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

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО
и коммунальная инфраструктура

№ 3(22), 2022

Воронежский государственный технический университет

Строительные конструкции, здания и сооружения

Градостроительство. Реконструкция, реставрация и благоустройство

Инженерные системы и коммуникации

Экология и безопасность городской среды

Экономика и организация строительства

Дорожно-транспортное хозяйство и строительная техника

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО
и коммунальная инфраструктура

№ 3(22), 2022

ПО ВОПРОСАМ

РАЗМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ СТАТЕЙ

ОБРАЩАТЬСЯ В РЕДАКЦИЮ

НАУЧНОГО ЖУРНАЛА

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО
и коммунальная инфраструктура

Адрес редакции:

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

ISSN 2541-9110
ISSN 2782-4667

ВГТУ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Научный журнал
Воронежского государственного
технического университета

Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура

12+

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

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2022

ISSN 2541-9110
ISSN 2782-4667

ВГТУ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Scientific journal

Voronezh State Technical University

12+

Housing and Utilities Infrastructure

The journal has been publishing since 2017

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

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

The territory of distribution – **Russian Federation, foreign countries**

Published 4 times a year

The Journal is included in the "List of reviewed scientific publications", in which the main scientific results of the dissertations for the 'Degree of Candidate of Science' and for the 'Degree of Doctor of Science'

Journal publishes materials on the following topics:

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

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

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

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

Voronezh

© Voronezh State Technical University, 2022

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Арушанов М. Л., д-р физ.-мат. наук, профессор, действительный член Нью-Йоркской Академии наук (Среднеазиатский научно-исследовательский Институт им. В.А. Бугаева, г. Ташкент)
Аверкин А. Г., д-р техн. наук, профессор (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства)
Блех Е. М., д-р экон. наук, профессор (Институт отраслевого управления РАНХиГС), г. Москва
Бодров М. В., д-р техн. наук, профессор (Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет)
Бондарев Б. А., д-р техн. наук, профессор (Липецкий государственный технический университет)
Ветрова Н. М., д-р техн. наук, профессор (Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь)
Гришин Б. М., д-р техн. наук, профессор (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства)
Зайцев О. Н., д-р техн. наук, профессор (Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь)
Зиганшин А. М., д-р техн. наук, доцент, зам. директора по научной работе Института строительных технологий и инженерно-экологических систем (Казанский государственный архитектурно-строительный университет)
Ежов В. С., д-р техн. наук, профессор (Юго-Западный государственный университет, г. Курск)
Касьянов В. Ф., д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент жилищной академии РФ, заслуженный работник высшей школы, почетный работник высшего образования, почетный строитель России, почетный строитель Москвы, почетный работник ЖКХ РФ, НИУ МГСУ, г. Москва
Козлов В. А., д-р физ.-мат. наук, профессор (Воронежский государственный технический университет)
Кононова М. С., канд. техн. наук, доцент (Воронежский государственный технический университет)
Король Е. А., д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент РААСН, Почетный строитель России, академик РИА, член РОИС (Московский государственный строительный университет)
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)
Столбоушкин А. Ю., д-р техн. наук, профессор (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
Уваров В. А., д-р техн. наук, профессор (Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова)
Шибаева М. А., д-р экон. наук, профессор (Воронежский государственный технический университет)
Щукин О. С., д-р экон. наук, профессор (Воронежский государственный университет)
Эвиев В. А., д-р техн. наук, профессор, декан инженерно-технологического факультета (Калмыцкий государственный университет, г. Элиста)

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

Редакторы: Кононова М. С., Жерлыкина М. Н.
Дизайн обложки: Якубенко А. В. *Фото обложки:* Семенченко А. А.
Редактор перевода: Козлова В.В.

Подписной индекс в «Каталоге периодических изданий. Газеты и журналы» ГК «Урал Пресс» – 81025
Дата выхода в свет 14.10.2022. Усл. печ. л. 14,4. 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 – **Zherlykina Mariya Nikolaevna**, Cand. Sc. (Technical),
Associate Professor of the Department of Housing and Communal Services (Voronezh State Technical University)

Editors: M. S. Kononova, M. N. Zherlykina
Cover design: A. V. Yakubenko *Cover photo:* A. A. Semenchenko
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 14.10.2022. Conventional printed sheets 14.4. 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

Шмелев Г. Д., Ишков А. Н., Авдеев П. Е.
Особенности проведения поверочных расчетов железобетонных плит и балок……...…..9
Рогатнев Ю. Ф., Минани Ж., Соколов О. О., Рогатнев А. Ю.
Оптимизация параметров поперечного сечения двухслойных изгибаемых железобетонных элементов с высокопрочным бетоном класса В90 в сжатой зоне……...….17

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

Свирин М. В.
Исследование влияния ненормативной внутренней температуры помещения на тепловой комфорт в переходный период с использованием индексов PMV И PPD……..28
Маслова Н. В., Анциферов С. А. Учет фактически потребленных ресурсов и корректировка платы за горячее водоснабжение в многоквартирном доме……39
Лобанов Д. В., Звенигородский И. И., Сафонов С. А.
Экспериментальное исследование изменения величин параметров внутреннего воздуха в рабочей зоне помещения умственного труда……..51
Китаев Д. Н., Тульская С. Г., Горлова А. В.
Оптимальный проектный температурный график тепловой сети жилого района……..61
Помогаева В. В.
Исследование окислительной способности струйных аэраторов……67
Обухова М. В., Сидоренко О. В., Вялкова Е. И.
Экспериментальная оценка методов обработки отходов очистки производственных сточных вод предприятий силикатных и газобетонных изделий……75

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

Семенихина А. Ю., Сотникова О. А., Гойкалов А. Н., Макарова Т. В.
Способ регулирования визуального сочетания зданий в исторической застройке……84

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Тарасевский Ф. Г., Баденко В. Л.
Метод непрерывного контроля наличия и определения концентрации нефтепродуктов в стоках промышленных предприятий……..……....…...94

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Александрова Н. Н.
Комплексная оценка качества бизнес- процесса «Выполнение строительно-монтажных работ» на примере строительной организации…….....104
Александрова Н. Н., Меллер Н. В., Некрасова И. Ю.
Анализ состояния конкурентной среды на рынке услуг по управлению многоквартирными домами в сфере ЖКХ г. Тюмени…….114

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ……..…..123

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2022

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

Shmelev G. D., Ishkov A. N., Avdeev P. E.
Features of verification calculations of reinforced concrete plates and beams……..…...9
Rogatnev Yu. F., Minani J., Sokolov O. O., Rogatnev A. Yu.
Optimization of parameters of the cross-section of two-layer bending
reinforced concrete elements with high-strength b90 concrete in the compressed zone…….....17

ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

Svirin M. V.
Study of the influence of non-normative interior room temperature
on thermal comfort in the transition period using PMV and PPD indices……...28
Maslova N. V., Antsiferov S. A.
Metering of consumed resources and adjustment of the hot water
supply fees in an apartment building……..39
Lobanov D. V., Zvenigorodsky I. I., Safonov S. A.
Experimental study of changes in the values of indoor air parameters
in the working area of the premises of mental labor……51
Kitaev D. N., Tulskaya S. G., Gorlova A. V.
Optimal project temperature schedule of the heat network in a residential area……..61
Pomogaeva V. V.
Research of the oxidizing ability of jet aerators……..67
Obukhova M. V., Sidorenko O. V., Vyalkova E. I.
Experimental assessement of methods for waste products treatment of industrial
wastewater purification in the enterprises for silicate and aerated concrete products……75

CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

Semenikhina A. Yu., Sotnikova O. A., Goikalov A. N., Makarova T. V.
Method of regulation of visual combination of buildings in the historic development.…….....84

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

Tarasevsky F. G., Badenko V. L.
Method for continuous monitoring and determination of presence
and concentration of petroleum products in the sewage water of industrial enterprises.…….....94

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

Aleksandrova N. N.
Comprehensive assessment of the quality of business process named accomplishment
of construction and installation work on the example of a construction company……104
Aleksandrova N. N., Meller N. V., Nekrasova I. Y.
Analysis of the competitive environment in the market of services for the management
of apartment buildings in the housing and utilities sector of the city of Tyumen……...114

WRITING RULES AND GUIDELINES……..……..……..123

© Voronezh State Technical University, 2022

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

УДК 624.046.2

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРОЧНЫХ РАСЧЕТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ И БАЛОК

Г. Д. Шмелев, А. Н. Ишков, П. Е. Авдеев

Шмелев Геннадий Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент кафедры городское строительство и хозяйство, профессор кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: shmelev8@mail.ru
Ишков Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: ishkov1.78@mail.ru
Авдеев Павел Евгеньевич, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: avdeev1401@yandex.ru

В статье рассмотрен авторский нетрадиционный подход к выполнению поверочных расчетов фактической несущей способности изгибаемых железобетонных конструкций, находящихся длительное время в условиях реальной эксплуатации. Принципиальное отличие от традиционного подхода заключается в учете неравномерности прочности бетона по высоте поперечного сечения поверяемого конструктивного элемента. Суть предложенного в настоящей статье метода заключается в одновременном контроле прочности бетона в сжатой и растянутой зонах исследуемой конструкции, для которой планируется выполнение поверочного расчета. По результатам измерений строится «эпюра» распределения прочности бетона по высоте поперечного сечения исследуемого элемента. В последующем с использованием метода итераций вычисляется фактическая высота сжатой зоны бетона, с учетом построенной на предыдущем этапе «эпюры» фактической прочности бетона конструкции. На примере конкретных конструкций (монолитных плит перекрытия) выполнена проверка их реальной несущей способности по нормальному сечению на действие изгибающего момента. Проведено сравнение полученного результата с результатами поверочных расчетов, выполненных традиционным методом без учета неравномерности распределения фактической прочности бетона по высоте поперечного сечения элемента. На основании результатов сравнения сделаны выводы об особенностях предложенного автором метода расчета.

Ключевые слова: изгибаемые строительные конструкции; изменчивость прочности бетона; поперечное сечение конструкции; поверочный расчет; изгибающий момент; метод итерации; сжатая и растянутая зона бетона.

В рамках работ по оценке технического состояния несущих строительных конструкций зданий и сооружений, находящихся в течение длительного периода времени в условиях реальной эксплуатации и непосредственного воздействия, различных по агрессивности сред, специалистам и экспертам приходится выполнять исследовательские работы по контролю фактической прочности бетона исследуемых конструкций и осуществлению поверочных расчетов, направленных на определение реальной несущей способности этих конструкций.

В работах ряда авторов рассматриваются различные подходы к использованию показателей несущей способности строительных конструкций [1…5], в том числе и к прогнозированию остаточного ресурса или остаточного срока службы этих конструкций [3, 5…10].

Существующие методики выполнения контроля прочности бетона (ГОСТ 18105-2018

© Шмелев Г. Д., Ишков А. Н., Авдеев П. Е., 2022

«Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» и ГОСТ 22690-2015 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля») учитывают возможность изменения прочности бетона в конструкциях на различных участках измерений. При этом неравномерность распределения прочности бетона по отдельным участкам измерений используется для определения класса бетона по прочности на сжатие – класс В.

На практике, при выполнении контроля фактической прочности бетона конструкций, работающих в различных температурно-влажностных условиях, а также в условиях различной по степени интенсивности агрессивности окружающей среды, приходится сталкиваться с фактом изменения фактической прочности бетона по высоте поперечного сечения элемента. Так, например, при выполнении инструментального контроля прочности бетона монолитных междуэтажных перекрытий пристройки к корпусу гостиницы "Брно" в г. Воронеже исследовательская группа столкнулась с неравномерностью показателей прочности бетона в верхней (сжатой) и нижней (растянутой) зонах бетона. После выполнения статистической обработки полученных результатов контроля прочности бетона для сжатой зоны был зафиксирован класс бетона, соответствующий нормируемому классу В10, а для растянутой зоны – В25. При этом толщина исследуемой монолитной железобетонной плиты перекрытия, зафиксированная в ходе обследования составила 120 мм.

Стандартный подход к определению фактической несущей способности изгибаемых железобетонных элементов конструкций, в соответствии с методикой расчета, описанной в СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», для конструкций прямоугольного поперечного сечения, при выполнении расчета на действие изгибающего момента в середине рабочего пролета рекомендует считать внутренние напряжения в сжатом бетоне равнозначными по всей высоте (рисунок).

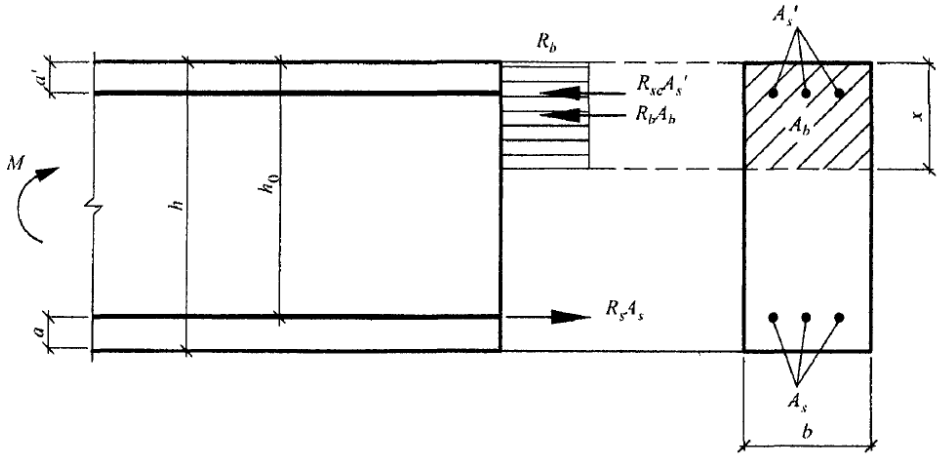


Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого железобетонного элемента, при его расчете по прочности

При этом в соответствии с СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» фактическая несущая способность (предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента) следует определять по формуле:

$$M_{ult} = R_b \cdot b \cdot x \cdot \left(h_0 - 0,5 \cdot x\right) + R_{sc} \cdot A_s^{/} \cdot \left(h_0 - a^{/}\right), \quad (1)$$

где M_{ult} – предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента; R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для предельных состояний первой группы (расчетов по прочности); b – ширина прямоугольного сечения элемента или конструкции; x – высота сжатой зоны бетона в расчетном сечении элемента или конструкции; h_0 – рабочая высота расчетного сечения элемента или конструкции; R_{sc} – расчетное сопротивление арматуры сжатию для предельных состояний первой группы (расчеты по

порочности); A'_s – площадь поперечного сечения сжатой рабочей арматуры в расчетном сечении элемента или конструкции; a' – расстояние от равнодействующей усилий в сжатой рабочей арматуре расчетного сечения до ближайшей грани сечения.

При этом высоту сжатой зоны расчетного поперечного сечения элемента или конструкции в соответствии СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» рекомендуется определять по формуле:

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b \cdot b}, \quad (2)$$

где R_s – расчетное сопротивление арматуры растяжению для предельных состояний первой группы (расчеты по порочности); A_s – площадь поперечного сечения растянутой рабочей арматуры в расчетном сечении элемента или конструкции.

Для дальнейшего рассмотрения и расчетов упростим формулы (1) и (2), удалив из них параметры, отвечающие за сжатую рабочую арматуру. В этом случае формулы приобретают вид:

$$M_{ult} = R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0{,}5 \cdot x), \quad (3)$$

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b}. \quad (4)$$

При этом формулы (3) и (4) справедливы по-прежнему только для равномерного распределения прочности бетона по высоте расчетного сечения (см. рисунок).

На практике, как было показано на примере монолитных междуэтажных перекрытий пристройки к корпусу гостиницы «Брно» в г. Воронеже, прочность бетона по высоте расчетного сечения может меняться, при этом даже значительно. Принятие прочности бетона по минимальному показателю фактически зафиксированной прочности (класса бетона – В) позволит выполнить расчет, но при этом предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента, по своему значению будет занижен по сравнению с реальным значением.

В случае если реальные показатели прочности бетона исследуемой конструкции по каким-либо причинам окажутся завышенными в сжатой зоне бетона (верхняя зона конструкции), а в растянутой значительно занижены, то расчет, учитывающий прочность бетона в сжатой зоне может привести к завышению расчетного показателя несущей способности конструкции, по сравнению с реальными значениями. И в том и в другом случае будет допущена ошибка, причем во втором случае – способная привести в процессе дальнейшей эксплуатации к перегрузу и разрушению конструкции.

Для устранения подобных ошибок при выполнении поверочных расчетов железобетонных изгибаемых элементов и конструкций предлагается следующий подход:

✓ на первом этапе выполняется неразрушающий контроль прочности бетона отдельно для сжатой и отдельно для растянутой зон конструкции;

✓ на втором этапе осуществляется статистическая обработка полученных результатов для определения неравномерности распределения прочности бетона отдельно по сжатой и по растянутой зонам бетона, с получением фактических значений классов бетона и соответствующих им расчетных сопротивлений бетона на сжатие;

✓ на третьем этапе строится эпюра напряжений в сжатой зоне бетона, с учетом реального распределения прочности бетона по высоте расчетного сечения (по линейной модели, так как известны только два крайних значения фактической эпюры, которая может быть и нелинейной);

✓ на четвертом этапе с учетом построенной эпюры напряжений в бетоне в первом приближении по формуле (4) определяется значение высоты сжатой зоны бетона – x, определяемая на этом шаге по показателям прочности бетона, зафиксированным для верхнего волокна сжатой зоны по результатам статистической обработки (см. второй этап);

✓ на пятом этапе с учетом полученного на предыдущем шаге значения высоты сжатой зоны бетона, по эпюре, полученной на третьем этапе, определяем среднее значение прочности бетона в сжатой зоне и снова выполняем по формуле (4) расчет высоты сжатой зоны бетона;

✓ на следующих этапах повторяются действия, описанные для пятого этапа, до тех пор, пока расхождения в полученных на двух смежных этапах значений x не будут различаться на величину, не превышающую 5 %;

✓ полученные на последнем этапе значения R_b и x следует использовать при оценке M_{ult} – предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента, по формуле (3).

Исходя из приведенных выше данных, рассмотрим, к каким конкретно результатам может привести учет неравномерности прочности бетона по высоте поперечного сечения при расчете нормального сечения изгибаемых элементов по первой группе предельных состояний. В качестве примера рассмотрим реальную конструкцию с фактически выявленными показателями прочности бетона, указанными в начале статьи.

Исходные данные для выполнения поверочных расчетов (случай 1):

✓ фактический класс бетона по прочности на сжатие по сжатой зоне – В10;
✓ то же по растянутой зоне – В25;
✓ полная высота поперечного сечения – 120 мм;
✓ ширина расчетного сечения – 1000 мм;
✓ класс арматуры – А400;
✓ диаметр стержней – 12 мм;
✓ количество стержней – 10 шт;
✓ толщина защитного слоя бетона – 20 мм.

Результаты выполненных расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты поверочных расчетов (случай 1)

Наименование расчетного показателя	Значения расчетных показателей по методикам	
	СП 63.13330.2018	авторской
✓ расчетная высота сжатой зоны бетона – x, мм	3,08	2,61
✓ расчетное (приведенное) значение сопротивления бетона сжатию – R_b, МПа	55,0	63,5
✓ предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента – M_{ult}, МПа·мм	1 432 970	1 469 107
✓ количество итераций при определении значений R_b и x	-	2

Исходные данные для выполнения поверочных расчетов (случай 2):

✓ фактический класс бетона по прочности на сжатие по сжатой зоне – В25;
✓ то же по растянутой зоне – В10;
✓ полная высота поперечного сечения – 120 мм;
✓ ширина расчетного сечения – 1000 мм;
✓ класс арматуры – А400;
✓ диаметр стержней – 12 мм;
✓ количество стержней – 10 шт;

✓ толщина защитного слоя бетона – 20 мм.

Результаты выполненных расчетов приведены в табл. 2.

Результаты выполненных расчетов, приведенные в табл. 1 и 2, показывают, что подсчет по предложенной в настоящей статье методике, позволяет несколько уточнить реальную несущую способность изгибаемых железобетонных конструкций, длительное время находящихся в условиях агрессивной эксплуатации.

Таблица 2

Результаты поверочных расчетов (случай 2)

Наименование расчетного показателя	Значения расчетных показателей по методикам	
	СП 63.13330.2018	авторской
✓ расчетная высота сжатой зоны бетона – x, мм	1,27	1,31
✓ расчетное (приведенное) значение сопротивления бетона сжатию – R_b, МПа	133	128,5
✓ предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента – M_{ult}, МПа·мм	1 581 842	1 573 090
✓ количество итераций при определении значений R_b и x	-	2

В первом случае величина уточнения составила всего 0,65 %, а во втором случае – 2,52 %. При этом в первом расчетном случае, как и следовало ожидать, несущая способность возросла, а во втором расчетном случае – понизилась по сравнению с расчетным значением, полученным по стандартной методике. Процентные значения уточненных показателей несущей способности на первый взгляд могут показаться незначительными, но в некоторых случаях, в том числе для ответственных конструкций, такие уточнения могут быть необходимы.

Заключение.

Разработан нестандартный подход к выполнению поверочных расчетов изгибаемых элементов строительных конструкций, учитывающий неравномерность распределения прочности бетона по высоте расчетного сечения.

На примере реальных конструкций проведена проверка предложенного метода уточненного расчета при выполнении поверочных расчетов, конструкций длительное время находящихся в условиях эксплуатации, приведших к неравномерности прочности по высоте расчетного сечения.

Предложенный подход к выполнению поверочных расчетов, особенно в условиях значительного расхождения показателей прочности в сжатой и растянутой зонах нормального сечения при расчете на действие изгибающего момента, может позволить получить более точные данные по фактической несущей способности изгибаемых элементов и конструкций зданий и инженерных сооружений различного назначения.

Расхождения, уточненных значений несущей способности по методике, предложенной автором, от методики, изложенной в СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», составляют величины, не превышающие 5 %. Однако в некоторых особо ответственных случаях такие уточнения способны изменить решение о фактической категории технического состояния изгибаемых конструкций (плиты, ригели, балки и т.п.), что может продлить эксплуатацию конструкций без разработки проекта ее

ремонта или усиления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Шмелев, Г. Д.** Некоторые аспекты прогнозирования надежности и долговечности строительных конструкций зданий / Г. Д. Шмелев // Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решения. Труды 4-й Международной конференции. – СПб.: Нестор, 2001. – С. 366-370.

2. **Федотова, М. И**. Прогноз риска аварии несущих строительных конструкций на основе расчета снижения несущей способности / М. И. Федотова, Г. Д. Шмелев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 2(21). – С. 30-37.

3. **Удалов, Ю. М.** Сравнительный анализ изменения несущей способности перекрытий при изменении защитных слоев рабочей арматуры / Ю. М. Удалов // Молодой ученый. – 2022. – № 20(415). – С. 47-52.

4. **Шмелев, Г. Д.** Метод прогноза остаточного срока службы по вероятному снижению несущей способности эксплуатируемых строительных конструкций / Г. Д. Шмелев, А. Н. Ишков, Д. А. Драпалюк // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 2(21). – С. 9-18.

5. **Шмелев, Г. Д.** Обоснование возможности повторного использования строительных материалов и конструкций / Г. Д. Шмелев, Е. А Крючкова, А. К. Епишева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 25-35.

6. **Козлов, А. В.** Расчет несущей способности изгибаемых элементов с учетом диафрагмы / А. В. Козлов, А. Н. Алешин // В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сборник статей. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – Самара. – 2015. – С. 93-97.

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

8. **Савин, С. Ю.** Критериальная оценка несущей способности сжато-изогнутых элементов реконструируемого железобетонного каркаса при аварийной расчетной ситуации / С. Ю. Савин, В. И. Колчунов, В. В. Ковалев // Строительство и реконструкция. – 2020. – № 1 (87). – С. 71-80.

9. **Шмелев, Г. Д.** Техническая безопасность строительных железобетонных конструкций / Г. Д. Шмелев // В сборнике: Безопасность жизнедеятельности, XXI век. Материалы Международного научного симпозиума. – 2001. – С. 106-108.

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

Поступила в редакцию 16 сентября 2022

FEATURES OF VERIFICATION CALCULATIONS OF REINFORCED CONCRETE PLATES AND BEAMS

G. D. Shmelev, A. N. Ishkov, P. E. Avdeev

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

Alexey Nikolaevich Ishkov, 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: ishkov1.78@mail.ru

Pavel Evgenievich Avdeev, Master's student at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7 (473) 271-52-49; E-mail: avdeev1401@yandex.ru

The article considers the author's non-traditional approach to performing verification calculations of the actual bearing capacity of bent reinforced concrete structures that have been in real operation for a long time. The fundamental difference from the traditional approach lies in taking into account the uneven strength of concrete along the height of the cross section of the verified structural element. The essence of the method proposed in this article lies in the simultaneous control of the strength of concrete in the compressed and tensile zones of the structure under study, for which it is planned to perform a verification calculation. Based on the measurement results, we constructed a «diagram» of the concrete strength distribution, according to the height of the cross section of the element under study. Subsequently, using the iteration method, the actual height of the compressed zone of concrete is calculated, taking into account the «diagram» of the actual strength of the concrete structure constructed at the previous stage. On the example of specific structures (monolithic floor slabs), we checked their real load-bearing capacity along the normal section for the action of a bending moment. The obtained result was compared with the results of verification calculations performed by the traditional method without taking into account the uneven distribution of the actual strength of concrete over the height of the element's cross section. Based on the results of the comparison, we draw conclusions about the features of our calculation method.

Keywords: flexible building structures; variability of concrete strength; cross section of the structure; verification calculation; bending moment; iteration method; compression and tension zone of concrete.

REFERENCES

1. **Shmelev G. D.** *Some aspects of predicting the reliability and durability of building structures of buildings.* Scientific and technical problems of predicting the reliability and durability of structures and methods for their solution. Proceedings of the 4th International Conference. St. Petersburg. 2001. Pp. 366-370. (in Russian)

2. **Fedotova M. I., Shmelev G. D.** *Forecast of the risk of an accident of bearing building structures based on the calculation of a decrease in the bearing capacity.* Housing and communal infrastructure. 2022. No. 2(21). Pp. 30-37. (in Russian)

3. **Udalov Yu. M.** *Comparative analysis of changes in the bearing capacity of ceilings when changing the protective layers of working reinforcement*. Young scientist. 2022. No. 20(415). Pp. 47-52. (in Russian)

4. **Shmelev G. D. Ishkov A. N., Drapalyuk D. A.** *A method for predicting the residual service life based on a probable decrease in the bearing capacity of operated building structures* Housing and communal infrastructure. 2022. No. 2 (21). Pp. 9-18. (in Russian)

5. **Shmelev G. D. Kryuchkova E. A., Episheva A. K.** *Substantiation of the possibility of reuse of building materials and structures*. Housing and communal infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 25-35. (in Russian)

6. **Kozlov A. V., Aleshin A. N.** *Calculation of the bearing capacity of bending elements taking into account the diaphragm.* In the collection: Traditions and innovations in construction and architecture. Construction. Digest of articles. Samara State University of Architecture and Civil Engineering. Samara. 2015. Pp. 93-97. (in Russian)

7. **Shmelev G. D., Kononova M. S., Maleeva N. A.** *Methods for assessing the technical condition and substantiation of the residual service life of building structures*. Housing and communal infrastructure. 2019. No. 2(9). S. 34-42. (in Russian)

8. **Savin S. Yu. Kolchunov V. I., Kovalev V. V.** *Criteria assessment of the bearing capacity of compressed-curved elements of a reconstructed reinforced concrete frame in an emergency design situation*. Construction and reconstruction. 2020. No. 1(87). Pp. 71-80. (in Russian)

9. **Shmelev G. D.** *Technical safety of building reinforced concrete structures*. In the collection: Life safety, XXI century. Proceedings of the International Scientific Symposium. 2001. Pp. 106-108. (in Russian)

10. **Shmelev G. D., Sazonov E. V., Kononova M. S.** *Monitoring and forecast of the technical condition of building structures of buildings and structures.* Housing and communal infrastructure. 2021. No. 3(18). Pp. 9-18. (in Russian)

Received 16 September 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Шмелев, Г. Д. Особенности проведения поверочных расчетов железобетонных плит и балок / Г. Д. Шмелев, А. Н. Ишков, П. Е. Авдеев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 9-16.

