенному выше нормативному документу равно 100 кПа.

Рассмотрим вариант снижения давления взрыва при увеличении свободного объёма помещения с газовым оборудованием, увеличив его площадь, например, до 10 м², что уве-

личит его свободный объем более чем в 2 раза до $64,8 \text{ м}^3$, оставим время аварийного отключения $T = 2 \text{ мин. (120с)}$.

$$P = (706 - 101) \cdot \left(9,54 \cdot \frac{0,5}{64,8} \cdot 0,668\right) \cdot \frac{100}{9,36} \cdot \frac{1}{3} = 105,94 \text{ кПа.}$$

Из расчетов видим, что увеличение давления приводит к снижению давления взрыва, но для достижения безопасного значения площадь помещения с газовым оборудованием увеличивается в несколько раз.

Также уменьшение давления взрыва можно достичь снижением массы газа, вышедшего при аварии в помещение, понизив давление в газопроводе и его диаметр, но это приведет к снижению расхода газа и не возможности использования газового оборудования согласно паспортных данных.

Таким образом, для безопасного использования в быту горючего газа и предотвращения аварийных ситуаций с тяжёлыми последствиями для жизни, здоровья людей, а также сохранности имущества, необходима установка системы сигнализации загазованности и аварийного отключения газа (САОГ), которая предотвратит образование в помещении с газовыми приборами его критического значения [10].

Подберём систему аварийного отключения газа со временем отключения подачи газа, которая обеспечивала бы предотвращение разрушения здания при возможной утечке газа и его взрыве, и чтобы давление взрыва не повлияло на людей.

При расчете максимального давления взрыва принимается значение, не превышающее 5 кПа , которое, согласно таблице А4, ГОСТ Р 12.3.047-2012, является нижним порогом воздействия на человека. Избыточное давление по формуле (1) в этом случае составит:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{г.в}}} \frac{100}{C_{\text{ст}}} \frac{1}{K_{\text{н}}} = 4,99 \text{ кПа.}$$

Вычислим массу газа, вышедшего из трубопровода при аварии из выражения (3):

$$(706 - 101) \cdot \left(\frac{m \cdot 0,5}{26,96 \cdot 0,668}\right) \cdot \frac{100}{9,36} \cdot \frac{1}{3} = 4,99,$$

получаем: $m = 0,183 \text{ кг}$.

Найдём объём газа, вышедшего из оборудования (трубопровода и аппарата) при аварии, по формуле.

$$V_a + V_T = \frac{m}{\rho}, \quad (4)$$

$$V_a + V_T = \frac{0,183 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}}{0,668 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,3 \text{ м}^3.$$

Определим расчётное время, за которое должна сработать система аварийного отключения подачи газа, обеспечивающая возможное максимальное давление взрыва, не превышающее 5 кПа , по формуле

$$T = \frac{V_a + V_T - V_{2T}}{q}, \quad (5)$$

$$T = \frac{0,3 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}}{0,119 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}} = 2,5 \text{ с.}$$

Таким образом, система аварийного отключения газа, которая обеспечивала бы предотвращение разрушения здания при возможной утечке газа и его взрыве, а также предотвращение воздействия давления взрыва на человека должна срабатывать не позднее, чем через $2,5 \text{ с}$ после начала утечки для данного помещения и применяемого газового оборудования.

Заключение.

Проанализировав приведенные расчеты можно сделать вывод о том, что безопасное количество горючего газа, поступающего в помещение при аварийной ситуации, напрямую зависит от объема помещения, расхода системы газоснабжения и времени срабатывания САОГ.

Таким образом, рассматривая эффективность САОГ для каждого газоиспользующего помещения, необходимо учитывать выше приведенные параметры, и наличие тяги, например допускается рассматривать работу механической вентиляции, но при этом применяемые в САОГ вентиляторы должны соответствовать требованиям к соответствующим системам, а именно: иметь резервные вентиляторы или систему аварийной вентиляции это позволит увеличить время аварийного отключения системы без изменения параметров помещения и расхода системы газоснабжения жилого дома.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Внедрение социального проекта, направленного на предотвращение чрезвычайных ситуаций, связанных с взрывами бытового газа / Н. К. Новосельский, Р. Е. Чечура, Г. И. Латышенко и др. // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Экономический прорыв Приенисейской Сибири: конкурентоспособность, качество жизни, человеческий капитал». – 2019 – № 47(91). – С. 69-74.

2. Динамика концентраций тяжелых газообразных вредных веществ в помещениях и их взрывопожароопасность / К. А. Скляр, Е. А. Сушко, С. Л. Карпов, С. А. Колодяжный // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2010. – Т. 1. – № 1(1). – С. 161-163.

3. **Облиенко, А. В.** Экспериментальные исследования закономерностей распространения пожаровзрывоопасных веществ в промышленных помещениях / А. В. Облиенко, С. О. Потапова, Е. А. Сушко // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 3(19). – С. 154-163.

4. **Скляр, К. А.** Организация проведения экспериментов по подтверждению адекватности математической модели процессов распространения дымовых газов в помещении / К. А. Скляр, Е. А. Сушко, А. В. Чухлебов // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2013. – № 1-1(2). – С. 425-429.

5. **Однолько, А. А.** Теория горения и взрыва. возникновение и распространение горения. оценка пожаровзрывоопасности веществ и материалов / А. А. Однолько, С. А. Колодяжный, Н. А. Старцева // курс лекций: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 280705.65 Пожарная безопасность. – Воронеж, 2011.

6. **Сушко, Е. А.** Анализ применимости расчетных методов определения значений среднеобъемной плотности газовой среды в помещении при пожаре / Е. А. Сушко, К. А. Скляр, А. П. Паршина // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2013. – № 2(11). – С. 89-93.

7. **Сушко, Е. А.** Разработка методики расчета рациональных режимов систем вентиляции производственных помещений / Е. А. Сушко, К. Н. Сотникова, С. Л. Карпов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2011. – № 2(22). – С. 143-149.

8. **Колодяжный, С. А.** Влияние способа организации воздухообмена на динамику распределения относительной концентрации газообразных вредных веществ в объеме производственного помещения / С. А. Колодяжный, Н. А. Старцева // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2003. – № 7-3. – С. 171-174.

9. Автоматизация процессов регулирования газовой среды / С. Г. Тульская, А. А. Губин, С. А. Петров, Р. А. Задвицкий // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2019. – № 4(17). – С. 24-28.

10. Внедрение инновационных технологий для предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных со взрывами бытового газа в жилых домах / Н. К. Новосельский, Р. Е. Чечура, Г. И. Латышенко и др. // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2019. – Т. 2. – С.751-753.

Поступила в редакцию 16 мая 2023

CALCULATED SUBSTANTIATION OF THE ACTIVATION TIME OF THE SYSTEM OF AUTOMATIC SHUT-OFF OF THE GAS SUPPLY NETWORK IN A RESIDENTIAL HOUSE

E. A. Sushko, M. P. Georgieva, I. A. Ivanova, D. V. Kargashilov

Elena Anatolyevna Sushko, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor of the Department of Technosphere and Fire Safety, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-30-00; e-mail: u00075@vgasu.vrn.ru

Margarita Petkovna Georgieva, Cand. Sc. (Pedagogy), Senior Lecturer, Department of Fire Fighting, Voronezh Institute for Advanced Training of Employees of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)236-33-05; e-mail: margaritka_geor@mail.ru

Irina Aleksandrovna Ivanova, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor of the Department of Technosphere and Fire Safety, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-30-00; e-mail: ivanova-eco@mail.ru

Dmitry Valentinovich Kargashilov, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor of the Department of Technosphere and Fire Safety, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-30-00; e-mail: kargashil@mail.ru

The article presents statistical data on household gas explosions in residential buildings on the territory of the Russian Federation in the period from 2011 to 2022. We also carried out the calculation of the overpressure of the explosion in case of an accident in the gas supply system in one of the many residential buildings, where methane is used as fuel to ensure normal living conditions. The calculation showed that the choice of a gas contamination alarm system and an emergency shutdown of combustible gas must be done taking into account the volume of the room, the parameters of the gas supply system and the type of ventilation system.

Keywords: gas supply; safety; explosion; pressure; ventilation.

REFERENCES

1. **Novoselsky N. K., Chechura R. E., Latyshenko G.I. and others.** *Implementation of a social project aimed at preventing emergency situations related to household gas explosions.* Collection of articles of the International scientific and practical conference Economic breakthrough of the Yenisei Siberia: competitiveness, quality of life, human capital. 2019. No. 47(91). Pp. 69-74. (in Russian)
2. **Sklyarov K. A., Sushko E. A., Karpov S. L., Kolodyazhny S. A.** *Dynamics of concentrations of heavy gaseous harmful substances in premises and their explosion and fire hazard.* Fire safety: problems and prospects. 2010. Vol. 1. No. 1(1). Pp. 161-163. (in Russian)
3. **Oblienko A. V., Potapova S. O., Sushko E. A.** *Experimental studies of the patterns of the spread of fire-explosive substances in industrial premises.* Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. 2010. No. 3(19). Pp. 154-163. (in Russian)
4. **Sklyarov K. A., Sushko E. A., Chukhlebov A. V.** *Organization of experiments to confirm the adequacy of the mathematical model of flue gas propagation processes in the room.* Problems of ensuring safety in the aftermath of emergencies. 2013. No. 1-1(2). Pp. 425-429. (in Russian)
5. **Odnolko A. A., Kolodyazhny S. A., Startseva N. A.** *Burning and explosion theory. the occurrence and spread of gorenje. assessment of the fire and explosion hazard of substances*

and materials. Course of lectures: a textbook for students studying in the specialty 280705.65 Fire safety. Voronezh. 2011. (in Russian)

6. **Sushko E. A., Sklyarov K. A., Parshina A. P.** *Analysis of the applicability of computational methods for determining the values of the average volume density of a gas medium in a room during a fire*. Scientific Journal. Engineering systems and structures. 2013. No. 2(11). Pp. 89-93. (in Russian)

7. **Sushko E. A., Sotnikova K. N., Karpov S. L.** *Development of methods for calculating rational modes of ventilation systems of industrial premises*. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. 2011. No. 2(22). Pp. 143-149. (in Russian)

8. **Kolodyazhny S. A., Startseva N. A.** *The influence of the method of organizing air exchange on the dynamics of the distribution of the relative concentration of gaseous harmful substances in the volume of the production room*. Bulletin of the Voronezh State Technical University. 2003. No. 7-3. Pp. 171-174.

9. **Tulskaya S. G., Gubin A. A., Petrov S. A., Zadvitsky R. A.** *Automation of gas environment regulation processes*. Urban planning. Infrastructure. Communications. 2019. No. 4(17). Pp. 24-28. (in Russian)

10. **Novoselsky N. K., Chechura R. E., Latyshenko G. I. and others.** *Introduction of innovative technologies to prevent emergency situations related to household gas explosions in residential buildings*. Actual problems of aviation and cosmonautics. 2019. Vol. 2. Pp. 751-753. (in Russian)

Received 16 May 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Расчётное обоснование времени срабатывания системы автоматического отключения сети газоснабжения жилого дома / Е. А. Сушко, М. П. Георгиева, И. А. Иванова, Д. В. Каргашилов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 56-62. – DOI 10.36622/VSTU.2023.14.75.006.

FOR CITATION:

Sushko E. A., Georgieva M. P., Ivanova I. A., Kargashilov D. V. *Calculated substantiation of the activation time of the system of automatic shut-off of the gas supply network in a residential house*. Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 56-62. DOI 10.36622/VSTU.2023.14.75.006. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.99.51.007

УДК 628.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧИСТКИ ТАЛОГО СТОКА С ПЛОЩАДКИ НАКОПЛЕНИЯ СНЕГА

О. В. Сидоренко, Е. И. Вялкова, М. Е. Казанцев, В. С. Шкавро

Сидоренко Ольга Владимировна, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой Инженерных систем и сооружений, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(345)228-39-23; e-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru

Вялкова Елена Игоревна, канд. техн. наук, доцент кафедры Инженерных систем и сооружений, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(982)789-53-64; e-mail: vyalkova-e@yandex.ru

Казанцев Максим Евгеньевич, студент кафедры Инженерных систем и сооружений, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(908)872-21-72; e-mail: kirill.kazancev.03@mail.ru

Шкавро Виктория Сергеевна, студент кафедры Инженерных систем и сооружений, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(952)340-35-87; e-mail: vshkavro@inbox.ru

Круглогодичная утилизация больших объемов загрязненного снега и талых вод – одна из важнейших задач коммунальных служб промышленных населенных пунктов. Концентрации техногенных загрязнений с талым стоком попадают на прилегающие территории и водные объекты, нанося вред окружающей среде. В данном исследовании предлагается решение проблемы очистки талых вод со специализированных площадок по утилизации снега в городе. Исследования проводились в лабораторных условиях на нескольких пробах талого стока. Разработанная технологическая схема включает в себя: преаэратор, смеситель, отстойник со встроенной камерой хлопьеобразования, механический и сорбционный фильтры, ультрафиолетовое обеззараживание. Такая последовательность очистки позволяет получить требуемое качество воды для сброса в водоем рыбохозяйственного назначения.

Ключевые слова: площадка накопления снега; талый сток; показатели качества; лабораторное моделирование; технологическая схема станции очистки.

Проблема уборки и накопления снега в населенных пунктах России актуальны повсеместно, но особенно в северных районах [1, 2, 3]. Снежные свалки и полигоны отличаются высоким содержанием мусора, бытовых отходов и загрязняющих химических веществ [4, 5]. Свалки снега представляют собой экологическую и санитарно-эпидемиологическую опасность для прилегающих жилых районов, земельных угодий и водных объектов. Концентрации техногенных загрязнений с талым стоком попадают на прилегающие территории, мигрируют в почву, источники воды и наносят неопределимый вред окружающей среде. [6, 7].

Замечено, что в процессе накопления, сбора и транспорта снега к местам свалок он существенно изменяет свое качество по отношению к фоновому состоянию [8]. Это связано с загрязненной городской средой, которое вызвано интенсивностью транспортного движения, санитарным состоянием территорий, и применением больших количеств антигололедных химических реагентов в зимнее время [9].

Выхлопы транспортных средств вносят в окружающую среду нефтепродукты, продукты сгорания и ионы тяжелых металлов. Установлено, что концентрации загрязнений талого стока отдельных районов г. Тюмени существенно превышают нормативно-допустимые значения, установленные для сброса водный объект: по взвешенным веществам – в 1088 раз, ХПК – в 400 раз, нефтепродуктам – в 34 раза, хлоридам – в 26 раз и железу – в 805

раз [8, 10, 11]. На территории г. Нижневартовска выявлено увеличение в 10...50 раз содержания в твердой фракции снежного покрова ионов Mn, Ni, Fe, Zn по сравнению с фоновыми значениями [12, 13].

Антигололедные реагенты (АГР) производятся на основе технической соли и содержат разнообразные химические добавки. Применение АГР влечет за собой превышение в десятки раз норм общей минерализации в воде водоемов, куда стекает или сбрасывается неочищенный талый сток. Например, результаты обследования снежного покрова в г. Тюмени показали, что содержание хлоридов достигает 202...564 мг/дм³ в пробах снега, взятых рядом с магистральными автодорогами [14]. Современные АГР включают хлориды кальция, натрия и калия. С целью снижения агрессивности среды в данные смеси добавляют формиаты натрия, а также мелкий мраморный щебень для повышения сцепления поверхностей. Это приводит к увеличению в талой воде содержания, ХПК, количества взвешенных веществ и резкому отклонению рН от нормы [15, 16].

Талый сток проявляет миграционные свойства, перенося техногенные загрязнения на земельные участки сельскохозяйственного значения, как это обнаружилось в Тверской области. Повышенные концентрации нитратов, хлоридов, сульфатов, а также наличие ионов свинца, кадмия, меди и других металлов были определены в почве сельхозугодий [17].

Неочищенный талый сток с площадок накопления снега в процессе активного снеготаяния проникает в толщу грунта, перенося загрязняющие вещества в подземные и прилегающие поверхностные источники питьевого водоснабжения [11, 18]. Отмечено, что в мае-июле концентрации практически всех видов загрязнений, таких как нефтепродукты, хлориды, ХПК, хром, свинец и содержание растут в 2...4 раза, к сентябрю-октябрю снижаются до фоновых значений водоемов. Такие виды загрязнений практически не подлежат биоразложению, и, наоборот, являются ингибиторами развития микроорганизмов и всех окислительных процессов [19].

С целью предупреждения отрицательного влияния талого стока снегосвалок на окружающую среду, а также по директивам нормативных действующих документов, данный вид поверхностных сточных вод должен собираться и очищаться до установленных норм. В СП 32.13330.2018 содержатся рекомендации по способам очистки талых и дождевых вод, которые, в основном, представлены физико-химическими методами.

В данном исследовании представлены результаты лабораторного моделирования с целью разработки технологической схемы станции очистки талого стока с площадки накопления снега (г. Новый Уренгой, Ямало-Ненецкий автономный округ).

Методика исследований. В качестве объекта исследования выбрана талая вода, полученная из проб снега, взятого на месте складирования городских снежных масс и в городе (рядом с автомагистралью). Предмет исследования – изменение качества талого стока в процессе лабораторного моделирования этапов очистки. Основные показатели качества воды и методики определения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные показатели качества воды и методики определения

Показатель	Единица измерения	Методика испытания	Прибор
рН	ед. рН	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97	рН-метр рН-150МИ
Мутность	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.213-05	Спектрофтометр ПЭ 5400ВИ
Цветность	град. ПКШ	ПНД Ф 14.1:2:4.207-04	
Железо общее	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.50-96	
Нефтепродукты	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.128-98	Анализатор жидкости «Флюорат-0,2М»
ХПК	мгО/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.190-2003	
Взвешенные вещества	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.254-09	Весы аналитические

Окончание табл. 1

Показатель	Единица измерения	Методика испытания	Прибор
Сухой остаток	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010	Discovery DV214С
Ион аммония	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000	Система капиллярного электрофореза «Капель-105М»
Нитрит-ион	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.157-99	
Фосфат-ион	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.157-99	
Марганец	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.253-09	Атомно-абсорбционный спектрометр МГА-915МД
Медь	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.253-09	
Хром	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.253-09	
Цинк	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.253-09	
Алюминий	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.253-09	

В табл. 2 представлены результаты по химическому составу талого стока на снежной свалке (площадке накопления снежных масс) и в черте города (в центре города рядом с автодорогой категории А). Для сравнения были взяты фоновые пробы в пригородном лесу, где антропогенное воздействие на качество снега минимальное.

Таблица 2

Качество талых вод на территории снежной свалки и города

Показатель и методика определения	Место взятия пробы снега			Нормативы* для сброса в водоем, мг/дм ³
	На площадке накопления снега города	Городская территория около автодороги	Фоновые пробы: в лесу	
рН	6,8...7,0	8,6...8,8	7,9	6,5...8,5
Взвешенные вещества	1170...460	630...2510	180	10**
Сухой остаток	82...96***	25-62***	15***	500
Ион аммония	0,6...0,78	0,176...0,438	0,098	0,5
Нефтепродукты	3,0...5,0	3,1...12,1	0,5	0,05
Железо общее	0,18...0,3	0,136...0,142	0,151	0,1
Медь	0,0024...0,0035	0,0025...0,0029	0,00159	0,01
Хром III	0,001...0,0014	0,001 <	0,001 <	0,07
Цинк	0,018...0,009	0,005 <	0,005 <	0,01
Нитрит-ион	0,02...0,04	0,056...0,071	0,0295	0,08
Фосфат-ион	0,05...0,084	0,06...0,07	0,0512	0,1

Примечание. * – нормативы приняты по Приказу РФ №552 для водоема высшей рыбохозяйственной категории; ** – содержание взвешенных веществ ограничено требованием УФО-обеззараживания; *** – низкая минерализация объясняется тем, что в городе не применяют антигололедные реагенты.

План экспериментальной работы по моделированию последовательных этапов физико-химических методов очистки талого стока представлен в табл. 3.

В качестве способов очистки были выбраны следующие: преаэрация, коагуляция в сочетании с флокуляцией, осаждение, механическая и сорбционная фильтрация, обеззараживание. Для создания условий, максимально приближенных к реальным, требовалось соблюдать температурный режим, характерный для талых вод (4...7 °С). В результате реализации модельной очистки необходимо было достичь качества талой воды, соответствующего требованиям сброса в водный объект рыбохозяйственного значения.

Таблица 3

Методологический план экспериментальной работы

Этапы	Процесс	Результат
Этап 1. Определение исходных параметров моделирования	1.1) количественный химический анализ (КХА) исходного талого стока; 1.2) пробная коагуляция / флокуляция; 1.3) определение необходимости преаэрации.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ выбраны способы очистки талой воды (п. 2, табл. 3) и этапы лабораторного моделирования; ✓ определены контрольные показатели: рН, взвешенные вещества, нефтепродукты, ионы аммония, железо общее, марганец, ХПК, мутность, цветность, и алюминий; ✓ определена температура талой воды для моделирования; ✓ определены оптимальная доза коагулянта и время осаждения продуктов реакции; ✓ определена необходимость преаэрации.
Этап 2. Лабораторное моделирование процессов очистки	2.1) охлаждение (Ох1). 2.2) преаэрация (ПА). 2.3) коагуляция (К). флокуляция (Ф) и отстаивание (От). 2.4) охлаждение (Ох2). 2.5) механическое фильтрование (МФ). 2.6) сорбционное фильтрование (СФ).	Пробы талой воды сначала подвергались охлаждению до 4...5 °С (Ох1); затем обрабатывались 20 минут сжатым воздухом (ПА); далее добавлялся сернокислый алюминий (К) и полиакриламид ПАА (Ф) с последующим осаждением продуктов реакции в течение 2 часов (От); далее вновь охлажденная вода до 6...7 °С (Ох2) фильтровалась через слой 10 см кварцевого песка (МФ) и слой 10 см активированного угля марки БАУ (СФ).
Этап 3. Анализ результатов	3.1) определение контрольных показателей на этапах очистки. 3.2) определение оптимальных параметров процессов.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ определены закономерности изменения контрольных показателей на модельных этапах очистки; ✓ определена необходимость в этапах очистки для достижения цели; ✓ определены оптимальные параметры процессов: дозы и виды реагентов, время отстаивания, скорости фильтрования.
Этап 4. Разработка технологической схемы станции очистки	4.1) графическая визуализация результатов моделирования. 4.2) расчеты.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ разработана технологическая схема станции очистки талого стока; ✓ определены расчетные параметры сооружений очистной станции.

Этап 1. Определение исходных параметров моделирования.

В рамках первого этапа исследований был проведен КХА талой воды, полученной из проб снега с площадки накопления снега г. Новый Уренгой (табл. 2). Опираясь на результаты исследования исходный талый сток можно отнести к поверхностным сточным водам с жилых и общественно-деловых зон поселений (в соответствии с показателями качества, указанными в СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения», табл. 15).

Как показали исследования, качество талого стока может быть весьма неравномерным. Низкое содержание органических и питательных для микроорганизмов веществ в талом стоке (БПК, ХПК, азотные и фосфорные соединения) исключает применение в технологической схеме биологической очистки. Низкое солесодержание в исходном талом стоке (хлоридов не более 20 мг/дм³, сульфатов не более 20 мг/дм³, максимальное значение сухого остатка в исходной пробе – до 390 мг/дм³) связано с тем, что в городе не используют антигололедные реагенты в зимнее время. Содержание в стоке взвешенных веществ, нефтепродуктов, железа, марганца и других техногенных загрязнений требует применение в схеме реагентной коагуляции и флокуляции.

Для исследований были выбраны наиболее популярные реагенты: коагулянт – раствор сернокислого алюминия (СКА) дозой $D_k = 20 \dots 70$ мг/дм³; флокулянт – раствор полиакриламида (ПАА) дозой 1 мг/дм³.

Исходная пробы охлаждалась в холодильнике до установленной температуры 4...5 °С. Измерение температуры осуществлялось термометром с делением 0,1 °С. После коагуляции / флокуляции производилось гравитационное отстаивание в течение 20 минут. В качестве контрольного показателя была выбрана мутность (М), которая измерялась до и после отстаивания пробы. На основе полученных данных построен график $M=f(D_k)$ и найдена оптимальная доза коагулянта, которая находится в пределах 20...30 мг/дм³ (рис. 1).

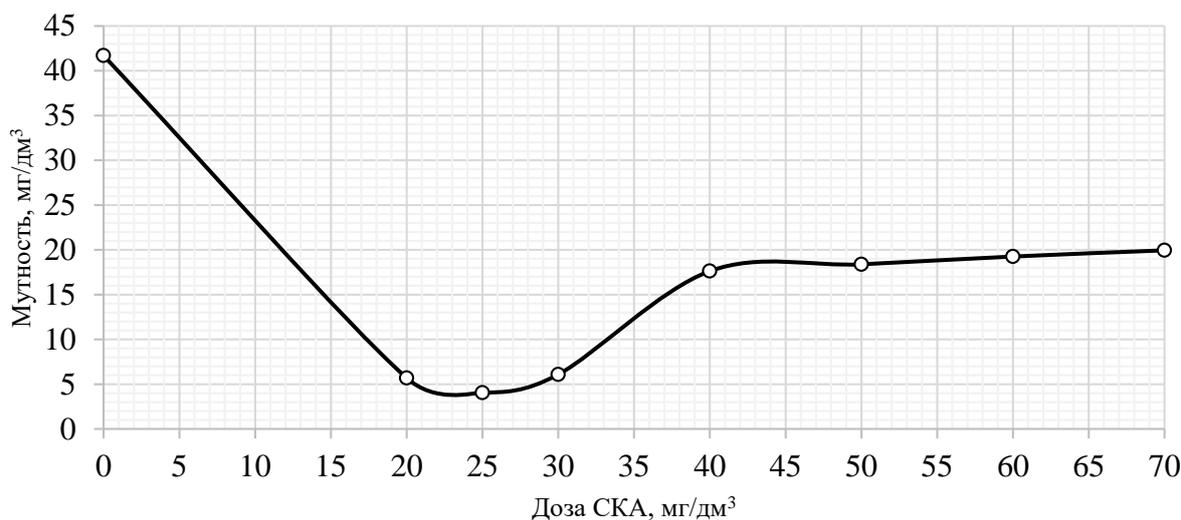


Рис. 1. График зависимости мутности от дозы коагулянта $M=f(D_k)$

На рис. 2 (а) показано снижение мутности в процессе гравитационного отстаивания пробы. На рис. 2 (б) представлены кривые кинетики осаждения осадка для двух объемов проб (250 и 1000 мл), которые подтверждают, что оптимальное время осаждения не превышает 60 минут.