FOR CITATION:

Shmelev G. D., Ishkov A. N., Avdeev P. E. *Features of verification calculations of reinforced concrete plates and beams*. Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 9-16. (in Russian)

УДК 624.012.35: 624.048

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ВЫСОКОПРОЧНЫМ БЕТОНОМ КЛАССА В90 В СЖАТОЙ ЗОНЕ

Ю. Ф. Рогатнев, Ж. Минани, О. О. Соколов, А. Ю. Рогатнев

Рогатнев Юрий Федорович, канд. техн. наук, доцент кафедры строительных конструкций оснований и фундаментов им. проф. Ю. М. Борисова, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(910)240-67-64; e-mail: yrogatnev @yandex.ru
Минани Жереми, аспирант кафедры строительных конструкций оснований и фундаментов им. проф. Ю.М. Борисова, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(919)234-59-42; e-mail: mijeremie1@gmail.com
Соколов Олег Олегович, ассистент кафедры строительных конструкций оснований и фундаментов им. проф. Ю.М. Борисова, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(910)346-09-84; e-mail: osokolov@vgasu.vrn.ru
Рогатнев Артем Юрьевич, магистр кафедры строительных конструкций оснований и фундаментов им. проф. Ю.М. Борисова, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(960)108-79-20; e-mail: artemr97@yandex.ru

Проведено численное исследование двухслойных изгибаемых железобетонных элементов прямоугольного сечения с верхним слоем из высокопрочного бетона класса В90 при различных классах арматуры и процентах армирования при классе бетона нижнего слоя В30 с целью оптимизации относительной высоты верхнего слоя из высокопрочного бетона. Получены зависимости несущей способности при различных процентах армирования и при различных значениях высоты слоя высокопрочного бетона. Разработаны рекомендации по расчету несущей способности двухслойных элементов в соответствии с требованиями СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции». Численно определена относительная высота сжатой зоны высокопрочного бетона двухслойных изгибаемых железобетонных элементов с верхним слоем из высокопрочного бетона.

Ключевые слова: двухслойный элемент; высокопрочный бетон; процент армирования; относительная высота сжатой зоны высокопрочного бетона.

Двухслойные изгибаемые элементы с высокопрочным бетоном в сжатой зоне позволяют эффективно использовать механические свойства материалов конструкции [1…3]. Ввиду того, что нецелесообразно изготавливать всю балку из высокопрочного бетона класса В90, необходимо выполнять нижний слой из бетона класса В30 таким образом, чтобы сжимающие напряжения воспринимал высокопрочный бетон класса В90, а бетон класса В30 обеспечивал совместную работу с рабочей арматурой. В связи с этим оптимизация высоты слоя высокопрочного бетона в зависимости от высоты сжатой зоны элемента по требуемой несущей способности становится актуальной задачей.

При исследовании двухслойных железобетонных элементов одним из основных вопросов является положение нейтральной оси, а также применимость закона плоских сечений к расчету таких элементов. Ранее проведенные исследования указывают на необходимость проектирования двухслойных изгибаемых железобетонных элементов таким образом, чтобы его сжатая зона полностью располагалась в верхнем слое более прочного бетона [4…8]. В руководстве по Еврокоду 2 (EN 1992 1-1 – Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules of buildings. European prestandard. – 1992. – Pp. 225) дается ограничение относительной высоты сжатой зоны бетона при определении положения нейтральной оси, которое не должно превышать 45 % для обычного бетона. Это ограничение не должно превышать 35 % для высокопрочного бетона. В работах [9…12] значение

© Рогатнев Ю. Ф., Минани Ж., Соколов О. О., Рогатнев А. Ю., 2022

относительной высоты должно соответствовать диапазону 20…40 % при проектировании двухслойных железобетонных элементов. Согласно [13, 14], при проектировании нормального сечения двухслойных железобетонных изгибаемых элементов особое внимание требуется уделить НДС между слоями. Поэтому необходимо соблюдать условие $x < h_{ВПБ}$, где x – теоретическая высота сжатой зоны и $h_{ВПБ}$ – высота слоя высокопрочного бетона [1]. Оптимизация высоты слоя высокопрочного бетона выполняется исходя из теоретической высоты сжатой зоны, которая превышает расчетную принимаемую по СП 63.13330.2018. Снижение значений деформаций сжатия по мере распространения вниз по высоте поперечного сечения элемента, создает ситуацию, когда эффективно работают верхние волокна элемента.

В настоящей работе рассматривается влияние высоты слоя высокопрочного бетона на напряженно-деформационное состояние двухслойных железобетонных изгибаемых элементов, в которых верхний слой выполнен из высокопрочного бетона, а нижний слой из бетона обычной прочности.

Численное моделирование проведено с помощью программного комплекса ANSYS 2021 R1. Данный программный комплекс позволяет рассмотреть напряженно-деформированное состояние элемента с учетом нелинейной работы материалов.

Бетонное тело численной модели представлено объемными конечными элементами Solid 65, в которых реализован критерий прочности William-Varnke [15]. Механические характеристики бетонов В90 и В30 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Механические характеристики бетона

Класс бетона	Призменная прочность на сжатие, R_b, МПа	Модуль упругости, E_b, МПа	Относительная деформация соответствующая пределу прочности на сжатие, ε_b	Прочность на растяжение, R_{bt}, МПа
В90	71,6	51214,3	0,0014	3,60
В30	25,5	17000	0,002	1,36

В качестве диаграмм деформирования арматуры приняты двухлинейная и трехлинейная диаграммы в соответствии с СП 63.13330.2018. Механические характеристики арматуры представлены в табл. 2. Арматура замоделирована линейными конечными элементы типа Beam 188.

Таблица 2

Механические характеристики арматуры

Класс арматуры	Диаметр арматуры, мм	Предел текучести, R_s, МПа	Модуль упругости, E_s, МПа	Относительная деформация предела текучести, ε_s
А400	12	492	201000	0,0250
	14	433	201000	0,0250
	16	439	201000	0,0250
А500	12	580	205470	0,0250
	14	551	210160	0,0250
	16	588	205790	0,0250
А600	12	691	201690	0,00504
	14	635	207570	0,00485
	16	651	198350	0,00499
А800	10	1003	205210	0,00784
	12	1003	205210	0,00784
	14	982	204390	0,00638

Исследование проведено на численных моделях сечением 60 × 120 мм и длиной 1400 мм. Поперечное сечение состояло из двух слоев – высокопрочного бетона класса В90 высотой 30, 45 и 60 мм в сжатой зоне и бетона класса В30 – в растянутой зоне. Путем варьирования высоты слоя высокопрочного бетона и значения процента продольного армирования было проанализировано 18 моделей, пример расчетной схемы и конструкции которых приведены на рис. 1, 2.

Численные модели двухслойных балок армированных продольной арматурой класса А400, А500С, А600 и А800 диаметром 12, 14 и 16 мм.

Механические свойства бетона и арматуры приняты по результатам испытаний образцов материалов, приведенных в работах [16, 17].

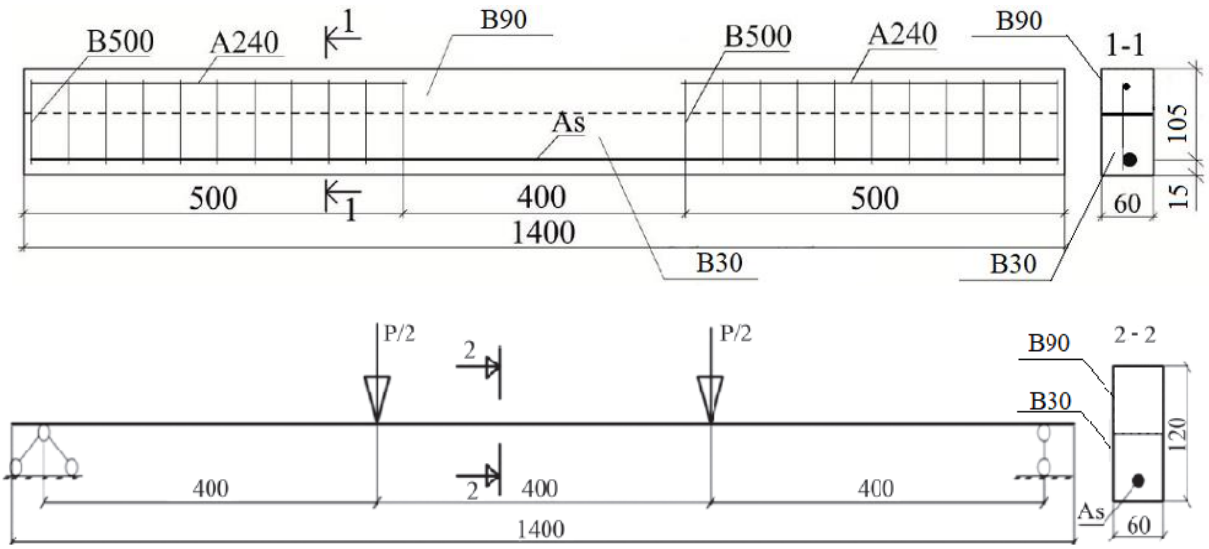


Рис. 1. Конструктивная и расчетная схема численных моделей (выноски на поперечном сечении)

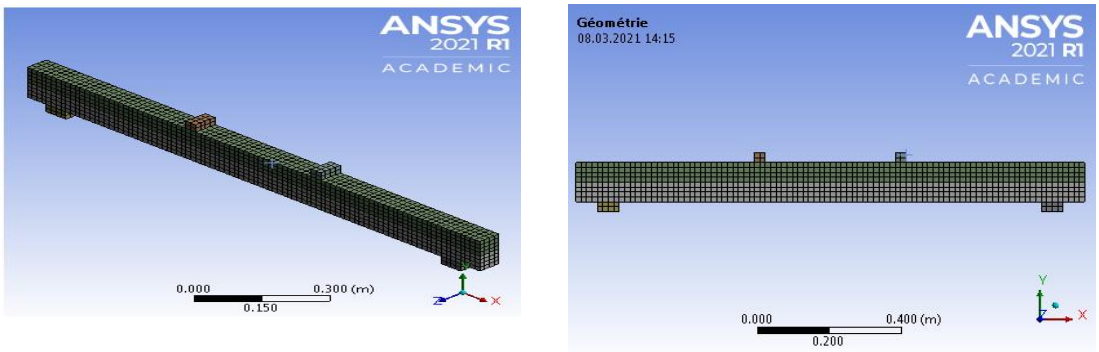


Рис. 2. Общий вид численной модели

Уровень предельной нагрузки на элемент определен достижением предельных напряжений в продольной арматуре или в сжатой зоне бетона. На рис. 3 представлено напряженно-деформированное состояние элементов с продольным армированием класса А800, при проценте армирования – 1,9 %, с относительным слоем высокопрочного бетона $0{,}3h_0$, $0{,}45h_0$, $0{,}6h_0$ при предельном состоянии.

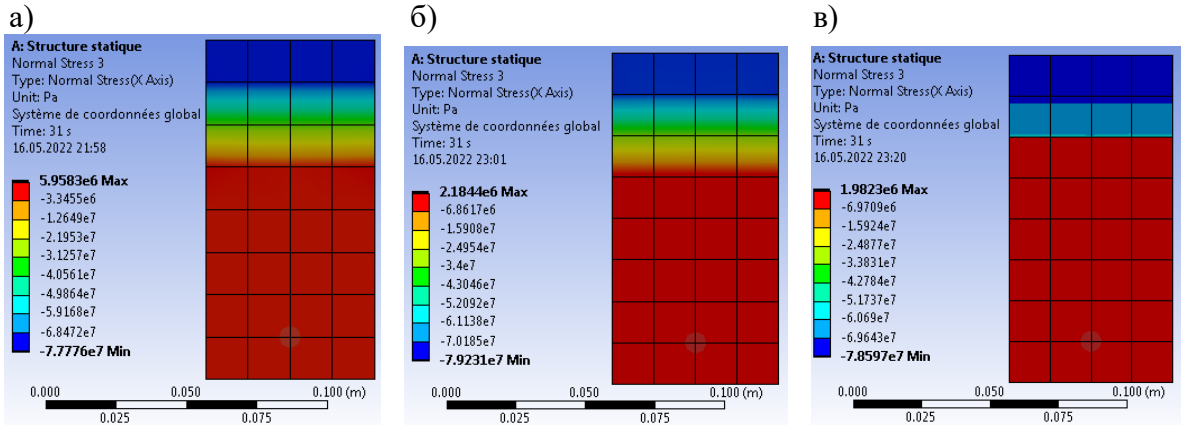


Рис. 3. Мозаика нормальных напряжений при предельном изгибающем моменте элемента с продольным армированием А800 Ø12 и высотой слоя высокопрочного бетона: а – $0{,}6h_0$; б – $0{,}45h_0$; в – $0{,}3h_0$

При анализе характера распределения напряжений по высоте поперечного сечения элемента (рис. 4…6) установлено, что при распределении сжимающих напряжений в пределах верхнего слоя из высокопрочного бетона эпюра сжимающих напряжений треугольная. Однако при распределении сжимающих напряжений ниже поверхности контакта двух слоев образуется скачок напряжений по месту сопряжения двух слоев.

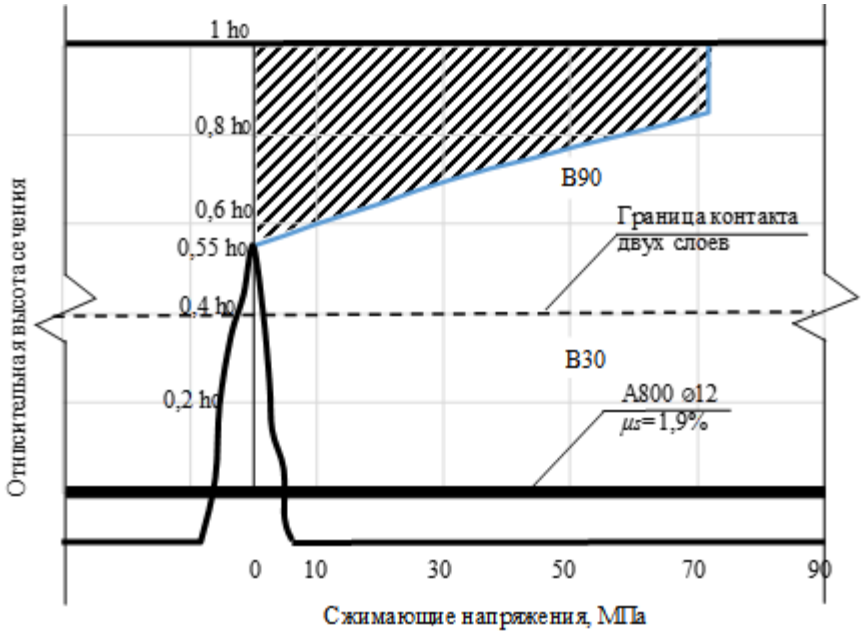


Рис. 4. Характер распределения напряжений в сжатой зоне в момент разрушения элемента с продольной арматурой А800 Ø12 и относительной высотой слоя высокопрочного бетона $0{,}6h_0$

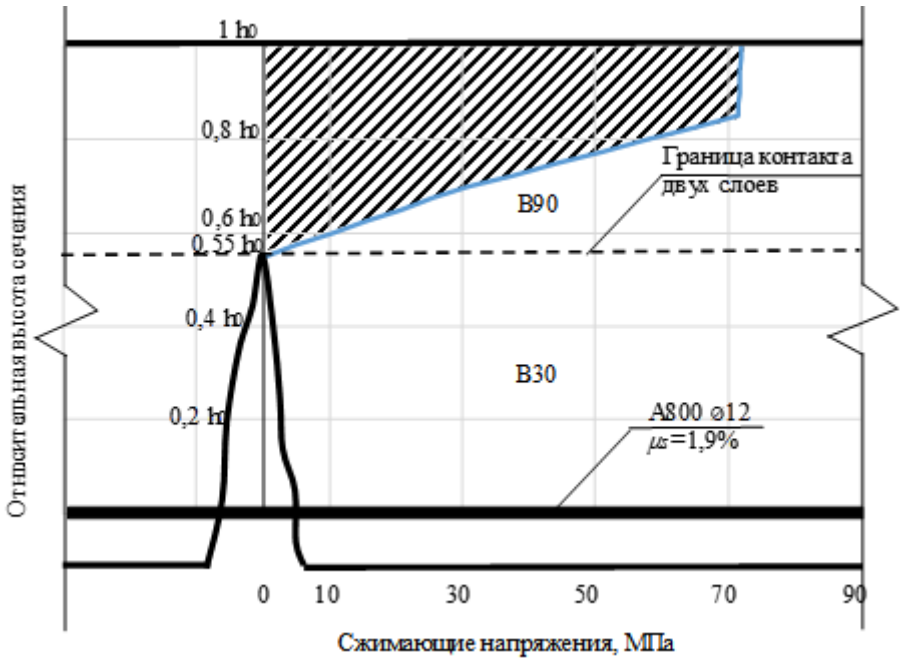


Рис. 5. Характер распределения напряжений в сжатой зоне в момент разрушения элемента с продольной арматурой А800 Ø12 и относительной высотой слоя высокопрочного бетона $0{,}45h_0$

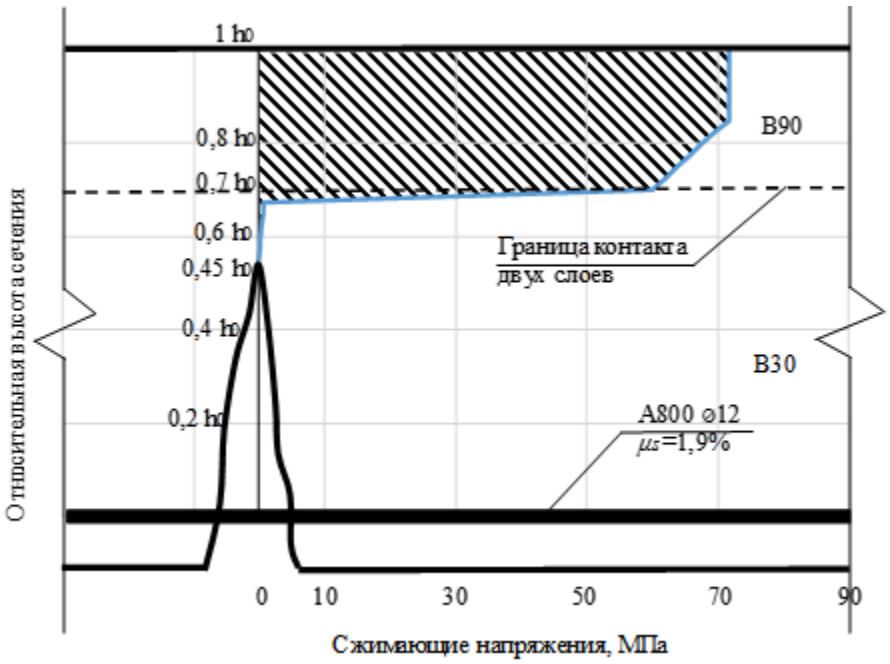


Рис. 6. Характер распределения напряжений в сжатой зоне в момент разрушения элемента с продольной арматурой А800 Ø12 и относительной высотой слоя высокопрочного бетона $0{,}3h_0$

Как видно из рис. 6, включение нижнего слоя в работу незначительно, а эпюра сжимающих напряжений принимает сложный вид. В связи с чем проектирование элементов с положением нейтральной оси ниже поверхности контакта двух слоев является не целесообразным.

По результатам численного моделирования значения относительных прогибов составили от 1/113 до 1/162 пролета элементов с арматурой А400 при предельном изгибающем моменте. Для элементов с арматурой А500 относительные значения прогибов составляли 1/120…1/146, с арматурой А600 и А800 относительные прогибы составляли 1/70…1/85 и 1/40…1/60 соответственно.

В табл. 3 приведены значения предельного изгибающего момента. Как видно из табл. 3, увеличение высоты слоя высокопрочного бетона с 30 % до 60 % от высоты рабочего сечения не влияет на несущую способность элементов. Приведены численные и теоретические значения несущей способности по нормальному сечению железобетонных изгибаемых элементов с верхним слоем из высокопрочного бетона $0{,}3h_0$, $0{,}45h_0$ и $0{,}6h_0$, армированных продольной арматуры класса А400, А500, А600 и А800 (табл. 3). Расхождение значений предельного изгибающего момента по ANSYS и по СП 63.13330 составляет 1…7 %.

Таблица 3

Сопоставление результатов численного моделирования и расчетов по СП63.13330.2018

Тип армирование балок	Слой высокопрочного бетона $h_{ВПБ}$, мм	Процент армирования μs, %	Предельный изгибающий момент Mult, кН×м		Высота сжатой зоны x, мм		Относительная высота сжатой зоны, ξ		Предельная относительная высота сжатой зоны, ξ_R
			ANSYS	СП	ANSYS	СП	ANSYS	СП	СП
А400-Ø12	$0{,}3h_0$	1,9	5,4	5,32	27,5	14,4	0,26	0,14	0,47
	$0{,}45h_0$	1,9	5,4	5,32	30,0	17,2	0,29	0,16	0,47
	$0{,}6\ h_0$	1,9	5,4	5,32	30,0	22,8	0,29	0,22	0,46
А400-Ø14	$0{,}3\ h_0$	2,6	6,6	6,36	30,0	14,4	0,26	0,14	0,47
	$0{,}45\ h_0$	2,6	6,6	6,36	27,5	17,2	0,29	0,16	0,47
	$0{,}6\ h_0$	2,6	6,6	6,36	30,0	22,8	0,29	0,22	0,46
А400-Ø16	$0{,}3\ h_0$	3,3	7,5	7,81	30,0	14,4	0,26	0,14	0,47
	$0{,}45\ h_0$	3,3	7,5	7,81	30,0	17,2	0,29	0,16	0,47
	$0{,}6\ h_0$	3,3	7,5	7,81	27,5	22,8	0,29	0,22	0,46
А500-Ø12	$0{,}3\ h_0$,	1,9	6,03	6,77	27,5	18,8	0,26	0,18	0,40
	$0{,}45\ h_0$	1,9	6,03	6,77	27,9	25,1	0,27	0,24	0,41
	$0{,}6\ h_0$	1,9	6,03	6,77	27,9	30,6	0,27	0,29	0,42
А500-Ø14	$0{,}3\ h_0$	2,6	7,6	8,87	31,9	18,8	0,30	0,18	0,40
	$0{,}45\ h_0$	2,6	7,6	8,87	45	25,1	0,43	0,24	0,41
	$0{,}6\ h_0$	2,6	7,6	8,87	45	30,6	0,43	0,29	0,42
А500-Ø16	0,3h0 h_0,	3,3	10	9,61	42,5	18,8	0,40	0,18	0,40
	$0{,}45\ h_0$	3,3	10	9,61	42,5	25,1	0,40	0,24	0,41
	$0{,}6\ h_0$	3,3	10	9,61	55	30,6	0,52	0,29	0,42
А600-Ø12	$0{,}3\ h_0$	1,9	7,02	7,49	29	29,7	0,28	0,28	0,43
	$0{,}45\ h_0$	1,9	7,02	9,17	29,5	38,8	0,28	0,37	0,43
	$0{,}6\ h_0$	1,9	7,02	11,53	29,5	51,7	0,28	0,49	0,43
А600-Ø14	$0{,}3\ h_0$	2,6	8,46	7,49	30,8	29,7	0,29	0,28	0,44
	$0{,}45\ h_0$	2,6	8,46	9,17	45	38,8	0,43	0,37	0,44
	$0{,}6\ h_0$	2,6	8,46	11,53	42,5	51,7	0,40	0,49	0,44
А600-Ø16	$0{,}3\ h_0$	3,3	10,8	7,49	45	29,7	0,43	0,28	0,43
	$0{,}45\ h_0$	3,3	10,8	9,17	45	38,8	0,43	0,37	0,43
	$0{,}6\ h_0$	3,3	10,8	11,53	45	51,7	0,43	0,49	0,43
А800-Ø10	$0{,}3\ h_0$	1,6	7,8	7,15	30	26,5	0,29	0,27	0,35
	$0{,}45\ h_0$	1,6	7,8	7,15	30	26,5	0,29	0,27	0,35
	$0{,}6\ h_0$	1,6	7,8	7,15	30	26,5	0,29	0,27	0,35
А800-Ø12	$0{,}3\ h_0$	1,9	9,8	10,41	55	32,3	0,52	0,31	0,43
	$0{,}45\ h_0$	1,9	9,8	12,74	45	43,0	0,43	0,41	0,43
	$0{,}6\ h_0$	1,9	9,8	15,48	44,3	52,8	0,42	0,50	0,43
А800-Ø14	$0{,}3\ h_0$	2,6	12	10,41	60	32,3	0,57	0,31	0,44
	$0{,}45\ h_0$	2,6	12	12,74	45	43,0	0,43	0,41	0,44
	$0{,}6\ h_0$	2,6	12	15,48	61,9	52,8	0,59	0,50	0,44

В предельном состоянии при разных слоях высокопрочного бетона – $0{,}3h_0$, $0{,}45h_0$, $0{,}6h_0$ и при изменении класса и процента армирования теоретическая относительная высота сжатой зоны бетона ξ по ANSYS составляет 26…71 %. По СП 63.13330 относительная высота сжатой зоны составляет 14…50 %.

На основании проведенного моделирования получены зависимости теоретической относительной высоты сжатой зоны бетона от процента армирования для элементов с арматурой различного класса (рис. 7, 8, 9).

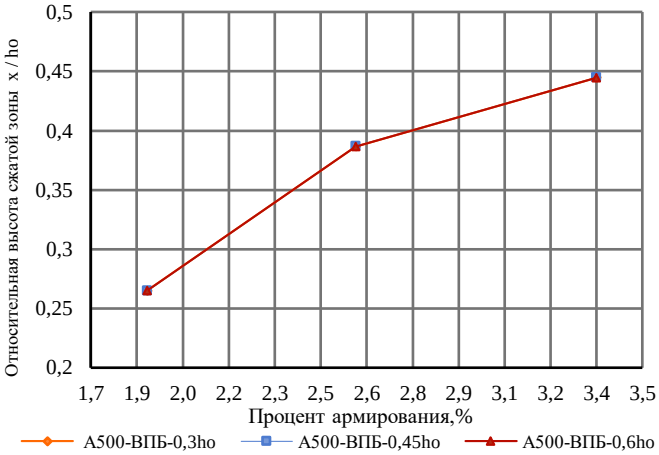


Рис. 7. Зависимость теоретической относительной высоты сжатой зоны бетона от процента армирования для элементов с арматурой класса А500

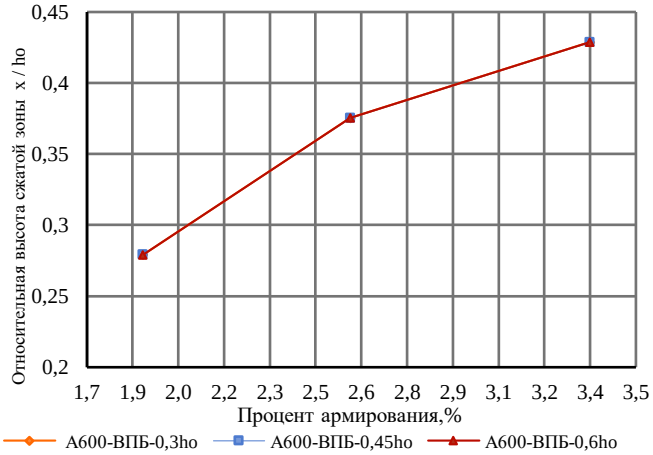


Рис. 8. Зависимость теоретической относительной высоты сжатой зоны бетона от процента армирования для элементов с арматурой класса А600

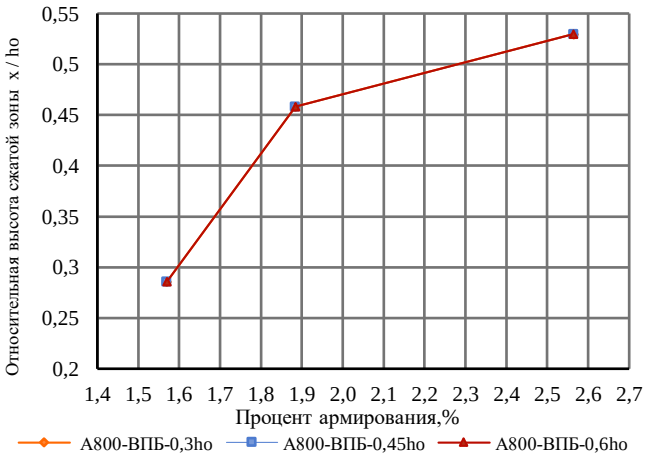


Рис. 9. Зависимость теоретической относительной высоты сжатой зоны бетона от процента армирования для элементов с арматурой класса А800

Исходя из анализа численных значений, представленных на рис. 7…9, установлено, что ограничение высоты верхнего слоя из высокопрочного бетона В90 должно определяться в зависимости от класса арматуры и значения процента продольного армирования.

На основании вышеизложенного определены зависимости для оптимальной высоты слоя высокопрочного бетона двухслойного элемента:

$$h_{\text{ВПБ}} = h_0 \cdot \xi \quad (1)$$

где ξ – относительная высота сжатой зоны, определяемая в зависимости от класса армирования:

- ✓ для А500 и А600:

$$\xi = 0,08 + 0,11\mu_s, \quad (2)$$

- ✓ для А800:

$$\xi = 0,08 + 0,18\mu_s. \quad (3)$$

Для элементов с продольным армированием класса А400 относительную высоту сжатой зоны следует принимать равную 0,3.

Заключение.

В результате численного эксперимента определена оптимальная высота слоя высокопрочного бетона при различных классах и процентах армирования двухслойных элементов с высокопрочным бетоном В90 в сжатой зоне.

Установлено, что относительная высота сжатой зоны высокопрочного бетона зависит от класса арматуры и коэффициента продольного армирования.

В элементах с продольной арматурой класса А400 процент продольного армирования не влияет на относительную высоту сжатой зоны равную 0,3.

В элементах с продольной арматурой класса А500 и А600 относительную высоту сжатой зоны следует определять по формуле (2) при процентах армирования от 1,9 % до 3,3 % в пределах относительной высоты сжатой зоны от 0,26 до 0,43.

В элементах с продольной арматурой класса А800 относительную высоту сжатой зоны следует определять по формуле (3) при процентах армирования от 1,9 % до 3,3 % в пределах относительной высоты сжатой зоны от 0,29 до 0,52.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Рогатнев, Ю. Ф.** Экспериментальные исследования прочности нормальных сечений железобетонных изгибаемых элементов с арматурой класса А500С / Ю. Ф. Рогатнев, М. М. Джавид // Строительная механика и конструкции. – 2014. – № 2(9). – С. 73-78.

2. **Borisov, Yu. M.** Research of reinforced two-layer beams made from conventional and rubber concretes / Yu. M. Borisov, A. E. Polikutin, P. D. Nguyen // Technological advantages. – 2012. – Vol. 14. – № 2. – Pp. 5-11.

3. **Хунагов, Р. А**. Расчет двухслойных предварительно напряженных железобетонных панелей / Р. А. Хунагов, Д. Р. Маилян // Вестник МГТУ. – 2011. – № 4. – С. 27-33.

4. **Колчунов, В. И.** Результаты экспериментальных исследований железобетонных конструкций составного сечения / В. И. Колчунов, М. С. Поветкин, Д. С. Меркулов // Известия курского государственного технического университета. – 2009. – № 3(28). – С. 67-74.

5. **Баширов, Х. З.** Экспериментальные исследования прочности железобетонных составных конструкций по наклонным сечениям / Х. З. Баширов, А. М. Крыгина, К. М. Чернов // Научно-технический и производственный журнал. – 2013. – № 20. – С. 32-36.

6. **Демьянов, А. И.** Некоторые результаты экспериментальных исследований составных железобетонных конструкций при кручении с изгибом / А. И. Демьянов, Н. В. Наумов, В. И. Колчунов // Строительство и реконструкция. – 2018. – № 5. – С. 13-23.

7. **Татаренков, А. И.** Анализ и обобщения результатов экспериментальных исследований усиленных железобетонных конструкций / А. И. Татаренков // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 6. – С. 54-57.

8. **Tho, V. D.** The Stress–Strain State of three-layer precast flexural concrete enclosure structures with the contact interlayers / V. D. Tho, E. A. Korol, N. I. Vatin, H. M. Duc // Buildings. –2021. – Vol. 88. – № 11. – Pp. 1-17. doi.org/10.3390/buildings 11030088

9. **Iskhakov, I.** A design method for two-layer beams consisting of normal and fibered high strength concrete / I. Iskhakov, Y. Ribakov // Materials and Design. –2007. – №. 8. – Pp. 1672-1677.

10. **Iskhakov, I.** Experimental investigation and comparison of pre-stressed single-layer and repaired two-layer reinforced concrete beams / I. Iskhakov, Y. Ribakov // Structural Concrete. –2020. – № 2. – Pp. 1-12.

11. **Iskhakov, I.** Experimental investigation of continuous two-layer reinforced concrete beams / I. Iskhakov, Y. Ribakov, K. Holschemacher // Structural Concrete. – 2017. – № 18. – Pp. 205-215.

12. **Iskhakov, I.** Two-layer concrete bridge beams as composite elements / I. Iskhakov, Y. Ribakov // Structural Concrete. – 2013. – № 3(14). – Pp. 1-12.

13. **Харламов, С. Л.** Расчет несущей способности железобетонных элементов с нижним слоем из легкого бетона / С. Л. Харламов, Ю. В. Зайцев, Е. А. Гузеев, К. А. Пирадов // Бетон и железобетон. – 1998. – № 3. – 5 с.

14. **Smorkalov, D.** Experimental and theoretical studies of single and double-layer slabs supported on four sides / D. Smorkalov, Z. Oleksandr, D. Mykhaylo // AIP Conference Proceedings 2077, 020052. – 2019. – Pp. 1-10. https://doi.org/10.1063/1.5091913

15. **Willam, K. J.** Constitutive model for the triaxial behaviour of concrete / K. J. Willam, E. D. Warnke // Proc. Intl. Assoc. Bridge Structl. Engrs. – 1975. – № 19. – 1-30.

16. **Рогатнев, Ю. Ф**. Сравнительный анализ опытных значений деформативных и прочностных характеристик арматуры классов А400, А500С И А600 / Ю. Ф. Рогатнев, М. М. Джавид // Научно-технический журнал. – 2014. – № 2(9). – С. 93-98.

17. **Рогатнев, Ю. Ф.** Расчет прогибов железобетонных изгибаемых элементов с верхним слоем из высококачественного бетона / Р Ю. Фогатнев, Ю. Б. Потапов, Д. Е. Барабаш, Д. В. Панфилов, М.М. Джавид // Научный вестник МГСУ. – 2016. – № 3. – С. 26-36.

Поступила в редакцию 18 сентября 2022

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF THE CROSS-SECTION OF TWO-LAYER BENDING REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH HIGH-STRENGTH B90 CONCRETE IN THE COMPRESSED ZONE

Yu. F. Rogatnev, J. Minani, O. O. Sokolov, A. Yu. Rogatnev

Yuri Fedorovich Rogatnev, Cand. Sc. (Techn.), Associate Professor at the Department of Building Constructions, Bases and Foundations, named after Yu. M. Borisov, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(910)240-67-64; e-mail: yrogatnev @yandex.ru

Jeremi Minani, a post graduate at the Department of Building Constructions, Bases and Foundations, named after Yu. M. Borisov, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(919)234-59-42; e-mail: mijeremie1@gmail.com

Oleg Olegovich Sokolov, Lecturer of the Department of Building Constructions, Bases and Foundations, named after Yu. M. Borisov, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(910)346-09-84; e-mail: osokolov@vgasu.vrn.ru

Artem Yurievich Rogatnev, Master student at the Department of Building Constructions, Bases and Foundations, named after Yu. M. Borisov, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(960)108-79-20; e-mail: artemr97@yandex.ru

We carried out a numerical study of two-layer bending reinforced concrete elements with top layer of high-strength B90 concrete and bottom layer of B35 concrete with varying reinforcement classes and reinforcement percentages with the aim of optimizing the relative height of the top layer. As a result we determined the influence of the relative height of the high-strength concrete layer on the stress-strain state of the element. We developed recommendations for calculating the bearing capacity of two-layer elements in accordance with the requirements of SP 63.13330.2018 Concrete and reinforced concrete structures. The optimal relative height of the layer of high-strength concrete for double-layer bending reinforced concrete elements with an upper layer of high-strength concrete was numerically determined.

Keywords: two-layer element; high-strength concrete; percentage of reinforcement; optimal relative height of a layer of high-strength concrete.

REFERENCES

1. **Rogatnev Yu. F., Javid M. M.** *Experimental studies of the strength of normal sections of reinforced concrete bending elements with reinforcement of class A500C.* Building mechanics and structures. 2014. Vol. 9. No. 2. Pp. 73-78. (in Russian)

2. **Borisov Yu. M., Polikutin A. E., Nguyen P. D.** *Research of reinforced two-layer beams made from conventional and rubber concretes*. Technological advantages. 2012. Vol. 14. No. 2. Pp. 5-11. (in English)

3. **Khunagov P. A., Mayilyan D. R.** *Calculation of two-layer pre-stressed reinforced concrete panels*. Vestnik MGTU. 2011. No. 4. Pp. 27-33. (In Russian)

4. **Kolchunov V. I., Povetkin M. S., Merkulov D. S.** *Results of Experimental Research of Reinforced Concrete Structures of Composite Section*. Bulletin of the Kursk State Technical University. 2009. Vol. 28. No. 3. Pp. 67-74. (in Russian)

5. **Bashirov Kh. Z., Krygina A. M., Chernov K. M**. *Experimental studies of the strength of reinforced concrete composite structures along inclined sections.* Scientific and technical and production journal. 2013. No. 20. Pp. 32-36. (in Russian)

6. **Demyanov A. I., Naumov N. V., Kolchunov V. I.** *Some results of experimental studies of composite reinforced concrete structures in torsion with bending*. Construction and reconstruction. 2018. No. 5. Pp. 13-23. (in Russian)

7. **Tatarenkov A. I**. *Analysis and generalization of the results of experimental studies of reinforced concrete structures.* Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 6. Pp. 54-57. (in Russian)

8. **Tho V. D., Korol E. A., Vatin N. I., Duc H. M**. *The stress–strain state of three-layer precast flexural concrete enclosure structures with the contact inter-layers.* Buildings. 2021. Vol.88. No.11. Pp. 1-17. doi.org/10.3390/buildings 11030088. (in English)

9. **Iskhakov I., Ribakov Y.** *A design method for two-layer beams consisting of normal and fibered high strength concrete.* Materials and Design. 2007. No. 8. Pp.1672-1677. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2007)133:6(886). (in English)

10. **Iskhakov I., Ribakov Y.** *Experimental investigation and comparison of prestressed single-layer and repaired two-layer reinforced concrete beams*. Structural concrete.2020. No. 2. Pp. 1-12. DOI: 10.1002/suco.201900556. (in English)

11. **Iskhakov I., Ribakov Y., Holschemacher K.** *Experimental investigation of continuous two-layer reinforced concrete beams*. Structural Concrete. 2017. No.18. Pp. 205-215. (in English)

12. **Iskhakov I., Ribakov Y.** *Two-layer concrete bridge beams as composite elements*. Structural Concrete. 2013. 3(14). Pp. 1-12. DOI: 10.1002/suco.201200055. (in English)

13. **Kharlamov S. L.** *Calculation of the bearing capacity of reinforced concrete elements with a bottom layer of lightweight concrete*. Concrete and reinforced concrete. 1998. No. 3. 5 p. (In Russian)

14. **Smorkalov D., Oleksandr Z., Mykhaylo D.** *Experimental and theoretical studies of single and double-layer slabs supported on four sides.* AIP Conference Proceedings. 2019. 2077. 020052. Pp. 1-10.https://doi.org/10.1063/1.5091913. (in English)

15. **Willam K. J., Warnke E. D.** *Constitutive model for the triaxial behaviour of concrete.* Proc. Intl. Assoc. Bridge Structl. Engrs. 1975. No. 19. Pp. 1-30. (in English)

16. **Rogatnev Yu. F., Javid M. M.** *Comparative analysis of the experimental values of the deformative and strength characteristics of rebar of classes A400, A500C and A600*. Structural mechanics and structures.2014. Vol. 9. No. 2. Pp. 93-98. (in Russian)

17. **Rogatnev Yu. F., Potapov Yu. B., Barabash D. E., Panfilov D. V., Javid M. M.** *Calculation of deflections of reinforced concrete bending elements with a top layer of high-quality concrete.* Scientific Bulletin of MGSU. 2016. No. 3. Pp. 26-36. (in Russian)

Received 18 September 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Рогатнев, Ю. Ф. Оптимизация параметров поперечного сечения двухслойных изгибаемых железобетонных элементов с высокопрочным бетоном класса В90 в сжатой зоне / Ю. Ф. Рогатнев, Ж. Минани, О. О. Соколов, А. Ю. Рогатнев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 17-27.

FOR CITATION:

Rogatnev Yu. F., Minani J., Sokolov O. O., Rogatnev A. Yu. *Optimization of parameters of the cross-section of two-layer bending reinforced concrete elements with high-strength b90 concrete in the compressed zone*. Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 17-27. (in Russian)

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ
ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

УДК 628.87

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕНОРМАТИВНОЙ ВНУТРЕННЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОМЕЩЕНИЯ НА ТЕПЛОВОЙ КОМФОРТ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДЕКСОВ PMV И PPD

М. В. Свирин

Свирин Максим Валерьевич, аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Белгород, Российская Федерация, тел.: +7(4722)55-94-38; e-mail: svirinmv@ya.ru

Рассмотрены существующие способы оценивания чувствительности человека к температуре, изучено влияние одежды, метаболизма и физической активности проживающего на восприятие комфортности среды. Описана зависимость показателя прогнозируемого индекса процента недовольных (*PPD*) от прогнозируемой средней оценки (*PMV*). Проведены экспериментальные исследования по определению наружной температуры воздуха, температуры внутренней поверхности стены и внутренней температуры воздуха квартиры в жилом многоквартирном доме с использованием многоканального измерителя температуры АКТАКОМ АТЕ-2036. Проведен анализ уровня комфортности помещения для человека с использованием методики определения индексов *PMV* и *PPD* и оценка внутреннего микроклимата помещения согласно ГОСТ 30494-2011. Выявлено несоответствие внутренней температуры воздуха ни оптимальным, ни допустимым интервалам температур для теплого периода года. Установлено, что методика, разработанная П.О. Фангером, в совокупности с использованием современных методов расчета может дать возможность подбора наиболее предпочтительных параметров микроклимата для конкретного здания с учетом его назначения, климатических условий, конструктивных особенностей и т.д. Продолжение исследований в этой области позволит выработать рекомендации по использованию методики определения теплового комфорта при проектировании и реконструкции многоквартирных домов.

Ключевые слова: тепловой комфорт; микроклимат; тепловой режим; уровень комфортности; прогнозируемая средняя оценка; прогнозируемый процент недовольных.

Достижение теплового комфорта в жилых и офисных зданиях является крайне важной составляющей общего самочувствия людей. На данный момент этому вопросу не оказывается должного внимания. Под тепловым комфортом в ряде стандартов [1] понимают «такое душевное состояние, которое выражает удовлетворение тепловой средой». Поскольку это понятие индивидуально для каждого человека, оценка удовлетворенности большой группы людей представляет собой непростую задачу.

В переходный период года жильцы абоненты централизованных систем отопления могут испытывать дискомфорт, что подтверждается существующими исследованиями аспектов создания теплового комфорта в помещении. Можно выделить основные направления проводимых исследований: рассматривается влияние недостатков тепловой защиты зданий на тепловой комфорт в помещениях [2], проводится анализ особенностей микроклимата для дальнейшего улучшения теплового комфорта [3], рассматривается влияние радиационного фактора на тепловой комфорт [4].

Данная работа посвящена влиянию отклонения температуры внутреннего воздуха от нормативных значений при допустимом отсутствии отопления в переходный период года

© Свирин М. В., 2022

на тепловой комфорт в помещении.

Цель работы. Оценка предполагаемого отклонения внутренней температуры помещения от нормативных значений в переходный период года и ее влияние на уровень теплового комфорта человека с использованием методики определения индексов *PMV* и *PPD*[1].

Задачи:

1) проведение натурного измерения температур помещения;
2) обработка полученных данных, определение среднесуточных температур;
3) расчет индексов теплового комфорта для оценки уровня комфортности помещения;
4) проверка соответствия температур поверхностей и температуры внутреннего воздуха нормативным значениям.

На данный момент подобная оценка базируется на исследованиях П. О. Фангера [5], основанных на уравнении теплового баланса между телом человека и окружающей его средой:

$$M + W - E - RES = K_{cl} + R + C, \quad (1)$$

где M – скорость метаболизма человека, Вт/м^2; W – теплообмен в результате внешней работы, Вт/м^2; E – теплообмен в результате испарения пота, Вт/м^2; RES – теплообмен в результате дыхания, Вт/м^2; K_{cl} – кондуктивный теплообмен через одежду, Вт/м^2; R – лучистый теплообмен, Вт/м^2; C – конвективный теплообмен, Вт/м^2.

П. О. Фангер предположил, что тепловой комфорт человека основан на температуре его кожи и выделении пота, и что комфортным можно назвать то состояние, когда эти два параметра уравновешены в определенном диапазоне значений. После экспериментов в климатической камере было определено, что тепловой комфорт можно рассчитать, оценивая скорость метаболизма, условия окружающей среды и одежду человека. Результаты исследований легли в основу разработанных позднее стандартов.

В мировой практике процесс оценки теплового комфорта в большинстве случаев осуществляется стандартами *ISO* 7730, *ANSI/ASHRAE* 55-2020 и *EN* 15251. Указанные стандарты применимы как для уже используемых жилых и промышленных зданий, так и для новых (при этом отличается строгость соответствия диапазону комфортности), что позволяет рассчитывать условия теплового комфорта на этапе проектирования [6]. Для использования в России наиболее предпочтительным можно считать разработанный Международной организацией по стандартизации *ISO* 7730[1], поскольку он шире применяется по всему миру, утвержден и введен в действие на территории Российской Федерации, охватывает большее количество смежных стандартов, в совокупности с которыми можно произвести нестандартные расчеты, например, для лиц с ограниченными возможностями, а также в различных климатических условиях.

Рассматриваемые стандарты учитывают следующие параметры [7]:

1) Параметры окружающей среды:
- ✓ температура воздуха в помещении;
- ✓ средняя температура окружающих поверхностей;
- ✓ влажность воздуха;
- ✓ скорость воздуха;

2) Личные факторы:
- ✓ скорость метаболизма – может изменяться в зависимости от уровня активности человека. В качестве единицы измерения принимают 1 мет = 58 Вт/м^2, что соответствует

[1] ГОСТ Р ИСО 7730-2009. Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта: система стандартов безопасности труда: издание официальное: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 декабря 2009 г. №573-ст.

энергии, производимой на единицу площади поверхности среднестатистического здорового человека, находящегося в сидячем положении в состоянии покоя. В стандартах приводятся значения скорости метаболизма для различных видов деятельности;

✓ уровень теплоизоляции одежды человека – единицей измерения принимается *clo* = 0,155 м^2·К/Вт, что соответствует брюкам, рубашке с длинными рукавами и куртке. В стандартах указаны значения теплоизоляции как типичных комплектов одежды, так и отдельных её элементов.

Несмотря на некоторые различия перечисленных стандартов, оценка каждого из них основана на расчете прогнозируемой средней оценки (*PMV*) и прогнозируемого индекса процента недовольных (*PPD*).

Прогнозируемая средняя оценка (*PMV*) – индекс, предназначенный для прогнозирования среднего значения голосов группы жителей по семибалльной шкале температурных ощущений.

Значение *PMV* = 0 означает идеальное состояние теплового равновесия, когда внутреннее тепловыделение человека равно его теплопотере, *PMV* = +3 показывает состояние «слишком жарко», *PMV*= -3 – состояние «слишком холодно» (табл. 1).

Таблица 1

Шкала чувствительности к температуре

Оценка в баллах	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
Ощущение человека	Жарко	Тепло	Немного тепло	Нейтрально	Немного прохладно	Прохладно	Холодно

Согласно *ISO* 7730[2], допустимый предел значений *PMV* лежит в диапазоне от -2 до +2, желательные для используемых зданий – от -0,7 до +0,7, для новых – от -0,5 до +0,5.

С помощью *PMV* есть возможность предугадать тепловое ощущение группы жильцов, но этого параметра недостаточно [8]. Также необходимо учитывать уровень удовлетворенности находящихся в помещении людей, чтобы получить более полное представление о результатах работы над микроклиматом здания. Для этого П.О. Фагнер разработал дополнительное уравнение, которое отражает зависимость *PMV* с *PPD* [9].

Прогнозируемый процент недовольных (*PPD*) – индекс, который устанавливает количественный прогноз процентной доли жителей, неудовлетворенных температурой в помещении. *PPD* показывает процент людей, испытывающих локальный дискомфорт, распространенными факторами которого являются сквозняки, высокие перепады температур в частях тела, низкая или высокая температура пола и т.д. Согласно *ISO* 7730[2], *PPD* не должен превышать 20 %.

Зависимость показателя *PPD* от *PMV* отражается в формуле (2) и на рис. 1:

$$PPD = 100 - 95 \cdot exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2). \quad (2)$$

При строительстве новых зданий или эксплуатации имеющихся обеспечение теплового комфорта пребывающих в них людей является одной из основных задач [10]. Методика, разработанная П.О. Фангером и изложенная в стандартах, помогает справиться с этой задачей. Использование современных методов расчета позволяет подобрать наиболее предпочтительные параметры микроклимата для конкретного здания с учетом его назначения, климатических условий, конструктивных особенностей и т.д. [11].

Однако стоит отметить, что определение уровня теплового комфорта не может ограничиваться только нахождением совокупности параметров для получения *PMV* и *PPV* в за-

[2]ГОСТ 30494-2011. Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях" (введен в действие Приказом Росстандарта от 12.07.2012 N 191-ст)

данных пределах, поскольку в данном расчете не учитываются качество воздуха, освещение, акустика и т.д. [12]. При этом рассмотренные стандарты не имеют приоритета над требованиями пожарной безопасности, техническими регламентами о безопасности зданий и сооружений и иными стандартами, связанными с безопасностью проживания.

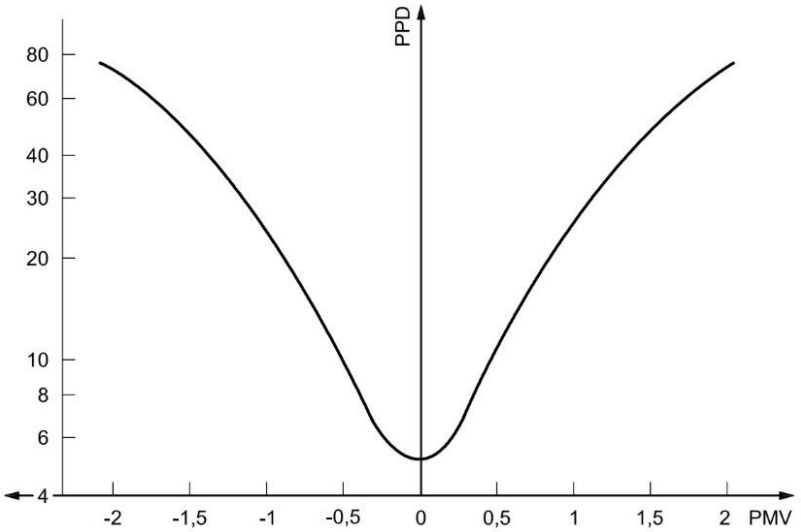


Рис. 1. Зависимость показателя прогнозируемого индекса процента недовольных (*PPD*) от прогнозируемой средней оценки (*PMV*)[1]

В качестве объекта исследований была выбрана комната в квартире 9-этажного дома по адресу: Россия, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Костюкова, д. 79/2. В процессе исследования были исключены внутренние тепловыделения, помещение было изолировано от притока наружного воздуха, также отсутствовали радиационные теплопоступления. На момент замеров централизованная система отопления была отключена.

Замеры температур проводились согласно ГОСТ 30494-2011. Измерения произведены при помощи многоканального измерителя температуры с интервалом между измерениями равным одной минуте. Места измерения указаны на рис. 2. Схема точек замеров представлена на рис. 3.