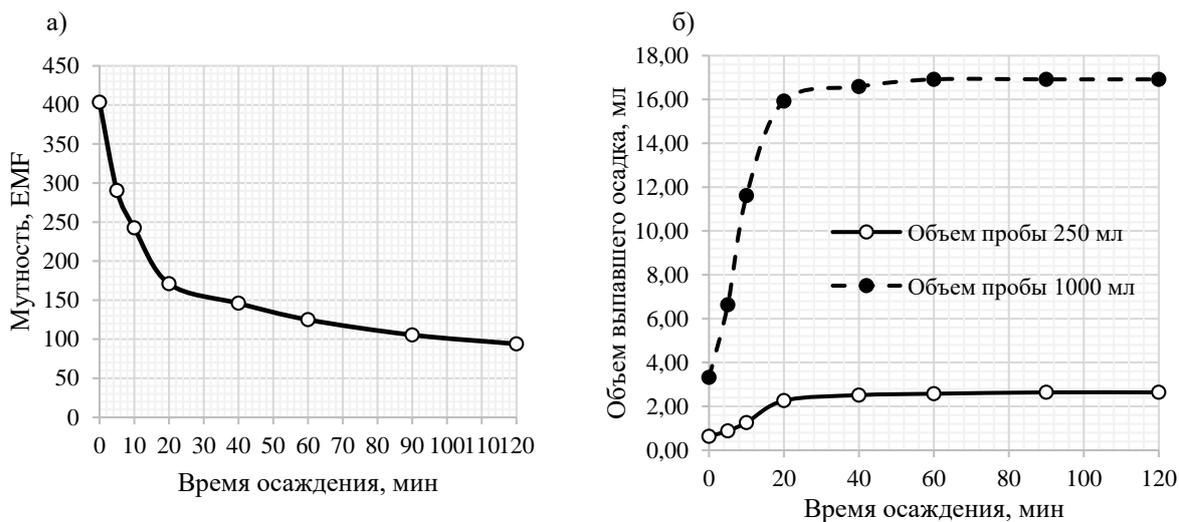


Рис. 2. Изменение мутности в процессе осаждения (а); изменение объема выпавшего осадка (б)

Необходимость включения в процесс преаэрации подтверждается графиками на рис. 3, на которых показано как преаэрация ускоряет извлечение нефтепродуктов и других органических веществ.

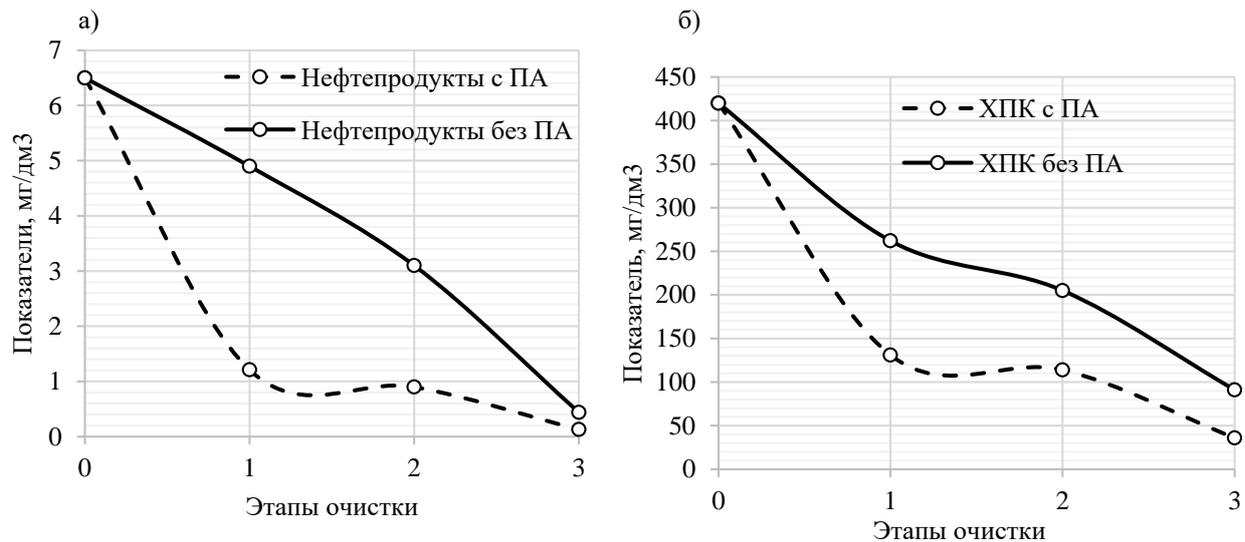


Рис. 3. Изменение содержания нефтепродуктов (а) и ХПК (б) на этапах очистки с преаэрацией (ПА) и без преаэрации: 1 – От; 2 – МФ; 3 – СФ

Этап 2. Лабораторное моделирование процессов очистки.

На рис. 4 представлена схема лабораторного моделирования процессов очистки талого стока, на которой указаны основные этапы и параметры.

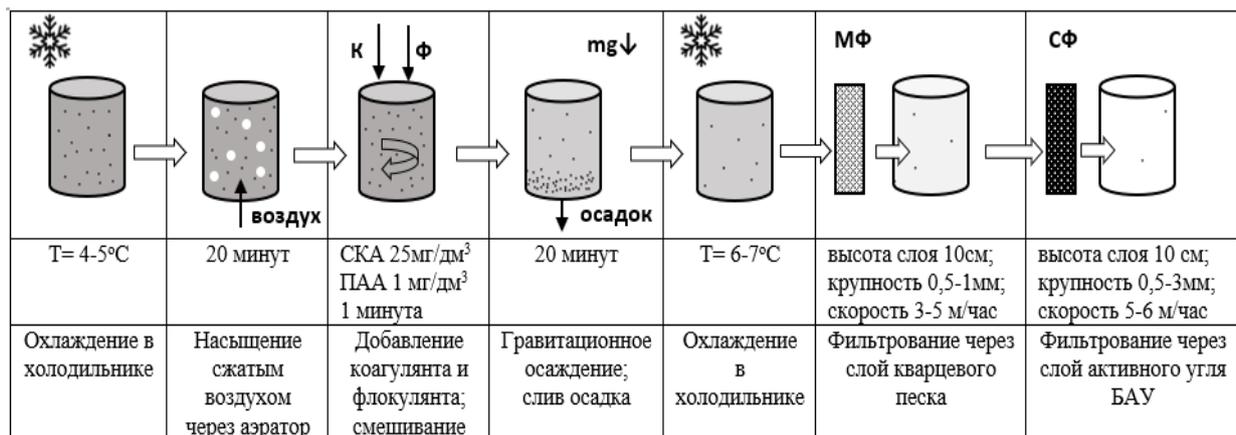


Рис. 4. Схема лабораторного моделирования очистки талого стока

Этап 3. Анализ результатов.

После каждого этапа очистки производился забор пробы и выполнялся химический анализ воды по выбранным показателям согласно стандартным методикам. В табл. 4 приведены результаты на основных этапах лабораторного моделирования по контрольным показателям, погрешность измерений не превышает 10 %.

Анализ результатов лабораторного моделирования показал, что выбранная схема очистки обеспечивает качество воды на выходе, требуемое при сбросе в водоем рыбохозяйственного значения. Для практической реализации схемы необходимо сделать перерасчет параметров процесса, а также добавить стабилизацию рН воды на выходе и сооружения по обработке осадков.

Опираясь на проведенные лабораторные исследования, предлагается следующая технологическая схема очистной станции (рис. 5).

✓ фильтрование через сорбционный фильтр (дробленые активные угли БАУ, рН не более 8,5; размер фракций – максимальный до 6 мм) со скоростью 10...12 м/час (фильтр сорбционный угольный). При замене дробленого угля на уголь гранулированный – размер фракций 1...4 мм, скорость фильтрования не более 10 м/час, рН не более 8,5;

✓ УФО-установка, обеспечивающая обеззараживание воды перед выпуском в водный объект.

Дополнительно к этому очистная станция должна включать в свой состав систему подачи сжатого воздуха, узел приготовления и автоматической дозировки реагентов, сооружения по обработке вторичных отходов (осадков и промывных вод), систему автоматического контроля и управления и другие устройства.

Заключение.

Проведены подробные исследования изменения качества талого стока на этапах физико-химической очистки и определены оптимальные параметры режимов работы очистных сооружений.

С учетом проведенных лабораторных исследований предложена технологическая схема очистной станции, а также расчётно обоснованы параметры сооружений и процессов очистки.

Разработанная технологическая схема может быть реализована на практике и при соблюдении всех заданных условий гарантирует достижение установленных нормативов для сброса талой воды с площадки накопления снега.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О содержании мониторинга снежных отвалов и подверженных их влиянию земель северных городов (на примере города Томска) / В. Б. Жарников., О. А. Пасько, Н. С. Ушакова, Е. М. Макарецова // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24. – № 1. – С.174-191.

2. **Баглаева, Е. М.** Пространственная структура техногенного загрязнения снегового покрова промышленного города и его окрестностей растворимыми и нерастворимыми формами металлов / Е. М. Баглаева., А. П. Сергеев, А. Н. Медведев // Геоэкология. – 2012. – Т. 4. – С. 326-336.

3. **Гертер, О. В.** Загрязнение снежного покрова территории нефтяного месторождения «Песчаное» / О. В. Гертер // Геоэкологические проблемы Тюменского региона. Сборник. – Тюмень: Вектор Бук, 2008. – С. 108-112.

4. City Snow Dumps of a Large Industrial Centre as a Source of Surface Water Pollution (on the Example of Ufa City) / N. Minigazimov, E. Khaidarshina, R. Abdrahmanov, V. Safarova, G. Shaidullina, L. Khasanova, R. Mustafin, L. Zagitova, D. Kutliyarov, A. Kutliyarov // Asian Journal of Water, Environment and Pollution. – 2019. – Vol. 16. – №. 2. – Pp. 51-58. doi.org/10.3233/AJW190019.

5. **Качалова, Г. С.** Системы очистки в снегоплавильных установках / Г. С. Качалова, А. А. Плохов, Д. Акимова // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: сборник материалов Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, посвященной 20-летию создания кафедры электроэнергетики. – Тюмень: ТИУ, 2019. – Т. 2. – С. 124-126

6. **Лобкина, В. А.** Геоэкологические проблемы участков, занятых снежными полигонами в городах (на примере г. Южно-Сахалинск) / В. А. Лобкина, Ю. В. Генсировский, Н. Н. Ухова // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2016. – № 6. – С. 510-520.

7. **Ушакова, Н. С.** Анализ и прогнозирование динамики изменения площадей снежных отвалов на территории г. Томска / Н. С. Ушакова // Материалы Международной

научно-практической конференции «Землеустроительные, кадастровые и геодезические работы. Современные проблемы и инновационные методы их решения». – Москва: РУДН, 2015. – С. 126-129.

8. **Воронов, А. А.** Совершенствование рациональных городских инженерных систем очистки поверхностных сточных вод / А. А. Воронов, Е. С. Малышкина, Е. И. Вялкова, С. В. Максимова // Градостроительство и архитектура. – 2018. – Т.8. – № 3. – С. 43-50. – doi.org/10.17673/Vestnik.2018.03.10.

9. **Ларина, Н. С.** Химико-экологический мониторинг снегового покрова города Тюмени / Н. С. Ларина, М. Н. Куранова, Н. С. Палецких // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 11. – С. 38-41.

10. **Воронов, А. А.** Очистка талых вод урбанизированных территорий с использованием фитосорбентов / А. А. Воронов, С. В. Максимова, Е. Ю. Осипова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2021. – Т. 23. – № 2. – С. 105-117. – doi.org/10.31675/1607-1859-2021-23-2-105-117.

11. **Гузеева, С. А.** Мониторинг загрязнения реки Туры нефтепродуктами в пределах селитебной территории / С. А. Гузеева, Г. В. Тимонин // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: сборник материалов Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, посвященной 20-летию создания кафедры электроэнергетики. – Тюмень: ТИУ, 2019. – 387 с.

12. **Московченко, Д. В.** Особенности формирования химического состава снеговых вод на территории Ханты-Мансийского автономного округа / Д. В. Московченко, А. Г. Бабушкин // Криосфера Земли. – 2012. – Т. XVI. – № 1. – С. 71-81.

13. **Василенко, В. Н.** Мониторинг загрязнения снежного покрова / В. Н. Василенко, И. М. Назаров, Ш. Д. Фридман. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 181 с.

14. **Московченко, Д. В.** Геохимическая характеристика снежного покрова Тюмени / Д. В. Московченко, Р. Ю. Пожитков, А. Н. Курчатова, Р. И. Тимшанов // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2021. – № 3. – С. 13-26.

15. **Примин, О.** Экологическая оценка использования противогололедных реагентов в зимний период в г. Москве / О. Примин, А. Тен // Экология и промышленность России. – 2018. – № 22. – С. 11-15. – doi.org/10.18412/1816-0395-2018-4-11-15.

16. **Борисюк, Н. В.** Утилизация снежной массы в городе (на примере Москвы) / Н. В. Борисюк // Дорожная техника. – 2004. – № 5. – С. 136-139.

17. Анализ загрязненности снежного покрова в условиях антропогенной нагрузки / А. А. Бабкина, В. М. Зубкова, Н. Ю. Белозубова, В. А. Горбунова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 4. – С. 78-87. – doi.org/10.18384/2310-7189-2016-4-78-87.

18. **Качалова, Г. С.** Экологическое исследование воды рек тюменской области / Г. С. Качалова, А. П. Ткаченко // Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального изменения климата планеты в XXI веке: сборник докладов XIX Междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень, 2017. – С. 74-78.

19. **Воронов, А. А.** Проблемы защиты водных объектов от загрязнения талыми водами снежных полигонов / А. А. Воронов // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: сборник материалов Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, посвященной 20-летию создания кафедры электроэнергетики. – Тюмень: ТИУ, 2019. – С. 92-96.

Поступила в редакцию 4 апреля 2023

MODELING THE TREATMENT OF MELT WASTEWATER FROM THE SNOW ACCUMULATION SITE

O. V. Sidorenko, E. I. Vialkova, M. E. Kazantsev, V. S. Shkavro

Olga Vladimirovna Sidorenko, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Head of the Department of Engineering Systems and Facilities, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia, tel.: +7(345)228-39-23; e-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru

Elena Igorevna Vialkova, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Engineering Systems and Facilities, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia, tel.: +7(982)789-53-64; e-mail: vyalkova-e@yandex.ru

Maksim Evgenievich Kazantsev, student at the Department of Engineering Systems and Facilities, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia, tel.: +7(908)872-21-72; e-mail: kirill.kazantsev.03@mail.ru

Victoria Sergeevna Shkavro, student at the Department of Engineering Systems and Facilities, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia, tel.: +7(952)340-35-87; e-mail: vshkavro@inbox.ru

The year-round disposal of large volumes of polluted snow and melt water is one of the most important tasks of public utilities in industrial settlements. Concentrations of technogenic pollution with melt wastewater enter adjacent territories and water bodies, causing harm to the environment. This study proposes a solution to the problem of cleaning melt water from specialized sites for the disposal of snow in the city. The research was carried out in laboratory conditions on several samples of melt wastewater. The developed technological scheme includes: pre-aerator, mixer, water sump with a built-in flocculation chamber, the mechanical and sorption filters, and ultraviolet disinfection. Such a sequence of purification allows obtaining the required quality of water for discharge into a fishery reservoir.

Keywords: snow accumulation area; melt wastewater; quality indicators; laboratory modeling; technological scheme of the treatment station.

REFERENCES

1. **Zharnikov V. B., Pas'ko O. A., Ushakova N. S., Makarcova E. S.** *On the content of the monitoring of snow dumps and their influence of the lands on northern cities (on the example of Tomsk city)*. Vestnik SGUGiT. 2019. Vol. 24. No. 1. Pp. 174-191. (in Russian)
2. **Baglaeva E. M., Sergeev, A. P., Medvedev, A. N.** *Spatial structure of technogenic pollution of snow cover by soluble and insoluble forms of metals in the industrial city and its neighbourhood*. Geocology. 2012. No. 4. Pp. 326-336. (in Russian)
3. **Gerter O. V.** *Pollution of the snow cover on the territory of the oil field Peschanoe*. Geocological problems of the Tyumen region. Tyumen, Vector Book. 2008. Pp. 108-112. (in Russian)
4. **Minigazimov N., Khaidarshina E., Abdrahmanov R., Safarova V., Shaidullina G., Khasanova L., Mustafin R., Zagitova L., Kutliyarov D., Kutliyarov A.** *City Snow Dumps of a Large Industrial Centre as a Source of Surface Water Pollution (on the Example of Ufa City)*. Asian Journal of Water, Environment and Pollution. Vol. 16. No. 2. Pp. 51-58. doi.org/10.3233/AJW190019.
5. **Kachalova G. S., Plokhov A. A., Akimova D.** *Cleaning systems in snow melting plants*. Energy saving and innovative technologies in the fuel and energy complex: collection materials of the National with international participation scientific and practical conference students, graduate students, scientists and specialists dedicated to the 20th anniversary of the creation of the Department of Electricity. Tyumen, TIU. 2019. Vol. 2. Pp. 124-126. (in Russian)
6. **Lobkina V. A., Gensiorovskii Yu. V., Ukhova N. N.** *Geocological problems of snow-disposal areas in cities (by the example of Yuzhno-Sakhalinsk)*. Geocology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology. 2016. No 6. Pp. 510-520. (in Russian)
7. **Ushakova N. S.** *Analysis and forecasting of the change dynamics of snow dumps areas in Tomsk*. Proceedings of II International Scientific and Practical Conference: Land Management, Cadastral and Geodetic Works. Modern Problems and Innovative Solutions. Moscow, RUDN Publ. 2015. Pp. 126-129. (in Russian)

8. **Voronov A. A., Malyshkina E. S., Vialkova E. I., Maksimova S. V.** *Development of the Rational Urban Engineering Systems for the Surface Wastewater Treatment.* Urban Construction and Architecture. 2018. Vol. 8. No. 3. Pp 43-50. doi.org/10.17673/Vestnik.2018.03.10. (in Russian)
9. **Larina N. S., Kuranova M. N., Paletskikh N. S.** *Chemical-ecological monitoring of snow cover in the city of Tyumen.* Successes of modern natural science. 2006. No. 11. Pp. 38-41. (in Russian)
10. **Voronov A. A., Maksimova S. V., Osipova E. Yu.** *Purification of urbanized melt water with plant sorbents.* Journal of Construction and Architecture. 2021. Vol. 23. No. 2. Pp. 105-117. htdoi.org/10.31675/1607-1859-2021-23-2-105-117. (in Russian)
11. **Guzeeva S. A., Timonin G. V.** *Monitoring of pollution of the Tura river by oil products within the residential area.* Energy saving and innovative technologies in the fuel and energy complex: collection materials of the National with international participation scientific and practical conference students, graduate students, scientists and specialists dedicated to the 20th anniversary of the creation of the Department of Electricity. Tyumen, TIU. 2019. Pp. 106-109. (in Russian)
12. **Moskovchenko D. V., Babushkin A. G.** *Peculiarities of formation of chemical composition of snow waters on territory of Khanty-Mansi Autonomous District.* Earth's cryosphere. 2012. Vol. XVI. No. 1. Pp. 71-81. (in Russian)
13. **Vasilenko V. N., Nazarov I. M., Fridman Sh. D.** *Snow Pollution Monitoring.* Leningrad, Gidrometeoizdat Publ. 1985. 181 p. (in Russian)
14. **Moskovchenko D. V., Pozhitkov R. Yu., Kurchatova A. N., Timshanov R. I.** *Geochemistry of snow cover within the Tyumen City.* Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya. 2021. No. 3. Pp. 13-26. (in Russian)
15. **Primin O., Ten A.** *Evaluation of the Use of Deicing Product in Winter Period in Moscow.* Ecology and Industry of Russia. 2018. Vol. 22. No 4. Pp. 11-15. (in Russian)
16. **Borisyuk N. V.** *Utilization of snow mass in the city (on the example of Moscow).* Road Equipment. 2004. No. 5. Pp. 136-139. (in Russian)
17. **Babkina A., Zubkova V., Belozubova N., Gorbunova V.** *Analysis of pollution of snow cover under anthropogenic load.* Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences. 2016. No 4. Pp. 78-87. (in Russian)
18. **Kachalova G. S., Tkachenko A. P.** *Ecological study of water in the rivers of the Tyumen region.* Problems of river basin management in the development of Siberia and the Arctic in the context of global climate change in the XXI century: a collection of reports of the XIX Intern. scientific-practical. conf. Tyumen. 2017. Pp. 74-78. (in Russian)
19. **Voronov A. A.** *Problems of protection of water bodies from pollution by melt waters of snow polygons.* Energy saving and innovative technologies in the fuel and energy complex: collection materials of the National with international participation scientific and practical conference students, graduate students, scientists and specialists dedicated to the 20th anniversary of the creation of the Department of Electricity. Tyumen, TIU. 2019. Pp. 92-96. (in Russian)

Received 4 April 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Моделирование очистки талого стока с площадки накопления снега / О. В. Сидоренко, Е. И. Вялкова, М. Е. Казанцев, В. С. Шкавро // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 63-73. – DOI 10.36622/VSTU.2023.99.51.007.

FOR CITATION:

Sidorenko O. V., Vialkova E. I., Kazantsev M. E., Shkavro V. S. *Modeling the treatment of melt wastewater from the snow accumulation site.* Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 63-73. DOI 10.36622/VSTU.2023.99.51.007. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.46.60.008

УДК 628.27

ОПЫТ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕЛЕДИАГНОСТИКИ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ ООО «РВК-ВОРОНЕЖ»

Е. С. Кобелев, И. В. Журавлева, Д. В. Дедов

Кобелев Евгений Сергеевич, магистрант кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», мастер отдела оптимизации режимов сетей и сооружений ООО «РВК Воронеж», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(951)869-91-08; e-mail: Zhenja-kobelev@mail.ru

Журавлева Ирина Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(910)744-41-23; e-mail: U00367@vgasu.vrn.ru

Дедов Дмитрий Владимирович, директор по производству ООО «РВК-Воронеж», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(961)181-55-88; e-mail: d.dedov@rosvodokanal.ru

В статье проведён анализ современного состояния коммунальных сетей водоотведения в Воронеже и Воронежской области. Собраны статистические данные, отражающие протяжённость канализационных сетей, их степень износа и возникновения аварийных ситуаций на них. Рассмотрен опыт телеинспекции для эффективной диагностики канализации на разных диаметрах трубопроводов, иллюстрированный натурной съёмкой (трещины, оголённая арматура железобетонных труб, провалы в результате разрушения лотков труб, засор жировыми и илстыми отложениями, текстильными отходами, нарушение соосности труб) с расшифровкой результатов и комментариями. Приведено описание технологических особенностей применения телеинспекционного оборудования для эффективного результата диагностики. Показана эффективность применения телеинспекции в выявлении действий, наносящих ущерб хозяйственной деятельности организаций, эксплуатирующих сети. Приведены рекомендации по предотвращению и ликвидации аварийных ситуаций на водоотводящих сетях.

Ключевые слова: системы водоотведения; видеодиагностика; засор; канализация; телеинспекция.

Сети водоотведения являются одним из важнейших компонентов систем жизнеобеспечения городов. Они позволяют обеспечить население, производственные и административные здания своевременным отводом сточных вод из населённого пункта на очистку. Системы жилищно-коммунального хозяйства интенсивно развивались в 1950-х годах, в сложных условиях послевоенного времени с ограниченным финансированием и высоким ростом индустриального строительства жилых районов. Стояла задача в кратчайшие сроки обеспечить коммунальными услугами вновь построенные районы и промышленные предприятия. В российских трубопроводных сетях в основном применялись дешёвые, но высокотехнологичные в монтаже трубы: бетонные, железобетонные, чугунные, реже керамические – из-за большого числа стыков, несмотря на гладкую и устойчивую к различным воздействиям внутреннюю поверхность труб. В настоящее время сроки жизненного цикла этих материалов подошли к концу, что влечет за собой эксплуатационные проблемы и кризис в жилищно-коммунальном хозяйстве. Компенсация затраченных средств, связанных с авариями, происходящими на трубопроводах, приводит к увеличению тарифов на услуги, однако все средства поступают в основном на ликвидацию аварийных ситуаций в системах водоснабжения и водоотведения, а улучшение качества обслуживания населения не происходит.

Общая протяжённость канализационных сетей городского округа город Воронеж составляет 1027,37 км (напорные и безнапорные), на них установлено 33189 колодцев. Протяжённость сетей, входящих в эксплуатационную зону ООО «РВК – Воронеж» 664,495 км, их количественные характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1

Протяженность сетей, входящих в эксплуатационную зону ООО «РВК – Воронеж»,
по диаметрам и районам

Район города	Количество КНС, шт.	Протяженность водоотводящих сетей, км, в зависимости от диаметра					Итого по городу	В том числе коллекторы
		50...150	150...300	300...900	900...1000	1200 и более		
Ленинский	6	3,09	76,64	35,935	1,48	3,26	120,405	30,265
Советский	10	1,21	94,56	61,71	10,13	9,62	177,23	51,5
Коминтерновский	15	8,14	145,29	74,3	4,86	15,76	248,35	75,06
Центральный	10	4,07	70,93	34,87	3,17	5,47	118,51	29,44

Показатели повреждений на канализационных сетях, входящих в эксплуатационную зону ООО «РВК – Воронеж», в динамике 2008 и 2018 – 2021 годы представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели повреждений и засоров на канализационных сетях,
входящих в эксплуатационную зону ООО «РВК – Воронеж»

Наименование показателя	Значение показателя по годам				
	2008 год [1]	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год
Повреждения на сетях	52	62	79	60	80
Количество засоров	7600	11655	11626	3778	5967
Переложено сетей, км	2,8	3,5	2,1	2,4	2,8
Отремонтировано колодцев, шт.	1659	523	675	830	765

Данные о протяженности сетей и степени их изношенности в Воронежской области на 2020 г. по отчётам Федеральной службы государственной статистики (Федеральная служба государственной статистики [сайт]. – Россия, 2021 – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 09.08.2021).), сведены в табл. 3.

Таблица 3

Протяжённость канализационных сетей и потребность
в замене на начало 2021 г. Воронежской области

Протяжённость		из них: требует замены	канализационные коллекторы		уличные сети		внутриквартальные и внутридворовые сети	
Всего	тыс. км		всего	из них: требует замены	всего	из них: требует замены	всего	из них: требует замены
тыс. км	2447,89	1243,51	822,94	377,54	1250,66	594,65	374,09	271,32
Процент	100	50,80	33,62	45,88	51,09	47,55	15,28	72,53

Исходя из данных, приведённых в табл. 3, заключаем, что более 50 % канализационных сетей в Воронежской области находятся в аварийном состоянии.

Наиболее ветхое состояние у внутриквартальных и внутридворовых канализационных сетей с процентом износа – 72,53 %. Протяжённость канализационных сетей в городском округе город Воронеж с износом 72,1 % составляет 940,82 км. Коллекторы с износом 100 % составляют 185,3 км.