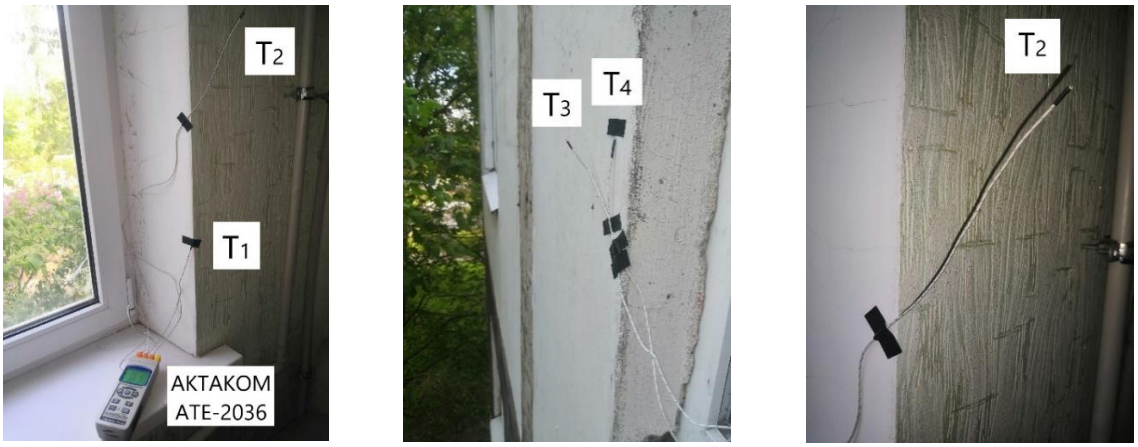


Рис. 2. Внешний вид и места установки датчиков для измерения температур:
T_1 – температура внутренней поверхности стены, T_2 – температура внутреннего воздуха, T_3 – температура наружного воздуха, T_4 – температура наружной поверхности стены

Расчёт параметров теплового комфорта выполнен согласно ГОСТ Р ИСО 7730-2009 «Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей *PMV* и *PPD* и критериев локального теплового комфорта».

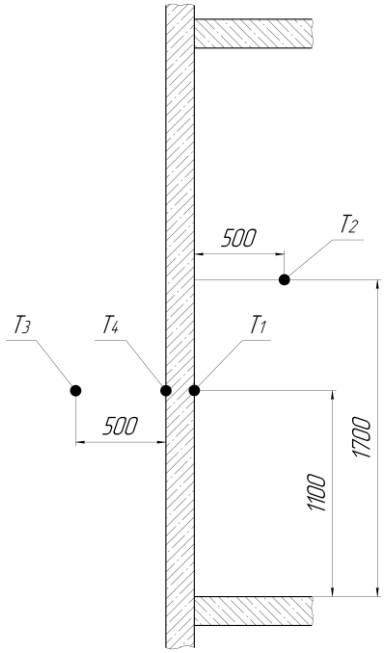


Рис. 3. Схема расположения точек замеров

Наиболее показательным является измерение, проведенное 05.05.2022…06.05.2022. Данный период, согласно ГОСТ 30494-2011, относится к теплому периоду года (среднесуточная температура наружного воздуха выше 8 °С). Результаты измерения представлены на рис. 4.

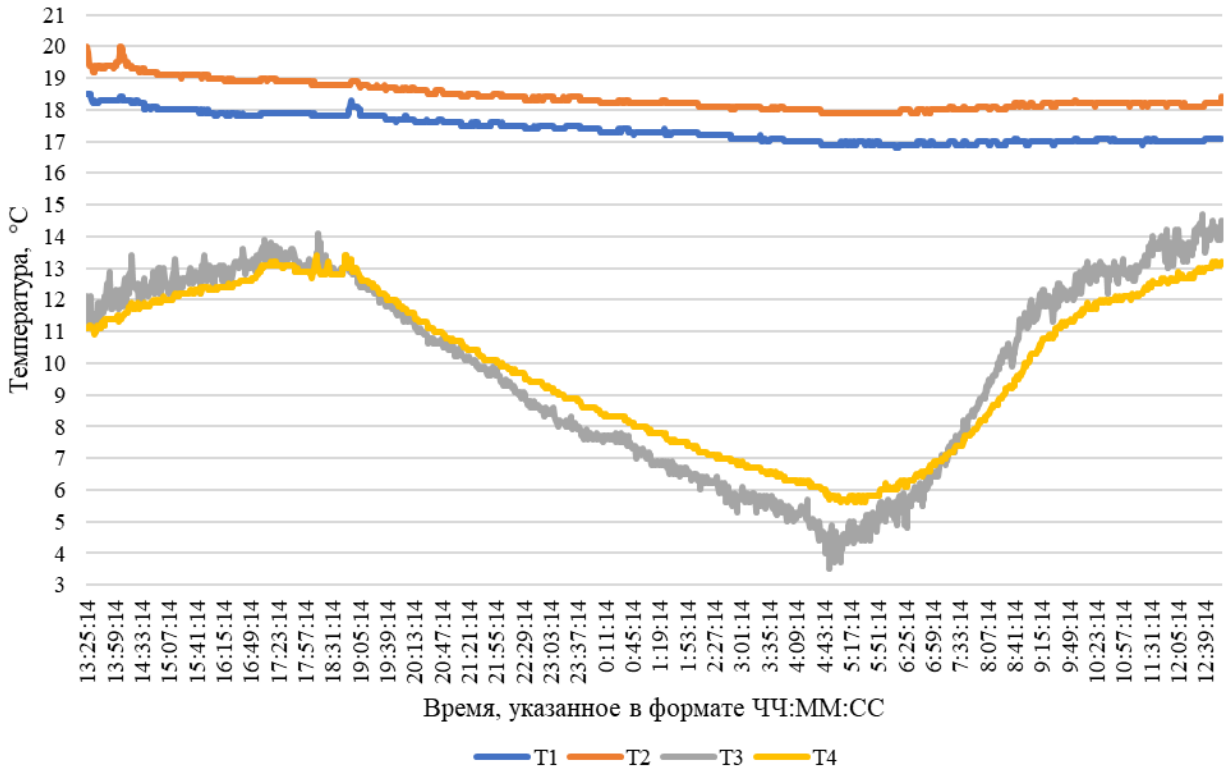


Рис. 4. Изменение температуры за период 05.05-06.05.2022

Колебания измеренных температур T_3 (температура наружного воздуха) объясняются периодическим влиянием ветра и иных погодных условий на результаты. На всем интервале измерений наблюдается плавное снижение внутренней температуры стены и воздуха,

в то время как соответствующие наружные температуры изменяются согласно погодным условиям.

Результаты средних температур за рассмотренный интервал:

- ✓ температура внутренней поверхности стены (T_1) – 17,35 °С;
- ✓ внутренняя температура воздуха (T_2) – 18,36 °С;
- ✓ наружная температура воздуха (T_3) – 9,65 °С;
- ✓ температура наружной поверхности стены (T_4) – 9,76 °С.

Следующее рассматриваемое нами измерение приходится на 12.05.2022…13.05.2022. Оно характеризуется большей температурой наружного воздуха в сравнении с предыдущим интервалом. Результаты представлены на рис. 5.

Результаты средних температур за рассмотренный интервал:

- ✓ температура внутренней поверхности стены (T_1) – 19,52 °С;
- ✓ внутренняя температура воздуха (T_2) – 19,71 °С;
- ✓ наружная температура воздуха (T_3) – 18,85 °С;
- ✓ температура наружной поверхности стены (T_4) – 18,94 °С.

По методике П. О. Фангера, изложенной в *ISO* 7730, был произведен расчет показателей *PMV* и *PPD* для результатов, изображенных на рис. 4. В качестве исходных данных были взяты следующие значения:

- ✓ температура внутреннего воздуха $t_{возд}$ = 18,36 °С;
- ✓ температура внутренней поверхности стены $t_{ст}$ = 17,35 °С;
- ✓ относительная влажность воздуха φ = 50 %;
- ✓ скорость воздуха $V_{возд}$ = 0,1 м/с.

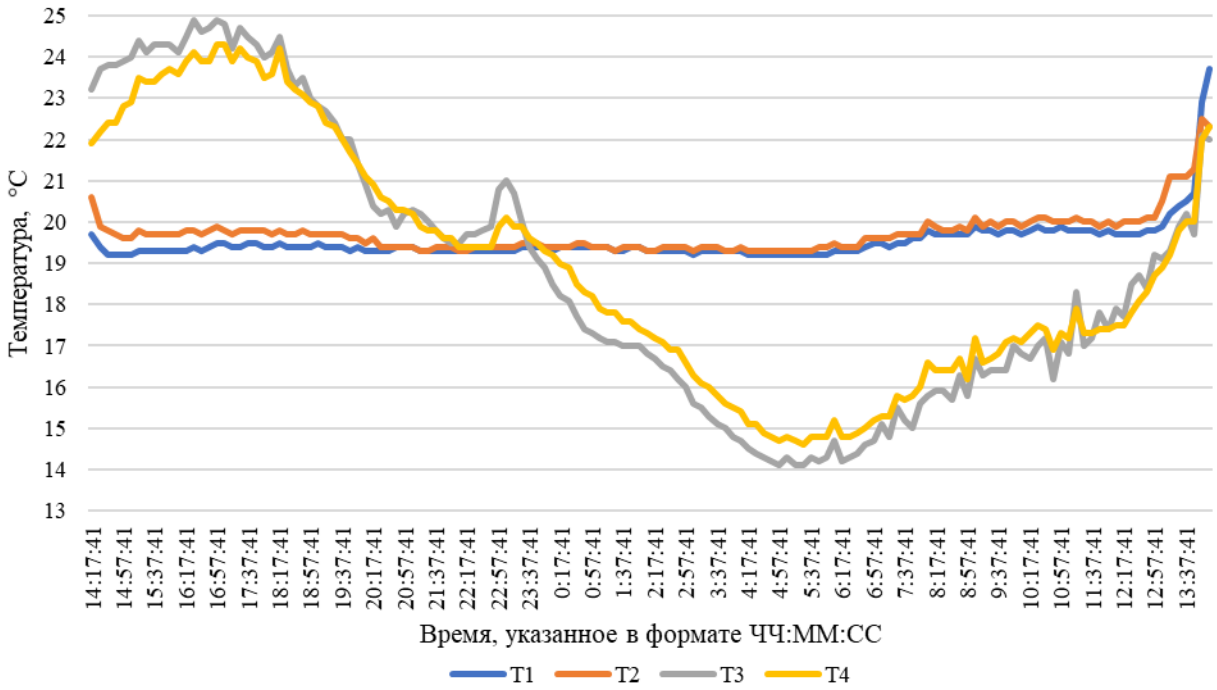


Рис. 5. Изменение температуры за период 12.05.2022…13.05.2022

Подводя итог, отметим, что среднесуточная температура в помещении по результатам измерений за период 05.05.2022…06.05.2022 равна 18,36 °С, за период 12.05.2022…13.05.2022 – 19,71 °С, что не соответствует оптимальным (22…25 °С) или допустимым (20…28 °С) нормируемым температурам для теплого периода года, что означает нарушение уровня комфортности.

При значении утепления одеждой человека I_{cl} = 0,5 кло (значение, нормативно рекомендованное для летнего периода) были получены показатели при различных уровнях метаболизма, которые отражают разную степень физической активности проживающего. Также были получены результаты для необходимой температуры воздуха в помещении, которая приведет к термодинамическому равновесия человеческого тела и окружающей среды (достигается при *PMV* = 0). Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значения *PMV* и *PPD* при различных уровнях метаболизма

Уровень метаболизма M, Вт/м^2	*PMV*	*PPD*, %	$T_{возд}$ при *PMV*= 0
58 Сидя, расслабленно	-3,09 Холодно	99,46	26,1
70 Сидячая работа	-2,06 Прохладно	79,20	24,7
93 Легкая двигательная активность	-0,93 Немного прохладно	23,33	22,0
116 Средняя двигательная активность	-0,29 Нейтрально	6,79	19,4

Результаты расчёта показывают, что в наиболее типичных состояниях пребывания человека в жилом помещении (расслабленное, сидячая работа, легкая двигательная активность) будет наблюдаться тепловой дискомфорт. Наиболее остро он заметен в состоянии сидя и расслабленно. Прогнозируемый индекс процента недовольных при данных состояниях равен 99,46 %, т.е. подавляющее большинство жильцов будет вынуждено испытывать дискомфорт или принимать меры для смены используемого комплекта одежды. Для достижения нейтрального показателя *PMV* = 0 температура воздуха в помещении должна равняться 26,1 °С.

С увеличением уровня активности и, как следствие, повышением уровня метаболизма процент недовольных снижается. В состоянии сидячей работы процент недовольных составляет 79,20 %, что по-прежнему большая часть проживающих. Для достижения максимально возможной удовлетворенности жителей при рассматриваемом уровне активности температура воздуха должна составлять 24,7 °С.

Состояние легкой двигательной активности можно считать относительно комфортным. Процент недовольных составляет 23,33 %, чувствительность к температуре оценивается как «немного прохладно», а комфортная температура должна составлять 22,0 °С.

Можно отметить, что установившийся в помещении термовлажностный режим является комфортным при уровне метаболизма, равному средней двигательной активности, которую можно сравнить, например, с активной работой по уборке помещения. Процент недовольных составляет 6,79 %, чувствительность оценивается как «нейтрально». Во всех остальных рассмотренных случаях пониженной активности режим будет провоцировать напряжение терморегуляции организма.

Также был рассмотрен вопрос того, в одежде какого уровня утепления будет достигнуто нейтральное состояние восприятие внутреннего микроклимата при имеющихся исходных данных. Были получены результаты, приведенные в табл. 3.

Приведенные в таблице комплекты одежды взяты в соответствии с *ISO* 7730[2] как наиболее полно отражающие полученные требуемые значения I_{cl}. Можно отметить, что использование подобных комплектов одежды в помещении не является комфортным, кроме случая со средней двигательной активностью, о которой упоминалось ранее.

Таблица 3

Значения I_{cl} при различных уровнях метаболизма

Уровень метаболизма M, Вт/м^2	I_{cl}, кло	Комплект одежды
58 Сидя, расслабленно	2,03	Нижняя одежда, рубашка, брюки, пиджак, куртка и штаны, носки, обувь, шапка, перчатки
70 Сидячая работа	1,60	Нижняя одежда, рубашка, брюки, пиджак, куртка и штаны, носки, обувь
93 Легкая двигательная активность	1,03	Рубашка, брюки, носки, обувь
116 Средняя двигательная активность	0,66	Рубашка, легкие брюки, легкие носки и ботинки

По полученным данным можно сделать следующие выводы:

1) наружная температура воздуха соответствует условиям для отключения центрального отопления.

2) температура внутренней поверхности стены соответствует нормативным показателям.

3) внутренняя температура воздуха не соответствует ни оптимальным (22…25 °С), ни допустимым (20…28 °С) интервалам температур для теплого периода года, определяемого гост 30494-2011[1].

4) помещение не соответствует условиям комфортности и нахождение в нем может привести к повышенному напряжению терморегуляционных функций проживающих.

В исследовании [9] отмечается необходимость учета влияния класса энергоэффективности зданий на тепловой комфорт, для достижения которого приводятся рекомендуемые температуры начала отопительного периода (при которой температура внутреннего воздуха при отсутствии отопления будет равна 20 °С). Выявленное расхождение фактических результатов измерений температур и требуемых нормативных значений может быть связано с низким классом энергоэффективности здания.

Заключение.

Результаты расчета показали, что обнаруженное отклонение измеренных температур от нормативных при типичных состояниях пребывания человека в жилом помещении (расслабленное, сидячая работа, легкая двигательная активность) будет вызывать тепловой дискомфорт. Наиболее остро он заметен в состоянии сидя и расслабленно. Для достижения нейтрального показателя $PMV = 0$ температура воздуха в помещении должна равняться 26,1 °С.

Анализируя полученные значения, можно отметить, что установившийся в помещении термовлажностный режим является комфортным при уровне метаболизма, равном средней двигательной активности, которую можно сравнить, например, с активной работой по уборке помещения. Во всех остальных рассмотренных случаях пониженной активности режим будет провоцировать напряжение терморегуляции организма.

Для решения выявленной проблемы необходимо дальнейшее продолжение исследований в этой области для разработки рекомендаций по дополнению имеющихся стандартов и норм начала и окончания отопительного сезона с включением в них учета класса энергоэффективности зданий.

Исследования выполнены по гранту Президента РФ для ведущей научной школы (проект НШ-25.2022.4).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Yao, R.** Evolution and performance analysis of adaptive thermal comfort models – Acomprehensive literature review / R. Yao, M. Schweiker, B. W. Olesen, J. Toftum // Building and Environment. – 2022. – Vol. 217. – Pp. 109020.

2. **Перехоженцев, А. Г.** Тепловой комфорт в помещении – основа нормирования теплозащиты зданий. Предложения по совершенствованию норм по теплозащите зданий / А. Г. Перехоженцев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. –№ 4(81). – С. 227-236.

3. **Удовченко, З. В.** Нормирование параметров микроклимата / З. В. Удовченко, О. В. Михайская, Н. Р. Удовченко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2017. – № 5(127). – С. 72-75.

4. **Рябова, Т. В.** Моделирование и оценка радиационного фактора теплового комфорта / Т. В. Рябова, А. Б. Сулин, А. К. Рубцов, О. И. Круглов, Д. А. Смирнов // Холодильная техника. – 2018. – № 3. – С. 32-35.

5. **Fanger, P. O.** Thermal Comfort / P. O. Fanfrt. – New York: McGraw-Hill Book Company, 1973. – 244 p.

6. **Ruz, M. L.** Educational tool for the learning of thermal comfort control based on PMV-PPD indices / M. L. Ruz, J. Garrido, F. Vazquez // Computer Applications in Engineering Education. – 2018. – № 4. – Pp. 906-917.

7. **Humphreys, M.** Adaptive thermal comfort: foundations and analysis / M. Humphreys, F. Nicol, S. Roaf. – New York: Routledge, 2020. – 400 p.

8. **Гущин, С. В.** Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий / С. В. Гущин, А. С. Семиненко, Ч. Шень // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2020. – № 5. – С. 31-43.

9. **Svirin, M. V**. Dependence of the temperature of the beginning of the heating season on the energy efficiency class of the building / M. V. Svirin, D. M. Kosilov, A. S. Seminenko // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Т. 1926. – Pp. 012070.

10. **Ильина, Т. Н.** Прогнозирование и регулирование состояния микроклимата в замкнутом объеме со значительными тепло- и влагоизбытками / Т. Н. Ильина, А. Ю. Феоктистов, В. М. Дегтев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 4. – С. 121-123.

11. **Elistratova, Y. V.** Contribution of heat loss by infiltration to energy saving and microclimate in multi-family residential buildings / Y. V. Elistratova, V. M. Kireev, A. S. Seminenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Т. 791. – Pp. 012007.

12. **Peeters, L.** Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation / L. Peeters, R. Dear, J. Hensen, W. D'haeseleer // Applied Energy. – 2009. – Vol. 86. – № 5. – Pp. 772-780.

Поступила в редакцию 15 июля 2022

STUDY OF THE INFLUENCE OF NON-NORMATIVE INTERIOR ROOM TEMPERATURE ON THERMAL COMFORT IN THE TRANSITION PERIOD USING *PMV* AND *PPD* INDICES

M. V. Svirin

Maxim Valerievich Svirin, post-graduate student of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia, tel.: +7(4722)55-94-38; e-mail: svirinmv@ya.ru

The article considers existing methods for assessing individual sensitivity to temperature, and studies the influence of clothing, metabolism and physical activity of a resident on the comfortable perception of the environment. Here I describe the dependence of the indicator of Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) on the Predicted Mean Vote (PMV). We carried out experimental studies to determine the outside air temperature, the temperature of the inner surface of the wall and the inside air temperature of an apartment in a residential apartment building using an AKTAKOM ATE-2036 multichannel temperature meter. As well we carried out the analysis of the level of comfort in a room for a person using the methodology for determining the PMV and PPD indices and the assessment of the internal microclimate of the room in accordance with GOST 30494-2011. As a result I revealed a discrepancy between the internal air temperature and the optimal or permissible temperature ranges for the warm year season. The technique developed by P.O. Fanger, in conjunction with the use of modern calculation methods, can make it possible to select the most preferable microclimate parameters for a particular building, considering its purpose, climatic conditions, design features, etc. Continued research in this area will make it possible to develop recommendations on the use of methods for determining thermal comfort in the design and reconstruction of apartment buildings.

Keywords: thermal comfort; microclimate; thermal regime; comfort level; Predicted Mean Vote; Predicted Percentage of Dissatisfied.

REFERENCES

1. **Yao R., Schweiker M., Olesen B. W., Toftum J.** *Evolution and performance analysis of adaptive thermal comfort models – Acomprehensive literature review*. Building and Environment. 2022. Vol. 217. Pp. 109020. (in English)

2. **Perehozhentsev A. G.** *Thermal comfort in the room is the basis for rationing thermal protection of buildings. Proposals for improving standards for thermal protection of buildings*. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture. 2020. Vol. 4(81). Pp. 227-236. (in Russian)

3. **Udovchenko Z. V., Mikhailskaya O. V., Udovchenko N. R.** *Normalization of microclimate parameters.* Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture. 2017. Vol. 5(127). Pp. 72-75. (in Russian)

4. **Ryabova T. V., Sulin A. B., Rubtsov A. K., Kruglov O. I., Smirnov D. A.** *Modeling and evaluation of the radiation factor of thermal comfort.* Refrigeration technology. 2018. No. 3. Pp. 32-35. (in Russian)

5. **Fanger P. O.** *Thermal Comfort*. New York, McGraw-Hill Book Company. 1973. 244 p. (in English)

6. **Ruz M. L., Garrido J., Vazquez F.** *Educational tool for the learning of thermal comfort control based on PMV-PPD indices.* Computer Applications in Engineering Education. 2018. No. 4. Pp. 906-917. (in English)

7. **Humphreys M., Nicol F., Roaf S.***Adaptive thermal comfort: foundations and analysis*. New York, Routledge. 2020. 400 p. (in English)

8. **Gushchin S. V., Seminenko A. S., Shen Ch.** *Global trends in the development of energy-saving technologies.* Bulletin of Belgorod Shukhov State Technological University. 2020. No. 5. Pp. 31-43. (in Russian)

9. **Svirin M. V**., **Kosilov D. M., Seminenko A. S.** *Dependence of the temperature of the beginning of the heating season on the energy efficiency class of the building*. Journal of Physics: Conference Series. 2021. T. 1926. Pp. 012070. (in English)

10. **Ilyina T. N., Feoktistov A. Yu., Degtev V. M.** *Forecasting and regulation of the microclimate state in a closed volume with significant heat and moisture surpluses.* Bulletin of Belgorod Shukhov State Technological University. 2010. No. 4. Pp. 121-123. (in Russian)

11. **Elistratova Y. V., Kireev V. M., Seminenko A. S.** *Contribution of heat loss by infiltration to energy saving and microclimate in multi-family residential buildings*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. T. 791. Pp. 012007. (in English)

12. **Peeters L., Dear R., D'Haeseleer W., Hensen J.** *Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation*. Applied Energy. 2009. Vol. 86. No. 5. Pp. 772-780. (in English)

Received 15 July 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Свирин, М. В. Исследование влияния ненормативной внутренней температуры помещения на тепловой комфорт в переходный период с использованием индексов PMV И PPD / М. В. Свирин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 28-38.

FOR CITATION:

Svirin M. V. *Study of the influence of non-normative interior room temperature on thermal comfort in the transition period using PMV and PPD indices*. Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 28-38. (in Russian)

УДК 332.873.2

УЧЕТ ФАКТИЧЕСКИ ПОТРЕБЛЕННЫХ РЕСУРСОВ И КОРРЕКТИРОВКА ПЛАТЫ ЗА ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ В МНОГОКВАРТИРНОМ ДОМЕ

Н. В. Маслова, С. А. Анциферов

Маслова Наталья Викторовна, канд. техн. наук, доцент, доцент Центра архитектурных, конструктивных решений и организации строительства, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Тольятти, Российская Федерация, тел.: +7(9171312902); e-mail: nata773223@yandex.ru

Анциферов Сергей Александрович, старший преподаватель Центра инженерного оборудования, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Тольятти, Российская Федерация, тел.: +7(9053066538); e-mail: salan63@mail.ru

Рассматривается спорная ситуация между собственниками многоквартирного дома и управляющей компанией, связанная с перерасчетом оплаты за некачественно предоставленную услугу горячего водоснабжения во время проведения ремонта наружных тепловых сетей. Похожая ситуация характерна для многих многоквартирных домов и достаточно часто встречается на практике, особенно в летний период, а также при закрытых системах теплоснабжения. Отсутствие у жильцов необходимого юридического или строительного образования, а также законного представителя в вопросах отстаивания своих интересов в суде, отсутствие индивидуальных теплосчетчиков горячего водоснабжения приводит к убыткам собственников и необоснованной прибыли ресурсоснабжающих и эксплуатирующих организаций. На основании комплексного, технико-экономического обследования многоквартирного дома приводятся результаты анализа проблем и причин, вызвавших снижение температуры горячей воды в точках водоразбора и полотенцесушителях. При этом выделены локальные особенности домов с большим количеством подъездов, на которых установлены два и более общедомовых приборов учета тепловой энергии. По результатам работы сделаны выводы о неверных расчетах при начислении оплаты собственникам жилья в многоквартирном доме. Ошибочные квитанции выданы во время проведения ремонта на наружных тепловых сетях и не учитывали перебои в теплоснабжении. Предложена методика корректировки платы за горячее водоснабжение в многоквартирном доме, позволяющая более точно рассчитывать количество тепла и производить оплату за фактически потреблённые энергоресурсы и выстроить нормальные правовые отношения между всеми заинтересованными сторонами.

Ключевые слова: жилищно-коммунальные услуги; горячее водоснабжение; учет теплоносителя; приборы учета; оплата энергоресурсов.

Проблема контроля предоставления качественных жилищно-коммунальных услуг собственникам многоквартирных домов (МКД) и их фактического получения является особенно актуальной в связи с ежегодным повышением тарифов на ресурсы. Существующие законодательные документы, в целом, отражают все правила предоставления таких услуг, однако на практике возникает немало ситуаций, когда возникают споры между ресурсоснабжающими организациями, управляющими компаниями и собственниками помещений, которые вынуждены оплачивать некачественно предоставленную услугу.

Эта проблема еще надолго останется не решенной, ввиду отсутствия массового применения современных поквартирных электронных приборов учета тепла и теплоносителя как в системах отопления, так и в системах горячего водоснабжения (ГВС) [1], а также ввиду отсутствия законодательного механизма о персональной ответственности за некорректные начисления по предоставленным услугам.

Цель настоящей статьи – уточнение методики расчёта платы за горячее водоснабже-

© Маслова Н. В., Анциферов С. А., 2022

ние в многоквартирном доме в случае отклонения температуры воды от нормативной, используя анализ фактических данных индивидуальных и общедомовых приборов учета тепла и теплоносителя, в частности при количестве общедомовых приборов более двух.