Для предотвращения аварийных ситуаций на коммунальных сетях необходимо организациям водопроводно-канализационного хозяйства проводить мероприятия по предупреждению, своевременному обнаружению и быстрой ликвидации возникших аварий [2...4].

Главной проблемой, тормозящей ликвидацию аварий, остаётся поиск места засора и его устранение. Поиск места аварийной утечки зачастую сопровождается рытьем протяженных траншей, что порой ухудшает состояние трубопровода. Поэтому необходимо проводить эффективное обследование для своевременного выявления износа труб с помощью телеинспекционной аппаратуры [5, 6].

Основными достоинствами проведения телеинспекции канализационных труб являются относительно невысокая стоимость, быстрота работ и их эффективность. Безусловно, сегодня это самый малозатратный и результативный способ обнаружить засоры труб и места повреждения для ликвидации аварии (ГТК Технологическая карта на обследование канализационных сетей методом теледиагностики: электронный фонд правовых и нормативных документов. – АО «Кодекс», 2021.).

Видеодиагностика эффективна в случаях [7...9]:

- ✓ возникновения аварийной ситуации на действующем трубопроводе;
- ✓ введения в эксплуатацию восстановленных канализационных сетей;
- ✓ поиска заброшенных колодцев;
- ✓ получения сведений о месте расположения внешних и внутренних коммуникационных линий;
- ✓ зондирования текущего состояния участков канализации;
- ✓ профилактика (раз в полгода-год).

Телеинспекцией проверяют также те трубы, над которыми обходчики трасс обнаружили на поверхности земли обрушения и обвалы асфальта, переломы земли. «Глаз» камеры настраивается на шельгу. Если обрушение не большое, то его трудно увидеть сразу на месте. Такие дефекты обычно удаётся обнаружить в результате компьютерного просмотра записи.

В зависимости от диаметра трубы специалистами используется оборудование различных модификаций. Для инспектирования труб диаметром 20...500 мм применяют специальные видеоприборы, состоящие из прочного гибкого кабеля и миниатюрной видеокамеры. Для освещения камера оснащена сверхъяркими светодиодами. Транслируемое изображение передаётся на операторский пульт для записи и просмотра в online-режиме. Трубы с диаметрами 600 мм и более целесообразно обследовать телеинспекционными роботами. Для обнаружения провалов в результате разрушения лотков трубы, на телекамеру дополнительно устанавливают микрофон и выбирают время с малым уровнем заполнения трубы стоками, но достаточным, чтобы держать камеру наплаву.

Телеинспекции труб должна предшествовать подготовка трубопроводов. Подготовка заключается в очистке трубопроводов от засоров, а стенок трубопровода - от загрязнений. Прочистку осуществляют каналоочистительными машинами (КОМ) под давлением.

На вооружении отдела оптимизации режимов сетей и сооружений (далее ОРСиС) ООО «РВК-Воронеж» находится система телеинспекции Vivax-Metrotech vCam-5 (рис. 1), позволяющая инспектировать канализационные сети.



Рис. 1. Внешний вида системы телеинспекции Vivax-Metrotech vCam-5

Длина кабельного барабана у данной системы видеодиагностики составляет 60 м, что позволяет просматривать участки канализационной сети до 120 м. Диаметр инспектируемых трубопроводов – от 100 мм до 400 мм.

Трудности возникают на малых трубопроводах с малыми скоростями течения стоков. В этом случае камера погружается в воду, а в мутной воде практически не видно стенок трубы. Чтобы камеру при телеметрии не оторвало и не унесло с потоком сточной воды, специалисты выполняют осмотр проходом против течения воды в трубе.

На диаметрах труб более 500 мм выполнять диагностику телеинспекцией легче, так как устанавливают аппарат с вращением головки на 360° на устойчивый плот с размерами меньше диаметра трубы. Инспекция возможна при соблюдении условия наполнения трубы – не более её половины. Это обусловлено ограниченностью габаритов установки. Разрешающая способность камеры 10 метров.

На больших уклонах трубопроводов с интенсивным движением сточных вод, отсутствием застойных зон, гладким материалом труб, свет камеры распространяется равномерно и свидетельствует о рабочем состоянии трубопроводов.

Есть ограничения на использование прибора в зимнее время, из-за испарений, которые ухудшают видимость из-за образования конденсата на объективе камеры. Когда колодец подтоплен из-за заиливания, нет возможности провести телеинспекцию, в этом случае специалисты дают заключение о необходимости гидродинамической промывки.

ООО «РВК-Воронеж» регулярно проводит исследование состояния трубопроводов с помощью системы телеинспекции. Примеры результатов обследования, демонстрирующие спектр выявляемых дефектов, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Информация о результатах обследования трубопроводов, находящихся на обслуживании ООО «РВК-Воронеж»

Код объекта	Адрес расположения	Диаметр труб, мм	Год постройки	Время обследования	Результат обследования
43452	ул. Дорожная	200	1976	2019	Засоры трубопроводов
7634	ул. Пеше-Стрелецкая	150	1980	2020	Жир, несоосность труб
83456	ул. Газовая	100	1997	2020	Обрушение канализационной линии
56372	ул. Циолковского	100	2019	2019	Нет части канализационной линии, по длине одного метра, труба лопнула по бокам
63738	ул. Туполева	300	1978	2019	Засор в виде камня
68393	ул. Ломоносова	200	1999	2019	Засор в виде покрышки от автомобиля
30012771	ул. Верещагина	250	1974	2021	Деформация канализационной линии в следствии образования на трубах продольных трещин
3000577	ул. Героев Сибиряков	200	1970	2022	Смещение труб
30012771	ул. 9 января	250	1963	2021	Образование обратного уклона
30012771	ул. Карпинского	200	1971-1974	2022	Продольные трещины в области соединения труб
30012510	ул. Суворова	250	1974	2021	Нарушение стыков труб канализационной линии

Вовремя телеинспекции камеру протягивают со скоростью 1...3 м/с, на экране можно увидеть общее состояние трубопровода в реальном времени, при необходимости производится запись видео файла, который впоследствии обрабатывается на компьютере.

При просмотре возможно детальное изучение внутреннего состояния инспектируемого участка. Чтобы не пропустить информацию, видео просматривается несколькими сотрудниками в замедленном режиме. На рис. 2...5 приведены примеры выявляемых дефектов и повреждений.

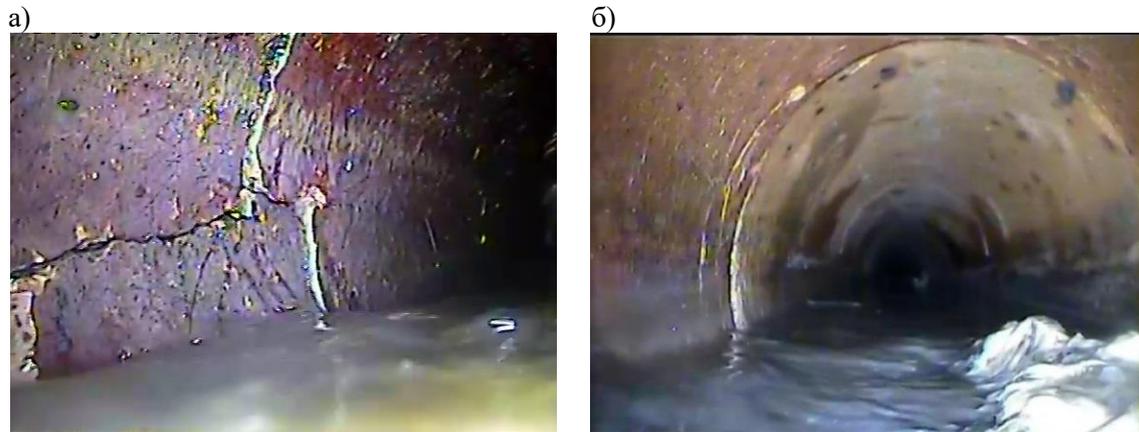


Рис. 2. Внешний вид дефектов водоотводящей сети:

а – трещина стенки трубы диаметром 250 мм; б – отложения донного ила в трубе диаметром 200 мм

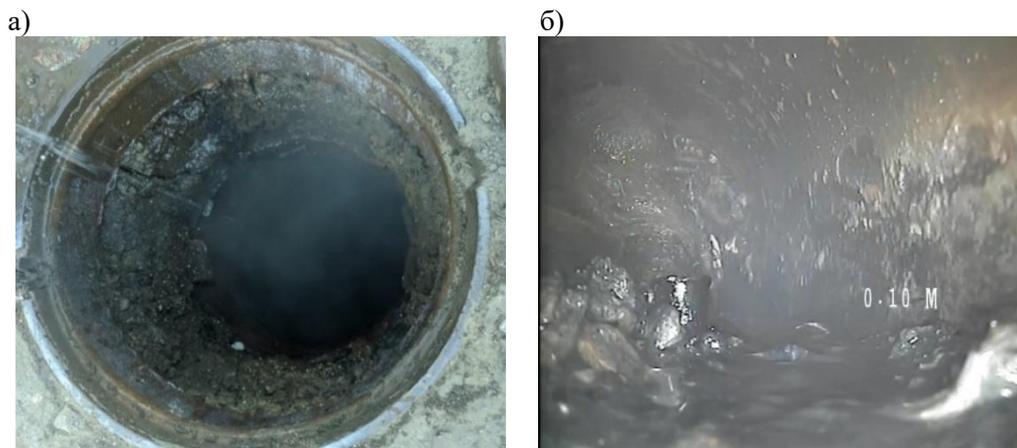


Рис. 3. Внешний вид дефектов водоотводящей сети $d=200$ мм:

а – подтопление в результате илового засора; б - препятствие в виде камней

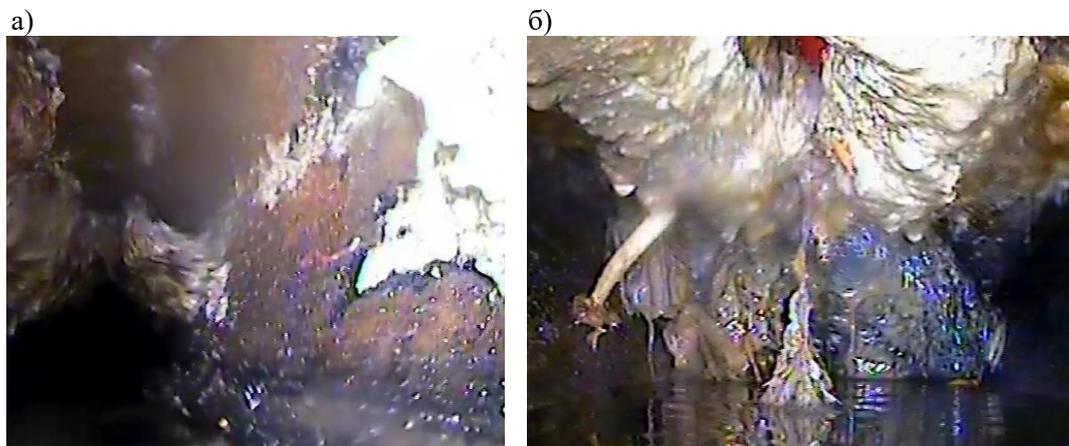


Рис. 4. Внешний вид дефектов водоотводящей сети $d=200$ мм:

а – жировые отложения; б – засор жировыми отложениями и текстильными отходами

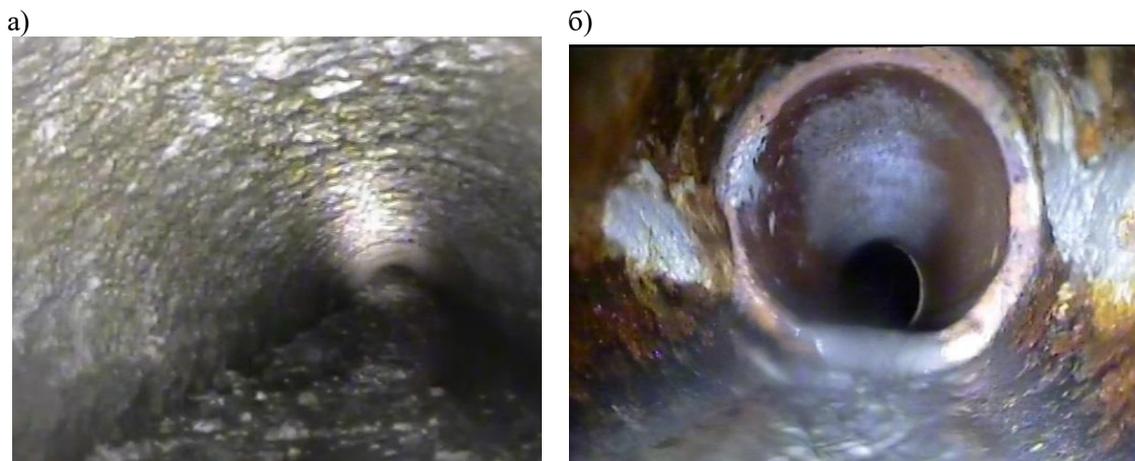


Рис. 5. Внешний вид дефектов водоотводящей сети:
а – иловый засор в трубе диаметром $d=150$ мм; б – нарушение соосности труб $d=200$ мм

Основная проблема канализационных трубопроводов – оседающий на стенках жир. Местами локализации жировых отложений являются в основном верхние своды трубы, в нижней части преобладают засоры в виде камней и строительного мусора. На жировые отложения часто налипают текстильные отходы.

Жировые отложения на керамических или чугунных материалах труб не всегда получается сбить гидродинамическим напором при промывке, т.к. они лопаются от превышения давления в 0,7...0,8 атм.

При инспектировании старых труб, специалисты обращают внимание на все нарушения, разрушения, провалы, переломы и закупорки. На новых трубах телеинспекция, в основном, оказывается крайне полезна в борьбе с недобросовестными подрядчиками. Проверки позволяют выявить нарушения подрядчиком договорных обязательств, например, экономию материалов за счёт пропуска участков труб. Схема нарушений недобросовестных подрядчиков такова: на участке между двумя колодцами: от начала колодца на расстоянии 20 м трубы проложены, следующие 3...5 м труба отсутствует и присоединение к другому колодцу выполнено из новой трубы. Таким образом, нарушена целостность трубы, сточные воды из неё проникают в землю и существует угроза загрязнения водоносных горизонтов патогенной микрофлорой, находящейся в сточной воде.

Телеинспекция позволяет выявить разрушение конструкции трубопровода на участках с большими статическими и динамическими нагрузками на трубу, передаваемыми от большегрузного транспорта, обнаружить недостроенные колодцы и другие нарушения. Такие хозяйственно-экономические преступления строительных организаций и приёмочной комиссии вредят хозяйственной деятельности эксплуатационных организаций, усугубляют и без того сложное положение в отрасли ЖКХ.

Проанализировав результаты проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

- ✓ почти половина сетей жилищно-коммунального хозяйства в Воронежской области нуждается в замене;
- ✓ протяжённость сетей с износом превышает количество хорошо функционирующих трубопроводов;
- ✓ очевидна необходимость проведения регулярной диагностики трубопроводов, которая позволит предотвратить большую часть аварийных ситуаций и сократить время и ресурсы на поиск места повреждения.

Опыт работы отдела ОРСиС ООО «РВК Воронеж» убеждает в целесообразности видео диагностики в следующих случаях:

- ✓ при образовании в системе водоотведения засора;

- ✓ потери схемы трассировки для проверки и восстановления чертежей разводки трубопровода;
- ✓ необходимости определить дефекты материалов трубопровода, нарушение герметичности швов или дефекты стыков труб, обнаружить коррозию или трещины в трубе;
- ✓ проверки строительного-монтажных работ после монтажа.

Благодаря своевременной диагностике за 2 года было отремонтировано и переложено порядка 6 км сетей, устранено порядка 3,5 тысяч засоров по плановой проверке и по аварийным вызовам (плановая проверка осуществляется ежедневно).

С помощью теледиагностики сократилось время поиска места повреждения. При проведении всех мер по предварительной подготовке канализационных линий к теледиагностике (промывка, очистка колодцев, и откачивание воды насосом на малых диаметрах) на них выявляется и устраняется 95 % всех повреждений.

Заключение.

В результате анализа материалов телеинспекционного исследования, проведенного в разных районах г. Воронежа, выявлены основные виды дефектов, обнаруженных на водоотводящих сетях. Установлено, что наиболее распространенными дефектами являются трещины стен труб, оголение арматуры шельг железобетонных труб в следствие коррозии бетона при воздействии агрессивных сероводородных газов, заиливание, закупорка, жировые отложения и нарушение соосности труб.

Для повышения эффективности и надёжности работы наружных, квартальных и дворовых сетей в современных условиях целесообразно включать в регламентные работы эксплуатационных организаций по профилактическим осмотрам и ремонтам трубопроводов телеинспекцию, что позволит своевременно ликвидировать выявленные дефекты, а также закладывать в долгосрочные муниципальные целевые программы обоснованную замену ветхих и аварийных участков сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Комплексное развитие системы коммунальной инфраструктуры муниципального образования:** коллективная монография /В. Н. Семенов, [и др.]; под общ. ред. В.Н. Семенова; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2010. – 135 с.
2. **Стукалов, А. В.** Реализация полномочий органов местного самоуправления в сфере жилищно-коммунального хозяйства: автореф. дис. канд. юр. наук: 12.00.02/ А. В. Стукалов, Московский гуманитарный университет. – Москва, 2013. – 17 с.
3. **Сарченко, В. И.** Комплексный подход к решению современных инженерных проблем развития городов / В. И. Сарченко, С. А. Хиревич // В сборнике научных трудов Международного научно-технического симпозиума и III Международного Косыгинского Форума: Современные инженерные проблемы ключевых отраслей промышленности. Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина. – Москва, 2021. – С. 21-24.
4. **Исаев, В. Н.** Трубопроводные коммунальные системы / В. Н. Исаев, Р. Ю. Хургин // АВОК: Сантехника. – 2006. – № 3. – С. 52-59.
5. **Щавелев, А. С.** Опыт внедрения систем телеинспекции коллекторов/ А. С. Щавелев, С. В. Цвилий, К. Б. Сливенко // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 6. – С. 82-85.
6. **Скибо, Д. В.** Методы теледиагностики как способ повышения надёжности водоотводящих сетей / Д. В. Скибо, Н. Д. Пельменёва // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2016. – № 4. – С. 33.
7. **Макаров, А. О.** Преимущества телеинспекции канализационных систем / А. О. Макаров // Главный энергетик. – 2016. – № 9. – С. 54-57.

8. **Журавлева, И. В.** Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения: учебное пособие / И. В. Журавлева. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 136 с. – DOI: <https://doi.org/10.23682/108364>.

9. **Кудрявцева А.** Видеодиагностика сетей коммунального водоотведения/ А. Кудрявцева // Водоочистка. – 2020. – № 1. – С. 39-45.

Поступила в редакцию 10 мая 2023

EXPERIENCE OF EFFECTIVE APPLICATION OF A CAMERA SEWER INSPECTION SYSTEM FOR WATER DRAINAGE SYSTEMS AT RVC-VORONEZH LLC

E. S. Kobelev, I. V. Zhuravleva, D. V. Dedov

Evgeny Sergeevich Kobelev, master's student at the Department of Hydraulics, Water Supply and Sanitation, Voronezh State Technical University, foreman of the department for optimizing the modes of networks and structures at RVC Voronezh LLC, Voronezh, Russia, tel.: +(7951)869-91-08; e-mail: Zhenja-kobelev@mail.ru

Irina Vladimirovna Zhuravleva, Cand. Sc. (Techn.), Associate Professor at the Department of Hydraulics, Water Supply and Sanitation, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7910-7444-123; e-mail: U00367@vgasu.vrn.ru

Dmitry Vladimirovich Dedov, Production Director at RVC-Voronezh LLC, Voronezh, Russia, tel.: +7(961)181-55-88; e-mail: d.dedov@rosvodokanal.ru

The article analyzes the current state of communal sewerage networks in the city of Voronezh and Voronezh region. We collected statistical data reflecting the length of sewer networks, their degree of wear and possibility of emergencies on them. We consider the experience of sewer inspection with a camera system for effective diagnostics of sewerage at different diameters of pipelines, illustrated by full-scale imaging (cracks, bare fittings of reinforced concrete pipes, failures as a result of the destruction of pipe trays, clogging with fatty and silty deposits, textile waste, misalignment of pipes) with interpretation of the results and explanations. We describe how to use the camera sewer inspection system for an effective diagnostic result. We show effectiveness of the use of a camera sewer inspection system in identifying actions that harm the economic activities of organizations where these sewerage networks operate. As well we give recommendations for the prevention and elimination of emergency situations on drainage networks.

Keywords: drainage systems; video diagnostics; clogging; sewerage; camera sewer inspection system.

REFERENCES

1. **Semenov V. N.** *Comprehensive development of the system of communal infrastructure of the municipality: a collective monograph.* Voronezh, Voronezh. state arch.-build. unt. 2010. 135 p. (in Russian)
2. **Stukalov A. B.** *Realization of powers of local governments in the field of housing and communal services.* Moscow, Humanitarian University. 2013. 17 p. (in Russian)
3. **Sarchenko V. I., Khirevich S. A.** *An integrated approach to solving modern engineering problems of urban development.* Russian State University A. N. Kosygin. 2021. Pp. 21-24. (in Russian)
4. **Isaev V. N., Khurgin R. Yu.** *Pipeline communal systems.* AVOK, Plumbing. 2006. No. 3. Pp. 52-59. (in Russian)
5. **Shchavlev A. S., Zvilij S. V., Slivenko K. B.** *Experience in the implementation of systems for teleinspection of collectors.* Water supply and sanitary engineering. 2014. No. 6. Pp. 82-85. (in Russian)

6. **Skibo D. V., Pelmeneva N. D.** *Methods of telediagnosics as a way to improve the reliability of drainage networks.* Youth Bulletin of ISTU. 2016. No. 4. Pp. 33 (in Russian)
7. **Makarov A. O.** *Benefits of teleinspection of sewer systems.* Chief Power Engineer. 2016. No. 9. Pp. 54-57. (in Russian)
8. **Zhuravleva I. V.** *Operation of water supply and sewerage systems: a tutorial.* Moscow, IPR Media. 2021. 136 p. Text: electronic Electronic library system IPR BOOKS: DOI: <https://doi.org/10.23682/108364>. (in Russian)
9. **Kudryavtseva A.** *Video diagnostics of communal water disposal networks.* Vodochistka. 2020. No. 1. Pp. 39-45. (in Russian)

Received 10 May 2023

Для цитирования:

Кобелев, Е. С. Опыт эффективного применения теледиагностики для систем водоотведения ООО «РВК-ВОРОНЕЖ» / Е. С. Кобелев, И. В. Журавлева, Д. В. Дедов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 74-82. – DOI 10.36622/VSTU.2023.46.60.008.

FOR CITATION:

Kobelev E. S., Zhuravleva I. V., Dedov D. V. *Experience of effective application of a camera sewer inspection system for water drainage systems at RVC-VORONEZH LLC.* Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 74-82. DOI 10.36622/VSTU.2023.46.60.008. (in Russian)

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ,
РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО**

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

DOI 10.36622/VSTU.2023.34.77.009

УДК 712.254:712.2.025

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТИПА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУР
ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТНЫХ ОБЪЕКТОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ
ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ**

Е. В. Золотарева, Е. А. Коренькова

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

Коренькова Екатерина Анатольевна, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина», Орел, Российская Федерация, тел.: +7(920)824-24-80; e-mail: korkatya@mail.ru

Представлены результаты анализа объектов озеленения г. Орла, который проводился с целью определения зависимости состояния древесных насаждений от типов пространственных структур и возможности прогнозирования устойчивости урбоэкосистем. При проведении исследований были изучены территории ландшафтных объектов, различных по категории и площади: скверы, городские лесопарки, городской парк культуры и отдыха. Типы пространственных структур ландшафтных объектов изучались по их спутниковым снимкам с выделением закрытого, открытого и полуоткрытого ТПС. Оценка состояния насаждений исследуемых объектов проводилась отдельно по типам пространственной структуры путем выявления качественного состояния деревьев и определения их категории жизнеспособности. Для устойчивости древесных насаждений в городских условиях одним из определяющих факторов качественных условий произрастания выступает тип пространственной структуры, т.е. площадь питания, которая зависит от размеров территории ландшафтного объекта, густоты и характера размещения деревьев. При изучении зависимости комплексной оценки территории от соотношения и размещения типов пространственных структур выявлено, что в закрытом типе пространственной структуры не только снижена привлекательность насаждений, но и выполняемая санитарно-гигиеническая функция исследуемых объектов. В полуоткрытых и открытых пространствах создаются оптимальные условия для устойчивого роста и развития древесных насаждений в городских насаждениях.

Ключевые слова: сквер; парк; лесопарк; тип пространственной структуры; древесные насаждения; ландшафтный объект; устойчивость; урбоэкосистема.

В настоящее время зеленые насаждения и леса городских агломераций подвергаются интенсивным воздействиям техногенных нагрузок. В связи с этим все большее внимание должно уделяться интегральной оценке экологического состояния городских территорий. Наиболее характерный компонент городских экосистем, интегрально отражающий их изменения — древесная растительность. При определении эффекта влияния антропогенной деятельности на растительный покров, необходимо учитывать, что природные компоненты не проявляют линейную, однозначную реакцию при одинаковых антропогенных воздействиях. Изменение природных компонентов в результате этих воздействий в значительной

мере зависит от их популяционной структуры, генетической обусловленности, продолжительности воздействия, возраста и состояния растений.

Для устойчивого развития города как урбоэкосистемы необходимы: формирование и развитие зеленого каркаса, сохранение существующих природных объектов, развитие ландшафтного строительства, сохранение памятников ландшафтной архитектуры [1, 2]. Элементы, составляющие природный каркаса города - парки, скверы, насаждения жилых районов и микрорайонов. Чем больше таких объектов, связанных между собой линейным озеленением, тем выше уровень комфортности городской среды для его жителей [3,4, 5].

Состояние зеленых насаждений – важный индикатор качества городской среды, от него напрямую зависит комфортность проживания. Согласно ФЗ «Об охране окружающей среды» (2002)¹, мероприятия по охране зеленых насаждений направлены на создание единой экологически стабильной системы – природного каркаса города. Город считается благополучным в экологическом отношении, если природные ландшафты составляют 10...12 % его площади². Только лишь при использовании научного подхода возможно формирование устойчивых, эстетически привлекательных объектов ландшафтной архитектуры, способствующих гармоничному развитию города возможно лишь при научном подходе. Наиболее важными компонентами, влияющими на качество городских ландшафтов, являются растительность и почвенный покров, состояние которых позволяет судить об эффективности построения зеленого каркаса, взаимосвязях между другими компонентами ландшафта – литологической основой, гидрогеологическими и гидрохимическими условиями и т. д. [6, 7, 8]. В свою очередь, почва и растительность - наиболее лабильные, наиболее подверженные деградации компоненты городских ландшафтов, от изменений их состояния зависит скорость изменений самих ландшафтов в целом [9, 10].