При наличии в МКД более одного узла учета тепла и теплоносителя расчет начислений собственникам должен производится по методике, отличной от общепринятой, так как необходимо учитывать фактическое потребление тепла и теплоносителя по каждой ветви системы горячего водоснабжения, снабжённой прибором учета, в том числе и во время проведения ремонта на наружных тепловых сетях [2]. О планах проведения ремонта тепловых сетей городская общественность регулярно информируется [3].

Предметом исследования является качество и количество предоставленной услуги горячего водоснабжения во время проведения ремонта наружных тепловых сетей.

Объектом исследования является многоквартирный пятиэтажный 32-подъездный жилой дом с количеством квартир 458, расположенный в г. Тольятти. Ввод теплоносителя в МКД осуществляется в тепловой пункт ТП-1, расположенный в подвале под подъездом №12 (рис. 1). Разводка трубопроводов теплосети в доме – нижняя, осуществляется в подвале МКД. Далее теплоноситель проходит к тепловому пункту ТП-2, расположенному под подъездом №26 (рис. 2), и далее транзитом на другой жилой дом. Такая система теплоснабжения нередко встречается в г. Тольятти и позволяет обеспечить нормируемые характеристики теплоносителя в домах большой протяжённости.

Учитывая многочисленные жалобы жильцов, возникла необходимость определить причину несоответствия температуры горячей воды в точках водоразбора [4]. Для этого требуется провести обследование системы горячего водоснабжения жилого дома и установить причину несоответствия температуры нормативным требованиям [5].

Рис. 1. Внешний вид узла ввода теплоносителя в тепловой пункт ТП-1 и отвод на тепловой пункт ТП-2

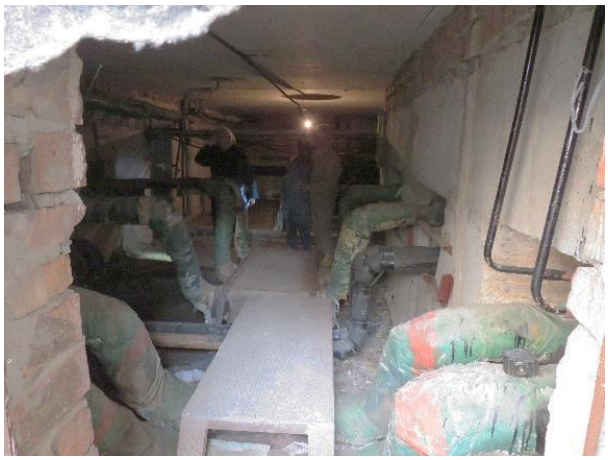


Рис. 2. Вход в подвал у подъезда № 26, где расположен тепловой пункт ТП-2

Из теплового пункта ТП-1 производится распределение теплоносителя на нужды отопления и ГВС подъездов № 1…16 (ветка № 1); из теплового пункта ТП-2 – подъездов №17…32 (ветка № 2).В тепловых пунктах ТП-1 и ТП-2 установлены тепловычислители ВКТ-7 производства компании «Теплоком» и расходомеры «Эмир-Прамер-550» производства ЗАО «Промсервис».

Предпосылкой к исследованию послужил спор жильцов 12-ти квартир с управляющей компанией по поводу некачественно предоставленной услуги в период с 31.05.2017 г. по 23.06.2017 г. во время проведения ремонта наружных тепловых сетей, вызванных значительными коррозионными повреждениями, часто встречающимися на практике [6, 7]. При этом перерасчет в квитанциях за время проведения ремонта не производился.

Для детального понимания проблемы рассмотрим хронологию событий и действия заинтересованных сторон.

Из общедоступных источников (dom.gosuslugi.ru) следует, что ОАО «ТЕВИС» является теплосетевой организацией Автозаводского района г. Тольятти, ПАО «Т Плюс» является теплоснабжающей организацией Автозаводского района г. Тольятти, ООО «УК № 2 ЖКХ» является управляющей организацией данного многоквартирного дома.

02.06.2017 г. и 05.06.2017 г. в диспетчерскую службу ООО «УК № 2 ЖКХ» поступали устные жалобы жильцов квартир № 225, 226, 237, 255 на низкую температуру горячей воды в системе ГВС.

29.06.2017 г. в 18.15 в кв. № 227 было проведены замеры температуры горячей воды комиссией ТОС, по результатам которых составлен акт о том, что полотенцесушитель холодный, а для достижения нормативной температуры горячей воды требуется продолжительный ее слив от 5 до 15 минут. 31.07.2017г. и 30.08.2017г. в УК были направлены заявления от собственников квартир №225, 226, 227, 232, 248 о перерасчете платы за предоставление услуги ненадлежащего качества по горячему водоснабжению с температурой t = 30 °С в период с 30.05.2017г. по 13.07.2017 г. в 17-м и 18-м подъездах.

Квартиры № 225, 226, 227, 229, 232, 233, 234, 236, 237, 238 расположены в подъезде № 17. Квартиры № 248, 255 расположены в подъезде № 18. Горячее водоснабжение этих квартир осуществляется от теплового пункта ТП-2 по ветке № 2, расположенного под подъездом № 26 (рис. 3), в котором размещен тепловычислительТВ-7, зав. № 98234 (рис. 4).

Несмотря на то, что количество охватываемых подъездов по веткам горячего водоснабжения одинаково (по 16 подъездов), расход в ветках № 1 и № 2 различен, что и вызывает необходимость расчета количества потребленных тепла и теплоносителя по отдельности.

Рис. 3. Тепловой пункт ТП-2, распределяющий горячую воду по подъездам №17…32

Рис. 4. Тепловычислитель ТВ-7, установленный в ТП-2

В процессе документального исследования изучены телефонограммы от 06.06.2017 г. от ООО «УК № 2 ЖКХ» в адрес ПАО «Т Плюс», Администрации Автозаводского района г. Тольятти с требованием срочно решить вопрос и принять необходимые меры для обеспечения рабочих режимов системы ГВС в связи с низкой температурой теплоносителя на вводах в МКД, отсутствием перепадов давления, отсутствием информации о причинах снижения параметров теплоносителя и сроках их восстановления, многочисленными жалобами от жильцов МКД на низкую температуру горячей воды и холодные полотенцесушители.

В телефонограммах УК указывает, что теплоснабжающая организация не выполняет договорные обязательства по обеспечению гидравлического и температурного режима в системе теплоснабжения.

09.06.2017г. ООО «УК № 2 ЖКХ» извещает ПАО «Т Плюс», что улучшения гидравлического и температурного режима не произошло. Температура теплоносителя на вводах МКД составляет 52…57 °С, жалобы от жильцов продолжают поступать, в частности за 08.06.2017 г. в диспетчерскую службу ООО «УК № 2 ЖКХ» поступило 286 обращений граждан многоквартирных домов с жалобами на низкую температуру горячей воды.

В ответе Администрации Автозаводского района сказано, что по информации ПАО «Т Плюс» в период с 31.05.2017 г. по 23.06.2017 г. теплосетевая организация ОАО «ТЕВИС» вывела в ремонт подающий трубопровод тепловой сети 1-го ввода от ТЭЦ ВАЗа до ПНС-1, что вызвало ухудшение гидравлического и температурного режима объектов теплоснабжения Автозаводского района, в том числе и жилых домов, где ранее уже наблюдались проблемы с водоснабжением и были предприняты меры по диагностике состояния трубопроводов [8].

В соответствии с п. 2.3 часть 2 статьи 161 Жилищного кодекса РФ, управляющая компания, несет ответственность перед собственниками помещений МКД за предоставление коммунальных услуг надлежащего качества, их приостановку и ограничение. В ответе также указано, что в ПАО «Т Плюс» отсутствовала информация о выводе в ремонт участка трубопровода. Поэтому теплоснабжающая организация не оповестила оперативно потребителей о снижении качества предоставляемой услуги.

Продолжительность перерывов в предоставлении коммунальной услуги горячего водоснабжения ненадлежащего качества, условия и порядок изменения размера платы за коммунальную услугу ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность регламентируется Приложением № 1, табл. 1 к «Правилам предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов», утвержденных Постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 № 354 (ред. от 28.04.2022) «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов».

Гигиенические требования к качеству воды и организации систем централизованного

горячего водоснабжения установлены СанПиН 2.1.4.2496-09 «Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Изменение к СанПиН 2.1.4.1074-01».

Измерение температуры горячей воды в точках водоразбора производилось в соответствии с Методикой МУК 4.3.2900-11 «Измерение температуры горячей воды систем централизованного горячего водоснабжения».

Исполнитель услуг ООО «УК № 2 ЖКХ» выполнил обязательные требования вышеуказанных Правил в части п. 31 и) к) раздела IV частично; п.п.104 и 106 полностью, 108 (частично) раздела X. Исполнителем не выполнены пункты 101, 102, 109, 113 Правил, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 № 354, а именно, не сделан перерасчет за предоставление услуги горячего водоснабжения ненадлежащего качества, не составлены акты проверки температуры горячей воды в точках водоразбора у потребителей в течение двух часов с момента получения жалоб (02.06.2017 г. и 05.06.17 г.) в диспетчерскую службу УК, или в согласованное с потребителем время, а также акты о результатах проверки по итогам устранения причин нарушения качества коммунальной услуги.

Датой начала предоставления некачественной услуги можно считать 00 часов 01 минута даты обнаружения исполнителем факта нарушения качества услуги, зафиксированной диспетчерской службой в журнале учета (п. 111 а) Правил), то есть, в данном случае жалоба-заявка №4 собственника кв. № 255 от 02 июня 2017 г. Моментом окончания периода нарушения качества коммунальной услуги можно считать 00 часа 01 минут даты возобновления предоставления коммунальной услуги надлежащего качества 12.06.2017 г., которая зафиксирована тепловычислителем ТВ-7, установленным в ТП-2 МКД, и отражена в акте учета тепловой энергии на подающем трубопроводе ГВС температура 66,25 °С.(п. 112 г Правил, утвержденных Постановлением Правительства РФ №354).

Так как не представляется возможным установить посуточный и почасовой квартирный учет расхода горячей воды, то для исследования может быть принят только имеющийся в архиве акт учета тепловой энергии о суточных параметрах теплоснабжения с 25.05.2017г. по 24.06.2017 г. с общедомового прибора учета, установленного в ТП-2 ГВС.

Оплата горячей воды для жителей Комсомольского района г. о. Тольятти уже подвергалась критическому анализу [9] на основе годового отчета поставщика энергоресурса.

Одной из причин снижения температуры горячей воды является неудовлетворительное техническое состояние оборудования ТП (регуляторов температуры, перепада давления), тепловой изоляции, коррозионные повреждения внутренней поверхности трубопроводов [10, 11].

В процессе обследования установлено, что тепловая изоляция в тепловых узлах и далее по магистрали разрушена или отсутствует примерно на 50 %.

Протяженность магистрального трубопровода системы горячего водоснабжения в подвале от ТП-2 до подъезда № 17 равна 126 метров. Теоретический расчет теплопотерь трубопроводами горячего водоснабжения, произведенный по методике, изложенной в СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» и требованиях Приказа Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. N 325 «Об утверждении порядка определения нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии, теплоносителя», показал, что горячая вода по пути от ТП-2 до конечных точек водоразбора у потребителей подъездов № 17, 18 доходила уже с температурой ниже нормативной 6, 8, 9, 11-го июня 2017 г. на 2,6…3,85 ºС. 7 июня расхода теплоносителя по подъездам № 17…32 практически не было (расход 0,8 м^3), что связано с тем, что подача горячей воды была прекращена. 25.05.2017г. расхода теплоносителя и тепла тоже не было $V_1 - V_2 = 0$ м^3; $Q_г = 0$ Гкал.

На основании актов учета тепловой энергии с 25.05.2017 г. по 24.06.2017 г. о суточных параметрах теплоснабжения с общедомового прибора учета тепла и теплоносителя в системе ГВС (ТП-2) установлено, что в период проведения сетевой организацией ОАО «ТЕВИС» ремонтных работ на магистральных сетях с 31.05.2017 г. по 23.06.2017 г. расход воды

не прекращался, кроме 07 июня 2017 г., следовательно расчет платы за услугу горячего водоснабжение подлежит корректировке согласно п. 37 раздела VI и п. 101 раздела IX Правил, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 № 354, за расчетный период 1 месяц июнь 2017 г. за предоставленную услугу горячего водоснабжения ненадлежащего качества с 02.06.2017 г. по 11.06.2017 г. включительно (табл. 1, 2, 3). В эти даты собственники квартир расходовали горячую воду ненадлежащего качества, с температурой ниже нормативной, а оплачивали услугу по тарифам за горячую воду нормативной температуры.

Алгоритм расчета размера корректировок за услугу горячее водоснабжение ненадлежащего качества:

1. Определяем среднесуточный расход теплоносителя в i-том помещении (квартире), м^3, за расчетный период (месяц) июнь по формуле:

$$V_i^{ср.сут.} = V_i^{П} : n, \quad (1)$$

где $V_i^{П}$ – объем потребленной горячей воды по показаниям индивидуального квартирного счетчика горячей воды в *i*-том помещении за расчетный период - месяц, м^3; n – количество суток в расчетном месяце.

Результаты расчета приведены в табл. 1. При проведении расчетов 25.05.2017 г. расходы теплоносителя V_1-V_2=0 м^3 и расход тепла$Q_г$=0 Гкал не учитываются, 07.06.2017 г. расход теплоносителя V_1-V_2=0,79 м^3 и расход тепла $Q_г$=0,02 Гкал учитывается только в расчете удельного расхода тепла, в расчете среднесуточного расхода воды потребителем не учитывается.

Таблица 1

Объемы потребленной горячей воды в июне 2017 г.
в некоторых квартирах (в качестве примера)

№ квартиры	Объем потребленной в квартире горячей воды за июнь 2017 г., $V_i^{П}$, м^3	Среднесуточный объем потребления горячей воды в июне, $V_i^{ср.сут.}$, м^3
225	8	8,0:29 = 0,276
229	4,90	4,90:29 = 0,169
238	5,0	5,0:29 = 0,172
255	8,0	8,0:29 = 0,276

Примечание: n = 29 расчетных суток (даты: 26…31 мая 2017 г.; 1…6, 8…24 июня 2017 г.).

2. Удельный расход $q_{уд}$ тепловой энергии на подогрев горячей воды в доме (или в отдельной ветке горячего водоснабжения, снабжающей определенное количество подъездов МКД) является постоянной составляющей величиной в расчетный период – месяц, и меняется каждый месяц, так как общий объем горячей воды и теплоэнергия на ее подогрев в целом в доме изменяются ежемесячно (п. 25 б, разделVIПриложения 2 Правил предоставления коммунальных услуг собственникам, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 № 354).

В случае наличия двух и более общедомовых приборов учета тепла и теплоносителя необходимо определять удельную составляющую тепловой энергии и теплоносителя по каждой ветке отдельно, а не среднюю по всему дому, так как расход тепла и теплоносителя потребителями разных веток различен и оплата также будет отличаться. В этом предлагаемая методика отличается от существующей методики и алгоритма.

Для рассматриваемом дома определяем удельную постоянную составляющую тепловой энергии на подогрев оного м^3 горячей воды по ветке горячего водоснабжения № 2от ТП-2 по подъездам №17…32 по формуле:

$$q_{уд} = Q^{общ.Т/Э} : V^{общ.г.в.}, \quad (2)$$

где $Q^{\text{общ.Т/Э}}$ – общие количество тепловой энергии, потребленной по показаниям общедомового прибора учета за расчетный период, Гкал; $V^{\text{общ.г.в.}}$ – общий объем потребленного за расчетный период коммунального ресурса (горячей воды), определенный по показаниям общедомового прибора учета, м^3.

По показаниям теплосчетчика ВТ-7, установленного в ПТ-2, за период с 26.05.2017 г. по 24.06.2017 г. потребителями подъездов №17…32 израсходовано V_1–V_2=1694,36-957,26 = 737,1 м^3 воды и $Q_г$ = 24,38Гкал тепловой энергии на подогрев горячей воды.

$$q_{уд} = 24,38 : 737,1 = 0,033 \text{ Гкал/м}^3$$

3. Определяем среднесуточное индивидуальное потребление теплоэнергии на подогрев горячей воды в *i*-том помещении по формуле:

$$Q_i^{П} = q_{уд} \cdot V_i^{\text{ср.сут.}}. \quad (3)$$

В табл. 2. приведены результаты расчета стоимости предоставления услуги горячего водоснабжения ненадлежащего качества за период, установленный в связи с зафиксированными жалобами с 02.06.2017 по 11.06.2017.

Таблица 2

Определение периода предоставления услуги горячего водоснабжения ненадлежащего качества

Дата	Температура горячей воды, ºС		Расход горячей воды в ТП-2, м^3		Объем потребления теплоносителя на подъезды № 17…32 (V_1 - V_2), м^3	Тепловая энергия $Q_г$ на подогрев горячей воды, Гкал	Примечание
	на подаче в ТП-2	в точках водоразбора t_3	на подаче, V_1	на обратке, V_2			
02.06.2017	68,75	67,14	59,34	31,87	27,47	0,9	Дата начала предоставления услуги ненадлежащего качества. Подлежит перерасчету в связи с зафиксированными жалобами
03.06.2017	67,75	65,59	52,85	25,87	26,98	0,85	
04.06.2017	66,97	64,74	55,47	22,38	33,09	1,01	
05.06.2017	63,44	61,19	46,41	15,53	30,88	0,87	Подлежит перерасчету в связи с зафиксированными жалобами
06.06.2017	63,76	59,95	26,93	7,81	19,12	0,52	Подлежит перерасчету в связи с теплопотерями и низкой температурой гор. воды у точек водоразбора потребителей (столбец 3)
07.06.2017	26,39	26,40	0,88	0,09	0,79	0,02	Подлежит учету в расчете удельного расхода тепла с 26.05.17 по 24.06.17 ввиду наличия расхода воды и тепла 07.06.17 (столбец 6,7), несмотря на отключение подачи воды. В расчете среднесуточного расхода воды не участвует.
08.06.2017	40,66	38,48	19,39	0,08	19,31	0,48	Подлежит перерасчету по тарифу за холодную воду (п.5 прил.1 к Правилам) в связи с температурой гор. воды в точках водоразбора ниже 40 град. (столбец 3) и наличием расхода воды и тепла по показанием общедомового прибора учета (столбец 6,7)

Окончание табл. 2

Дата	Температура горячей воды, ºС		Расход горячей воды в ТП-2, м^3		Объем потребления теплоносителя на подъезды № 17…32 (V_1 - V_2), м^3	Тепловая энергия $Q_г$ на подогрев горячей воды, Гкал	Примечание
	на подаче в ТП-2	в точках водоразбора t_3	на подаче, V_1	на обратке, V_2			
09.06.2017	56,41	53,77	31,56	9,32	22,24	0,6	Подлежит перерасчету в связи с низкой температурой гор. воды в ТП2 (столбец 2) и у точек водоразбора потребителей ниже допустимого отклонения на 3^{0}С (столбец 3)
10.06.2017	69,83	67,49	49,63	27,33	22,3	0,77	
11.06.2017	60,42	57,78	33,64	12,44	21,2	0,79	Подлежит перерасчету в связи с теплопотерями и низкой температурой гор. воды у точек водоразбора потребителей (столбец 3). Дата окончания предоставления услуги ненадлежащего качества.

4. Расчет размера платы за коммунальную услугу по горячему водоснабжению, предоставленную потребителю за расчетный период в *i*-м жилом помещении (квартире) в случае установления двухкомпонентных тарифов на горячую воду производится по формуле (23) п. 26 Приложения 2, Раздел 7 Правил, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 № 354:

$$P_i = V_i^{\text{П}} \cdot T^{\text{хв}} + Q_i^{\text{П}} \cdot T^{\text{Т/Э}}, \quad (4)$$

где $V_i^{\text{П}}$ – объем потребленной за расчетный период в *i*-м жилом помещении горячей воды, определенный по показаниям индивидуального или общего (квартирного) прибора учета в *i*-м жилом или нежилом помещении, м^3; $T^{\text{хв}}$ – компонент на холодную воду или теплоноситель, являющийся составной частью установленного законодательством РФ тарифа на горячую воду (горячее водоснабжение), руб/м^3; $Q_i^{\text{П}}$ – количество тепловой энергии, используемой на подогрев воды в целях предоставления коммунальной услуги по горячему водоснабжению за расчетный период в *i*-м жилом или нежилом помещении, Гкал за объем $V_i^{\text{П}}$ рассчитанный по формуле (3); $T^{\text{Т/Э}}$ – компонент на тепловую энергию, являющийся составной частью установленного в соответствии с законодательством РФ тарифа на горячую воду (горячее водоснабжение), руб/ Гкал.

Двухставочные тарифы с учетом НДС для населения за коммунальную услугу горячее водоснабжение и на холодную воду определены региональным Министерством энергетики и ЖКХ Самарской области в 2017 г. для ресурсоснабжающих организаций в размере:

- ✓ 33,82 руб/м^3 – компонент теплоноситель (горячая вода);
- ✓ 1385,32 руб/Гкал – компонент тепловая энергия;
- ✓ 17,65 руб/м^3 – компонент холодная вода.

По результатам расчета по вышеприведенным формулам составлены таблицы перерасчета оплаты собственникам квартир (табл. 3, 4).

Таким образом, обследование внутренней тепловой сети многоквартирного дома, оборудованного двумя узлами учета тепловой энергии и теплоносителя, позволило определить основные технические проблемы, влияющие на снижение качества горячего водоснабжения: неудовлетворительное состояние тепловой изоляции, нерабочие регуляторы температуры и перепада давления.

Таблица 3

Расчет размера платы за коммунальную услугу ГВС ненадлежащего качества с перерывами в подаче горячей воды, не превышающими установленную продолжительность на время проведения ремонтных работ, для некоторых квартир МКД, произведенный по формулам (1)…(4)

№ квартиры	Стоимость услуги горячего водоснабжения, руб.	
	компонент теплоноситель	компонент тепловая энергия
за период с 26.05.17 по 01.06.17 и с 12.06.17 по 24.06.2017 включительно		
225	0,276·(29 – 9)·33,82 = 186,69	0,033·0,276·(29 – 9)·1385,32 = 252,35
229	0,169·(29 – 9)·33,82 = 114,31	0,033·0,169·(29 - 9)·1385,32 = 154,52
238	0,172·(29 – 9)·33,82 = 116,34	0,033·0,172·(29 – 9)·1385,32 = 157,26
255	0,276·(29 – 9)·33,82 = 186,69	0,033·0,276·(29 – 9)·1385,32 = 252,35
за 08.06.17		
225	0,276·17,65 = 4,87	0
229	0,169·17,65 = 2,98	0
238	0,172·17,65 = 3,04	0
255	0,276·17,65 = 4,87	0
за период с 02.06.17 по 06.06.17 и с 09.06.17 по 11.06.17 включительно		
225	0,276·8·33,82 = 74,67; (0,276·33,82) – (0,276·33,82·0,1:100) = 9,32* Итого: 74,67-9,32 = 65,35	0,033·0,276·8·1385,32 = 100,94; (0,033·0,276·1385,32)-0,033·0,276·1385,32·0,1:100) = 12,6* Итого: 100,94 – 12,6 = 88,34
229	0,169·8·33,82 = 45,72; (0,169·33,82) – (0,169·33,82·0,1:100) = 5,71* Итого: 45,72 – 5,71 = 40,01	0,033·0,169·8·1385,32 = 61,81; (0,033·0,169·1385,32) – 0,033·0,169·1385,32·0,1:100) = 7,72* Итого: 61,81 – 7,72 = 54,09
238	0,172·8·33,82 = 46,54; (0,172·33,82) – (0,172·33,82·0,1:100) = 5,81* Итого: 46,54 – 5,81 = 40,73	0,033·0,172·8·1385,32 = 62,90; (0,033·0,172·1385,32) – 0,033·0,172·1385,32·0,1:100) = 7,86* Итого:62,9 – 7,86 = 55,04
255	0,276·8·33,82 = 74,67; (0,276·33,82) – (0,276·33,82·0,1:100) = 9,32* Итого: 74,67 – 9,32 = 65,35	0,033·0,276·8·1385,32 = 100,94; (0,033·0,276·1385,32) – (0,033·0,276·1385,32·0,1:100) = 12,6* Итого:100,94 – 12,6 = 88,34

Примечание: * – за снижение температуры горячей воды более, чем на 3 ºС ниже допустимых отклонений плата уменьшается на 0,1 % размера платы за дату 09.06.2017 г. (п. 5 прил. 1 Правил, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 № 354). Допустимое отклонение 57 ºС. 09.06.2017 г. t_3 = 53,77 ºС, dt = 57 – 53,77 = 3,23 ºС.

Таблица 4

Результаты корректировки оплаты за услугу ГВС

№ квартиры	Сумма перерасчета за 29 дней 2017 г, руб. (по данным табл. 3)		Начислено УК за ГВС за июнь 2017 г., руб.		Величина возврата за ГВС, руб.
	компонент теплоноситель	компонент тепловая энергия	компонент теплоноситель	компонент тепловая энергия	
225	256,91	340,69	270,56	1179,23	852,19
229	157,3	208,61	165,72	722,28	522,09
238	160,11	212,30	169,10	737,02	533,71
255	256,91	340,69	270,56	1179,23	852,19

Произведенное обследование и расчет по одной ветви системы горячего водоснабжения дома показали существенное уменьшение количества фактически потребленного собственниками тепла и теплоносителя с учетом теплопотерь в период ремонта на наружных сетях.

Заключение.

В представленной работе авторами предложены дополнения к существующей нормативной методике расчета потребления и оплаты за горячее водоснабжение многоквартирного дома, основанные на анализе суточных показаний (архива) приборов учета и учитывающие поправку на тепловые потери по магистрали. Особенностью предлагаемого уточнения методики расчета является учет удельной составляющей тепла и теплоносителя по каждой ветви системы горячего водоснабжения.

Предложенная методика корректировки платы за горячее водоснабжение в многоквартирном доме позволяет более точно рассчитывать количество потребленных энергоресурсов и оплаты за их фактическое потребление по каждой ветви горячего водоснабжения. Предлагаемый расчётный метод относительно прост, надёжен, апробирован с положительным результатом и позволит выстроить нормальные правовые отношения между всеми заинтересованными сторонами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙСПИСОК

1. **Анциферов, С. А.** Использование механического двухтарифного счётчика горячей воды / С. А. Анциферов, В. А. Писарев, Е. А. Усманова // Материалы II Международной научно-практической конференции. Сборник статей ПГУАС. – Пенза, 2011. – С. 7-8.

2. **Александрова, И. В.** Показатели потребления и учета коммунальных ресурсов; техническое состояние и инженерное оборудование зданий и сооружений объектов социальной сферы г. Иркутска / И. В. Александрова, М. Ю. Толстой // Вестник ВСГУТУ. – 2009. –№ 4(27). – С. 14-19.

3. **Одокиенко, Е. В.** Состояние и перспективы теплоснабжения г.о. Тольятти / Е. В. Одокиенко, Е. А. Усманова // Теплоснабжение: состояние, проблемы, перспективы: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург, 2013. – С. 120-123.

4. **Antsiferov, S.** Problems of operating the hot water supply system during transfering the hostel to the apartment house status / S. Antsiferov, I. Lushkin, E. Usmanova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – № 698. – 066024.