Цель исследования - анализ территории объектов озеленения г. Орла для определения зависимости особенностей состояния древесных насаждений и прогноза устойчивости урбоэкосистем от типов пространственных структур.

Задачи исследования:

- ✓ анализ размещения и соотношения типов пространственных структур на исследуемых объектах;
- ✓ мониторинг состояния древесной растительности на исследуемых объектах;
- ✓ оценка влияния особенностей произрастания в разных типах пространственных структур на качественное состояние деревьев и определение их категории состояния или жизнеспособности.

При проведении исследований были изучены территории ландшафтных объектов, различных по категории и площади: скверы, городские лесопарки, городской парк культуры и отдыха. На всех исследуемых объектах была произведена выборка пород и определены одновозрастные экземпляры деревьев, по которым проведены мониторинговые исследования. Исследования проводились в 2021 г.

Для выявления типов пространственных структур (ТПС) изучаемых объектов использовали спутниковые снимки (иногда использовался гибриды). На снимке выделялись контуры ТПС: открытые, закрытые и полукрытые.

При выделении ТПС использовались следующие критерии:

1. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»- Российская газета - Федеральный выпуск № 0(2874), 2002 г.

2. Свод правил СП 42.13330.2016. «СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (Приказ Минстроя России от 30 декабря 2016 г. № 1034/пр).

- ✓ закрытый тип – кроны отдельных деревьев образуют сплошной массив, невозможно различить отдельные кроны (признак горизонтальной сомкнутости);
- ✓ полуоткрытый – границы крон каждого дерева хорошо определяются, деревья находятся друг от друга на некотором расстоянии;
- ✓ открытый – открытое пространство (партер, цветник, водоем, площадка и т.п.).

Чтобы оценить состояние древостоя использовали стандартную методику мониторинга городских зеленых насаждений, которая позволила определить качественное состояние деревьев и их категории жизнеспособности [11].

Для устойчивости древесных насаждений в городских условиях одним из определяющих факторов качественных условий произрастания выступает тип пространственной структуры (ТПС), т.е. площадь питания, которая зависит от размеров территории ландшафтного объекта, густоты и характера размещения деревьев.

В городских условиях и при существующей в городах России системе недостаточного ухода за зелеными насаждениями пространственная структура после 20...30 лет функционирования объекта меняется на неблагоприятную.

По результатам проведенных авторами исследований типов пространственной структуры скверов г. Орла соотношение ТПС на в подавляющих случаях не соответствует градостроительным требованиям (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение типов пространственной структуры в скверах г. Орла

Сквер	Тип пространственной структуры, %		
	закрытый	полуоткрытый	открытый
Имени Н.Н. Поликарпова	64	21	15
«Трамвайный»	35	29	36
«Буревестник»	10	50	40
«400-летия Орла»	15	30	55
Имени Л.Н. Гуртьева	69	10	21
Имени И.А. Бунина	65	10	25
«Комсомольский»	60	25	15
Писателей-орловцев	30	30	40
Сквер ОГУ	60	30	10
Имени В.В. Маяковского	10	40	50
Среднее значение	41,8	27,5	30,7

Данные табл. 1 позволяют сделать вывод, что закрытый ТПС преобладает в большинстве исследуемых скверов, он выявлен на 41,8 % площади. В зоне закрытого ТПС присутствует полная горизонтальная сомкнутость крон, деревья произрастают в условиях ограниченной площади питания, при дефиците освещения, что в условиях неблагоприятной экологической обстановки города еще более ухудшает условия произрастания насаждений и приводит к их ослаблению. Скверы, в которых преобладает закрытый ТПС, излишне затенены, имеющиеся доминанты почти всегда закрыты насаждениями и не привлекают внимания. Также слишком плотные насаждения отрицательно влияют на формирование системы видовых точек. Закрытые участки равномерно распределены по всей территории, что объясняется отсутствием систематического ухода за древесными насаждениями.

Открытые (30,7 % общей площади скверов) и полуоткрытые (27,5 %) ТПС расположены бессистемно, их размещение носит случайный характер. При этом на данных участках можно констатировать улучшение условий произрастания деревьев: границы крон каждого дерева, а, следовательно, границы корневой системы и площади питания, хорошо определяются, деревья не затеняют друг друга и получают больше света, влаги и питательных веществ.

Определение типа пространственной структуры на территориях городских парков и лесопарков г. Орла (табл. 2) показало примерно равное соотношение ТПС на объекте: на объектах преобладают закрытые и полукрытые пространства от 30 до 60 %, открытые пространства занимают 10...25 % территории, что соответствует примерным нормативным значениям для лесостепной зоны.

При изучении состава и состояния растительности на исследуемых объектах выявлено, что в древесных посадках преобладают лиственные породы, среди них липа мелколистная, клен остролистный, клен ясенелистный, рябина обыкновенная. Из хвойных чаще всего встречаются ели обыкновенная и колючая, туя западная (в основном колонновидные сорта и формы). Живые изгороди представлены кизильником блестящим, сиренью обыкновенной (видовой и сортовой), спиреями (вангутта, японская), можжевельником казацким.

Таблица 2

Соотношение типов пространственной структуры в парках г. Орла

Объект	Тип пространственной структуры, %		
	открытый	полукрытый	закрытый
Лесопарки			
«Ботаника»	10	30	60
«Разградский»	25	45	30
«Семинарский»	20	45	35
Парки городские			
ПКиО	25	35	40

Для определения влияния типа пространственной структуры на устойчивость древесных насаждений проведен мониторинг состояния видов, которые встречаются во всех исследованных объектах. Интерес представляет изучение состояния близких по возрасту пород деревьев на разных категориях объектов ландшафтных объектов в одинаковых условиях пространственной структуры, что делает возможным сравнение условий произрастания для определения устойчивости пород в городских условиях. Мониторинг состояния городских насаждений проводился с целью оценки состояния зеленых насаждений и его динамики, в том числе негативной [12, 13]. Результаты оценки деревьев по отдельным видам (средний балл и категории жизнеспособности) представлены в табл. 3...4.

Таблица 3

Влияние ТПС на качественное состояние древесной растительности в скверах

Вид	Качественное состояние деревьев в зависимости от ТПС, балл		
	закрытый	полукрытый	открытый
Липа мелколистная	2,9	3,7	3,5
Клен ясенелистный	3,4	4	3,9
Рябина обыкновенная	2,6	3,1	3
Клен остролистный	3,3	3,8	3,8

Таблица 4

Влияние ТПС на качественное состояние древесной растительности в лесопарках

Вид	Качественное состояние деревьев в зависимости от ТПС, балл		
	закрытый	полукрытый	открытый
Липа мелколистная	3,1	3,8	3,8
Клен ясенелистный	3,9	4	3,9
Рябина обыкновенная	3	3,1	3,1
Клен остролистный	3,6	3,8	3,9

Опираясь на полученные результаты исследований состояния деревьев в скверах, хорошее состояние без признаков ослабления выявлено у большинства видов в открытых и полуоткрытых ТПС скверов – и находится в интервале в 3,5...4 балла. Исключение составляет рябина обыкновенная, которая менее устойчива к воздействию неблагоприятных городских условий, быстро теряет жизнеспособность и характеризуется удовлетворительным состоянием в открытых ТПС, а в закрытых ТПС еще более ухудшается – до 2,6 баллов. Для рябины обыкновенной характерна поверхностная корневая система и, следовательно, повышенная чувствительность к засухе и поверхностному вытаптыванию.

Для растительности закрытых ТПС характерна более светлая окраска листвы, крона слабожурная, прирост снижен по сравнению с нормальным, в кроне наблюдается около 25 % сухих ветвей, что соответствует удовлетворительной оценке (3,4...2,6 балла) и общему ослабленному состоянию растения. Лучшую устойчивость и качественное состояние по баллам в скверах показал клен ясенелистный, что обусловлено его высокой толерантностью к различным условиям произрастания.

В лесопарках результаты мониторинга показали лучшее качественное состояние деревьев, оценка всех пород показала более высокие значения, в сравнении с установленными значениями в скверах. Увеличение площади объекта, сохранение биоценоза с естественным напочвенным покровом, улучшение экологической ситуации из-за некоторого удаления от оживленных магистралей обусловило, что даже в закрытых ТПС устойчивость древесных пород выше, чем в ограниченных территориально скверах. Однако, для липы мелколистной, клена остролистного отмечается снижение категории жизнеспособности в закрытых лесопарковых пространствах на 0,7...0,3 балла в сравнении с открытыми структурами.

Интерес представляют результаты мониторинга состояния древесных насаждений, полученные в парке культуры и отдыха г. Орла (табл. 5).

Таблица 5

Влияние ТПС на качественное состояние древесной растительности в парке культуры и отдыха

Вид	Качественное состояние деревьев в зависимости от ТПС		
	закрытый	полуоткрытый	открытый
Липа мелколиственная	2,7	3,5	3,2
Клен ясенелистный	3,5	3,9	3,7
Рябина обыкновенная	2,3	2,8	2,4
Клен остролистный	2,9	3,5	3,2

Высокая рекреационная нагрузка, расположение в центральном районе города, значительный возраст большинства древесных насаждений, близкий к предельному, - все это негативно сказывается на состоянии деревьев и их жизнеспособности. Как показывают данные табл. 5, качественное состояние пород, за исключением клена ясенелистного, уступает состоянию деревьев в скверах и лесопарках. В закрытых пространствах для всех пород установлена удовлетворительная оценка; в открытых – баллы на 0,2...0,5 единиц выше, но также ближе к удовлетворительному состоянию и составляют от 2,4 у рябины обыкновенной до 3,2 балла у клена остролистного и липы мелколистной.

В полуоткрытых пространствах установлены лучшие показатели категории состояния – 3,5 балла, что связано с оптимальными условиями произрастания: достаточные площади питания и произрастание в группах делает растения более устойчивыми в условиях высокой антропогенной нагрузки, чем в одиночной посадке. Более чувствительная рябина обыкновенная показала характерную реакцию, ее состояние было наилучшим в полуоткрытых пространствах при снижении среднего балла категории состояния относительно скверов и лесопарков.

Из всех исследуемых видов липа мелколиственная и клен остролистный имеют достаточно высокие качественные показатели состояния в условиях открытого и полуоткрытого

ТПС (как самых комфортных для произрастания древесных растений в городских условиях), что можно связать с их естественной устойчивостью к воздействию городской среды.

Заключение.

В большинстве скверов г. Орла, для которых характерен возраст насаждений, близкий к предельному в городских условиях (или даже превышающий его), выявлен закрытый тип пространственной структуры. Данный ТПС занимает 41,8 % общей площади исследованных скверов.

В результате изучения зависимости состояния ландшафтных объектов от размещения и соотношения типов пространственных структур на их территории установлено, что закрытый ТПС способствует не только снижению привлекательности, но и выполняемой санитарно-гигиенической роли городских зеленых насаждений.

Установлено, что устойчивому функционированию древесных насаждений в городских насаждениях способствуют условия, сформировавшиеся в полуоткрытых и открытых ТПС.

Основываясь на полученных результатах, рекомендуется проводить анализ типов пространственных структур на объекте как при разработке научно-обоснованных проектов озеленения и благоустройства, так и при разработке проектов реконструкции городских объектов ландшафтной архитектуры, что будет способствовать более объективному прогнозированию устойчивости реконструируемых урбоэкосистем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Golubeva, E. I.** The main directions in the landscape-ecological planning of urban areas / E. I. Golubeva, T.O. Korol // Baltic Region – The Region of Cooperation. – 2020. – Vol. «Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences» Springer Nature Switzerland AG. 2020. – Pp. 235-241.
2. **Murzin, A. D.** Strategic planning of innovation goal-setting in development of urban areas / A. D. Murzin // Krasnoyarsk Science. – 2014. – Vol. 3. – №. 5. – Pp. 8-16.
3. **Barkalov, S. A.** Model of formation plans for the urban areas development / S. A. Barkalov, P. N. Kurochka, M. A. Pinaeva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Workshop «Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019». Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2019. – Pp. 62035.
4. **Danilina, N. V.** Analysis situation of urban green space framework in Tehran / N. V. Danilina, A. Majorzadehzahiri // Vestnik MGSU. – 2021. – Vol. 16. – № 8. – Pp. 975-985.
5. **Kuklina, V.** Green spaces as an indicator of urban sustainability in the arctic cities: case of Nadym / V. Kuklina, O. Sizov, R. Fedorov // Polar Science. – 2021. – № 6/н. – Pp. 100672.
6. **Агаркова, М. Г.** Биологические свойства урбанизированных территорий / М. Г. Агаркова, М. Н. Строганова, И. Н. Скворцова // Вестник Московского университета, Сер.17. Почвоведение. – 1994. – № 13. – С.45-49.
7. **Якушина, Э. И.** Древесные растения в озеленении Москвы / Э. И. Якушина. – Москва: Наука, 1992. – 158 с.
8. **Мозолевская, Е. Г.** Мониторинг состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы / Е. Г. Мозолевская // Экология большого города. Альманах. Вып. 2. – Москва: Прима-Пресс, 1997. – С. 16-59.
9. **Borisova, E.** Environmental functions of green spaces and their impact on the urban microclimate / E. Borisova // GREEN-2020. Graduate Research in Ecology, Engineering and Nature. – Moscow, 2020. – Pp. 28-31.

10. **Wang, C. H.** An environmental policy of green intellectual capital: green innovation strategy for performance sustainability / C. H. Wang, W.-J. Juo // *Business Strategy and the Environment*. – 2021. – Pp. 38.

11. **Мозолевская, Е. Г.** Методы оценки и прогноза динамики состояния насаждений / Е. Г. Мозолевская // *Лесное хозяйство*. – 1998. – № 3. – С. 43-45.

12. **Puchol-Salort, P.** An urban planning sustainability framework: systems approach to green urban design / P. Puchol-Salort, M. van Reeuwijk, A. Mijic, J. O'Keeffe // *Sustainable Cities and Society*. – 2021. – Vol. 66. – Pp. 102677.

13. **Kronenberg, J.** Environmental justice in the context of urban green space availability, accessibility, and attractiveness in postsocialist cities / J. Kronenberg, E. Łaszkiewicz, M. Biernacka, Y. Khmara, A. Haase, A. Antal, A. Baravikova, D. Dushkova, D. Haase, R. Filčакыы, M. Ignatieva, M.R. Niřă, D.A. Onose // *Cities*. – 2020. – Vol. 106. – Pp. 102862.

Поступила в редакцию 5 мая 2023

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF TYPES OF SPATIAL STRUCTURES OF URBAN LANDSCAPE FACILITIES ON TREE STABILITY

E. V. Zolotareva, E. A. Korenkova

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

Ekaterina Anatolyevna Korenkova, Cand. Sc. (Agricult.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Landscape Architecture, Orel State Agrarian University named after N. V. Parakhin, Orel, Russia, tel.: +7(920)824-24-80; e-mail: korkatya@mail.ru

In this article we present the results of the analysis of landscaping facilities in the city of Orel, carried out in order to determine the dependence of the state of tree plantations on the types of spatial structures and the possibility of predicting the sustainability of urban ecosystems. During the research we studied the territories of landscape facilities, different in category and are, such as public gardens, urban forest parks, city recreational park. The types of spatial structures (TSS) of landscape facilities were studied on the basis of their satellite images with the identification of closed, open, and semi-open TSS. The state of plantations of the studied facilities was assessed separately by TSS through identifying the qualitative state of trees and determining their viability category. For the sustainability of tree plantations in urban environments, one of the determining factors in the quality of growth conditions is the TSS, i.e. the feeding area, which depends on the size of the territory of the landscape facility, the density and nature of the placement of trees. When studying the dependence of a comprehensive assessment of the territory on the ratio and placement of TSS, it was revealed that in the closed TSS, not only the attractiveness of plantations is reduced, but also the sanitary and hygienic function of the facilities under study. Optimal conditions are created in semi-open and open spaces for the sustainable growth and development of tree plantations in urban plantations.

Keywords: public garden; park; forest park; type of spatial structure; tree plantations; landscape facility; sustainability; urban ecosystem.

REFERENCES

1. **Golubeva E. I., Korol T. O.** *The main directions in the landscape-ecological planning of urban areas*. Baltic Region – The Region of Cooperation. 2020. Vol. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Pp. 235-241.

2. **Murzin A. D.** *Strategic planning of innovation goal-setting in development of urban areas*. Krasnoyarsk Science. 2014. Vol. 3. No. 5. Pp. 8-16.

3. **Barkalov S. A., Kurochka P. N., Pinaeva M. A.** *Model of formation plans for the urban areas development*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk. 2019. Pp. 62035.
4. **Danilina N. V., Majorzadehzahiri A.** *Analysis situation of urban green space framework in Tehran*. Vestnik MGSU. 2021. Vol. 16. No. 8. Pp. 975-985.
5. **Kuklina V., Sizov O., Fedorov R.** *Green spaces as an indicator of urban sustainability in the arctic cities: case of Nadym*. Polar Science. 2021. Pp. 100672.
6. **Agarkova M. G., Stroganova M. N., Skvortsova M. G.** *Biological properties of urbanized territories*. Bulletin of Moscow University. Series 17. Soil science. 1994. No. 13. Pp. 45-49. (In Russian)
7. **Yakushina E. I.** *Woody plants in the landscaping of Moscow*. Moscow, Publishing house Nauka. 1992. 158 p. (In Russian)
8. **Mozolevskaya E. G.** *Monitoring of the state of green spaces and urban forests in Moscow*. In the collection: Ecology of the big city. Issue 2. Moscow. 1997. Pp. 16-59. (In Russian)
9. **Borisova E.** *Environmental functions of green spaces and their impact on the urban microclimate*. In the collection: GREEN-2020. Graduate Research in Ecology, Engineering and Nature. Moscow. 2020. Pp. 28-31.
10. **Wang C. H., Juo W.-J.** *An environmental policy of green intellectual capital: green innovation strategy for performance sustainability*. Business Strategy and the Environment. 2021. Vol. 30. Pp. 38.
11. **Mozolevskaya E. G.** *Methods for assessing and forecasting the dynamics of the state of plants*. Forestry. 2018. No.3. Pp. 43-45. (In Russian)
12. **Puchol-Salort P., van Reeuwijk M., Mijic A., O'Keeffe J.** *An urban planning sustainability framework: systems approach to blue green urban design*. Sustainable Cities and Society. 2021. Vol. 66. Pp. 102677.
13. **Kronenberg J., Łaszkiwicz E., Biernacka M., Khmara Y., Haase A., Antal A., Baravikova A., Dushkova D., Haase D., Filčакы R., Ignatieva M., Niță M. R., Onose D. A.** *Environmental justice in the context of urban green space availability, accessibility, and attractiveness in postsocialist cities*. Cities. 2020. Vol. 106. Pp. 102862.

Received 5 May 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Золотарева, Е. В. Оценка влияния типа пространственных структур городских ландшафтных объектов на устойчивость древесных насаждений / Е. В. Золотарева, Е. А. Коренькова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 83-90. – DOI 10.36622/VSTU.2023.34.77.009.

FOR CITATION:

Zolotareva E. V., Korenkova E. A. *Evaluation of the influence of types of spatial structures of urban landscape facilities on tree stability*. Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 83-90. DOI 10.36622/VSTU.2023.34.77.009. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.64.22.010

УДК 725.8

ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА ЭКОПОЗИТИВНЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КУЛЬТУРНО-ЗРЕЛИЩНЫХ КОМПЛЕКСОВ

П. Э. Кузнецов, И. А. Миронова

Кузнецов Павел Эдуардович, магистрант кафедры архитектуры, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева», Орел, Российская Федерация, тел.: +7(996)160-17-17; e-mail: pavel19980915@gmail.com

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

Обозначены основные проблемы современных городов, связанные с неблагоприятным воздействием селитебного техногенеза на окружающую среду. Выявлена важная градобразующая роль экопозитивных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов, определяющих эмоциональный тонус города, его образность и выразительность, соответствующая дружелюбной экологической, устойчивой среде и снижающая риски техногенеза. Проведен анализ экопозитивного архитектурного проектирования современных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов, способствующих формированию устойчивого архитектурно-градостроительного пространства, на основе двадцати двух уникальных примеров зарубежной и отечественной практики проектирования и строительства подобных сооружений. Определены основные принципы экопозитивных проектных решений такого типа зданий. Сформулирован вывод об особой актуальности экологического проектирования современных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов с максимальным использованием всего спектра технологий, приемов, направленных на формирование здорового, комфортного и безопасного архитектурно-градостроительного пространства.

Ключевые слова: многофункциональный культурно-зрелищный комплекс; экопозитивная архитектура; архитектурно-градостроительное пространство; безопасная среда; озеленение; экологичные материалы; природные формы в архитектуре.

Город является мощнейшим техногенным фактором воздействия на окружающую среду. Это сложный процесс, получивший название селитебного техногенеза, характеризуется геохимическими, геофизическими и механическими изменениями ландшафтов (экосистем). Масштабы его воздействий зависят от многих природных и техногенных условий. В связи с этим основными проблемами современных городов являются: загрязнение окружающей среды выбросами от промышленных предприятий и автотранспорта; образование отходов производства и потребления, приводящих к изменению химического состава воздуха; строительство высотных зданий, повышение плотности застройки, вызывающих нарушение естественной направленности воздушных потоков и естественного аэрационного режима. Все это оказывает неблагоприятное воздействие на городскую среду и жизнедеятельность человека в целом [1].

Современная архитектура, в частности архитектура многофункциональных культурно-зрелищных комплексов, играющих важную градобразующую роль, определяющих эмоциональный тонус города, его образность и выразительность, должна соответствовать дружелюбной экологической, устойчивой среде и снижать риски техногенеза.

Представляется необходимым выявление научно обоснованных, принципиальных подходов в создании экопозитивных многофункциональных культурно-зрелищных комп-

лексов, направленных на формирование устойчивого архитектурно-градостроительного пространства. Задача состоит в том, чтобы проанализировать экопозитивные проектные решения современных культурно-зрелищных комплексов исходя из отечественной и зарубежной практики проектирования и строительства подобных сооружений, а также оценить их влияние на формирование архитектурно-градостроительного пространства.

В процессе исследования был изучен опыт экопозитивного проектирования и строительства 22 уникальных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов, построенных в XXI веке и расположенных на территории Европы, Азии и Северной Америки. Для достижения цели исследования, решения поставленной задачи были использованы методы теоретического исследования: теоретический анализ и синтез, изучение и обобщение теоретического и практического опыта экопозитивного архитектурного проектирования современных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов.

Анализ, осуществленный с применением методов теоретического исследования, показал, что основным принципом проектирования и строительства современных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов является формирование архитектурно-градостроительного пространства на основе применения экопозитивных проектных решений, одним из которых является биопозитивное благоустройство прилегающих территорий и создание устойчивой городской среды. Это особенно актуально для территорий, которые ранее были неблагоприятны в экологическом отношении. Культурно-зрелищные комплексы могут органично вписываться как в естественный или искусственно созданный ландшафт, так и в окружающую городскую застройку.

Многофункциональные культурно-зрелищные центры являются зданиями общегородского значения и их размещение определяется планировочно-транспортной структурой города, историко-культурной освоенностью среды, характером существующей окружающей застройки и градостроительным требованием к ее ансамблевости, а также назначением проектируемого зрелищного комплекса.

Выявлены шесть основных способов градостроительного размещения экопозитивных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов, способствующих формированию устойчивого архитектурно-градостроительного пространства:

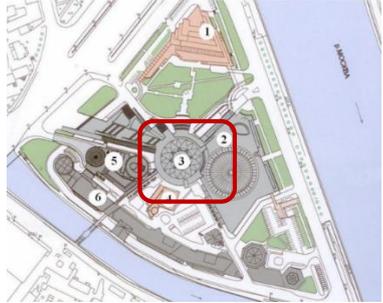
- 1) включение комплекса в качестве основного элемента в состав общественного и культурного центра;
- 2) сочетание комплекса с общественным рекреационным пространством;
- 3) в границах прибрежной территории;
- 4) в архитектурно-исторической городской среде;
- 5) на градостроительно значимых участках;
- 6) на территории бывших промышленных зон.

Примером формирования устойчивого архитектурно-градостроительного пространства с размещением экопозитивного культурно-зрелищного комплекса в качестве элемента для формирования комплекса общественного и культурного центра является Московский международный Дом музыки в составе архитектурно-культурного ансамбля «Красные холмы». Здание расположено на Космодамианской набережной Москвы-реки на стрелке Кремлевского острова и является главным элементом масштабного культурного центра, в который также входят бизнес-центр, пятизвездочный отель, конференц-центр, арт-галерея и центр цифрового лидерства. Огромная величественная лестница – парадная эспланада, ведущая от Садового кольца к залам Дома музыки, – неотъемлемая часть архитектурного решения. Она зрительно вытягивает силуэт здания, увеличивает его высоту. За лестницей следует площадь Искусств, обозначенная очертаниями многоконечной звезды из розового гранита. Просторные галереи вокруг Дома музыки имеют радиальное строение. Все они декорированы вечнозелеными растениями. Специальная технология позволяет выращивать даже в небольшом количестве грунта взрослые деревья.

Зарубежным примером размещения экопозитивного культурно-зрелищного комплекса в качестве элемента для формирования комплекса общественного и культурного центра может служить Дворец Королевы Софии, входящий в состав культурного и архитектурного комплекса «Город искусств и наук» в Валенсии. Величественное здание, спроектированное архитектором Сантьяго Калатравой, расположено в северо-западной части комплекса на одной оси с Музеем наук Принца Фелипе Гонсалес и планетарием. Окруженный со всех сторон бассейнами, театр-дворец словно сливается с двумя стихиями – водой и воздухом. Вдоль всего здания проходит променад, который идеально подходит для проведения показов мод и других мероприятий (табл. 1).

Таблица 1

Примеры размещения экопозитивного культурно-зрелищного комплекса в качестве основного элемента в составе общественного и культурного центра

Объект	Схема размещения	Общий вид
Московский международный Дом музыки – ключевой элемент архитектурно-культурного ансамбля «Красные холмы», Россия		
Дворец Королевы Софии в составе культурного и архитектурного комплекса «Город искусств и наук» в Валенсии, Испания		

Новые инновационные решения в формировании устойчивой архитектурно-градостроительной среды на основе размещения экопозитивного культурно-зрелищного комплекса в сочетании с общественным рекреационным пространством были применены известным французским архитектором Полем Андре при проектировании Большого театра Цзинань, построенного в 2013 г. на территориях Центрального и Водного парков. Характер парков, расположенных на разных осях, существенно различается. Центральный парк представляет собой активное пространство, связанное в основном с повседневной деятельностью офисов, розничной торговли и просто прохожих. Парк состоит из последовательных секций, различных по дизайну и приспособленных к различным видам деятельности. Водный парк, напротив, отличается большим единством дизайна, замкнутостью и создан для продолжительного отдыха. Идея заключалась в том, чтобы спроектировать культурно-зрелищный комплекс с тремя зрительными залами, способных принимать разнообразные и многочисленные культурные программы, в трех независимых объемах, на главной оси района, в центре парка и напротив трех башен бизнес-центра «Плаза». Пространственная организация обозначает центральное место культурного комплекса, придавая ему символизм и создавая визуальные связи с двумя парками и центром города [2].