5. **Рафальская, Т. А.** Оценка влияния температуры воды в системе горячего водоснабжения на температурный режим помещений / Т. А. Рафальская, Р. Ш. Мансуров // Водоснабжение и санитарная техника. – 2017. – № 4. – С. 42-49.

6. **Чапаев, Д. Б.** Расчет скорости внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей из углеродистых сталей / Д. Б. Чапаев, А. А. Оленников // Известия Высших Учебных Заведений. Черная Металлургия. – 2012. – № 55(4). – С. 33-36.

7. **Топоров, Д. А**. Вопросы учета коммунального ресурса и начисления оплаты за коммунальную услугу по горячему водоснабжению в многоквартирных домах / Д. А. Топоров // Проблемы экономики и юридической практики. – 2019. – Т. 15. – № 3. – С. 172-174.

8. **Корняков, Л. В.** Апробация методики поиска участков водопровода с наибольшей степенью зарастания / Л. В. Корняков, М. С. Трибой, И. А. Лушкин //Главный энергетик. – 2021. – № 7. – С. 4-9.

9. **Слесарев, Д. Ю.** Тарифный парадокс. Предпосылки использования электрических водонагревателей для поквартирного горячего водоснабжения / Д. Ю. Слесарев, А. Ю. Алмаев // Энергосбережение и водоподготовка. – 2012. – № 3(77). – С. 67-68.

10. **Анциферов, С. А.** Анализ влияния внутренней коррозии на эксплуатацию трубопроводов / С. А. Анциферов, Е. А. Усманова // Вестник НГИЭИ. – 2015. – №6 (49). – С. 12-18.

11. **Альбертинский Л.И.** Пути увеличения срока службы тепловых сетей / Л. И. Альбертинский, В. М. Липовских // Энергетик. – 1990. – № 10. – С. 10.

Поступила в редакцию 27 июля 2022

METERING OF CONSUMED RESOURCES AND ADJUSTMENT OF THE HOT WATER SUPPLY FEES IN AN APARTMENT BUILDING

N. V. Maslova, S. A. Antsiferov

Natalia Viktorovna Maslova, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Center for architectural, structural solutions and construction organization, Togliatti State University, Togliatti, Russia, tel.: +7(917)131-29-02; e-mail: nata773223@yandex.ru
Sergey Aleksandrovich Antsiferov, Senior lecturer, Togliatti State University, Togliatti, Russia, tel.: +7(905)306-65-38; e-mail: salan63@mail.ru

The article discusses a controversial situation between the owners of an apartment building and a homeowners' association related to the recalculation of fees for a poorly provided hot water supply service during the repair of outdoor heating networks. A similar situation is typical for many apartment buildings and is quite common in practice, especially in summer, as well as in closed heating systems. The residents are mostly uneducated in legal sphere or in construction sector. They don't have a legal representative in court for defending their interests. There are no individual heat meters of hot water supply in apartment buildings. These facts lead to material losses in owners and unreasonable profits of resource-supplying and operating organizations. Based on a comprehensive, technical and economic survey of the apartment building, we present here the results of an analysis of the problems and causes that lead to a decrease in the temperature of hot water at water collection points and towel rails. At the same time, we determine local features of houses with a large number of entrances, on which two or more general-purpose heat metering devices are installed. As the result of the work, conclusions were drawn about incorrect calculations of fees to homeowners in the apartment building. Erroneous receipts were issued during repairs on outdoor heating networks and disruptions in heat supply were not taken into account. We propose a method of adjusting the hot water supply fees in an apartment building, which allows one to more accurately calculate the amount of heat. That may as well regulate fees for the energy resources consumed in practice, and may create scheduled legal relations between all interested parties.

Keywords: housing and communal services; hot water supply; heat carrier metering; metering devices; energy fees.

REFERENCES

1. **Antsiferov S. A., Pisarev V. A., Usmanova E. A.** *The use of a mechanical two-tariff hot water meter*. Materials of the II International Scientific and Practical Conference. Collection of PGUAS articles. Penza. Pp. 7-8. (in Russian)

2. **Alexandrova I. V., Tolstoy M. Y.** *Indicators of consumption and accounting of municipal resources; technical condition and engineering equipment of buildings and structures of social facilities in Irkutsk*. Bulletin of VSGUTU. 2009. No. 4(27). Pp. 14-19. (in Russian)

3. **Odokienko E. V., Usmanova E. A.** *The state and prospects of heat supply in Togliatti*. Heat supply: state, problems, prospects: collection of materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference. Orenburg. 2013. Pp. 120-123. (in Russian)

4. **Antsiferov S., Lushkin I., Usmanova E.** *Problems of operating the hot water supply system during transfering the hostel to the apartment house status*. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. No. 6. (in English)

5. **Rafalskaya T. A., Mansurov R. Sh.** *Assessment of the influence of water temperature in the hot water supply system on the temperature regime of premises*. Water supply and sanitary

equipment. 2017. No. 4. Pp. 42-49. (in Russian)

6. **Chapaev D. B., Olennikov A. A.** *Calculation of the rate of internal corrosion of pipelines of water heating networks made of carbon steels*. Bulletin of Higher Educational Institutions. Ferrous Metallurgy. 2012. No. 55(4). Pp. 33-36. (in Russian)

7. **Toporov D. A.** *Issues of accounting for communal resources and accrual of payment for utilities for hot water supply in apartment buildings*. Problems of economics and legal practice. 2019. Vol. 15. No. 3. Pp. 172-174. (in Russian)

8. **Kornyakov L. V., Triboy M. S., Lushkin I. A.** *Approbation of the method of searching for sections of water supply with the greatest degree of overgrowth*. Chief Power engineer. 2021. No. 7. Pp. 4-9. (in Russian)

9. **Slesarev D. Y., Almaev A. Y.** *Tariff paradox. Prerequisites for the use of electric water heaters for apartment-by-apartment hot water supply*. Energy saving and water treatment. 2012. No. 3(77). Pp. 67-68. (in Russian)

10. **Antsiferov S. A., Usmanova E. A.** *Analysis of the effect of internal corrosion on the operation of pipelines.* Bulletin of the NGIEI. 2015. No. 6(49). Pp. 12-18. (in Russian)

11. **Albertinsky L. I., Lipovskikh V. M.** *Ways to increase the service life of thermal networks*. Energetik. 1990. No. 10. Pp.10. (in Russian)

Received 27 July 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Маслова, Н. В. Учет фактически потребленных ресурсов и корректировка платы за горячее водоснабжение в многоквартирном доме / Н. В. Маслова, С. А. Анциферов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 39-50.

FOR CITATION:

Maslova N. V., Antsiferov S. A. *Metering of consumed resources and adjustment of the hot water supply fees in an apartment building*. Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 39-50. (in Russian)

УДК 628.8.02: 628.862

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИН ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ПОМЕЩЕНИЯ УМСТВЕННОГО ТРУДА

Д. В. Лобанов, И. И. Звенигородский, 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

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

Выполнено экспериментальное исследование по изменению параметров воздушной среды в помещении умственного труда в течение 8-ми часового рабочего дня при отсутствии (бездействии) вентиляционных систем. Построены графики изменения параметров, выявлены их закономерности, которые аппроксимированы различными функциями с наиболее высоким значением детерминации: логарифмической, степенной, линейной. Определены величины процентных изменений параметров воздуха за рабочую смену человека умственного труда. Выявлено соответствие характера изменения концентрации углекислого газа, полученного экспериментальным путем, теоретическим сведениям, представленным в справочной технической литературе. Показана актуальность разработки в помещениях эффективных систем организации комфортного микроклимата.

Ключевые слова: параметры внутреннего воздуха; умственный труд; концентрация углекислого газа; микроклимат.

Для создания комфортной обстановки в помещении, способной благоприятно воздействовать на организм человека, требуется, в том числе, организовать системы климатизации с поддержанием определенных параметров температуры, относительной влажности и чистоты воздуха. Параметры микроклимата комплексно воздействуют на человека, их оптимальное сочетание индивидуально и зависит от выполняемой работы, эмоционального состояния, пола, возраста и т.д. [1].

Системы обеспечения нормируемых параметров микроклимата призваны создать в рабочей (обслуживаемой) зоне тепловой и воздушный комфорт. Для этого специалистам необходимо иметь понимание и представление об основных вредностях, выделяемых человеком, и их формировании в помещении с течением времени.

В данной статье приведены результаты экспериментального исследования изменения основных параметров воздушной среды под влиянием основных вредностей, образующихся от человека в процессе его жизнедеятельности.

В помещении (см. рис. 1) размещается человек, который в течение 8-ми часового рабочего дня занят умственным трудом (согласно ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»): 8-30…12-30 (первая половина дня), 12-30…13-00 (обед), 13-00…17-00 (вторая половина дня).

Измерение параметров воздушной среды фиксируются комбинированным прибором оценки качества воздуха в помещении PCE-GA 70, размещенным в точке А (см. рис. 1) и в автоматическом режиме сохраняются с интервалом в одну минуту в табличной форме. Из-

© Лобанов Д. В., Звенигородский И. И., Сафонов С. А., 2022

мерение радиационной температуры ограждающих поверхностей выполняется пирометром (табл. 1), данные сохраняются с интервалом 5 минут в табличной форме.

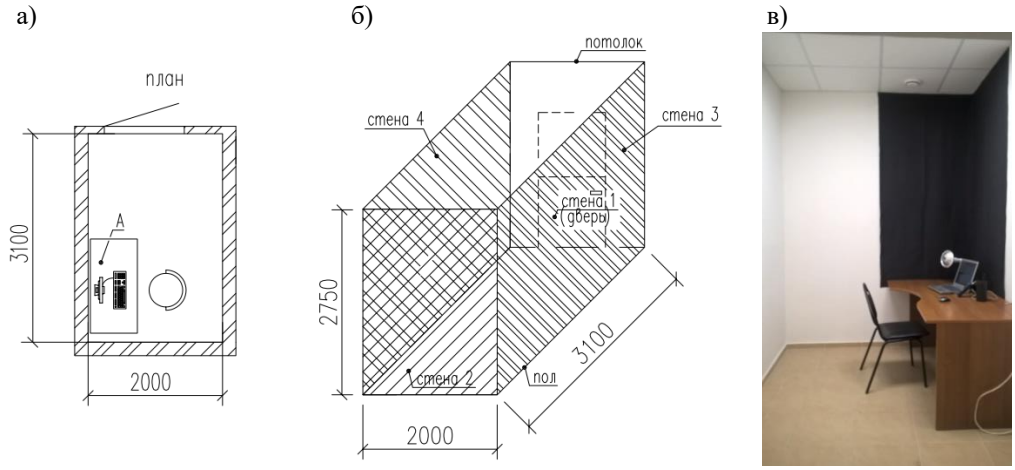


Рис. 1. Помещение для проведения эксперимента:
а – план помещения, точка А – место установки измерительного прибора;
б – объемный вид помещения; в – фото помещения

Таблица 1

Внешний вид и технические характеристики приборов для измерения параметров воздушной среды

Марка прибора	Внешний вид прибора	Основные технические характеристики
PCE – GA 70		Диапазон измерений концентрации CO_2 - 0…6000 ppm; Точность измерений концентрации CO_2 - ± 3% от показаний или ±50 ppm; Разрешение измерений концентрации CO_2 - 1 ppm
		Температура - -20°C…+60°C; Точность Температуры - ±0,5°C; Разрешение температуры - 0,1°C
		Влажность воздуха - 10%...95% относительной влажности; Точность влажности воздуха - ±3% относительной влажности; Разрешение влажности воздуха - 0,1% относительной влажности
Testo 605i		Диапазон измерений - -20°C…60°C; Погрешность - ±0,8 °C (-20 ... 0 °C) ±0,5 °C (0 ... +60 °C); Разрешение - 0,1°C.

Во время проведения эксперимента внутренних и внешних возмущающих воздействий, способных изменить подвижность воздуха в помещении или повлиять на количество выделяющихся вредных веществ, не было. В результате обработки результатов эксперимента получены графики изменения во времени значений концентрации углекислого газа, температуры внутреннего воздуха, температуры точки росы, температуры мокрого термометра, относительной влажности и радиационной температуры помещения. На графиках (рис. 2…8) представлена аппроксимация экспериментальных кривых функциями, наиболее достоверно описывающими характер изменения исследуемых величин с течением времени.

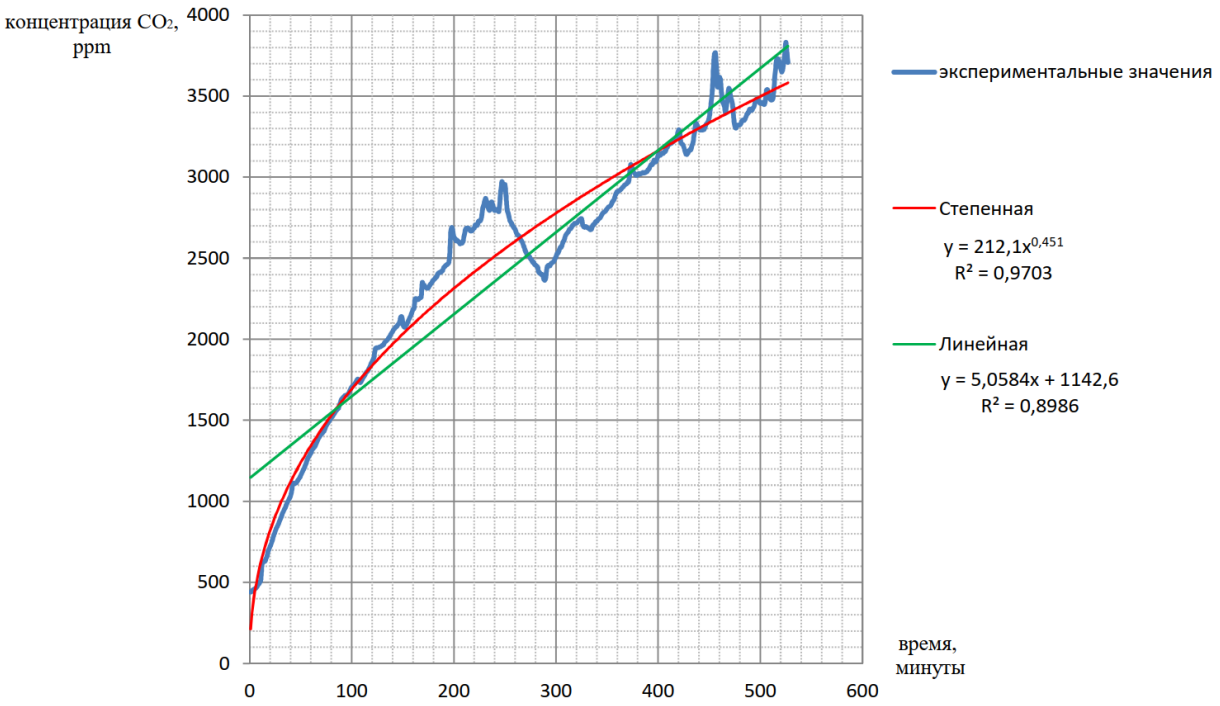


Рис. 2. Изменение концентрации углекислого газа

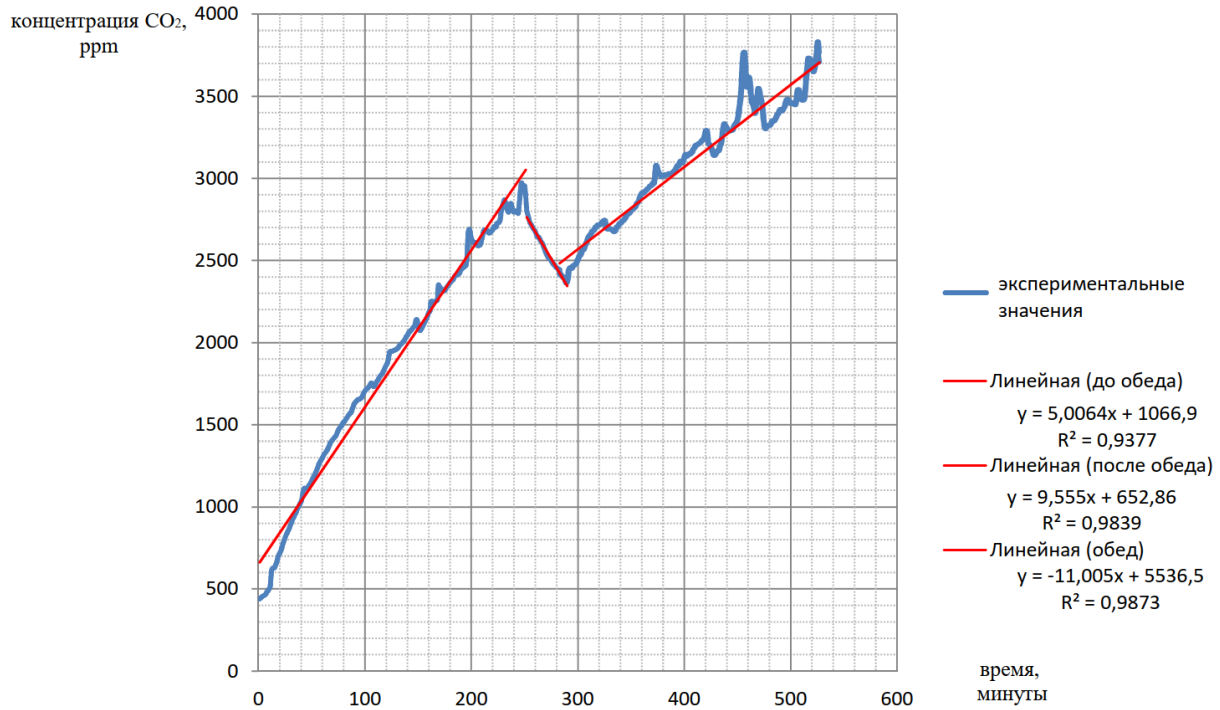


Рис. 3. Изменение концентрации углекислого газа
с делением на периоды в течение рабочего дня

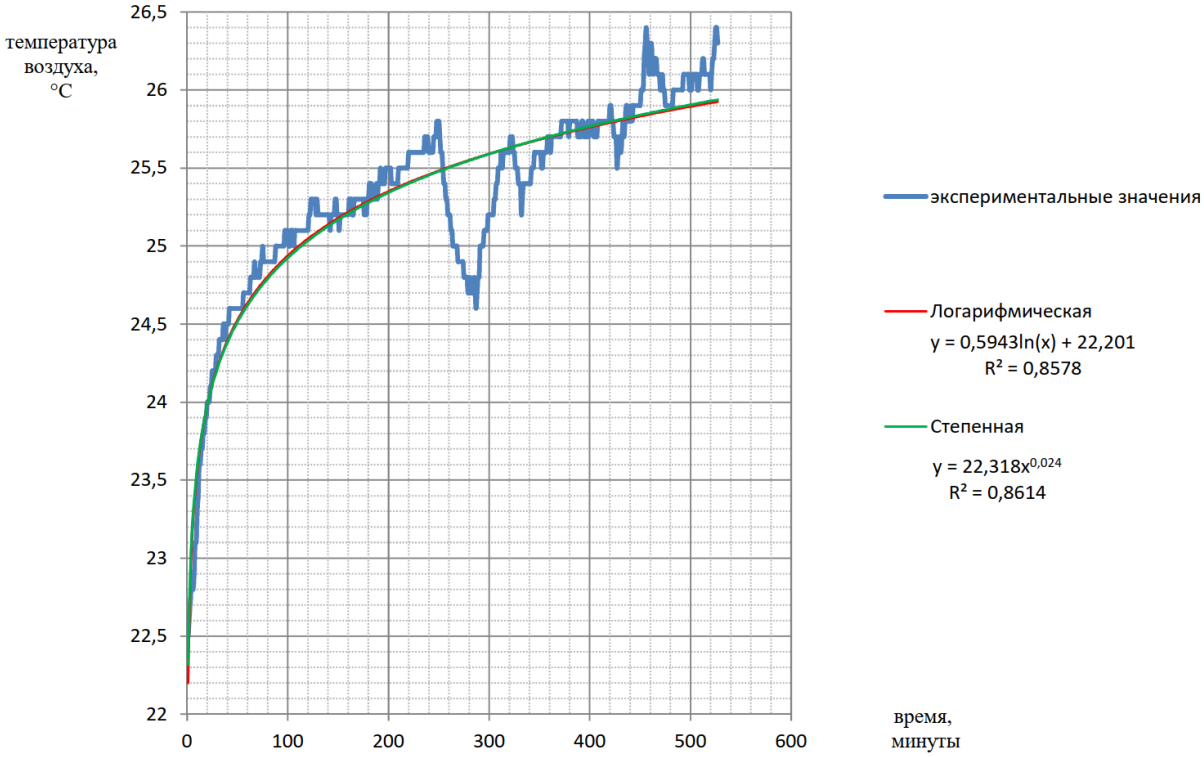


Рис. 4. Изменение температуры внутреннего воздуха

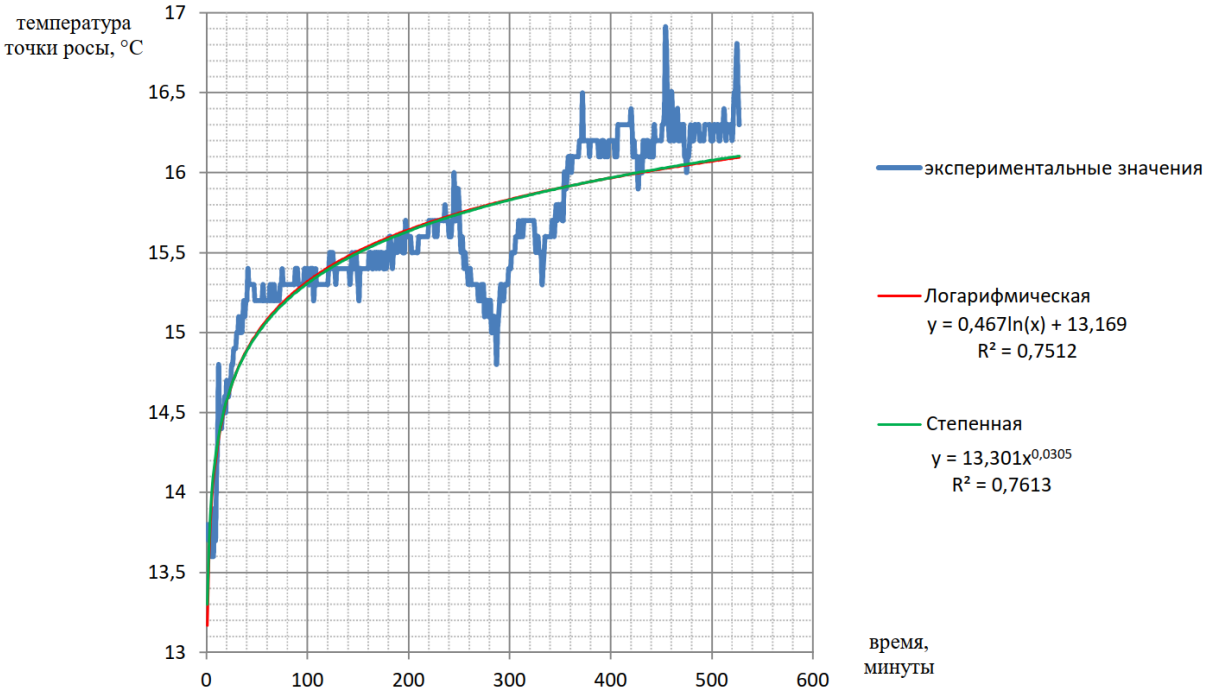


Рис. 5. Изменение температуры точки росы

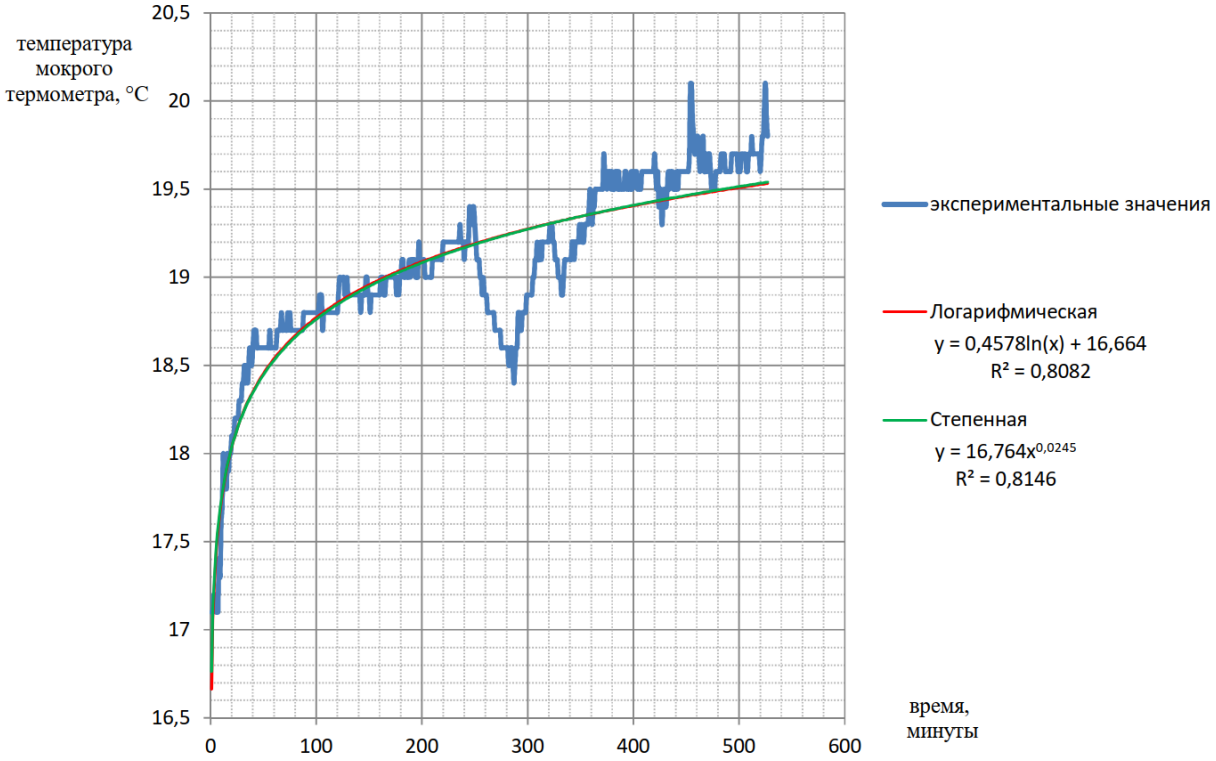


Рис. 6. Изменение температуры мокрого термометра

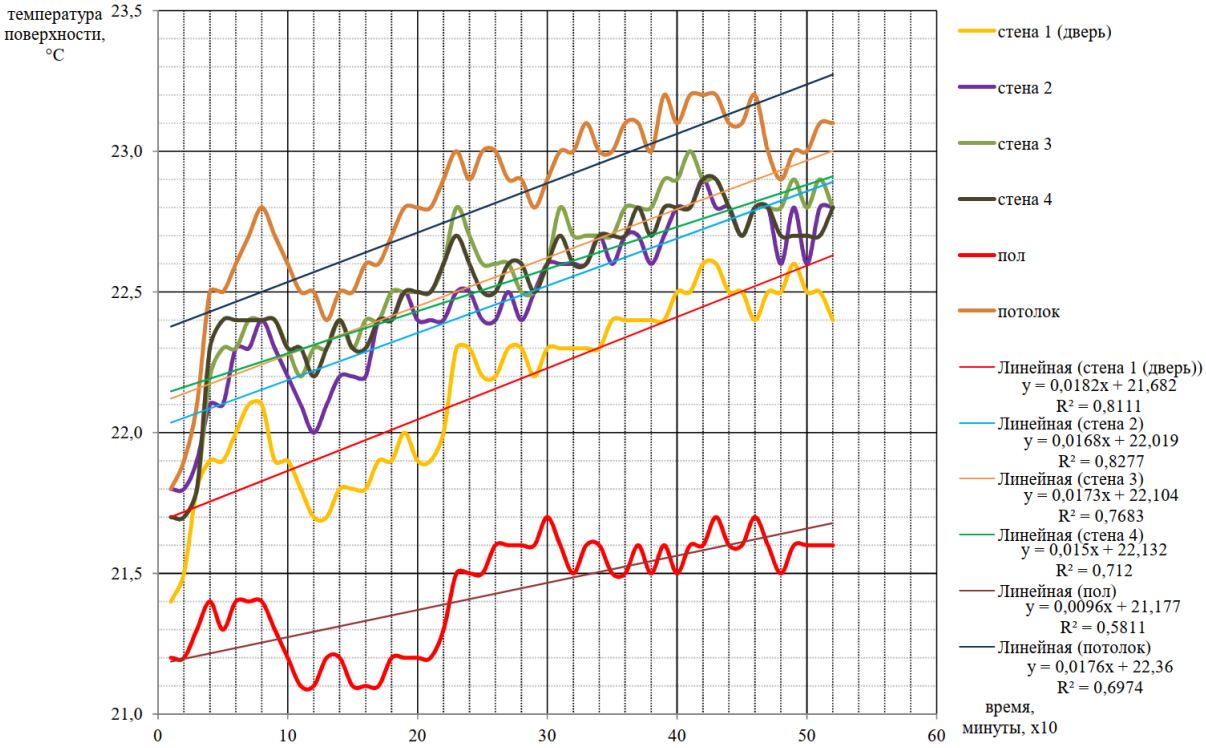


Рис. 7. Изменение радиационной температуры

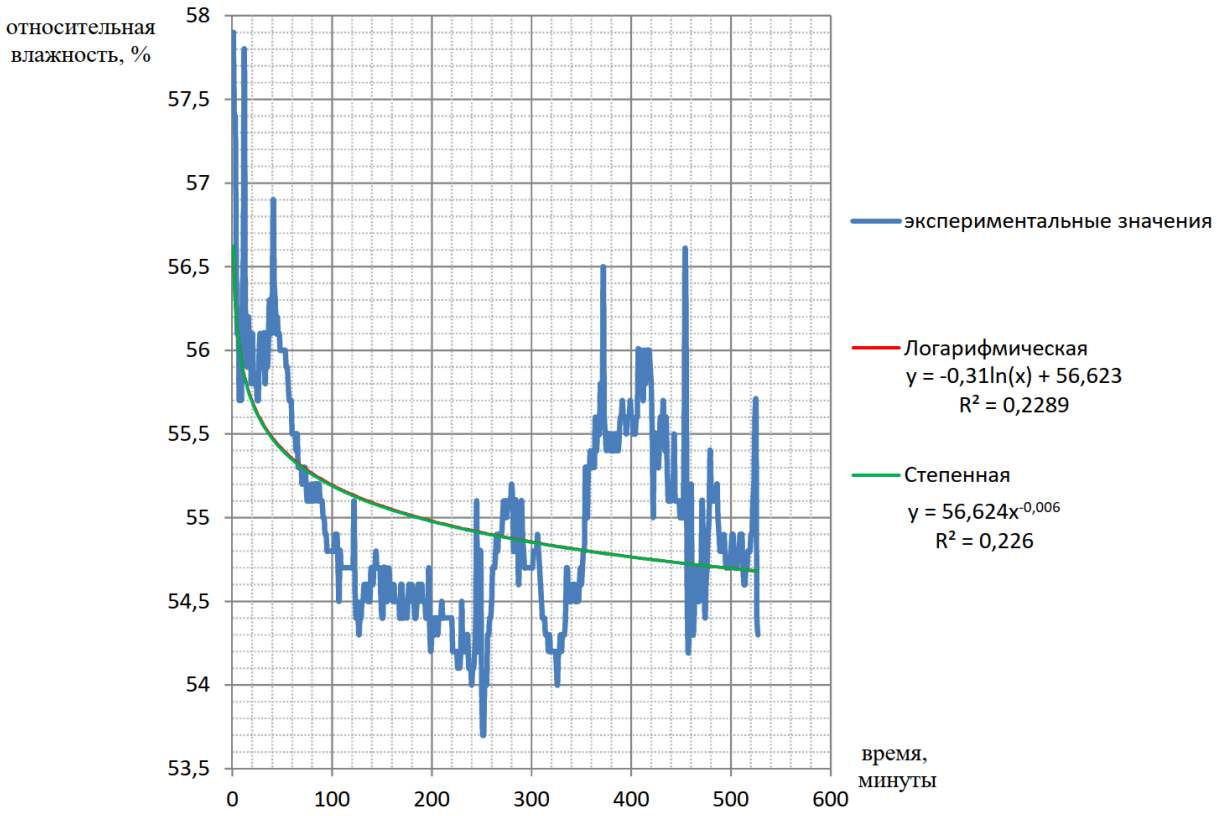


Рис. 8. Изменение относительной влажности

Выполним анализ выше представленных графиков.

Из рис. 2 следует, что изменение концентрации углекислого газа с течением времени характеризуется кривой, которая за общее время замера (с учетом обеденного перерыва) аппроксимируется степенной или линейной функцией с коэффициентом достоверности аппроксимации соответственно R^2=0,97 и R^2=0,90. Однако, в течение рабочего дня имеются периоды с выделением вредностей (рабочее время: 8-30…12-30, 13-00…17-00) и без них (обед…12-30…13-00). Поэтому разбив график в соответствии с «рабочим режимом помещения», можно увидеть (см. рис. 3), что периоды изменения концентрации CO_2 в присутствии источника выделения вредных веществ (человека), находящегося в невентилируемом помещении, описываются линейной функцией $y = kx + b$: $y = 5{,}0064x + 1066{,}9$ и $y = 9{,}555x + 652{,}8$; при этом коэффициент достоверности аппроксимации составит R^2=0,97 и R^2=0,90 соответственно. Данный эксперимент подтверждает характер изменения концентрации углекислого газа в помещении при отсутствии системы вентиляции [2], описываемый уравнением:

$$C^{co2} = C_0^{co2} + \frac{M_{CO2}}{V_{пом}}\tau,$$

где C_0^{co2} – концентрация углекислого газа в воздухе помещения в начальный момент времени, мг/м^3; M_{CO2} – интенсивность выделения вредных веществ от источника, мг/ч; $V_{пом}$ – объем помещения, м^3; τ – время, час.

Согласно [2] уравнение (1) действительно при допущении, что вредные вещества распределяются по всему объему помещения равномерно, а искомая концентрация вредного вещества C^{co2}, мг/м^3, является средней по объему величиной.

На рис. 4, 5, 6 представлены графики изменения соответственно температуры воздуха, точки росы, мокрого термометра. Данные кривые аппроксимированы логарифмической и степенной функциями, как наиболее достоверно описывающими изменение этих параметров (R^2~0,8): резкий рост, сменяющийся плавным увеличением в течение всего времени исследования. Такой характер изменения исследуемых параметров свидетельствует о том, что

в начальный период времени происходит нагрев внутреннего воздуха, а в последующий – нагрев ограждающих поверхностей помещения (стены, пол, потолок) с выраженным увеличением радиационной температуры помещения, см. рис. 7.

Изменения относительной влажности (см. рис. 8) практически не происходит: значение колеблется на уровне первоначального значения (φ = 55 %) с небольшими отклонениями ±2 % от исходной величины, что свидетельствует о малом количестве влагопоступлений от человека в помещение. Составим таблицу (см. табл. 2), отражающую величину изменения параметров воздушной среды в помещении при отсутствии (бездействии) вентиляционных систем.

Таблица 2

Изменение параметров воздушной среды в помещении

Наименование параметра, ед. измерения	Значение параметра		Относительное изменение параметра, %
	в начале измерений	в конце измерений	
температура по сухому термометру *t*, °С	22,5	26,3	16,9
температура по влажному термометру, $t_{вт}$, °С	17	19,7	15,9
температура точки росы, $t_{тр}$, °С	13,8	16,4	18,8
относительная влажность, φ, %	57,9	54,3	-6,2
влагосодержание, *d*, г/кг	9,8	11,6	18,4
энтальпия, *I*, кДж/кг	48	56,6	17,9
плотность, ρ, кг/м³	1,194	1,179	-1,3
парциальное давление водяного пара, $P_{п}$, Па	1579	1860	17,8
давление насыщенного водяного пара, $P_{н}$, Па	2728	3425	25,5
концентрация углекислого газа, C_{co2}, ppm	440	3768	756,4

Из вышеуказанной таблицы следует, что значительнее всего меняется концентрация CO_2: более, чем в 8 раз за время рабочего дня. Согласно ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» данный не термодинамический параметр является основным индикатором качества воздушной среды в помещении. О негативном воздействии повышенной концентрации двуокиси углерода на самочувствие, здоровье и работоспособность человека хорошо известно [3, 4]. В [5] указано на необходимость учета концентрации углекислого газа в помещениях с пребыванием людей в течение рабочего дня.

Следует отметить важность контроля за состоянием газового состава внутренней среды помещений с пребыванием людей, в которых помимо накопления вредностей от людей происходит эмиссия веществ с поверхности строительных и отделочных материалов [6].

Согласно [2] уравнение (1) действительно при допущении, что вредные вещества распределяются по всему объему помещения равномерно, а искомая концентрация вредного вещества C^{co2}, мг/м^3, является средней по объему величиной.

Из вышеизложенного следует, что в помещениях умственного труда с пребыванием людей необходимо организовывать эффективные системы создания и обеспечения высокого качества воздушной среды. К таким системам можно отнести:

- ✓ системы вытесняющей вентиляции [7];
- ✓ системы смешивающей вентиляции с размещением рециркуляционных воздухоочистителей. При организации данной схемы следует учесть важность правильного расчета воздухораспределительных устройств и их обоснованного размещения. В противном случае приточный воздух не достигает обслуживаемой зоны помещения, не ассимилирует/разбавляет/удаляет выделяющиеся вредности, а возникает переток воздуха из приточных устройств в вытяжные с образованием застойных зон в помещении [8];

✓ системы динамического микроклимата, способные создавать условия в помещении, близкие к «природным, естественным» [9];

✓ системы персональной вентиляции с организацией подачи приточного воздуха в зону дыхания человека [10, 11].

При проектировании и разработке вышеупомянутых систем следует учитывать вид и характер распределения выделяющихся вредных веществ с учетом специфики деятельности находящихся в помещении людей.

Заключение.

В условиях эксперимента изменение температур характеризуется на начальном этапе резким ростом, затем сменяется плавным увеличением в течение всего времени исследования. Такой характер изменения исследуемых параметров свидетельствует о том, что в начальный период времени происходит нагрев внутреннего воздуха, а в последующий – нагрев ограждающих поверхностей помещения (стены, пол, потолок) с выраженным увеличением радиационной температуры помещения.

Установлено, что изменения относительной влажности практически не происходит: значение колеблется на уровне первоначального значения с небольшими отклонениями ±2 % от исходной величины, что свидетельствует о малом количестве влагопоступлений от человека в помещение.

Выявлено значительное увеличение концентрации углекислого газа во время проведения эксперимента, что говорит о важности контроля и регулирования состояния газового состава внутренней среды помещений с пребыванием людей.

Учитывая высокую достоверность величины аппроксимации, полученной экспериментально, сделан вывод о линейном характере изменения концентрации двуокиси углерода в помещении умственного труда при пребывании человека в нем на протяжении 8-ми часового рабочего дня (при бездействии вентиляционных систем) и относительной равномерности распределения исследуемого вредного вещества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Лобанов, Д. В.** Обоснование учета комплекса физических параметров человека при проектировании систем вентиляции / Д. В. Лобанов, И. И. Звенигородский, Б. П. Новосельцев, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 1(20). – С. 48-58.

2. **Каменев, П. Н.** Вентиляция: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» направления подготовки дипломированных специалистов «Строительство» / П. Н. Каменев, Е. Н. Тертичник. – Москва: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2008. – 614 с.

3. **Агаджанян, Н. А.** Физиологическая роль углекислоты и работоспособность человека / Н. А. Агаджанян, Н. П. Красников, И. Н. Полунин. – Москва – Астрахань – Нальчик: Астраханский государственный медицинский университет, 1995. – 188 с.

4. **Мансуров, Р. Ш.** Влияние концентрации углекислого газа на организм человека / Р. Ш. Мансуров, М. А. Гурин, Е. В. Рубель // Universum: технические науки. – 2017. – № 8(41). – С. 20-23.

5. **Губернский, Ю. Д.** Обоснование допустимого уровня содержания диоксида углерода в воздухе помещений жилых и общественных зданий / Ю. Д. Губернский, Н. В. Калинина, Е. Б. Гапонова, И. М. Банин // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93. – № 6. – С. 37-41.

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

7. **Еремкин, А. И.** Преимущества вытесняющей вентиляции используемых в зданиях различного назначения / А. И. Еремкин, И. К. Пономарева, А. А. Мишин, А. В. Мочалов // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2022. – № 3(40). – С. 168-175.

8. **Лобанов, Д. В.** Экспериментальные исследования энергоэффективности работы систем климатизации в офисном помещении / Д. В. Лобанов, Р. А. Шепс, Н. В. Портнова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2018. – Т. 14. – № 3. – С. 71-79.

9. **Ловцов, В. В.** Системы кондиционирования динамического микроклимата помещений / В. В. Ловцов, Ю. Н. Хомутецкий – М.: Стройиздат, 1991. – 150 с.

10. **Лобанов, Д. В.** Системы персональной энергосберегающей вентиляции офисных помещений / Д. В. Лобанов, А. А. Мерщиев, С. А. Соловьев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 3(2). – С. 60-69.

11. **Капко, Д. В.** Персональная вентиляция. Время перейти от теории к практике! / Д. В. Капко, Р. В. Афанасьев // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2016. – № 5. – С. 18-23.

Поступила в редакцию 8 сентября 2022

EXPERIMENTAL STUDY OF CHANGES IN THE VALUES OF INDOOR AIR PARAMETERS IN THE WORKING AREA OF THE PREMISES OF MENTAL LABOR

D. V. Lobanov, I. I. Zvenigorodsky, S. A. Safonov

Dmitry Valeryevich Lobanov, Senior Lecturer at the Department of Housing and Utilities Sector, 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 the Department, the 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

Sergey Aleksandrovich Safonov, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Professor of the Department, the 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 performed the experimental study of changes in the air parameters in the room of mental labor during the 8-hour working day in the absence (inactivity) of ventilation systems. We plotted graphs of parameter changes, revealed their regularities in these changes, which are approximated by various functions with the highest determination value: logarithmic, power, linear. As well we determined values of percentage changes of air parameters during a working shift of a brainworker. Also we determined the conformity between the character of changes in the carbon dioxide concentration obtained experimentally with the theoretical data presented in the reference technical literature. In the end we show the importance of developing effective systems of organizing a comfortable microclimate in premises.

Keywords: indoor air parameters; mental labor; carbon dioxide concentration; microclimate.

REFERENCES

1. **Lobanov D. V., Zvenigorodsky I. I., Novoseltsev B. P., Kononova M. S.** *Rationale for taking into account the complex of human physical parameters when designing ventilation systems*. Housing economy and communal infrastructure. 2022. No. 1(20). Pp. 48-58. (in Russian)

2. **Kamenev P. N., Tertichnik E. N.** *Ventilation. Textbook for the students of higher educational institutions on a speciality Heat and gas supply and ventilation of the direction of preparation of the graduated specialists Building*, Moscow, Publishing house of Association of build.

high schools. 2008. 614 p. (in Russian)

3. **Agadzhanyan N. A, Krasnikov N. P., PoluninI. N.** *The physiological role of carbon dioxide and human performance.* Moscow – Astrakhan – Nalchik, Astrakhan State Medical University. 1995. 188 p. (in Russian)

4. **Mansurov R. Sh., Gurin M. A., Rubel E. V.** *Effect of carbon dioxide concentration on the human body.* Universum, Technical Sciences. 2017. № 8(41). Pp. 20-23. (in Russian)

5. **Gubernsky Yu. D., Kalinina N.V., Gaponova E.B., Banin I.M.** *Justification of the permissible level of carbon dioxide in the air of residential and public buildings.* Hygiene and Sanitation. 2014. T. 93. No. 6. Pp. 37-41. (in Russian)

6. **Waddn R. A., Sheff P. A.** *Air pollution in residential and public buildings: Characteristics, prediction, control*. Moscow, Stroyizdat. 1987. 160 p. (in Russian)

7. **Eremkin A. I., PonomarevaI. K., Mishin A. A., Mochalov A. V.** *Advantages of displacement ventilation used in buildings of different purposes.* Education and Science in the Modern World. Innovations. 2022. No. 3(40). Pp. 168-175. (in Russian)

8. **Lobanov D. V., Sheps R. A., Portnova N. V.** *Experimental study of energy efficiency of air conditioning systems in office building*. Bulletin of Voronezh State Technical University. 2018. T. 14. No. 3. Pp. 71-79 (in Russian)

9. **Lovtsov V. V., Khomutetsky Y. N.** *Air conditioning systems dynamic microclimate of the premises*. Moscow, Stroyizdat. 1991. 150 p.;(in Russian)

10. **Lobanov D. V., Mershiev A. A., Solovyov S. A.** *The system of individual energy saving ventilation in office space.* Housing economy and communal infrastructure. 2017. No.3(2) Pp. 60-69. (in Russian)

11. **Kapko D. V., Afanasiev R. V.** *Personal ventilation. Time to go from theory to practice!* AVOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermophysics. 2016. No. 5. Pp. 18-23. (in Russian)

Received 8 September 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Лобанов, Д. В. Экспериментальное исследование изменения величин параметров внутреннего воздуха в рабочей зоне помещения умственного труда / Д. В. Лобанов, И. И. Звенигородский, С. А. Сафонов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 51-60.

FOR CITATION:

Lobanov D. V., Zvenigorodsky I. I., Safonov S. A. *Experimental study of changes in the values of indoor air parameters in the working area of the premises of mental labor*. Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 51-60. (in Russian)

УДК 697.341

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПРОЕКТНЫЙ ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК ТЕПЛОВОЙ СЕТИ ЖИЛОГО РАЙОНА

Д. Н. Китаев, С. Г. Тульская, А. В. Горлова

Китаев Дмитрий Николаевич, канд. техн. наук., доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(906)671-02-84; e-mail: dim.kit@rambler.ru
Тульская Светлана Геннадьевна, канд. техн. наук., доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(920)228-66-65; e-mail: tcdtnkfyf2014@yandex.ru
Горлова Анна Вячеславовна, инженер, АО «Газпроектинжиниринг», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(951)866-81-05; e-mail: gorlova.a21@yandex.ru

В статье рассматривается вопрос о целесообразном проектном температурном графике тепловой сети. На примере перспективного жилого района, состоящего из 15 жилых зданий этажностью от 12 до 20 и одного торгового центра, проведен гидравлический расчет тепловой сети при использовании проектных графиков 95/70, 110/70, 130/70, 150/70. Установлено, что при изменении температуры от 95 до 150 °С значение расхода уменьшается в 2,26 раза, диаметр выходного трубопровода в 1,72 раза, материальная характеристика в 1,45 раза, а потеря напора увеличивается в 2,28 раза. Определено значение мощности сетевого насоса в зависимости от проектной температуры воды с учетом подключения абонентов по независимой схеме, изменения плотности воды и напора насоса, обеспечивающего нормативные требования работы сети. На основе нахождения значения сметной стоимости тепловой сети и затрат на транспортировку теплоносителя в зависимости от планируемого срока службы сети и температурного графика регулирования установлены оптимальные значения проектных температур воды в сети.

Ключевые слова: тепловая сеть; температурный график; материальная характеристика; потери напора; сметная стоимость; температура теплоносителя.

Одной из важнейших задач теплоснабжения является обеспечение потребителей тепловой энергий нормативного качества в необходимом объеме. Современная инфраструктура городов активно развивается, в генеральных планах утверждаются перспективные участки застройки. Зачастую происходит строительство небольших районов (микрорайонов), состоящих из нескольких десятков зданий. При невозможности подключения к существующим источникам тепловой энергии, обычно принимается решение о строительстве котельной, обеспечивающей энергией весь строящийся район. Одной из важнейших задач является разработка графика регулирования тепловой нагрузки потребителей.

Температурный график регулирования тепловой нагрузки позволяет отпускать расчетное количество тепловой энергии потребителю, зависящее от наружной температуры воздуха. В последние десятилетия широко распространены для регулирования тепловой нагрузки небольших микрорайонов проектные температурные графики в диапазоне 95/70…105/70. Для выработки тепловой энергии в котельных таких районов преимущественно используются газотрубные котлы, с максимальной температурой нагрева до 115 °С. Отечественными учеными большое внимание уделяется исследованию температурных графиков, преимущественно крупных централизованных систем. По данным авторов [1] финансовые затраты на потери теплоты и перекачку теплоносителя оказались минимальными при проектной температуре 137,5 °С, а исходный был 105. На примере жилого здания в г. Воронеж, авторами [2] установлено, что переход с температурного графика

© Китаев Д. Н., Тульская С. Г., Горлова А. В., 2022

105/70 на 150/70 способствует значительной экономии тепловой энергии. Также по показателям материальной характеристики сети [3], затрат на транспортировку [4] и уменьшения времени работы в области излома графика [5, 6] предпочтительнее повышенные проектные температуры. С другой стороны, указывается на существующую необходимость снижения температурного графика по причине завышенных проектных норм по расходу теплоты на вентиляцию [7], а также с целью экономии природного газа и снижению себестоимости тепловой энергии [8]. Указывается необходимость разработки и внедрения пониженных температурных графиков в автономных системах промпредприятий [9].

Для обоснования проектного температурного графика был выбран перспективный жилой район строительства, состоящий из 15 жилых зданий этажностью от 12 до 20 и одного торгового центра. Расчетные нагрузки района составляют:

- ✓ на отопление 7,644 МВт;
- ✓ на вентиляцию 0,0484 МВт;
- ✓ на горячее водоснабжение 2,575 МВт.

Был проведен гидравлический расчет тепловой сети района при использовании проектных графиков 95/70, 110/70, 130/70, 150/70. На рис. 1 представлена зависимость расхода воды и диаметра трубопровода на выходе из котельной от проектной температуры, а на рис. 2 – зависимость материальной характеристики сети M и потерь напора ΔH от проектной температуры.

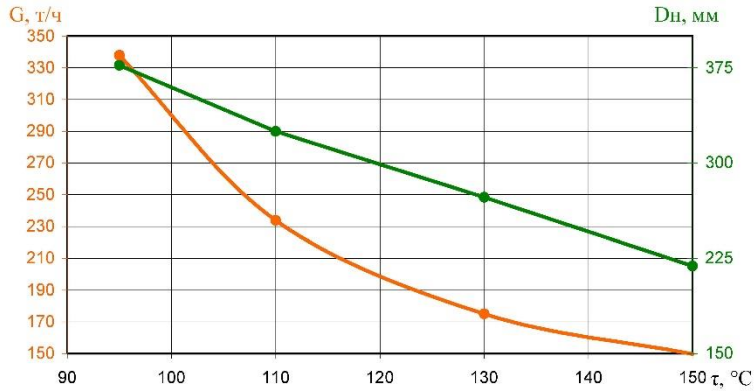


Рис. 1. Зависимость расхода воды и диаметра трубопровода от проектной температуры в сети

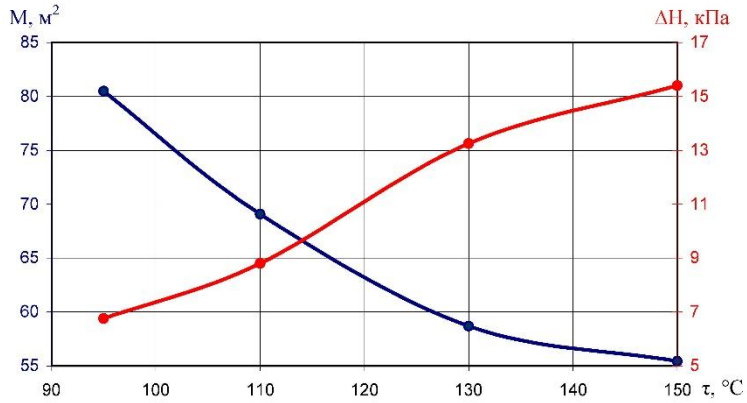


Рис. 2. Зависимость материальной характеристики и потерь напора от проектной температуры воды в сети

На основе анализа представленных на рис. 1, 2 зависимостей можно сделать следующие выводы. При увеличении проектного значения температуры воды в тепловой сети происходит уменьшение расхода воды, диаметра трубопровода (на выходе из котельной), ма-

териальной характеристики, а значение потерь напора по расчетной магистрали увеличивается. Следует отметить, что при изменении температуры от 95 до 150 °С значение расхода уменьшается в 2,26 раза, диаметр выходного трубопровода в 1,72 раза, материальная характеристика в 1,45 раза, а потери напора увеличиваются в 2,28 раза.

Увеличение потерь напора при неизменном расходе будет способствовать увеличению мощности привода сетевого насоса, установленного в котельной, однако в нашем случае изменяется расход и плотность воды. Мощность привода сетевого насоса определялась по формуле:

$$N = \frac{10^{-3} Q \rho g H}{3600 \eta \eta_M \eta_Э},$$

где Q – значение подачи насоса, м^3/ч; H – напор насоса, м. вод. ст.; ρ – плотность воды, кг/м^3; g – ускорение силы тяжести, м/с^2; η_M – КПД механической передачи; $\eta_Э$ – электрический КПД; η – КПД насоса.

Напор насоса H определялся для каждой рассматриваемой проектной температуры с учетом требований эксплуатации в части обеспечения давления в подающей и обратной магистрали, преодоления сопротивления индивидуального теплового пункта здания и потерь напора при транспортировке. На рис. 3 представлены зависимости напора насоса и мощности привода насоса для различных проектных температур воды в тепловой сети.