Уникальным отечественным примером формирования устойчивой архитектурно-градостроительной среды является концертный зал «Зарядье», расположенный в одноименном природно-ландшафтном парке в Москве (архитекторы Сергей Кузнецов, Владимир Плоткин, 2018 год). Здание является ключевым элементом ландшафтной композиции парка и

органично вписано в структуру искусственного рельефа местности. Главной особенностью парка являются воссозданные ландшафтные зоны России. Эти зоны организованы в виде террас, интегрированных в ландшафт: природа и архитектура действуют как единое целое. При разработке ландшафта была спроектирована экологическая система сбора и использования дождевой воды (табл. 2) [3...4].

Таблица 2

Примеры размещения экопозитивного культурно-зрелищного комплекса
в сочетании с общественным рекреационным пространством

Объект	Схема размещения	Общий вид
Большой театр Цзинань в Центральном и Водном парках, Китай		
Концертный зал «Зарядье» в одноименном природно-ландшафтном парке в Москве, Россия		

При формировании устойчивой архитектурно-градостроительной среды особую актуальность приобретает размещение экопозитивных культурно-зрелищных комплексов в границах прибрежной территории, около водной поверхности, что способствует художественному восприятию объекта не только с суши, но и с воды, а также идентификации с определенным районом, городом или даже регионом. Здания обогащают подсветкой, подчеркивая пластику фасада и, порой, формируя иной образ в темное время суток.

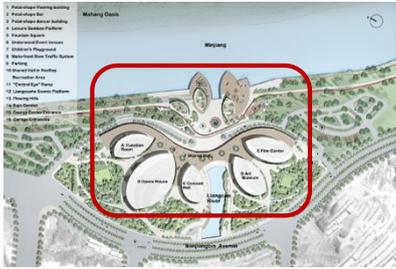
Показательным примером служит Центр культуры и искусств Фучжоу – один из крупнейших современных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов, ставший международной платформой для обмена местным искусством, центром культурной жизни и окном для культурного экспорта в Китай, а также новой культурной достопримечательностью на юго-восточном побережье. Здание построено в 2015...2018 гг. по проекту финского архитектора Пекки Салминена на берегу реки Миньцзян в Фучжоу, столице китайской провинции Фуцзянь. Центр функционирует как связующее звено и соединяет городскую застройку Фучжоу и его водные пути с рекой и природной средой. На подземном уровне маршрут, напоминающий променады, проложенный вдоль разделяющего здание разлива реки Лянцюо, соединяет ландшафт с интерьерами, а также обеспечивает связь между станцией метро и Центром. В проекте используется технология тепловых насосов с источником речной воды, технология рекуперации тепла воздуха, технология свободного охлаждения и строительство «губчатого города», что позволяет экономить много энергии и формирует «устойчивый город».

Другим примером является концертный зал и конгресс-холл «Харпа», расположенный в гавани Рейкьявика у самой кромки воды (архитекторы Хеннинг Ларсен и Олафур Элиасон, 2011 год). Это самое посещаемое здание и одна из визитных карточек столицы Исландии. Комплекс является частью обширного проекта развития гавани («East Harbour

Project)), общая цель которого состоит в том, чтобы оживить этот район и создать лучшую связь между центром города и гаванью. Стекланные панели фасада здания напоминают собой базальт (горную породу). В южный фасад встроено более 700 рядов светодиодов разных цветов, которые заставляют здание сиять даже после захода солнца. Кристаллическая структура, созданная геометрическими фигурами фасада, способствуют диалогу между зданием, городом и окружающим ландшафтом (табл. 3).

Таблица 3

Примеры размещения экопозитивного культурно-зрелищного комплекса в границах прибрежной территории

Объект	Схема размещения	Общий вид
Центр культуры и искусства Фучжоу на берегу реки Миньцзян, Китай		
Концертный зал и конгресс-холл «Харпа» в гавани Рейкьявика, Исландия		

Размещение экопозитивных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов в архитектурно-исторической городской среде является наиболее ответственной задачей для архитекторов, которая заключается в оживлении, возрождении и в то же время сохранении исторического пространства, поэтому важно создать современный облик здания и корректно вписать его в историческую застройку.

Отражение в современном произведении архитектуры древних символов и традиций культуры – задача, решением которой был занят архитектор Поль Андре при проектировании масштабного Центра исполнительских искусств в историческом центре Пекина. Здание расположено в непосредственной близости от площади Тяньаньмэнь и Дома народных собраний. Форма здания задумывалась как узнаваемый символ китайской культуры. Уникальный футуристический эллипсоидный купол выполнен из титановых пластин и листов ультрапрозрачного стекла, что создает неповторимый визуальный эффект. Внешний вид комплекса прекрасно дополняет красные стены традиционных зданий и гармонично вписывается в облик древнего города, а сочетание двух материалов на оболочке здания создает визуальный эффект китайских символов инь и ян [5].

Радикально неклассический, смелый замысел встраивания современного культурно-зрелищного комплекса в архитектурно-историческую городскую среду осуществил итальянский архитектор Ренцо Пиано при проектировании Аудиториума *Parco della Musica*, построенного в 1996...2002 гг. в историческом центре Рима в районе Фламинио, между Виллой Глори, холмом Париоли и Олимпийской деревней. Назначение музыкального комплекса состояло в том, чтобы создать центр классической музыки в столице Италии, который еще больше обогатит обширное культурное наследие города. Название комплекса (в переводе с итальянского – «Парк музыки») объясняется идеей разместить музыкальный центр среди зелени, где искусство музыки и красота природы сосуществуют в гармонии.

Три «музыкальные шкатулки», организованные вокруг общего центрального пространства – открытого амфитеатра, как бы «парят» над зеленью парка. Они максимально отделены друг от друга, с тем чтобы исключить проблему наложения звука, но в то же время соединены у основания непрерывным вестибюлем. Вокруг трех объемов здания проходит обширная озелененная терраса. Отсюда видны остатки римской виллы (датируемой IV веком), обнаруженные во время строительства комплекса (табл. 4) [6].

Таблица 4

Примеры размещения экопозитивного культурно-зрелищного комплекса в архитектурно-исторической городской среде

Объект	Схема размещения	Общий вид
Центр исполнительских искусств в историческом центре Пекина в близости от площади Тяньаньмэнь и Дома народных собраний, Китай		
Аудиториум Parco della Musica в историческом центре Рима в районе Фламинио, Италия		

Показательным примером формирования устойчивого архитектурно-градостроительного пространства на градостроительно значимом участке является Шанхайский центр искусств Востока – шедевр постмодернистской архитектуры, дизайн которого отражает самый авангардный и культурно актуальный стиль в современном мире – возвращение к природе. Комплекс, спроектированный архитектором Полем Андре, построен в 2002...2005 гг. вблизи главной улицы перспективного делового района Пудун. Тот же принцип градостроительного размещения применен при строительстве Тайбэйского центра исполнительских искусств на оживленном перекрестке района Шилинь (архитектор Рем Колхас, 2022 год) (табл. 5).

Таблица 5

Примеры размещения экопозитивного культурно-зрелищного комплекса на градостроительно значимых участках

Объект	Схема размещения	Общий вид
Шанхайский центр искусств Востока вблизи главной улицы перспективного делового района Пудун, Китай		

Окончание табл. 5

Объект	Схема размещения	Общий вид
Тайбэйский центр исполнительских искусств на оживленном перекрестке района Шилинь, Тайвань		

Широкое распространение в наше время получает формирование устойчивого архитектурно-градостроительного пространства за счет использования бывших промышленных зон. Для восстановления экологического равновесия территорий, утративших свою первоначальную функцию, создаются экопозитивные многофункциональные культурно-зрелищные комплексы нового поколения в качестве компенсирующих и возрождающих элементов городской экосистемы. Характерными примерами являются Центр музыки и исполнительских искусств La Seine Musicale в Париже на месте бывшего завода (архитекторы Сигэру Бан и Жан де Гастен, 2017 год) и театр Гатри в Миннеаполисе в бывшем промышленном квартале, постепенно преобразуемом в новый элитный жилой район (архитектор Жан Нувель, 2006 год). Внешнее расположение объемов театра Гатри напоминает об индустриальном прошлом этого места и формирует устойчивую городскую среду (табл. 6).

Таблица 6

Примеры размещения экопозитивного культурно-зрелищного комплекса на территориях бывших промышленных зон

Объект	Схема размещения	Общий вид
Центр музыки и исполнительских искусств La Seine Musicale в Париже на месте бывшего завода, Франция		
Театр Гатри в Миннеаполисе в бывшем промышленном квартале, США		

Не менее важным элементом биопозитивности зданий, влияющим на создание устойчивого архитектурно-градостроительного пространства, является размещение зеленых насаждений на поверхностях кровли. Примерами озеленения кровли являются: концертный зал «Зарядье» в Москве, центр исполнительских искусств Wei-Wu-Ying в Гаосюне (архитектор Франсин Хаубен, 2018 год), культурный центр Фонда Ставорса Ниархоса в Афинах

(архитектор Ренцо Пиано, 2016 год), центр исполнительских искусств «Эспланада» в Сингапуре (архитектор Майкл Уилфорд, 2001 год) (рис. 1).

а)



б)



в)



г)



Рис. 1. Примеры озеленения кровли:

а – концертный зал «Зарядье»; б – центр исполнительских искусств Wei-Wu-Ying;
в – центр искусств «Эспланада»; г – культурный центр Фонда Ставрoса Ниархoса

Уникальной архитектурной особенностью концертного зала «Зарядье» (рис. 1, а) является полностью эксплуатируемая кровля с зелеными насаждениями и теплолюбивыми растениями, покрытая светопрозрачной конструкцией – «стеклянной корой», создающей микроклимат с единой температурной зоной в рекреации. Многоуровневая озелененная часть крыши Центра исполнительских искусств Wei-Wu-Ying (рис. 1, б) обеспечивает естественное и эффективное охлаждение здания, что особенно актуально в условиях субтропического климата. Большая крыша создает неформальное общественное пространство с открытым амфитеатром. Ландшафт озелененной крыши Центра исполнительских искусств «Эспланада» (рис. 1, в) с ухоженными газонами, кустарниками и небольшими тенистыми деревьями – зеленое пространство, которое создает уникальный контраст с современным дизайном и архитектурой двух куполов комплекса. Колонны, поддерживающие купола, также собирают дождевую воду, которая обрабатывается и используется для очистки фасада и полива растений. Терраса на крыше может быть преобразована в место проведения различных мероприятий.

Оригинальным проектным решением культурного центра Фонда Ставрoса Ниархoса являются конструкции двух корпусов – Греческой национальной оперы и Национальной библиотеки Греции, встроенных в искусственный холм (рис. 1, г). Парк площадью 21 гектар с оливковыми деревьями и пышной средиземноморской растительностью поднимается вверх по пологому склону от уровня земли до 32-метровой высоты, образуя зеленую крышу культурного центра. Конструктивная и технологическая структуры зеленой кровли уникальны. Основой кровли служит бетонное основание с уклоном 5°. Гидроизоляцию обеспе-

чивает битумная мембрана, устойчивая к прорастанию корней. Для крыши Оперы, на которой находится терраса со смотровой площадкой, использовалась высокопрочная профилированная мембрана Stabilodrain SD 30 с особой устойчивостью к механическим нагрузкам. Первый слой после термоизоляции – паропроницаемая разделительная мембрана TGV 21, второй состоит из элементов Stabilodrain, далее – чистый бесшовный слой бетона.

Для растений на инверсионных крышах использовалась система Floradrain из-за ее отличной способности накапливать воду, что очень важно для полуинтенсивных «зеленых» крыш. Над элементами Floradrain располагается 15...18 см специально подготовленный почвенный субстрат. Глубина почвенного субстрата для посадки олив составила 40 см, еще 40 см занял слой Zincolit Plus. Stabilodrain и Floradrain обеспечивают отличный дренаж везде, даже под пешеходными дорожками при обильных осадках [7].

Благодаря такой конструкции зеленой кровли здание надежно защищено от солнечного перегрева; создается оптимальный микроклимат внутри здания; зеленая кровля препятствует загрязнению почвы, воздуха, уменьшает излучение вредных веществ в атмосферу – здание является экологически безопасным для человека и окружающей среды.

В настоящее время в современной архитектуре культурно-зрелищных комплексов заметна устойчивая практика использования экологических строительных материалов, не загрязняющих природную среду при изготовлении и эксплуатации, не оказывающие негативного действия на человека, обладающие высокими эстетическими качествами. К таким материалам относятся: дерево, природный и искусственный камень, стекло, металл, бетон и другие. В качестве примеров можно привести концертный зал «Зарядье», Московский международный Дом музыки (проектное бюро ООО «Товарищество театральных архитекторов», 2002 год), центр музыки и исполнительских искусств La Seine Musicale, оперный театр в Осло (архитектурное бюро Snøhetta, 2007 год) (рис. 2).

а)



б)



в)



г)



Рис. 2. Примеры использования экологических строительных материалов: а – для внутренней отделки фойе концертного зала «Зарядье»; б – для дизайна и акустики зрительного зала Московского Дома музыки; в – в качестве несущих конструкций в Центре La Seine Musicale; г – для создания отдельного внутреннего объема во внешнем объеме Оперы в Осло

При строительстве концертного зала «Зарядье» для обеспечения максимального уровня комфорта, теплоизоляции и пожарной безопасности в помещениях, применялись экологичные решения из каменной ваты, изготовленные на основе природного камня. Закаленное стекло Energy NT, примененное в панорамных фасадах, отличается совершенными характеристиками по теплоснабжению и защите от солнца, высокой прочностью, светопропускной способностью, эстетическими характеристиками. Пол выполнен из натурального гранита. В отделке интерьеров применен искусственный камень HI-MACS – около 6000 м².

Весь Светлановский зал Московского международного Дома музыки обшит сибирской лиственницей. Этот сорт дерева не просто красив и функционален, он максимально улучшает акустические свойства зала. Из сибирской лиственницы сконструированы и кресла, их форма максимально обтекаема, что позволяет звуку свободно проходить к дальним рядам, не отражаясь и не теряя силу. Еще одной конструктивной особенностью Светлановского зала являются особые выпуклые щиты на потолке, которые искусственно увеличивают пространство и обеспечивают хорошую акустику в партере.

В настоящее время при строительстве культурно-зрелищных зданий дерево, как один из основных материалов, используется не только для внутренней отделки залов (акустика и дизайн), но и в архитектуре самих зданий, например, в качестве несущих конструкций. Ярким примером является Центр музыки и исполнительских искусств La Seine Musicale. Смелая и инновационная архитектура Центра представлена стеклянной оболочкой яйцевидной формы на деревянном решетчатом каркасе из гнутых деревянных балок, собранных из сверхпрочных CLT-панелей [8].

Прием формирования внутреннего объема во внешнем объеме здания был использован в оперном театре в Осло. Стеклянный фасад здания, обращенный к поверхности залива, служит внешним ограждением внутреннего округлого объема зрительного зала, покрытого балтийским дубом изнутри и снаружи, что обеспечило максимально качественный акустический эффект в зале [9].

В качестве экопозитивных архитектурных решений в культурно-зрелищных комплексах применяется объединение конструкций, инженерных сооружений с устройствами для утилизации возобновляемой энергии (солнечной, геотермальной) с аккумулирующими устройствами. В Центре музыки La Seine Musicale 45-метровый «парус» из солнечных батарей площадью 800 квадратных метров вращается вслед за солнцем по круговой системе рельсов вокруг стеклянной сферы, в которой расположен зал академической музыки «Аудиториум». Над террасой культурного центра Фонда Ставраоса Ниархоса расположен тонкий навес с солнечными батареями, так называемый «ковер-самолет» площадью 10000 м². В концертном зале «Зарядье» применены энергосберегающие технологии – 166 солнечных батарей встроены в светопрозрачную конструкцию кровли площадью 8650 м² (рис. 3). В концертном зале и конгресс-холле «Харпа» энергию для работы и освещения здания берут из геотермальных источников.



Рис. 3. Варианты размещения солнечных батарей:

а – Центр La Seine Musicale; б – Центр Ставраоса Ниархоса; в – концертный зал «Зарядье»

Одно из условий при проектировании биопозитивных культурно-зрелищных комплексов – соблюдение визуальной экологичности, учет положений архитектурно-строительной бионики. Использование пространственных конструкций (структур, мембран оболочек), как максимально приближенным к природным формам, является методом решения данного вопроса. Данные конструкции визуальны приятны и экономичны в расходах при строительстве объекта. Обтекаемая форма объекта приводит к снижению ветровых нагрузок, уменьшению расчетного значения несущих конструкций [10].

Формообразующий аспект визуальной экологичности в архитектуре выражается путем:

- ✓ копирования природной формы;
- ✓ интерпретации природной формы;
- ✓ имитации природного контекста;
- ✓ конструктивной аналогии с живой природой (табл. 7).

Таблица 7

Примеры формообразующего аспекта визуальной экологичности в архитектуре

Формообразующий аспект	Примеры визуальной экологичности	
Копирование природной формы	<p>Оперный театр Чжухай, Китай. Ма Лонг</p> 	<p>Центр культуры и искусства, Гуанси, Китай. Gmp Architekten</p> 
Интерпретация природной формы	<p>Культурный центр Гейдара Алиева, Азербайджан. З. Хадид</p> 	<p>Центр поп-музыки в Гаосюне, Тайвань. М. Монтесерин</p> 
Имитация природного контекста	<p>Концертный зал «Харпа», Исландия. Х. Ларсен, О. Элиассон</p> 	<p>Эльбская филармония в Гамбурге, Германия. Herzog & de Meuron</p> 
Конструктивная аналогия с живой природой	<p>Дворец искусств Королевы Софии, Испания. С. Калатрава</p> 	<p>Большой театр в Уси, Китай. П. Салминен</p> 

Обобщая существующий опыт проектирования, можно выделить основные принципиальные подходы в создании современных экопозитивных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов, направленные на формирование устойчивого архитектурно-градостроительного пространства:

1) биопозитивное решение по благоустройству и озеленению ландшафта, создание устойчивой городской среды с применением шести основных выявленных способов градостроительного размещения многофункциональных культурно-зрелищных комплексов:

✓ включение комплекса в качестве основного элемента в состав общественного и культурного центра;

✓ сочетание комплекса с общественным рекреационным пространством;

✓ в границах прибрежной территории;

✓ в архитектурно-исторической городской среде;

✓ на градостроительно значимых участках;

✓ на территории бывших промышленных зон;

2) биопозитивное благоустройство поверхностей здания, дающее большие возможности в плане оздоровления городской среды и улучшения многих микроклиматических характеристик;

3) учет природно-климатических особенностей, существующего и перспективного энергетического потенциала места строительства;

4) использование экологичных строительных материалов для внутренней отделки интерьеров, дизайна и акустики зрительных залов, создания отдельного внутреннего объема во внешнем объеме здания и в качестве несущих конструкций;

5) объединение конструкций зданий, инженерных сооружений с устройствами для утилизации возобновляемой энергии (солнечной, геотермальной) с аккумулялирующими устройствами;

6) проектирование зданий с пассивным использованием солнечной энергии, использование энергосберегающих объемно-планировочных и конструктивных решений, устройств для утилизации внутреннего тепла;

7) введение системы сбора воды с твердых покрытий и ее хранения для повторного использования здания;

8) Учет положений архитектурно-строительной бионики, видеоэкологии.

Заключение.

В ходе исследования выявлено, что современные экопозитивные многофункциональные культурно-зрелищные комплексы играют важную градообразующую роль в композиционной структуре города, способствуют формированию устойчивой городской среды и снижают риски техногенеза.

Определены основные принципиальные подходы в создании современных экопозитивных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов, направленные на формирование устойчивого архитектурно-градостроительного пространства:

Рассмотренные примеры многофункциональных культурно-зрелищных зданий свидетельствуют, что в настоящее время в современной архитектурной практике проектирования и строительства особую актуальность приобретает экологическое проектирование с максимальным использованием всего спектра технологий, приемов, направленных на формирование здоровой, комфортной и безопасной среды для жизнедеятельности человека; рациональное и безотходное использование энергоресурсов в здании; равновесное взаимодействие архитектурно-строительных элементов здания и природной среды; минимизация негативных экологических последствий техногенеза в городской среде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Щербина, Е. В.** Устойчивое развитие поселений и урбанизированных территорий: учебное пособие / Е. В. Щербина, Д. Н. Власов, Н. В. Данилина: под ред. Е.В. Щербины. – Москва: НИУ МГСУ, 2016. – 128 с.
2. **Andreu P.** Archi Memories / P. Andreu. – Beijing: CITIC Press, 2015. – 302 p.
3. **Баталов, А. Л.** Зарядье: монография / А. Л. Баталов., Л. А. Беляев., М. В. Нащокина. – Москва: АВТ Групп. – 2017. – 344 с.
4. **Кузнецов, П. Э.** Особенности формирования культурно-зрелищного комплекса в пространственной городской среде / П. Э. Кузнецов // Безопасный и комфортный город : Сборник научных трудов по материалам V международной научно-практической конференции, Орел, 06-08 июня 2022 года. – Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2022. – С. 55-59.
5. **Van Uffelen C.** Performance Architecture+Design. – Salenstein: Braun, 2010. – 304 p.
6. **Колесникова, Т. Н.** Анализ архитектуры современных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов и тенденции их развития / Т. Н. Колесникова, П. Э. Кузнецов // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18. – Вып. 3. – С. 346-357.
7. **Staples, D.** Modern Theatres 1950-2020. – New York: Routledge Publ, 2021. – 594 p.
8. **Hofmann, M.** La Seine Musicale – Das neue Musikzentrum an der Seine. 23. Internationales Holzbau-Forum, 2017.
9. **Колодников, И. В.** Дерево в современных проектах оперных театров и концертных залов: основные направления развития архитектуры и дизайна / И. В. Колодников // Terra artis. Искусство и дизайн. – 2021. – № 3. – С. 6-19.
10. **Привалова, Е. Н.** Взаимодействие архитектуры и окружающей среды с использованием принципов биооптимизации / Е. Н. Привалова, А. Ю. Сергеева // Строительство и техногенная безопасность. – 2021. – № 23(75). – С. 13-25.

Поступила в редакцию 8 мая 2023

**FORMATION OF THE ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING
SPACE OF ECOPOSITIVE MULTIFUNCTIONAL CULTURAL
AND ENTERTAINMENT COMPLEXES**

P. E. Kuznetsov, I. A. Mironova

Pavel Eduardovich Kuznetsov, master's student of the Department of Architecture, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia, tel.: +7(996)160-17-17; e-mail: pavel19980915@gmail.com

Inna Alexandrovna Mironova, Cand. Sc. (Pedagogic.), Associate Professor at the Department of Urban Environment Design, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia, tel.: +7(910)747-02-59; e-mail: hatshepsoote@yandex.ru

In this article we consider the main problems of modern cities related to the adverse impact of residential technogenesis on the environment. We reveal an important city-forming role of ecopositive multifunctional cultural and entertainment complexes, determining the emotional tone of the city, its imagery and expressiveness, corresponding to a friendly ecological, sustainable environment and reducing the risks of technogenesis. The analysis of ecopositive architectural design of modern multifunctional cultural and entertainment complexes is carried out on the basis of twenty-two unique examples of foreign and domestic practice of design and construction of similar structures. We determined the basic principles of ecopositive design solutions of this type of buildings. A conclusion has been formed that testifies to the special relevance at present of the ecological design of modern multifunctional cultural and entertainment complexes with the maximum use of the entire spectrum of technologies, techniques aimed at creating a healthy, comfortable and safe architectural and urban environment.

Keywords: multifunctional cultural and entertainment complex; ecopositive architecture; architectural and urban planning space; safe environment; landscaping; eco-friendly materials; natural forms in architecture.

REFERENCES

1. **Shcherbina E. V., Vlasov D. N., Danilina N. V.** *Sustainable development of settlements and urbanized territories: a textbook*. Moscow, NRU MGSU. 2016. 128 p. (in Russian)
2. **Andreu P.** *Archi Memories*. Beijing, CITIC Press. 2015. 302 p.
3. **Batalov A. L., Belyaev L. A., Nashchokina M. V.** *Zaryadye: monografiya*. Moscow. 2017. 344 p. (in Russian)
4. **Kuznetsov P. E.** *Features of the formation of a cultural and entertainment complex in the spatial urban environment*. Safe and comfortable city : A collection of scientific papers based on the materials of the V International Scientific and Practical Conference, Orel, 06-08 June 2022. Orel, I. S. Turgenev Oryol State University. 2022. Pp. 55-59. (in Russian)
5. **Van Uffelen C.** *Performance Architecture+Design*. Salenstein, Braun. 2010. 304 p.
6. **Kolesnikova T. N., Kuznetsov P. E.** *Analysis of the architecture of modern multifunctional cultural and entertainment complexes and their development trends*. Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2023. T. 18. Issue. 3. Pp. 346-357. (in Russian)
7. **Staples D.** *Modern Theatres 1950-2020*. New York, Routledge Publ. 2021. – 594 p.
8. **Hofmann M.** *La Seine Musicale – Das neue Musikkulturzentrum an der Seine*. 23. Internationales Holzbau-Forum. 2017.
9. **Kolodnikov I. V.** *Wood in Modern Construction Projects of Opera Houses and Concert Halls: Major Developmental Trajectories of Architecture and Design*. Terra Artis. Art and Design. 2021. No. 3. Pp. 6-19. (in Russian)
10. **Privalova E. N., Sergeeva A. Yu.** *Principles and approaches in biopositive architecture - symbiosis of modern technologies and methods of adapting buildings with nature*. Construction and technogenic safety. 2021. No. 23(75). Pp. 13-25. (in Russian)

Received 8 May 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Кузнецов, П. Э. Формирование архитектурно-градостроительного пространства экопозитивных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов / П. Э. Кузнецов, И. А. Миронова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 91-104. – DOI 10.36622/VSTU.2023.64.22.010.

FOR CITATION:

Kuznetsov P. E., Mironova I. A. *Formation of the architectural and urban planning space of ecopositive multifunctional cultural and entertainment complexes*. Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 91-104. DOI 10.36622/VSTU.2023.64.22.010. (in Russian)

DOI 10.36622/VSTU.2023.85.25.011

УДК 711.16:006.05

АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЛАГОУСТРОЙСТВА ПРИДОМОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ РОССИИ

П. А. Овчинникова, М. С. Кононова, Е. Э. Бурак

Овчинникова Полина Андреевна, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(900)945-73-87; e-mail: polinka.ovch@gmail.com

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

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

Приведены результаты анализа федеральных и региональных нормативов по благоустройству. Рассмотрены следующие показатели: количество парковочных мест (стационарных и гостевых), размеры площадок различного назначения. Проведены расчеты для шестнадцати городов, являющихся представителями всех округов Российской Федерации. Расчеты проводились на примере условного микрорайона с одинаковыми исходными данными для всех рассматриваемых городов. Результаты расчетов представлены в виде графиков, на которых обозначены также минимальные и максимальные границы нормативов для рассматриваемых регионов. Показано существенное различие по всем исследуемым элементам благоустройства. Отмечено, что разброс нормативов не имеет привязки к климатическим условиям, даже для городов одного региона результаты расчета необходимых элементов благоустройства могут существенно отличаться. Сделан вывод о необходимости создания более четких рекомендаций по формированию региональных норм благоустройства.

Ключевые слова: благоустройство; придомовая территория; нормативы по градостроительству; количество парковочных мест.

В статье проанализированы расчетные показатели площадок, размещаемых при благоустройстве придомовых территорий, и расчетные показатели количества стоянок для хранения и парковки легковых автомобилей населения, гостевых стоянок, размещаемых в микрорайонах (кварталах) жилых зон, для различных городов России по каждому федеральному округу.

Благоустройство микрорайонов во многом зависит от нормативных показателей, которые напрямую влияют на размеры и обустроенность площадок различного функционального назначения, в том числе на придомовой территории. Существуют нормативы для проектирования жилых микрорайонов (кварталов) на различных уровнях: федеральном, региональном, местном.

Федеральный уровень документации по планировке и застройке городских территорий представлен СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» и применяется по всей территории России. Региональный уровень документации представлен Региональными нормативами градостроительного проектирования, которые разрабатываются для каждого субъекта РФ. Местный уровень представлен Местными нормами градостроительного проектирования и применяются для муниципальных районов, поселений и городских округов.

Объектом исследования являются региональные нормативы. Были выбраны по два го-

рода – представителя от каждого федерального округа Российской Федерации, для которых был проведен анализ нормативов площадок благоустройства придомовых территорий и парковочных мест.

Рассмотрены минимальные показатели обеспеченности элементами дворового благоустройства, а именно: детские игровые площадки, площадки для занятия физкультурой, площадки для отдыха взрослого населения и площадки для хозяйственных целей, парковочные места и гостевые парковочные места. Расчетное количество исследуемых критериев в разных регионах России зависит от различных данных, например, общей площади микрорайона, общей площади квартир, количества жителей в микрорайоне или количества квартир. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Региональные нормативы элементов благоустройства

Округ	Наименование населенного пункта	Парковочные места	Гостевые парковочные места	Озеленение	Детские площадки	Спорт площадки	Для отдыха взрослых	Площадка для хоз. целей
ЦФО	Воронеж	одно ММ* на 80м ² ОПК*	40 мест на 1000 жителей	6 м ² на чел.	0,7 м ² на чел.	2 м ² на чел.	0,1 м ² на чел.	0,3 м ² на чел.
	Липецк	2,5 м ² на чел.	0,8 м ² на чел.	5 м ² на чел. или не менее 25% территории квартала	0,7 м ² на чел.	2 м ² на чел.	0,1 м ² на чел.	0,3 м ² на чел. // 2м ² на чел.
СЗФО	Псков	0,7-1,4 ММ* на квартиру	Нет	не менее 25% территории квартала	0,4 м ² на чел.	0,7 м ² на чел.	0,1 м ² на чел.	0,2 м ² на чел.
	Мурманск	2,5 м ² на чел.	0,35 ММ на одну квартиру	5 м ² на чел или не менее 25% от общей площади	0,7 м ² на чел.	2 м ² на чел.	0,1 м ² на чел.	2 м ² на чел.
ЮФО	Волгоград	одно ММ на 80 м ² ОПЖК	Нет	6 м ² на чел.	0,7 м ² на чел.	0,5 м ² на чел.	0,1 м ² на чел.	0,3 м ² на чел.
	Ростов	0,4-0,8 от УА (УА = 350 ММ на 1000 жителей)	30 ММ на 1000 жителей	6 м ² на чел. и не менее 25% от общей площади	0,4-0,7 м ² на чел. до 18	0,5-0,7 м ² на чел. от 19	0,1-0,2 м ² на чел. от 19	0,02-0,03 м ² на жителя
ПФО	Казань	одно ММ на 66 м ² ОПК*	одно ММ на 560 м ² ОПК	6 м ² на чел.	3,2 м ² на 100 м ² от ОПК	8,8 м ² на 100 м ² от ОПК	0,5 м ² на 100 м ² от ОПК	0,8 м ² на 100 м ² от ОПК
	Нижний Новгород	70% от количества квартир	25-30% от общего числа парковочных мест	не менее 25% территории квартала	0,6 м ² на чел.	0,9 м ² на чел.	0,1 м ² на чел.	нет
УФО	Екатеринбург	0,8-2,5 м ² на чел.	15-20% от количества квартир	25% от общей площади	0,7 м ² на чел.	1,5-2 м ² на чел.	0,1 м ² на чел.	0,3-0,4 м ² на чел.

Продолжение табл. 1

Округ	Наименование населенного пункта	Парковочные места	Гостевые парковочные места	Озеленение	Детские площадки	Спорт площадки	Для отдыха взрослых	Площадка для хоз. целей
	Тюмень	3,2 м ² на чел.	нет	4,5 м ² на чел.	0,7 м ² на чел.	2 м ² на чел.	0,1 м ² на чел.	0,3 м ² на чел.
СФО	Новосибирск	90 % от УА (300 машин на 1000 чел.), но не менее 0,5 ММ на 1 квартиру	нет	10 м ² на чел.	0,7 м ² на чел.	1 м ² на чел.	0,1 м ² на чел.	0,06 м ² на чел.
	Омск	1 на 90 м ² ОПЖК	нет	12 м ² на 100 м ² ОПЖК	4,4 м ² на 100 м ² от ОПЖК	нет	нет	нет
ДФО	Хабаровск	0,5 ММ от количества квартир /// 26,7 м ² на 100 м ² ОПК	нет	6,7 или 10 или 13,3 м ² на 100 м ² ОПК в зависимости от широты	4,7 м ² на 100 м ² ОПК, но минимум 30 м ²	13,3 м ² на 100 м ² ОПК, но не менее 100 м ²	0,7 м ² на 100 м ² ОПК, но не менее 15 м ²	нет
	Владивосток	одно ММ на 100 м ² жилой площади, но не менее 0,5 машино мест на 1 квартиру	нет	22 м ² на 100 м ² ОПК	2,47 м ² на 100 м ² ОПК, но не менее 12 м ²	2,6 м ² на 100 м ² ОПК, но не менее 98 м ²	0,7 м ² на 100 м ² ОПК, но не менее 15 м ²	2 м ² на 100 м ² ОПК, но не менее 10 м ²
СКФО	Ставрополь	0,75 машино-мест на квартиру	нет	16 м ² на чел.	10% от территории микрорайона			нет
	Махачкала	40 машино мест на 1000 чел	нет	6 м ² на чел.	0,7 м ² на ОПК, но не менее 30 м ²	2 м ² на чел., но не менее 100 м ²	0,1 м ² на чел., но не менее 15 м ²	0,3 м ² на чел., но не менее 10 м ²
Федеральные нормативы СП 42.13330.2016		от 0,7 до 2 парковочных мест в зависимости от типа жилого дома	30 ММ на 1000 жителей, или по РНГП	не менее 25% площади квартала	в соответствии с РНГП, правилами благоустройства территории муниципального образования, СП 476.1325800.2020			

Окончание табл. 1

Округ	Наименование населенного пункта	Парковочные места	Гостевые парковочные места	Озеленение	Детские площадки	Спорт площадки	Для отдыха взрослых	Площадка для хоз. целей
	Федеральные нормативы СП 476.1325800.2020	В соответствии с СП 42.13330.2016 или по РНГП	нет	3 м ² на чел. или по РНГП	0,4 м ² на чел. или по РНГП	На территории общего пользования микрорайона 0,5... 0,7 м ² на чел. или по РНГП	0,1 м ² на чел. или по РНГП	На территории общего пользования микрорайона 0,03 м ² на чел. или по РНГП

Примечание. ОПК – общая площадь квартир, ОПЖП – общая площадь жилых помещений; УА – уровень автомобилизации, ММ – машино-место, РНГП – региональные нормативы градостроительного проектирования.

Анализ данных, приведенных в табл. 1, показывает существенный разброс в значениях, а также в привязке к удельным показателям. Согласно региональным нормам градостроительного проектирования для каждого региона указывается необходимое количество парковочных мест, а также в некоторых нормах существуют возможности по уменьшению расчетных показателей за счет выноса парковочных мест и площадок с придомовой территории на территорию общего пользования. Так же стоит отметить, что не во всех регионах имеется расчет гостевых парковочных мест, хотя само понятие в нормах присутствует.

Для наглядной демонстрации различий результатов, получаемых по региональным нормативам выбранных для исследования городов, был проведен расчет площадок общего пользования на примере одного условного микрорайона с одинаковыми исходными данными для всех рассматриваемых регионов. В табл. 2 приведены исходные данные, от которых зависят расчетные показатели элементов благоустройства территории микрорайона (квартала).

Таблица 2

Исходные данные рассматриваемого микрорайона

Наименование показателя	Значение показателя
Площадь земельного участка микрорайона	131075 м ²
Общая площадь квартир	114912 м ²
Численность населения микрорайона	3640 чел.
Число квартир	958 шт.
Жилищная обеспеченность	30 м ² /чел

Наиболее проблемным параметром при проектировании территорий современных микрорайонов является количество парковочных мест для автомобилей [1], [2]. Согласно СП 42.13330.2016 при наличии региональных норм градостроительного проектирования (РНГП) следует руководствоваться приведенными в них нормативными показателями. Были построены графики зависимости расчетного количества парковочных мест и гостевых

парковочных мест по региональным нормам градостроительного проектирования в разных городах России (рис. 1).

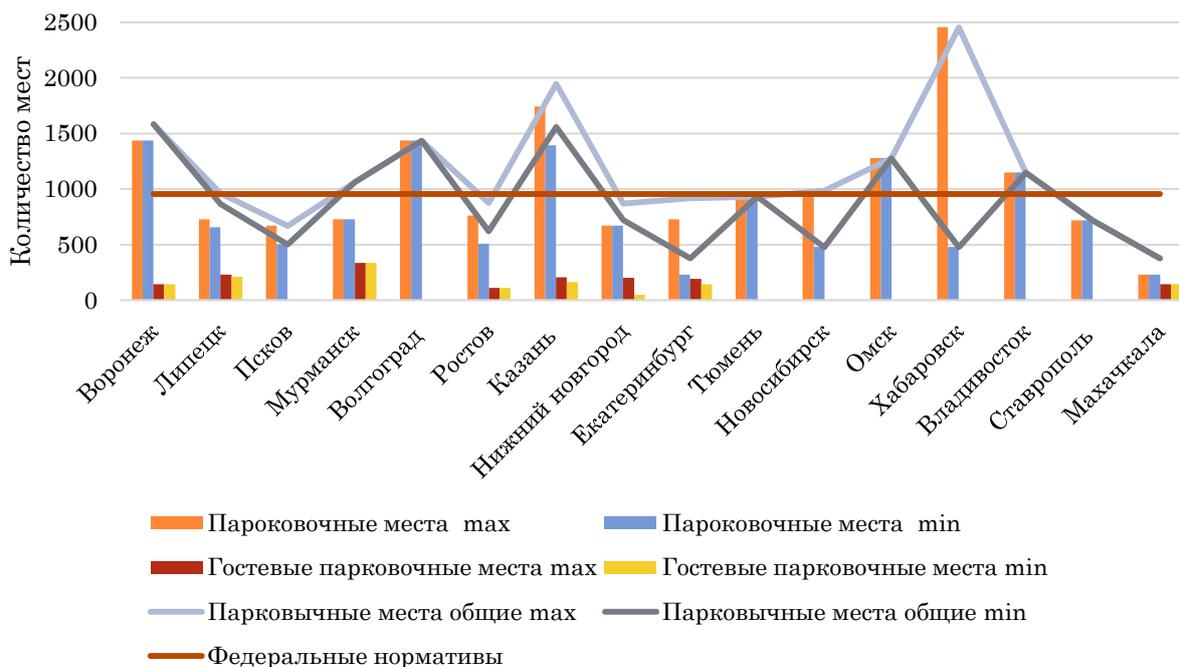


Рис.1. Расчетные показатели парковочных мест

Ломаными линиями на рис. 1 показано общее количество парковочных мест, максимально и минимально допустимые соответственно, согласно региональным нормам.

Из графика (рис. 1) видно, что меньше половины проанализированных региональных нормативов соответствуют федеральным нормативам или имеют показатели выше. Рекордно большое количество парковочных мест получается по расчетам нормативов для Хабаровска, Казани, Воронежа и Волгограда, а самыми низкими показателями обладает Махачкала.

Но следует отметить, что даже если расчетные показатели парковочных мест находятся на уровне или превышают федеральные нормы, это не значит, что проблемы с парковочными местами в дворовых территориях отсутствуют. Согласно исследованиям авторов статей [3], [4], [5] в некоторых городах существует нехватка мест для парковки, что говорит о несостоятельности федеральных и региональных нормативов городского проектирования. Для решения проблемы парковочных мест на дворовой территории выдвинуто множество способов решения: строительство подземных парковок, модернизация и улучшение общественного транспорта [1, 6].

При проектировании площадок различного назначения допускается уменьшение их площадей по различным критериям, например, при застройке многоэтажными жилыми домами, при наличии единого физкультурно-оздоровительного комплекса (ФОК) микрорайона для школьников и взрослых. Расчетные показатели минимальной обеспеченности площадок различного функционального назначения придомовой территории для рассматриваемого условного микрорайона приведены на рис. 2...5.

Анализируя значения детских площадок, представленные на рис. 2, можно отметить, что больше половины из рассматриваемых городов имеют примерно одинаковые показатели. Ростов, Тюмень и Новосибирск обладают самыми низкими показателями по детским площадкам, а Хабаровск и Казань имеют показатели выше среднего.

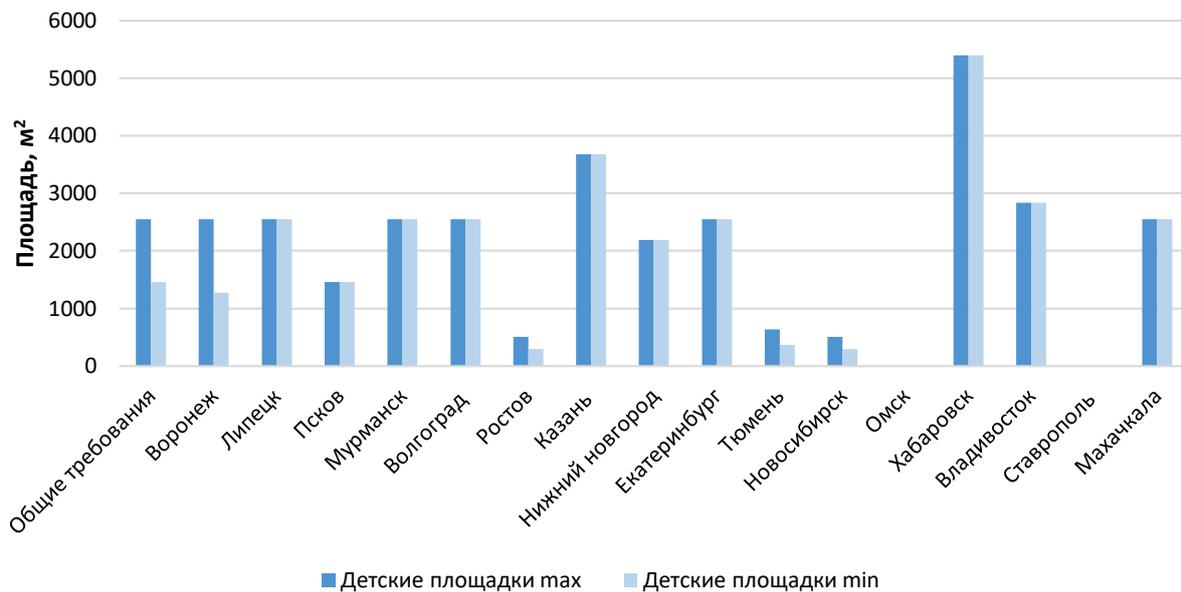


Рис. 2. Расчетные показатели детских площадок

Можно отметить, что проводимые различными авторами исследования [4], [7] показывают отсутствие, неудовлетворительное состояние или дефицит игрового оборудования на детских площадках.

В результатах расчета спортивных площадок (рис. 3) также присутствует существенное различие. Больше половины городов имеют региональные нормативы, превышающие федеральные. Но присутствуют города, которые имеют показатель ниже федеральных градостроительных нормативов проектирования, это – Ростов и Волгоград. На уровне с федеральными нормативами держатся Псков, Нижний Новгород и Владивосток. Необходимость улучшения и создания специализированных зон для занятия различными видами спорта отмечена в работах [3], [4]

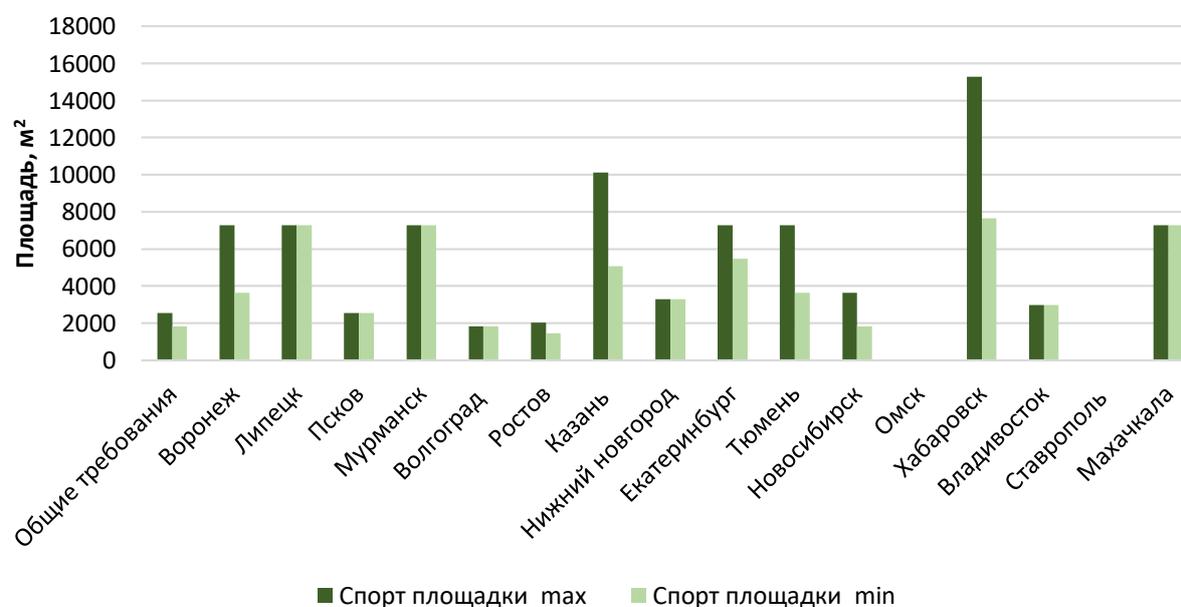


Рис. 3. Расчетные показатели спортивных площадок

Результаты по площадкам для отдыха взрослых (рис. 4) достаточно однородные, большая часть рассмотренных городов имеют показатели одного уровня, но на минимальной

границе федеральных нормативов. Показатели выше среднего имеют Ростов и Казань. А показателями выше нормативов федерального уровня обладают только Хабаровск и Владивосток.

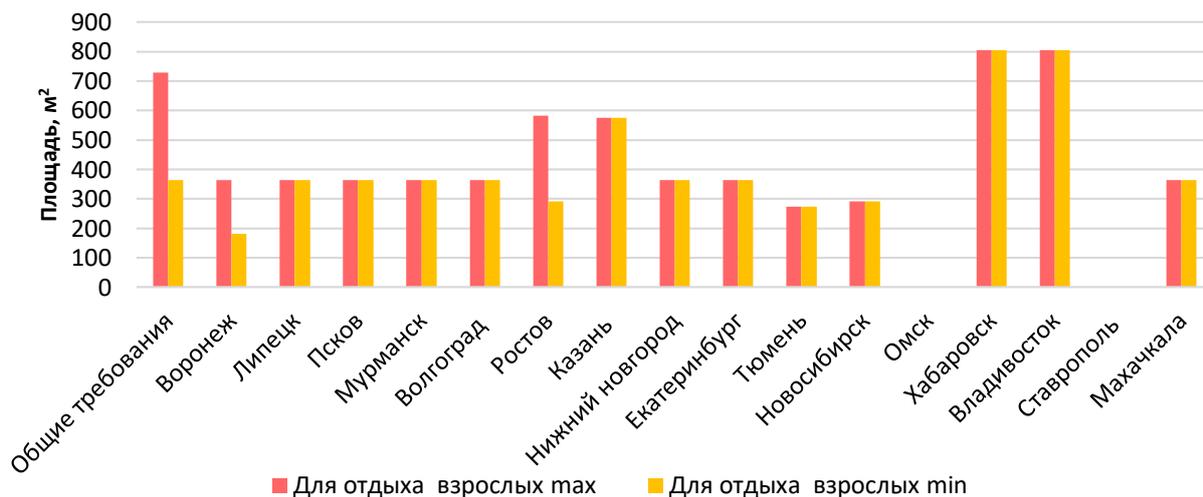


Рис. 4. Расчетные показатели площадок для отдыха взрослых

Анализ современных публикаций показывает критическую нехватку площадок для отдыха в некоторых городах и общий уровень недостаточности мест отдыха населения в границах дворового пространства [6] [1]. Зачастую обеспечение зон отдыха представляет собой весьма ограниченный набор элементов, что не отвечает современным требованиям жителей. Важным фактором благоустройства по мнению некоторых авторов [2], [8] является не только формирование зоны отдыха, но и отделение ее от зон, которые производят шум, детской и спортивной.

Расчетные показатели хозяйственных площадок большинства исследуемых городов (рис. 5), находятся примерно на одном уровне. Существенно выделяются расчетные площади хозяйственных площадок в Липецке и Мурманске.

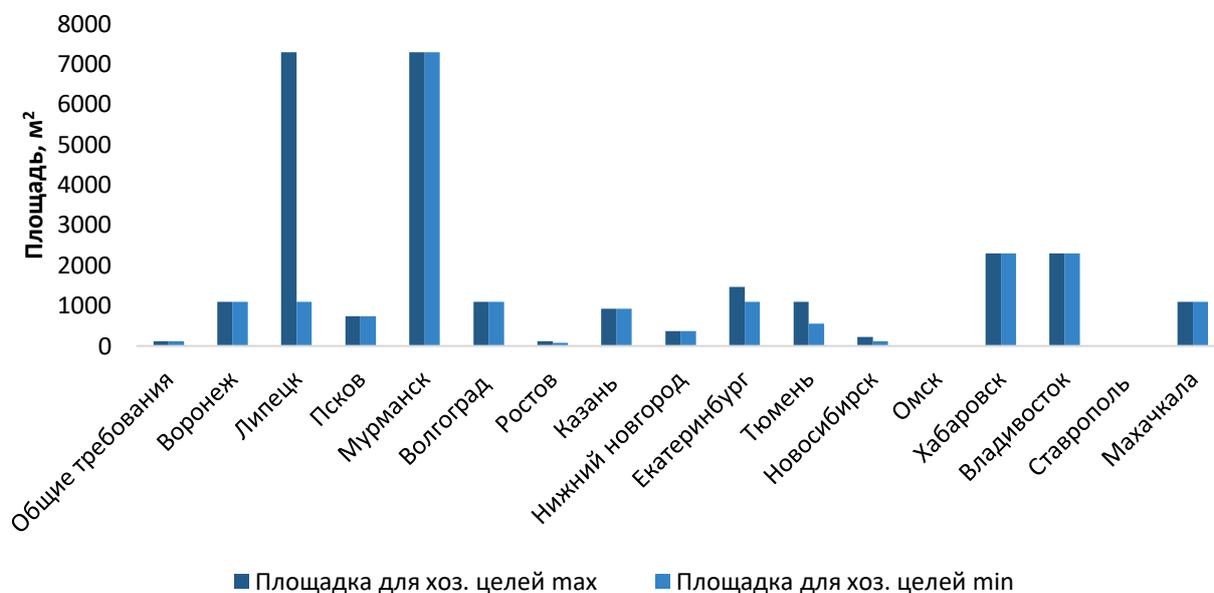


Рис. 5. Расчетные показатели хозяйственных площадок

Стоит отметить, что по численным показателям федеральные нормы по градостроительному проектированию площадок для хозяйственных целей имеют показатели в разы меньше, чем региональные нормы градостроительного проектирования.

Если просуммировать расчетную площадь всех компонентов благоустройства, представленных на рис. 2...5, то получим значения, представленные на рис.6, на котором обозначены максимальные и минимальные значения суммы всех вышеперечисленных площадок благоустройства.

Самыми низкими показателями снова обладает город Ростов, сложно представить комфортные условия для проживания граждан в городе с такими низкими расчетными показателями. Значение наибольших и наименьших показателей Хабаровска и Ростова, отличается более, чем в 7 раз.

Можно было бы списать подобную разницу на природные условия и расположение городов, но результаты, представленные на рис.6, показывают, что норма на площадки придомового благоустройства в Ростове в 5 раз ниже, чем в Мурманске, хотя этот город находится за полярным краем и при этом в Мурманске не предусмотрено уменьшение площадок благоустройства, в отличие от Ростова. В качестве положительного примера можно отметить Хабаровск, где региональные нормативы градостроительного проектирования показывают самые высокие значения.

Можно отметить, что не менее половины проанализированных в статье городов имеют схожие расчетные показатели, что говорит о примерно одинаковом уровне благоустройства городов по России. Но, если сравнивать города одного федерального округа, показатели в них могут как совпадать, так и кардинально различаться. Чем это обусловлено, сложно сказать, ведь они имеют примерно одинаковые условия для проектирования.

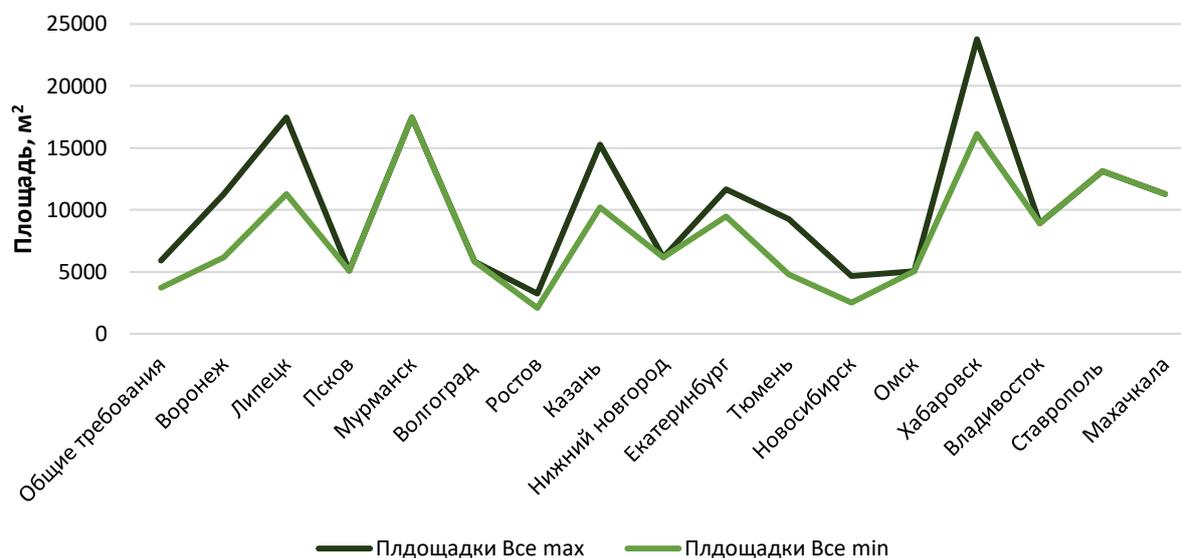


Рис. 6. Общие расчетные показатели площадок благоустройства

Региональные нормы сильно отличаются в зависимости от региона, анализ документов показал их разную структуру, разные критерии оценки обеспеченности придомовой территории, во многих представлены невнятные указания расчетных показателей [9], [10].

В качестве примера региональных нормативов с наиболее хорошей структурой можно выделить региональные нормативы градостроительного проектирования г. Ростов, в тексте которых четко и однозначно прописаны все показатели минимальной обеспеченности элементов благоустройства, легко найти необходимую информацию, все структурировано и упорядочено в виде таблиц. Такая форма подачи информации наиболее удобна для ее восприятия.

Помимо вышесказанного, отмечаются несоответствия некоторых идентичных расчетных параметров по благоустройству придомовых территорий, приведенных в региональных нормативах и правилах землепользования и застройки городских округов, что позволяет застройщикам сокращать площади дворовых пространств, нарушая права жителей на комфортную жилую среду.

Заключение.

Анализ региональных нормативов градостроительного проектирования в части благоустройства придомовой территории показал существенное различие для разных городов и регионов Российской Федерации.

В результате изучения структуры региональных нормативов выявлены их основные недостатки: разная структура документов, разные критерии оценки обеспеченности элементами благоустройства придомовой территории, присутствуют невнятные указания для определения расчетных показателей, отсутствуют некоторые расчетные показатели, имеется дублирование одних и тех же показателей, но с разными значениями и разными зависимостями от исходных данных, удельные площади элементов благоустройства в правилах землепользования и застройки не соответствуют региональным нормативам.

Наиболее логичным решением этой проблемы будет стандартизация, структурирование и упрощение региональных норм градостроительного проектирования. Упрощение необходимо для четкого толкования норм, что поможет исключить часто встречающиеся неопределенности и дублирование нормативов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Капшуков, Е. Ю.** Актуальные проблемы благоустройства дворовых территорий на примере города Волгограда / Е. Ю. Капшуков, Д. Н. Никифорова, В. А. Телегина // Инновационные технологии в строительстве и ЖКХ – основа формирования городской среды. – 2020. – С. 34-40.
2. **Попова, О. А.** Формирование комфортной и безопасной среды дворового пространства в условиях плотной застройки / О. А. Попова, О. А. Глушенкова // Избранные доклады 67-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. – 2021. – С. 497-500.
3. **Хабибуллин, Р. Т.** Комплексное благоустройство дворовых территорий: проблемы и решения / Р. Т. Хабибуллин // Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2021. – № 1-1. – С. 70-75.
4. **Мясоедова, И. Б.** Проблемы благоустройства дворовых территорий г. Воронежа / И. Б. Мясоедова, Е. С. Нагулина // Студент и наука. – 2020. – № 3(14). – С. 49-54.
5. **Самойлова, Н. В.** Современное состояние и проблемы благоустройства территорий дворовых пространств в Волгограде. ремонт / Н. В. Самойлова, Е. Д. Попова // Символ науки: международный научный журнал. – 2017. – № 1. – С. 194-200.
6. **Растяпина, О. А.** Определение показателей оценки благоустройства дворового пространства / О. А. Растяпина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. – 2020. – № 1(78). – С. 287-296.
7. **Ерохин, Г. П.** Методика комплексной оценки уровня благоустройства дворовых территорий города Новосибирска / Г. П. Ерохин, А. Е. Гашенко // Творчество и современность. – 2018. – № 4(8). – С. 69-81.
8. **Сохарская, Д. Г.** Принципы функционально-планировочной организации дворовых пространств многоэтажной жилой застройки / Д. Г. Сохарская, А. И. Васильева // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. – 2020. – С. 107-109.

9. **Шамонин, Н. Ю.** Сравнение и анализ современного подхода и программ комплексного благоустройства дворовых территорий России и зарубежных стран / Н. Ю. Шамонин, О. В. Борисова // Вестник ГГУ. – 2019. – № 5. – С. 64-74.

10. **Терешкина, А. В.** Современный подход к комплексному благоустройству городской среды и дворовых территорий / А. В. Терешкина, Д. С. Варфоломеева // ЭНИГМА. – 2020. – №25. – С.106-111.

Поступила в редакцию 15 мая 2023

ANALYSIS OF THE ESTIMATED INDICATORS OF YARD IMPROVEMENT IN THE FEDERAL DISTRICTS OF RUSSIA

P. A. Ovchinnikova, M. S. Kononova, E. E. Burak

Polina Andreevna Ovchinnikova, master's student at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(900)945-73-87; e-mail: polinka.ovch@gmail.com
Marina Sergeevna Kononova, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-28-92; e-mail: kniga18@mail.ru
Ekaterina Eduardovna Burak, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)271-52-49; e-mail: burak.e@mail.ru

We show results of analysis of Federal and Regional Standards for landscaping. The following indicators were considered: number of parking lots (stationary and for guest) and size of sites for various purposes. We calculated the data for sixteen cities located in all districts of the Russian Federation. The calculations were carried out on the example of a conditional micro district with the same initial data for all cities under consideration. The calculation results are presented in the form of graphs, which also indicate the minimum and maximum limits of the standards for the regions under consideration. A significant difference is shown for all the studied elements of landscaping. It is noted that the spread of standards is not tied to climatic conditions, even for cities in the same region, the results of calculating the necessary elements of landscaping can differ significantly. We concluded that it is necessary to come up with more precise recommendations on the formation of regional standards for landscaping.

Keywords: landscaping; yard territory; urban planning regulations; number of parking lots.

REFERENCES

1. **Капшук Е. Ю., Никифорова Д. Н., Телегина В. А.** *Relevant problems of landscaping courtyard areas on the example of the city of Volgograd.* Innovative technologies in construction and housing and communal services - the basis for the formation of the urban environment. 2020. Pp. 34-40. (in Russian)
2. **Попова О. А., Глушenkova О. А.** *Formation of a comfortable and safe environment of the yard space in conditions of dense building.* Selected reports of the 67th university scientific and technical conference of students and young scientists. 2021. Pp. 497-500. (in Russian)
3. **Хабибуллин Р. Т.** *Comprehensive landscaping of yard areas: problems and solutions.* Science of the 21st century: current directions of development. 2021. No. 1-1. Pp. 70-75. (in Russian)
4. **Мясоедов И. В., Нагулин Е. С.** *Problems of improvement of yard areas of Voronezh.* Student and science. 2020. No. 3(14). Pp. 49-54. (in Russian)
5. **Самойлов Н. В., Попова Е. Д.** *The current state and problems of landscaping the territories of courtyard spaces in Volgograd. repair.* Symbol of Science: International Scientific Journal. 2017. No. 1. Pp. 194-200. (in Russian)

6. **Rastyapin O. A.** *Determination of indicators for assessing the improvement of the yard space.* Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: building and architecture. 2020. No. 1(78). Pp. 287-296. (in Russian)

7. **Erokhin G. P., Zhuravlev P. A.** *Capital repair planning. Problems and ways to solve them.* Creativity and modernity. 2018. No. 4(8). Pp. 69-81. (in Russian)

8. **Soharskaya D. G., Vasiliev A. I.** *Principles of functional and planning organization of yard spaces of multi-storey residential buildings.* Regional aspects of the development of science and education in the field of architecture, construction, land management and cadastres at the beginning of the III millennium. 2020. Pp. 107-109. (in Russian)

9. **Chamonin N. Y., Borisova O. V.** *Comparison and analysis of the modern approach and programs for the integrated improvement of courtyard areas in Russia and foreign countries.* Bulletin of GSU. 2019. No. 5. Pp. 64-74. (in Russian)

10. **Tereshkin A. B., Varfolomeev D. S.** *A modern approach to the integrated improvement of the urban environment and courtyards.* ENIGMA. 2020. No. 25. Pp. 106-111. (in Russian)

Received 15 May 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Овчинникова, П. А. Анализ нормативных показателей благоустройства придомовых территорий по федеральным округам России / П. А. Овчинникова, М. С. Кононова, Е. Э. Бурак // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 105-115. – DOI 10.36622/VSTU.2023.85.25.011.

FOR CITATION:

Ovchinnikova P. A., Kononova M. S., Burak E. E. *Analysis of the estimated indicators of yard improvement in the federal districts of Russia.* Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 105-115. DOI 10.36622/VSTU.2023.85.25.011. (in Russian)

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

DOI 10.36622/VSTU.2023.68.90.012

УДК 628.316.13

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАМЕРЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ВНУТРИ КОРПУСА ВЕРТИКАЛЬНОГО ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ФИЛЬТРА

А. А. Ширниех

Ширниех Альберт Албиерович, аспирант кафедры экологии и промышленной безопасности, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Москва, Российская Федерация, тел: +7(499)263-68-93; e-mail: al-3x@mail.ru

Фильтры осветительные вертикальные (ФОВ) применяются практически на всех очистных сооружениях водоподготовки. Интенсификация работы этой ступени поможет повысить общую эффективность работы очистных сооружений. В качестве способа интенсификации процесса очистки рассматривается использование камеры перемешивания исходной воды с реагентом, которая устанавливается внутри корпуса ФОВ. Представлено описание лабораторного стенда с установленной камерой перемешивания. В ходе предварительного испытания была выявлена и устранена проблема выноса перемешивающей загрузки через патрубок подачи исходной воды. Приведены результаты серии опытов по очистке модельного стока с использованием камеры перемешивания и без неё. В результате подтверждена эффективность применения предлагаемого решения камеры перемешивания.

Ключевые слова: водоподготовка; интенсификация фильтрования; камера перемешивания; модернизация лабораторного стенда.

Существует большое количество способов дозирования коагулянта для интенсификации процесса фильтрования. Например, в работе [1] подложено использование гидравлического смесителя с контуром рециркуляции, где предусмотрена контактная камера или дозирование коагулянта напрямую в трубопровод с помощью П-образного коллектора [2], через эжектор [3] или смесители с гидравлическим рассеиванием [4]. Однако перечисленные технические решения имеют идентичные недостатки:

- ✓ необходимость в дополнительных затрачиваемых площадях для установки флокулятора, контактной камеры или камеры хлопьеобразования;
- ✓ разрыв между точкой формирования агрегатов и точкой их извлечения на фильтрах.

В работе [5] предлагается расположение камеры перемешивания непосредственно внутри корпуса фильтра. Это позволяет сформировывать хлопья в самом фильтре и там же их улавливать без разрушения агрегатов. Дополнительное преимущество такого подхода в том, что подобные камеры не затрачивают дополнительное пространство для установки оборудования. Фильтры осветительные вертикальные (ФОВ) являются достаточно распространенным решением, поэтому предлагаемое технологическое усовершенствование для повышения эффективности процесса очистки применимо практически на любых очистных сооружениях.

Автором с помощью компьютерного моделирования была определена конструкция камеры перемешивания (рис. 1) [6] и определены её геометрические характеристики, позволяющие использовать ее на лабораторном стенде «Очистка сточных вод» в одной из фильтровальных колонн. В ходе экспериментальных опытов, описанных в работе [7] была опре-

делена подходящая загрузка для камеры перемешивания

Для объяснения происходящих процессов внутри камеры необходимо более подробно рассмотреть процесс коагуляции, которая проходит в две стадии – перекинетическая и ортокинетическая [8]. При перекинетической коагуляции сближение частиц происходит вследствие броуновского движения, которое находится в основе коагуляции частиц, размер которых менее микрона [9, 10]. Перекинетическая коагуляция будет проходить в первой чаше интенсивного перемешивания (см. рис. 1).

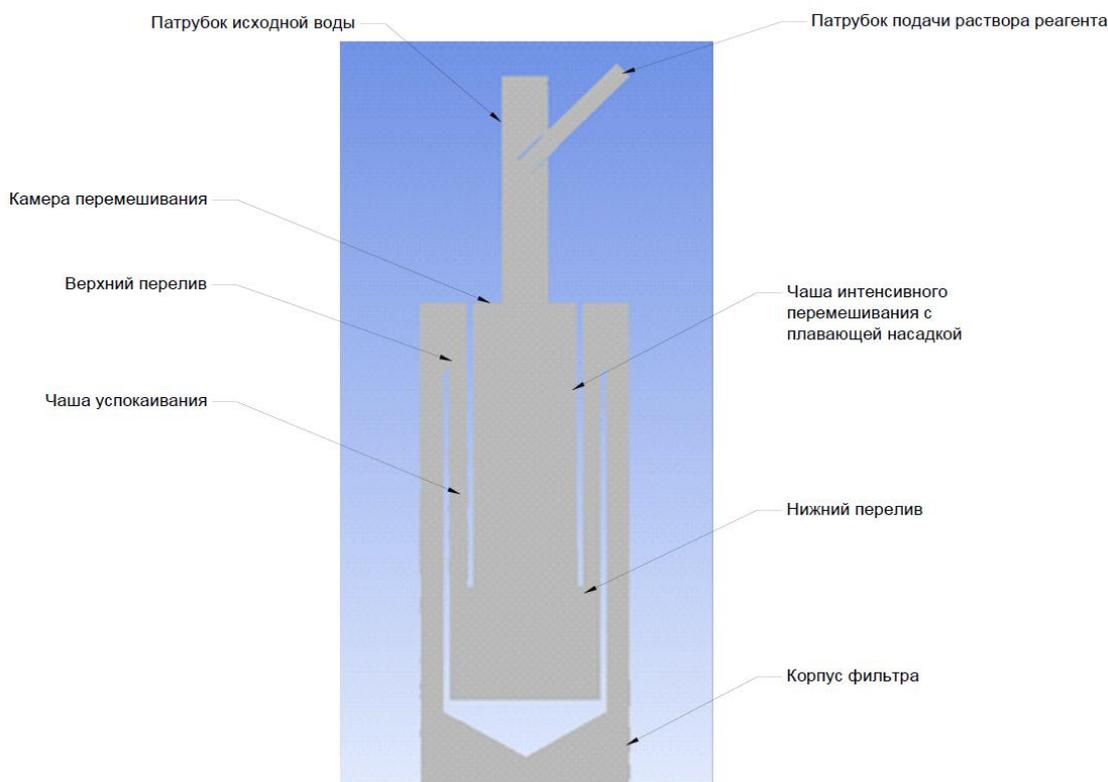


Рис. 1. Модель камеры перемешивания (срез проточной части)

Ортокинетическая коагуляция обусловлена силами, действующими преимущественно в одном направлении [10]. Вторая стадия проходит в чаше успокоивания (рис. 1).

Благодаря перемешивающей загрузке в одноименной чаше будет проходить контактная коагуляция. Скорость прилипания небольших примесей к более крупным зернам загрузки значительно превосходит скорость агломерации небольших частиц в свободном объеме жидкости, так как они несут малые электрические заряды и значительно легче прилипают к крупным зернам, лишенным зарядов, чем друг к другу [11].

Собранная камера была установлена в фильтровальную колонну лабораторного стенда (рис. 2).

Перед проведением лабораторных испытаний был проведен тестовый пуск лабораторного стенда. В результате которого было выявлено, что перемешивающая загрузка вымывается из камеры через патрубок подачи исходной воды (рис. 3).

Для устранения проблемы с вымыванием загрузки было решено использовать сетчатый материал. В качестве временного решения для проведения опытов на экспериментальном стенде использовалась марля (рис. 4), которая препятствует вымыванию загрузки вверх по патрубку.

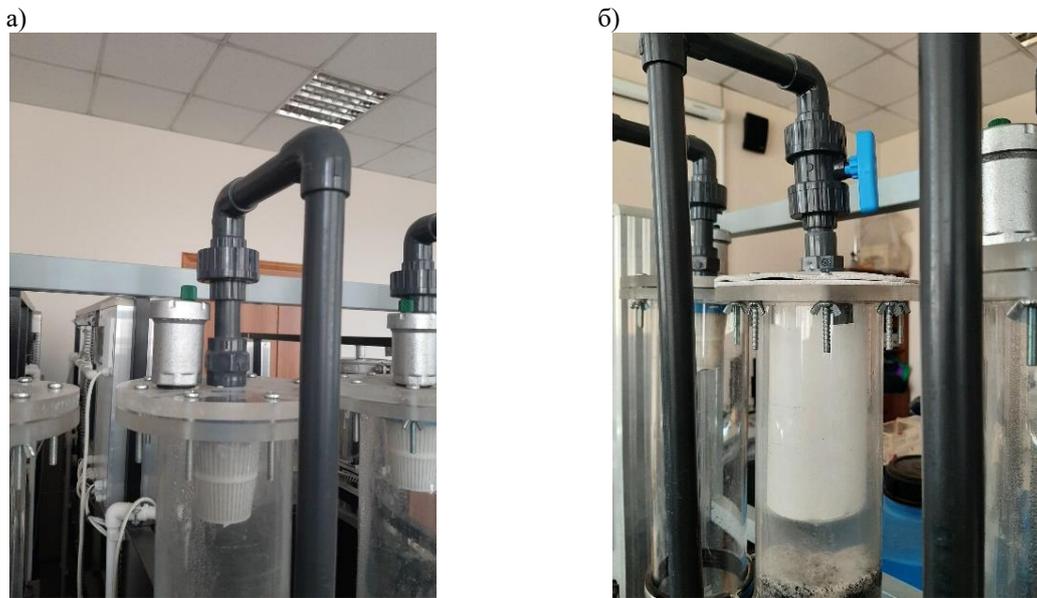


Рис. 2. Внешний вид лабораторного стенда:
а – без камеры перемешивания; б – с установленной камерой перемешивания



Рис. 3. Патрубок подачи исходной воды, забитый перемешивающей загрузкой

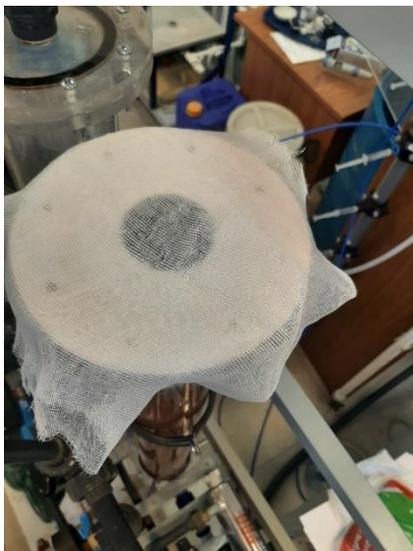


Рис. 4. Использование сетчатого материала для защиты загрузки от уноса

После выполнения всех подготовительных работ по выполнению пилотной модели камеры перемешивания, устранения эксплуатационных трудностей был проведен эксперимент по определению эффективности работы камеры перемешивания на модельном стоке (рис. 5). В качестве модельного стока используется водопроводная вода с добавлением кокосового порошкового активированного угля, который имеет размер частиц 160 мкр. На 100 мл воды будет добавляться 0,05 г угля.



Рис. 5. Внешний вид емкости модельного стока

Для выявления эффективности работы фильтра был проведен ряд опытов на фильтре без камеры перемешивания и с камерой перемешивания. Принципиальная схема стенда представлена на рис. 6.

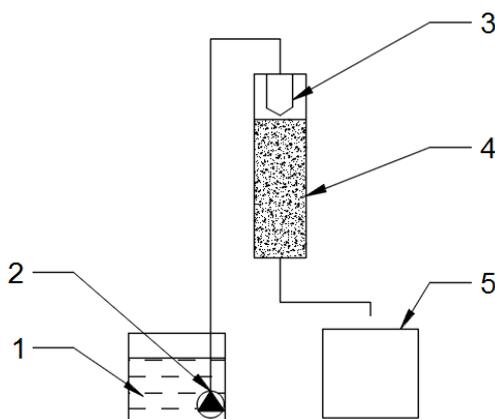


Рис. 6. Принципиальная схема лабораторного стенда:

- 1 – бак с исходной водой (модельный сток); 2 – насос подачи исходной воды;
3 – камера перемешивания; 4 – фильтровальная колонна; 5 – бак с очищенной водой

Установка состоит из бака с исходной водой 1, с помощью насоса подачи 2 исходная вода подается на фильтровальную колонную 4 с установленной камерой перемешивания 3 внутри. После фильтрации осветленная вода поступает в бак очищенной воды 5, откуда и отбирались пробы для анализа очищенной воды.

Для проведения в каждом опыте использовалась новая, предварительно промытая загрузка. Объем модельного стока для каждого опыта составлял 15 литров. В качестве показателя эффективности использовалось значение мутности исходной и отфильтрованной воды в единицах NTU. Измерение мутности (процедура нефелометрии) проводилась на лабораторном турбидиметре модели НАСН 2100N. Для измерения отбиралась исследуемая проба в кювету объемом 30 мл. Результаты опытов представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Результаты эксперимента по определению мутности модельного стока
без камеры перемешивания

№ опыта	NTU исходной воды	NTU очищенной воды	Эффективность
1	114	28	75,4 %
2	105	27,5	73,8 %
3	92	27,7	69,9 %

Таблица 2

Результаты эксперимента по определению мутности модельного стока
с камерой перемешивания

№ опыта	NTU исходной воды	NTU очищенной воды	Эффективность
1	76	9,42	87,6 %
2	73,7	9,1	87,65 %
3	79,2	8,7	89 %

В табл. 1 и 2 приведены значения NTU исходной воды, значения которых отличаются друг от друга. Расхождение в значениях обусловлено различием качества исходной используемой водопроводной воды, так как серии опытов проводились в разные дни.

На рис. 7 приведено сравнение эффективностей очистки воды для опытов с камерой и без камеры перемешивания.

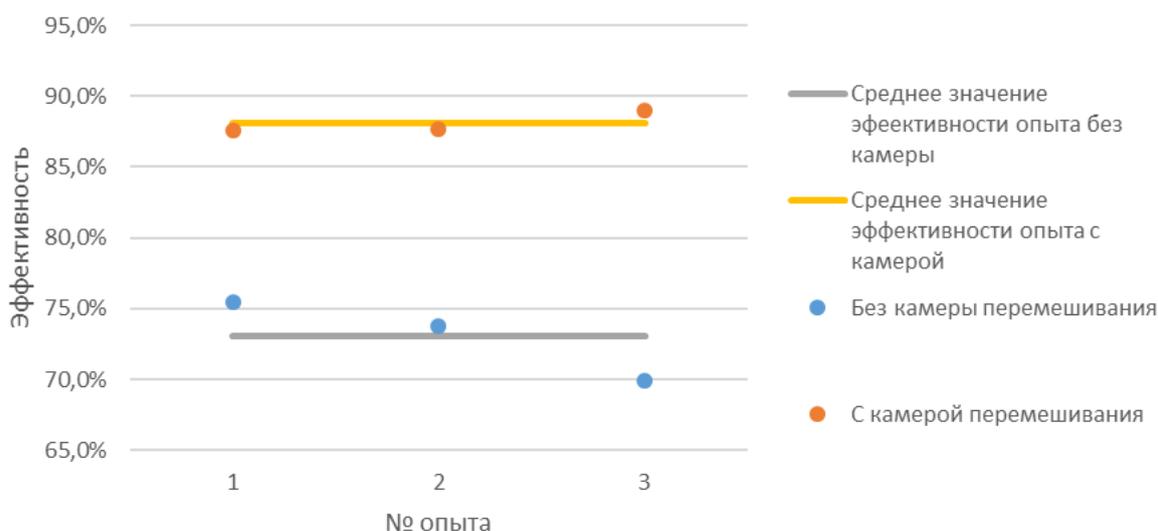


Рис. 7. Показатели эффективности очистки в проведенных экспериментальных испытаниях

Использование камеры перемешивания в корпусе фильтра позволило повысить эффективность фильтрования в среднем на 15,1 %.

Заключение.

Для повышения эффективности работы фильтровальных установок предложено использование камеры перемешивания внутри корпуса вертикального осветительного фильтра.

В результате предварительного испытания была выявлена и устранена эксплуатационная особенность камеры перемешивания, которая выражается в выносе перемешивающей загрузки через патрубок подачи исходной воды.

Проведенные опыты по определению эффективности очистки модельного стока подтвердили эффективность работы камеры перемешивания, контролируемый показатель мутности показал увеличение эффективности на 15 %.

Полученные результаты опытов послужат основой для проведения лабораторных испытаний по определению эффективности работы камеры на речной воде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Салмин, С. М.** Коагуляция примесей природных вод с использованием крупнозернистой контактной загрузки. канд. тех. наук: 05.23.04 / Сергей Михайлович Салмин; Пензенский государственный университет архитектуры и строительства., 2015 г. – 149 с.
2. **Афанасьев В. С., Кирюхина Н. В., Воропай А. С., Размайцев Г. Н., Сергеев Ю. Ю., Феклистов Д. Ю.** Устройство для очистки воды путем перемешивания коагулянта и/или химического реагента с водой. пат. RU 88010 U1 (Российская Федерация). Патентообладатели: ООО «ТЭРОС-МИФИ». – № 2009109360/22; – опубл. 27.10.2009. – 12 с.
3. **Александров Р. А., Курчатov И. М., Феклистов Д. Ю.** Устройство дозирования и смешения реагентов. пат. RU 163042 U1 (Российская Федерация). Патентообладатели: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ). – № 2015156438/05; – опубл. 10.70.2016. – 14 с.
4. **Герасимов, Г. Н.** Технический справочник по обработке воды / Г. Н. Герасимов. – Т. 2. – Санкт-Петербург: Издательство «Новый журнал», Degremont, 2007. – 1696 с.
5. **Ксенофонтов, Б. С.** Комбифильтр для очистки воды. пат. RU 209470 U1 (Российская федерация) Патентообладатель: Ксенофонтов Борис Семенович. – № 2021132892; – опубл. 16.03.2022. – 4 с.
6. **Ширниех, А. А.** Компьютерное моделирование камеры перемешивания комбифильтра для очистки сточных вод / А. А. Ширниех // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 4. – С. 87-94. – DOI 10.36622/VSTU.2022.23.4.010;
7. **Ширниех, А. А.** Экспериментальное исследование по подбору загрузки комбифильтра для повышения эффективности процесса очистки сточных вод / А. А. Ширниех // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 1(24). – С. 105-112. – DOI 10.36622/VSTU.2023.24.1.012.
8. **Дерябин, В. А.** Физическая химия дисперсных систем: учебное пособие / В. А. Дерябин, Е. П. Фарафонтова. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. – 88 с.
9. **Фридрихсберг, Д. А.** Курс коллоидной химии: учебник для вузов 2-е изд., перераб. и доп. / Д. А. Фридрихсберг. – Ленинград: Химия, 1984. – 368 с.
10. **Синайский, Э. Г.** Сепарация многофазных многокомпонентных систем / Э. Г. Синайский, Е. Я. Лапига, Ю. В. Зайцев. – Москва: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – 621 с.
11. **Водное хозяйство промышленных предприятий:** Справочное издание: В 2-х книгах. Книга 1/ Под ред. Аксенова В. И. / В. И. Аксенов, М. Г. Ладынгичев, И. И. Ничкова, В. А. Никулин, С. Э. Кляйн, Е. В. Аксенов. – Москва: Теплотехник, 2005. – 640 с.

Поступила в редакцию 28 февраля 2023

EFFICIENCY OF USING THE MIXING CHAMBER INSIDE THE HOUSING OF THE VERTICAL CLARIFYING FILTER

A. A. Shirniekh

Albert Albierovich Shirniekh, postgraduate student of the Department of Ecology and Industrial Safety, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia, tel.: +7(499)263-68-93; e-mail: al-3x@mail.ru

Vertical clarifying filters (VCF) are used in almost all water treatment plants. The intensification of the work of this stage will help increase the overall efficiency of the treatment facilities.

I consider the use of a mixing chamber of the source water with the reagent, which is installed inside the body of the VCF as a method of intensifying the purification process. I present a description of a laboratory stand with an installed mixing chamber. During the preliminary test, I identified and eliminated the problem of removing the mixing load through the feed pipe of the source water. As well I present the results of a series of experiments on cleaning the model drain using a mixing chamber and without it. As a result, the effectiveness of the proposed mixing chamber solution has been confirmed.

Keywords: water treatment; filtration intensification; mixing chamber; modernization of the laboratory stand.

REFERENCES

1. **Salmin S. M.** *Coagulation of impurities of natural waters using coarse-grained contact loading*. Penza. 2015. 149 p. (in Russian)
2. **Afanasyev V. S., Kiryukhina N.V., Voropai A. S., Razmaytsev G. N., Sergeev Yu. Yu., Feklistov D. Yu.** *Device for water purification by mixing coagulant and/ or chemical reagent with water*. Pat. RU 88010 U1 (Russian Federation). Patent holders: LLC TEROS-MEPHI. No. 2009109360/22; publ. 27.10.2009. 12 p. (in Russian)
3. **Alexandrov R. A., Kurchatov I. M., Feklistov D. Yu.** *Device for dosing and mixing reagents*. Pat. RU 163042 U1 (Russian Federation). Patent holders: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education "National Research Nuclear University MEPhI (NRU MEPhI). No. 2015156438/05; publ. 10.70.2016. 14 p. (in Russian)
4. **Gerasimov G. N.** *Technical handbook on water treatment, vol. 2*. St. Petersburg, Publishing house Novy zhurnal, Degremont. 2007. 1696 p. (in Russian)
5. **Ksenofontov B. S.** *Combifilter for water purification*. Pat. RU 209470 U1 (Russian Federation) Patent holder: Ksenofontov Boris Semenovich. No. 2021132892; publ. 16.03.2022. 4 p. (in Russian)
6. **Shirniekh A. A.** *Computer modeling of the mixing chamber of a combifilter for wastewater treatment*. Housing and communal infrastructure. 2022. No. 4. Pp. 87-94. DOI 10.36622/VSTU.2022.23.4.010. (in Russian)
7. **Shirniekh A. A.** Experimental study on the selection of the load for a combifilter to increase the efficiency of the wastewater treatment process. Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 1(24). Pp. 105-112. DOI 10.36622/VSTU.2023.24.1.012. (in Russian)
8. **Deryabin V. A., Farafontova E. P.** *Physical chemistry of dispersed systems: textbook*. Yekaterinburg, Ural Publishing House. un-ta. 2015. 88 p. (in Russian)
9. **Friedrichsberg D. A.** *Course of colloidal chemistry. Studies for universities 2nd ed., reprint. and additional*. Leningrad, Chemistry. 1984. 368 p. (in Russian)
10. **Sinaisky E. G., Lapiga E. Ya., Zaitsev Yu. V.** *Separation of multiphase multicomponent systems*. Moscow, Nedra-Businesscenter LLC. 2002. 621 p. (in Russian)
11. **Aksenov V. I., Ladyngichev M. G., Nichkova I. I., Nikulin V. A., Klein S. E., Aksenov E. V.** *Water management of industrial enterprises: Reference edition: In 2 books*. Book 1/ Ed. Aksenova V. I. Moscow, Teplotekhnika. 2005. 640 p. (in Russian)

Received 28 February 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ширниех, А. А. Эффективность использования камеры перемешивания внутри корпуса вертикального осветлительного фильтра / А. А. Ширниех // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 116-122. – DOI 10.36622/VSTU.2023.68.90.012.

FOR CITATION:

Shirniekh A. A. *Efficiency of using the mixing chamber inside the housing of the vertical clarifying filter*. Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 116-122. DOI 10.36622/VSTU.2023.68.90.012. (in Russian)

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

DOI 10.36622/VSTU.2023.23.92.013

УДК 330.131

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ УСТРОЙСТВА ПОГРУЗОЧНОЙ ЗОНЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ ЗДАНИИ

А. В. Забара, М. С. Кононова

Забара Анастасия Викторовна, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: zabara.nastia@yandex.

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

Приведены результаты расчета для двух вариантов организации дополнительной погрузочной зоны на действующем промышленном предприятии. Первый вариант - пристройка к существующему зданию склада стационарно погрузочной рампы. Второй вариант – применение мобильных погрузочных эстакад. Рассмотрены достоинства и недостатки сравниваемых вариантов. Определены основные параметры, от которых зависят экономические показатели. При проведении расчетов учтено уменьшение расходов за счет сокращения обслуживающего персонала. Рассчитано увеличение эксплуатационных затрат за счет приобретения дополнительной погрузочно-разгрузочной техники и сопутствующего оборудования. Показано существенное различие в роках окупаемости сравниваемых вариантов.

Ключевые слова: технико-экономические показатели; сравнение вариантов; погрузочная рампа; срок окупаемости.

При эксплуатации производственных зданий различного назначения требуется постоянное обслуживание и модернизация оборудования и разработка соответствующих проектных решений [1]. Проекты по модернизации и реконструкции обычно направлены на повышение технико-экономических показателей материальных активов или их отдельных частей на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования новым [2, 3].

Во избежание больших материальных и трудовых затрат, нужно стремиться к максимальному использованию уже существующих конструкций и по возможности избежать возведения сооружений вспомогательного назначения [4, 5].

Объектом исследования в настоящей статье является складское помещение маслоэкстракционного завода. Задача состоит в организации дополнительных мест с целью сокращения времени на погрузку-выгрузку транспортных средств, а также оптимизации численности персонала [6, 7].

В результате анализа планировочного решения рассматриваемого объекта было сформировано два варианта:

✓ первый вариант – пристройка к существующему зданию склада стационарного павильона (погрузочной рампы) с тремя разгрузочными окнами

✓ второй вариант – применение мобильных погрузочных рамп

Для реализации первого варианта разработан дизайн-проект пристройки (рис. 1).

Технологические окна для загрузки/разгрузки автотранспорта с рампы обеспечат возможность заезда электрической тележки в кузов автомобиля, что позволит сократить длительность погрузки одной машины одним грузчиком с 60 до 30 минут. На рис. 2 показаны габаритные размеры проектируемой пристройки. Величина капитальных затрат на реализацию этого варианта, рассчитанная на основе укрупненных показателей, составляет 11,458 млн. руб.



Рис. 1. 3D -модель пристройки к складу

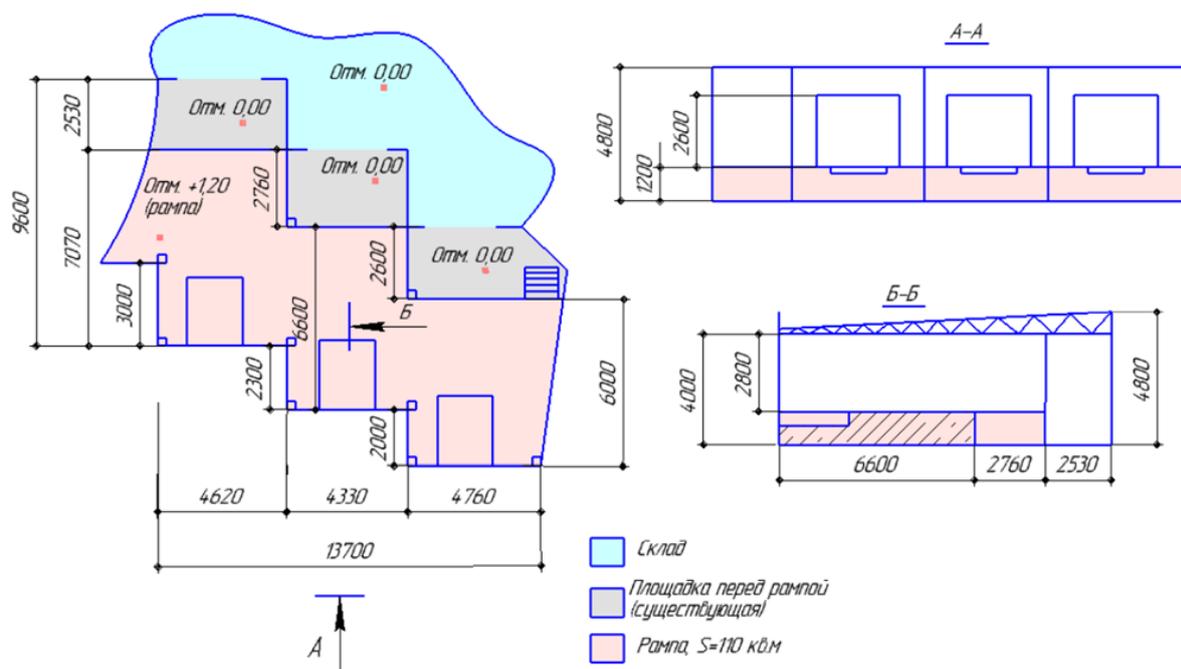


Рис. 2. Схема пристройки погрузочной рампы с указанием размеров

В результате реализации первого варианта предполагается сокращение расходов на оплату труда грузчиков за счет того, что уменьшение времени погрузки в 2 раза позволит высвободить одного грузчика в смену, т.е. сократить 4 грузчика (по одному в каждой смене). Заработная плата одного работника $S_{гр.} = 63,2$ тыс.руб. (по данным на апрель 2023г).

Соответственно, годовая экономия составит 3, 033 млн.руб./год

Снизятся также прочие расходы на содержание персонала, которые в расчете на одного человека составляют:

- ✓ транспортировка до места работы, 90 тыс. руб./год;
- ✓ медосмотры, 3 тыс. руб./год);

✓ спецодежда, 10 тыс. руб./год.

Увеличение количества погрузочных мощностей влечет за собой увеличение эксплуатационных затрат.

Во-первых, увеличатся расходы на электроэнергию. Дополнительные расходы потребуются на:

✓ две погрузочные электротележки мощностью по 1,2 кВт;

✓ освещение, ориентирующая мощность 0,5 кВт;

✓ секционные ворота и доклевеллеры суммарной мощностью 0,3 кВт.

При тарифе 4,9 руб./кВт-ч прирост расходов на оплату электроэнергии составит 86 тыс. руб./год. (без НДС).

Во-вторых, увеличатся затраты на ремонт и содержание основных средств. Стоимость обслуживания приобретаемого оборудования составит 80 тыс. руб./год с НДС (или 67 тыс./руб. без НДС).

В табл. 1 приведены основные финансово-экономические показатели для реализации первого варианта.

Таблица 1

Основные финансово-экономические показатели первого варианта

Основные финансово-экономические показатели проекта	Величина, тыс. руб (без НДС)
Инвестиционные расходы	11 458
Сокращение операционных расходов на персонал (грузчики), В том числе:	3 444
✓ оплата труда	3 033
✓ прочие расходы (транспортировка персонала, спецодежда, медосмотр)	412
Прирост годовых операционных расходов, в том числе:	1 429
✓ электричество	86
✓ ремонт и содержание оборудования	67

Срок окупаемости с момента начала инвестирования составляет 6,2 года. Срок окупаемости с момента производства составит 5,7 лет. Это достаточно большой срок окупаемости, что свидетельствует о его низкой экономической эффективности [8, 9].

Второй вариант заключается в использовании передвижных погрузочных эстакад (рамп), по которым в кузов автомобиля может заезжать погрузчик (рис. 3). Помимо этого, планируется заменить два существующих погрузчика на более мощные, при этом один из старых будет использоваться для работ внутри склада (три погрузчика на складе вместо двух). Также планируется нанять четыре дополнительных штатных единицы водителей погрузчиков (1 чел. в смену), сократив 8 штатных единиц рядовых грузчиков.

Основными достоинствами этого варианта являются:

✓ сокращение расходов на оплату труда грузчиков (за счет уменьшения их количества в 2 раза);

✓ сокращение прочих расходов на персонал (транспортировка персонала до места работы, спецодежда, медосмотры);

✓ меньшие затраты, срок реализации проекта и срок окупаемости.

Следует отметить, что при реализации второго варианта выявлены существенные недостатки:

✓ большие габариты передвижной эстакады (длина около 10 м) затрудняют маневрирование, убирать в склад эстакаду не представляется возможным;

✓ отгрузка продукции на улице, при наличии осадков есть риск намокания и порчи продукции, получения претензий от клиентов;

✓ усиленный разряд аккумуляторных батарей электропогрузчиков из-за движения

по уклону, требуется зарядка примерно в ~ 2 раза чаще (через каждые 4 часа);

✓ время погрузки одного автомобиля больше примерно на 20 мин (по сравнению со стационарной разгрузочной рампой) и составит в среднем 80 мин.

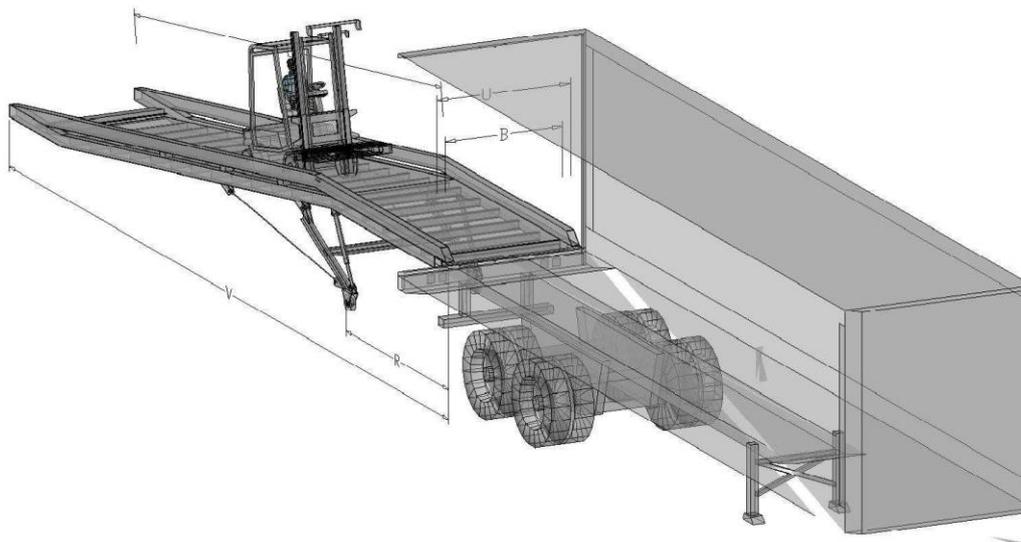


Рис. 3. Внешний мобильной погрузочной рампы

Также во втором варианте добавляется прирост эксплуатационных расходов на электроэнергию для работы погрузчиков, на их ремонт и содержание.

Основные предполагаемые экономические показатели для второго варианта представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные финансово-экономические показатели второго варианта

Основные финансово-экономические показатели проекта	Величина, тыс.руб (без НДС)
Инвестиционные расходы к окупаемости, тыс.руб.	6 618
Сокращение операционных расходов на персонал (грузчики), в том числе:	6 891
✓ оплата труда	6 067
✓ прочие расходы (транспортировка персонала, спецодежда, медосмотр)	824
Прирост годовых операционных расходов, тыс. руб/год	4 675
✓ оплата труда	3 034
✓ прочие расходы по персоналу	412
✓ электричество	469
✓ ремонт и содержание оборудования	17

Срок окупаемости во втором варианте с момента начала инвестирования составляет 3,3 года, что почти в два раза меньше, чем при реализации первого варианта.

Однако при принятии окончательного решения следует учитывать те недостатки, которые во втором варианте могут быть связаны с порчей разгружаемых товаров.

Заключение.

При расчете эксплуатационных показателей сравниваемых вариантов учтены различные составляющие, связанные как с уменьшением расходов на содержание персонала, так и с увеличением затрат на эксплуатацию дополнительного оборудования.

Проведенный сравнительный анализ экономических показателей двух вариантов расширения погрузочно-разгрузочной зоны показал существенное различие в значениях

их сроков окупаемости.

Сделан вывод о важности дополнительного критерия, на основе которого следует принимать решение о выборе варианта. Кроме экономических показателей следует учитывать тип разгружаемой продукции, в частности его устойчивость к воздействию неблагоприятных погодных условий.

Полученные результаты и выводы могут быть экстраполированы на объекты со аналогичным назначением и структурой технологического процесса, с учетом поправок на тарифы и заработную плату персонала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Миргалеева, И. В.** Проектное управление в развитии российских промышленных предприятий / И. В. Миргалеева // Экономика и управление: проблемы, решения – 2022. – Т. 3. – № 11(131). – С. 195-202.
2. **Коркин, М. А.** Методы оценки эффективности использования технологического потенциала промышленных предприятий / М. А. Коркин, М. А. Афонасьев // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2021. – № 6(91). – С. 121-128.
3. **Положенцева, Ю. С.** Приоритеты технологической модернизации промышленного предприятия в условиях трансформации экономики / Ю.С. Положенцева, И.В. Андросова // Russian Economic Bulletin. – 2021. – Т. 4. – № 5. – С. 214-221.
4. **Станчуляк, Ю. Н.** Экономическое обоснование инженерных решений в реализации инновационных проектов / Ю. Н. Станчуляк, Н. В. Корнеева // В сборнике: Приоритетные направления развития АПК: глобальные вызовы и научно-технический потенциал. материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Йошкар-Ола. – 2016. – С. 79-81.
5. **Румянцева, Е. Е.** Промышленность России: проблемы и пути дальнейшего развития (окончание) / Е. Е. Румянцева // Экономика промышленности. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 226-234.
6. **Павлова, Л. Л.** Особенности учёта затрат на воспроизводство остаточного эксплуатационного ресурса здания / Л. Л. Павлова // Дискуссия. – 2021. – № 6(109). – С. 60-68.
7. **Соломонова, Е. Б.** Экономическое обоснование реализации инвестиционно-строительных проектов / Е. Б. Соломонова // Жилищное строительство. – 2008. – № 11. – С. 30-31.
8. **Давыдов, А. А.** Экономическое обоснование реализации проектов на промышленных предприятиях / А. А. Давыдов, В. А. Шахова // Вектор экономики. – 2020. – № 6(48). – С. 64.
9. **Краюхин, Г. А.** Техничко-экономическое обоснование проектов: учебное пособие / Г. А. Краюхин. – Санкт-Петербург: СПбГИЭУ, 2011. – 103 с.

Поступила в редакцию 20 мая 2023

TECHNICAL AND ECONOMIC COMPARISON OF OPTIONS FOR THE LOADING AREA IN AN INDUSTRIAL BUILDING

A. V. Zabara, M. S. Kononova

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

In the article we present the results of calculation for two variants of an additional loading zone at an existing industrial enterprise. The first option is to add a stationary loading ramp to the existing warehouse building. The second option is the use of mobile loading ramps. We consider advantages and disadvantages of the compared options. As well we determine the main parameters on which economic indicators depend. The calculations take into account the reduction of costs due to the reduction of maintenance personnel. The increase in operating costs is calculated due to the purchase of additional loading and unloading machinery and related equipment. We also show a significant difference in the payback periods of the compared options.

Keywords: technical and economic indicators; comparison of options; loading ramp; payback period.

REFERENCES

1. **Mirgaleeva I. V.** *Project management in the development of Russian industrial enterprises*. Economics and management: problems, solutions. 2022. T. 3. No. 11(131). Pp. 195-202. (in Russian)
2. **Korkin M. A., Afonasiev M. A.** *Methods for assessing the efficiency of using the technological potential of industrial enterprises*. Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. 2021. No. 6(91). Pp. 121-128. (in Russian)
3. **Polozhentseva Yu. S., Androsova I. V.** *Priorities of technological modernization of an industrial enterprise in the conditions of economic transformation*. Russian Economic Bulletin. 2021. Vol. 4. No. 5. Pp. 214-221. (in Russian)
4. **Stanchulyak Yu. N., Korneeva N. V.** *Economic substantiation of engineering solutions in the implementation of innovative projects*. In the collection: Priority directions for the development of the agro-industrial complex: global challenges and scientific and technical potential. materials of the All-Russian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists. Yoshkar-Ola. 2016. Pp. 79-81. (in Russian)
5. **Rumyantseva E. E.** *Industry of Russia: problems and ways of further development (end)*. Economics of industry. 2018. Vol. 11. No. 3. Pp. 226-234. (in Russian)
6. **Pavlova L. L.** *Features of cost accounting for the reproduction of the residual operational resource of the building*. Discussion. 2021. No. 6(109). Pp. 60-68. (in Russian)
7. **Solomonova E. B.** *Economic justification for the implementation of investment and construction projects*. Housing construction. 2008. No. 11. Pp. 30-31. (in Russian)
8. **Davydov A. A., Shakhova V. A.** *Economic justification for the implementation of projects at industrial enterprises*. Economy vector. 2020. No. 6(48). Pp. 64. (in Russian)
9. **Krayukhin G. A.** *Feasibility study of projects*. Textbook for. St. Petersburg. 2011. 103 p. (in Russian)

Received 20 May 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Забара, А. В. Техничко-экономическое сравнение вариантов устройства погрузочной зоны в промышленном здании / А. В. Забара, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 2(25). – С. 123-128. – DOI 10.36622/VSTU.2023.23.92.013.

FOR CITATION:

Zabara A. V., Kononova M. S. *Technical and economic comparison of options for the loading area in an industrial building*. Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 2(25). Pp. 123-128. DOI 10.36622/VSTU.2023.23.92.013. (in Russian)

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ WRITING RULES AND GUIDELINE

Журнал публикует информацию о научно-технических разработках в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Периодичность издания – 4 раза в год.

Издание включено в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук с 22.12.2020 г.

Статьи в журнале публикуются бесплатно.

Осуществляется подписка на журнал «Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура». Подписной индекс в «Каталоге периодических изданий. Газеты и журналы» ГК «Урал Пресс» – **81025. Физические лица могут оформить подписку в интернет-магазине «Деловая пресса»** <http://www.ural-press.ru/dlya-fizicheskikh-lits/>

Отдельные экземпляры журнала можно приобрести в редакции по адресу: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84, ВГТУ, кафедра жилищно-коммунального хозяйства, каб. 1321.

О наличии необходимого номера можно узнать по телефону +7(473)271-28-92 или по e-mail: vstu.gkh@gmail.com.

Рукопись представляется в редакцию *на русском языке*. В том случае, если зарубежные авторы присылают статьи *на английском языке*, необходимо предоставить *точный перевод на русский язык*.

К публикации принимаются материалы статьи, в которых приводятся результаты собственных научных (теоретических и/или экспериментальных) исследований авторов (кроме обзорных статей), соответствующие по своей тематике профилю и тематическим направлениям журнала.

Материалы статьи принимаются в электронном виде на адрес редакции vstu.gkh@gmail.com. Автор присылает:

- ✓ файл текста статьи;
- ✓ отсканированная последняя страница с датой отправки статьи и подписями всех авторов (рядом с подписью указывается фамилия и инициалы автора);
- ✓ экспертное заключение о возможности открытого опубликования, заверенное печатью и подписью ответственного лица.

После принятия статьи к публикации автор высылает оригинал рукописи в редакцию журнала по адресу: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84, ком. 1321, Воронежский государственный технический университет, кафедра жилищно-коммунального хозяйства.

Об отказе в публикации статьи по формальным признакам авторы информируются редакцией по электронной почте с изложением причины отказа.

Требования к оформлению статьи

Рукопись должна готовиться в редакторе Microsoft Word для Windows (версии от XP до Word 97/10). Текст набирают шрифтом Times New Roman размером 12 пт с межстрочным интервалом 1, абзацный отступ 1 см. Размер листа А4; поля: левое – 3 см, правое – 1,5 см, верхнее – 2 см, нижнее – 2,5 см. Нумерация страниц не требуется. Объём рукописи – от 5 до 10 страниц, включая иллюстрации, таблицы, библиографический список и сведения об авторах.

Структура статьи:

русскоязычная часть:

- ✓ **индекс УДК** – в левом верхнем углу, прописными буквами (шрифт 12 пт, обычный);
- ✓ **название статьи** – прописными буквами с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **инициалы, фамилии авторов**, с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **сведения об авторах**: последовательно для каждого – фамилия, имя, отчество, ученая степень, звания (звания в негосударственных академиях наук и почётные звания не указывать), должность, наименование учреждения, в котором работает автор, город, страна, контактный телефон; e-mail автора, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);

✓ **аннотация** 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 911022

23 >