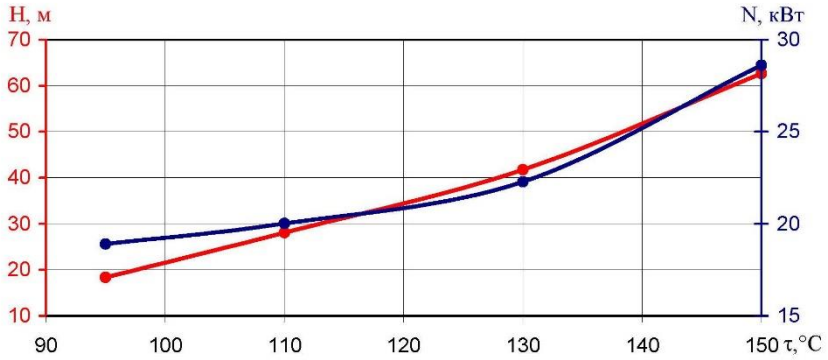


Рис. 3. Зависимость напора сетевого насоса и мощности привода от температуры воды в сети

Из рис. 3 видно, что затрачиваемая мощность будет увеличиваться при увеличении проектного значения температуры воды. При переходе с температуры 95 °С на 110 °С, затрачиваемая мощность увеличится на 1,12 кВт, а с 95 °С на 150 °С – на 9,71 кВт. Напор насоса также возрастает с увеличением температуры. При переходе с проектной температуры 95 °С на 150 °С напор увеличивается с 18,35 м до 62,68 м, что связано прежде всего с необходимостью обеспечения давления невскипания транспортируемой жидкости.

Потери напора по расчетной магистрали в рассмотренной сети малой протяженности незначительно влияют на напор насоса и в рассматриваемом примере в среднем составляют 6,2 % (для суммы подающего и обратного трубопровода). В рассмотренном примере (для небольшой сети при независимой схеме подключения) при температурах, превышающих 100 °С, определяющим фактором значения напора является давление насыщения, при меньших температурах – потери напора в ИТП.

Для принятия решения о температурном графике необходимо ответить на вопрос – что экономически целесообразнее: повышение проектной температуры воды и, как следствие, уменьшение диаметров трубопроводов и повышение расхода электроэнергии или снижение температуры, способствующее большей металлоемкости, но меньшим затратам на транспортировку.

Капитальные вложения в строительство тепловой сети были определены по укрупненным нормативам цен на строительство по базовым ценам 2017 года. Расчеты проводились

с учетом данных Росстата по значению инфляции для рассматриваемой территории за 5 лет, составляющей 27 %. На рис. 4 представлены графики суммарных затрат на строительство тепловой сети и на транспортировку теплоносителя в зависимости от принятой проектной температуры воды при различных сроках службы.

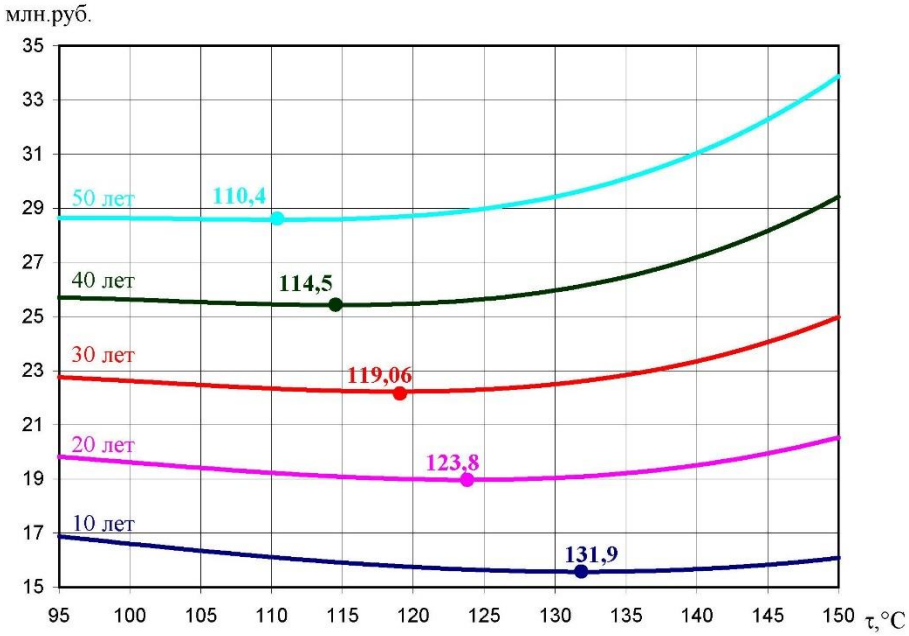


Рис. 4. Зависимость суммарного значения капитальных вложений и затрат на транспортировку от температуры воды в сети

Как видно из рис. 4, функциональные зависимости имеют минимальные значения в исследуемом диапазоне. По сути, экстремумы функций и являются оптимальными значениями проектных температур воды, т.к. значение суммарных затрат минимально. Характерна тенденция уменьшения оптимальной проектной температуры воды в тепловой сети при увеличении срока службы. При проектном сроке службы 10 лет, оптимальная проектная температура для рассматриваемой системы составляет 131,9 °С, 30 лет – 119,6 °С, 50 лет – 110,4 °С. Согласно действующим в настоящее время рекомендациям, срок службы тепловых сетей следует принимать не менее 30 лет, тогда для рассматриваемой системы оптимальный проектный температурный график будет 119,6/70.

Обобщая полученные данные можно заключить, что выбор оптимального температурного графика является многокритериальной задачей. Итоговое значение проектных температур зависит от климатической характеристики, стоимости материалов и оборудования тепловой сети, а также проектного периода эксплуатации. Очевидно, что проектный срок далеко не всегда будет соответствовать фактическому. Цены на оборудование и монтаж и даже электроэнергию отличаются по регионам страны, иногда значительно. Также логично предположить, что оптимальный температурный график будет изменяться при подключении (отключении) потребителей к сети, проведении капитальных ремонтов зданий и внедрении мероприятий по энергосбережению. Температурный график должен быть гибким инструментом, способным трансформироваться на протяжении жизненного цикла системы теплоснабжения. Конечно, рассмотренный расчет можно назвать ориентировочным, т.к. он учитывает только основные критерии, в наибольшей степени влияющие на затраты. Однако, рассмотренный пример в условиях реального срока эксплуатации системы теплоснабжения показывает, что температурные графики будут оптимальными при температурах, больших, чем те, которые получили распространение в последние годы, а именно 95/70 – 105/70.

Заключение.

На примере перспективного жилого района, расположенного в г. Новосибирск показано, что оптимальный температурный график центрального качественного регулирования тепловой нагрузки потребителя, принимаемый в системе теплоснабжения, является функцией многих переменных. Определять оптимальное значение необходимо для каждой системы теплоснабжения индивидуально.

Также показано, что оптимальные проектные температуры будут меняться в зависимости от проектного срока службы. В рассматриваемом примере на диапазоне сроков службы тепловых сетей от 10 до 50 лет показано, что оптимальные значения проектной температуры воды находятся в интервале от 131,9 °С до 110,4 °С.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Корягин, А. В.** Оптимизация температурного графика магистральных трубопроводов при надземной прокладке / А. В. Корягин // Вестник МЭИ. – 2016. – №5. – С. 94-97.

2. **Деменьтьев, С. А.** Экономический эффект от автоматизации индивидуального теплового пункта жилого дома при разных режимах подачи теплоносителя / С. А. Дементьев, М. Н. Жерлыкина, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 4(3). – С. 90-97.

3. **Лобова, Е. А.** Влияние температурного графика тепловой сети на материальную характеристику / Е. А. Лобова, О. Ю. Ильин, А. Г. Ляхнович, Д. Е. Чебуланкин // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2020. – № 1. – С. 198-203.

4. **Миргородский, А. И.** О температурных графиках / А. И. Миргородский // Новости теплоснабжения. – 2018. – № 8. – С. 20-23.

5. **Китаев, Д. Н.** Расчет температуры наружного воздуха в точке излома температурного графика /Д.Н. Китаев // Новости теплоснабжения. – 2012. – №10. – С. 46-48.

6. **Китаев, Д. Н.** Температурные графики тепловых сетей в условиях г. Воронеж / Д. Н. Китаев, И. Ю. Фильшина // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2019. – № 1. – С. 78-83.

7. **Петрущенков, В. А.** Расчет режимов работы централизованных систем теплоснабжения в непроектных условиях / В. А. Петрущенков // Теплоэнергетика. – 2022. – № 5. – С. 84-98.

8. **Соломин, И. Н.** Оптимизация режимов эксплуатации и параметров систем централизованного коммунального теплоснабжения / И. Н. Соломин, А. З. Даминов, Р. А. Садыков // Известия КГАСУ. – 2018. – № 2(44). – С. 184-191.

9. **Щелоков, А. Я.** О роли температурных графиков в повышении эффективности тепловых сетей / А. Я. Щелков, Я. М. Щелоков // Энергосбережение. – 2021. – № 2. – С. 44-46.

Поступила в редакцию 13 сентября 2022

OPTIMAL PROJECT TEMPERATURE SCHEDULE OF THE HEAT NETWORK IN A RESIDENTIAL AREA

D. N. Kitaev, S. G. Tulskaya, A. V. Gorlova

Dmitry Nikolaevich Kitaev, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(906)671-02-84; e-mail: dim.kit@rambler.ru

Svetlana Gennadievna Tulskaya, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor at the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(920)228-66-65; e-mail: tcdtnkfyf2014@yandex.ru

Anna Vyacheslavovna Gorlova, engineer, JSC Gazprojectengineering, Voronezh, Russia, tel.: +7(951)866-81-05; e-mail: gorlova.a21@yandex.ru

The article deals with the question of an expedient project temperature schedule for a heat network. On the example of a promising residential area, consisting of 15 residential buildings of 12…20 storeys and one shopping center, we carried out a hydraulic calculation of the heat network, using 95/70, 110/70, 130/70 and 150/70 project schedules. We established that when the temperature changes from 95 to 150 °C, the flow rate decreases by 2.26 times, the diameter of the outlet pipeline decreases by 1.72 times, the material characteristic – by 1.45 times, and the heat loss increases by 2,28 times. The value of the power of the network pump is determined depending on the project water temperature, taking into account the connection of consumers through the independent scheme, changes in the density of water and pressure of the pump, which ensures the regulatory requirements for the operation of the network. Having found the value of the estimated cost of the heat network and the cost of transporting the heat carrying agent, depending on the planned service life of the network and the temperature control schedule, we determined the optimal values of the project water temperatures in the network.

Keywords: heat network; temperature chart; material characteristic; heat loss; estimated cost; temperature of the heat carrying agent.

REFERENCES

1. **Koryagin A. V.** *Optimization of the temperature graph of main pipelines during overhead laying.* Vestnik MPEI. 2016. No. 5. Pp. 94 - 97. (in Russian)

2. **Dementiev S. A., Zherlykina M. N., Kononova M. S.** *Economic effect from automation of an individual heating point of a residential building under different modes of heat carrier supply.* Housing and communal infrastructure. 2017. No. 4(3). Pp. 90-97. (in Russian)

3. **Lobova E. A., Ilyin O. Yu., Lyakhnovich A. G., Chebulankin D. E.** *Influence of the temperature graph of the heating network on the material characteristic.* High technologies in the construction industry. 2020. No. 1. Pp. 198-203. (in Russian)

4. **Mirgorodsky A. I.** *On temperature graphs*. News of heat supply. 2018. No. 8. Pp. 20-23. (in Russian)

5. **Kitaev D. N.** *Calculation of the outdoor air temperature at the break point of the temperature graph.* News of heat supply. 2012. No. 10. Pp. 46-48. (in Russian)

6. **Kitaev D. N., Filshina I. Yu.** *Temperature graphs of heating networks in the conditions of Voronezh.* High technologies in the construction industry. 2019. No. 1. Pp. 78-83. (in Russian)

7. **Petrushchenkov V. A.** *Calculation of operating modes of centralized heat supply systems in non-design conditions*. Thermal power engineering. 2022. No. 5. Pp. 84-98. (in Russian)

8. **Solomin I. N., Daminov A. Z., Sadykov R. A.** *Optimization of operating modes and parameters of centralized communal heat supply systems.* Izvestiya KGASU. 2018. No. 2(44). Pp. 184 - 191. (in Russian)

9. **Shchelokov A.Ya., Shchelokov Ya.M.** *On the role of temperature graphs in improving the efficiency of thermal networks.* Energy saving. 2021. No. 2. Pp. 44-46. (in Russian)

Received 13 September 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Китаев, Д. Н. Оптимальный проектный температурный график тепловой сети жилого района / Д. Н. Китаев, С. Г. Тульская, А. В. Горлова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 61-66.

FOR CITATION:

Kitaev D. N., Tulskaya S. G., Gorlova A. V. *Optimal project temperature schedule of the heat network in a residential area*. Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 61-66. (in Russian)

УДК 628.16.069:504.45.058

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ СТРУЙНЫХ АЭРАТОРОВ

В. В. Помогаева

Помогаева Валентина Васильевна, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(950)7532886; e-mail: pomogaeva8@ mai.ru

В статье рассматриваются струйные аэраторы, предназначенные для насыщения воды кислородом воздуха. Обозначены проблемы эвтрофикацирования водоемов и вариант решения данной проблемы. Проведена оценка некоторых технологических показателей аэрации. Рассмотрены основные виды насадков, предназначенных для струйного аэрирования воды атмосферным кислородом, работающих без использования технического кислорода. Приведена схема движения отдельных элементов при струйной аэрации для определения массообмена. Детально рассмотрены процессы определяющие скорости движения струй воды и воздушных пузырьков при струйной аэрации. Установлены факторы, влияющие на насыщение воды кислородом. Выполнены экспериментальные исследования с конусным, цилиндрическим и щелевым насадками, установленными на напорном патрубке насоса. Оценены размеры и глубина проникновения в воду пузырьков воздуха, образующихся при струйной аэрации разными насадками. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению содержания в воде кислорода. Показана скорость насыщения воды кислородом при струйной аэрации различными насадками. Приведен метод экспериментального определения эффективности аэрации, в зависимости от окислительной способности аэратора и затраченной электроэнергии, с учетом объемного коэффициента массопередачи. Определены окислительные способности аэраторов в зависимости от вида насадков. Для максимального массообмена, выявлен наиболее эффективный вид насадка: цилиндрический с двенадцатью цилиндрическими отверстиями, расположенными по окружности, и одному конусному в центре. Показаны области применения рассматриваемых насадков в системе водоподготовки и улучшения качества воды малопроточных водоемов. Предложено применение искусственной аэрации воды, позволяющей насыщать воду атмосферным кислородом, для улучшения качества воды и среды обитания водных микроорганизмов.

Ключевые слова: струйная аэрация; насыщение воды кислородом; эвтрофикация; массообмен.

В последнее время все актуальнее становится вопрос о загрязнении, обмелении и зарастании малых рек и водоемов, которые, как правило, располагаются на территории с недостаточной водообеспеченностью. Поступление дождевых, талых, очищенных сточных вод, условно чистых вод промышленных предприятий с большим количеством различных химических веществ, нефтепродуктов, удобрений, взвешенных веществ и органических соединений приводит к загрязнению водоемов. Происходит накопление органических, токсичных и биогенных веществ, что приводит к постоянному заилению и загрязнению в малопроточных местах водоема.

При поступлении органических веществ в застойных зонах развиваются процессы эвтрофирования малопроточных и непроточных мест реки, которые сопровождается вторичным загрязнением токсичными видами сине-зеленых водорослей, детритом фито- и зоопланктона [1]. Разложение биомассы сопровождается рядом экологически опасных явлений: дефицитом кислорода, выделением токсинов, бактериальным загрязнением, образованием ароматических веществ [2]. Вода, насыщенная продуктами метаболизма водорослей аллергенна, токсична и непригодна для использования в питьевом водоснабжении, она вы-

© Помогаева В. В., 2022

зывает различные заболевания у людей, рыб и теплокровных животных. В эвтрофированных водоемах из-за дефицита кислорода возможна массовая гибель рыб, зоопланктона.

Для оздоровления таких водоемов и поддержания водной биоты, предлагается применение искусственной аэрации воды, позволяющей насыщать воду атмосферным кислородом [3]. Проведена оценка некоторых технологических показателей аэрации. При проведении эксперимента использовались насадки следующих видов (рис. 1): конусный, цилиндрический, щелевой. Направление движение воды вертикальное, от резервуара.

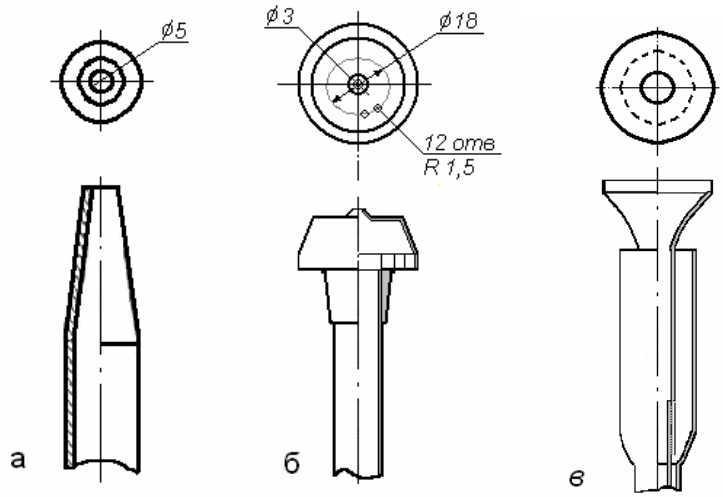


Рис. 1. Схема насадков для подающего патрубка
а – конусный; б – цилиндрический; в – щелевой

При распыливании из конусного насадка образуется вертикальная одиночная струя. Цилиндрический насадок при работе создает многоструйное истечение. Щелевой – пленочное истечение по периметру насадка. В зависимости от напора и зазора между корпусом щелевого насадка можно регулировать радиус разбрызгивания, но при недостаточном напоре создается частичное пленочное истечение.

Схема установки с определением скоростей движения струй и воздушных пузырьков конусного насадка показана на рис. 2.

При движении струй воды вертикально вверх, выделяется три зоны: компактная, вертикальная, распыливающая. На схеме (рис. 2) показаны скорости движения отдельной капли жидкости. Массообмен осуществляется в двух случаях:

1) при движении струи, а, следовательно, и каждой капли воды, от насадка.
2) при движении образующихся пузырьков воздуха в воде.

Рассмотрим скорость движения отдельной капли (рис. 2). Выход осуществляется под действием энергии, создаваемой насосом. При этом скорость от $\upsilon_0 = 0$ растет до $\upsilon_{под}$ с переменной скоростью, за счет сопротивления воздуха. При достижении каплей максимальной высоты скорость уменьшается до $U_0 = 0$, далее происходит падение капли со скоростью витания $\upsilon_{опуск}$. При движении капли вверх и вниз происходит насыщение ее кислородом воздуха за счет поверхностного массопереноса (O_2 → вода). Падение капли сопровождается захватом пузырьков воздуха.

Глубина проникновения пузырьков зависит от остаточной энергии капли. В воде происходит массообмен от пузырька воздуха (O_2 → вода) и за счет растворения насыщенных кислородом капель (O_2+вода → вода). Теоретическое определение массообмена приведено в работах [4…8], но для практического применения при эксплуатации, такие расчеты вызывают значительные затруднения из-за большого количества параметров, необходимых для определения. Существует вероятность возникновения погрешности, превышающей 10 %.

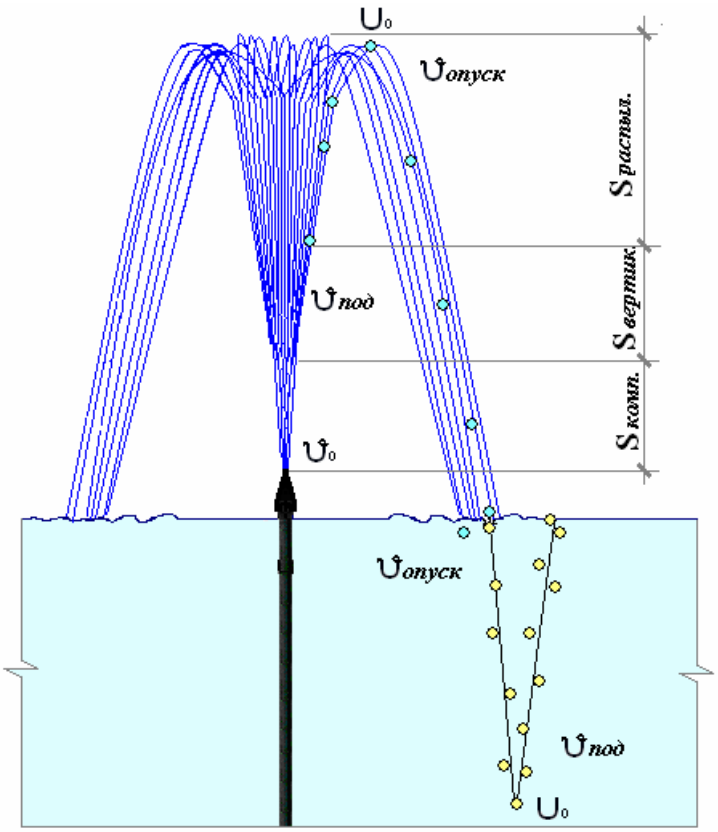


Рис. 2. Схема аэрации одиночной струей

От конструктивных особенностей аэрационной системы зависят площадь поверхности контакта фаз, время и скорость массопередачи кислорода из воздушных пузырьков в жидкость. Для определения этих параметров были проведены экспериментальные исследования. Опыты проводились в резервуаре с погружным насосом малой производительности, с параметрами: расход 92 л/с, напор 0,7 м, мощность электродвигателя 4,5 Вт. На напорном патрубке устанавливались насадки (см. рис. 1). Основные параметры воды определялись анализатором, показывающим содержание кислорода в воде и ее температуру. За счет использования электрохимического дистанционного стержня, замеры определялись в разных точках резервуара. При проведении эксперимента, для определения насыщения водой кислородом при самых неблагоприятных условиях, из воды удалялся растворенный кислород сульфитом натрия.

Проведенные опыты с конусным насадком (рис. 1, а) показывают, что при образовании вертикальной струи, образуются крупные пузырьки, с небольшой глубиной проникания. Массообмен таких пузырьков недостаточен, их схлопывание происходит быстрее, чем полное растворение кислорода. Установлено, что аэрация одной струей малоэффективна, поэтому необходимо использовать в совокупности несколько струй или подавать струю под большим напором [2].

При испытании насадка с двенадцатью цилиндрическими отверстиями, расположенными по окружности, и одному конусному в центре (рис. 1, б), образуются пузырьки разного размера (от 1 мм и мельче), за счет разбрызгивания воды на мелкие капли. При этом опыты показали, что полное насыщение воды кислородом произошло через 60 минут работы аэратора (таблица, рис. 3).

Проведенные опыты со щелевым насадком (рис. 1, в), показывают, что при пленочном истечении воды образуются пузырьки размера 1,5-1,0 мм, причём образуется больше крупных пузырьков. При истечении образуется пленка воды в виде полусферы, при этом пленочное поверхностное насыщение воды кислородом незначительное, по сравнению с ци-

линдрическим насадком. Образование пузырьков происходит около насадка, радиус разбрызгивания зависит от диаметра насадка и напора в подающем патрубке. Пузырьки глубоко проникают в воду, насыщая нижние слои воды. Здесь отчетливо видны движения пузырьков вниз, их равновесное состояние и спиралевидное движение вверх.

Определение содержания в воде кислорода

Время измерений	Содержание кислорода в воде в зависимости от типа насадка, мг/л									
	цилиндрический с отверстиями				конусный				кольцевой	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	3,90	3,70	3,75	3,81	1,00	1,10	1,05	1,15		
20	5,21	5,50	5,33	5,43	2,00	1,80	1,84	1,83	1,50	1,41
30	7,00	7,10	7,02	7,09	2,51	2,71	2,61	6,66		
40	7,50	7,70	7,62	7,65	3,62	3,82	3,71	3,66	2,30	2,32
50	8,52	8,31	8,60	8,41	4,40	5,00	5,68	5,01		
60	8,80	9,10	9,10	8,82	5,11	5,3	5,21	5,25	3,70	3,62
70	9,10	9,10	9,10	9,10	5,61	5,80	5,71	5,75		
80	9,10	9,10	9,10	9,10	6,22	6,50	6,33	6,45	3,90	3,81
90	-	-	-	-	7,00	7,10	6,99	7,10		
100	-	-	-	-	7,7	7,9	7,78	7,80	4,30	4,20
120	-	-	-	-	8,1	8,3	8,20	8,37	4,90	5,00
140	-	-	-	-	8,4	8,5	8,44	8,92	5,00	5,00
160	-	-	-	-	9,10	9,10	9,10	9,10	5,1	5,2

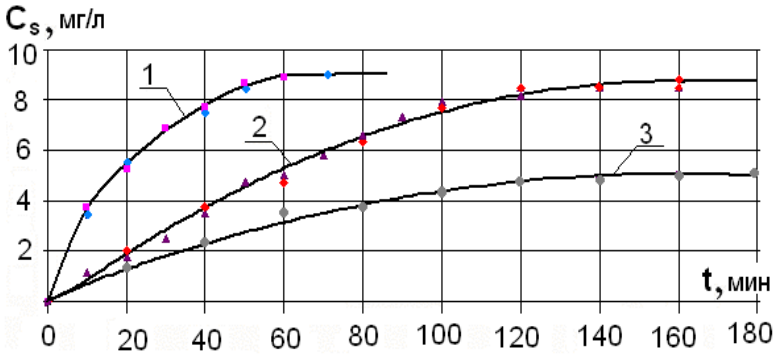


Рис. 3. Скорость насыщения воды кислородом при струйной аэрации различными насадками: 1- конусный; 2- цилиндрический; 3 - щелевой

При небольших напорах щелевой насадок образует струи в виде усеченной по диагонали полусферы. В данном случае образуются пузырьки размером от 20 мм до 1 мм в диаметре. Такие размеры пузырьков объясняются различным диаметром капель, ниспадающих с пленки жидкости [3]. Проникновение кислорода происходит как в глубинные слои жидкости, так и в верхние.

Скорость насыщения воды кислородом при применении различных видов насадков в процессе аэрирования воды показана рис.3. Эксперимент проводился при температуре воды 20 ^{o}C, максимальное содержание кислорода, при таких условиях составляет Cs = 9,1 мг/л. Кислород в начале опытов отсутствовал.

Применение конусного насадка показало лучшие результаты: полное насыщение воды кислородом происходит через 60…70 минут работы установки (рис. 3, поз. 1). Максимальное содержание кислорода при применении цилиндрического насадка было достигнуто через 160 минут (рис. 3, поз. 2). Полное насыщение кислородом при применении щелевого насадка не было достигнуто доже через 3 часа (рис. 3, поз. 3).

Эффективность аэрации Э, гO_2/Вт·ч, в зависимости от окислительной способности аэратора и затраченной электроэнергии определялась по формуле:

$$Э = \frac{OC}{P}, \quad (1)$$

где ОС – окислительная способность аэратора, г/ч; Р – количество электроэнергии потребляемое насосом при работе аэратора, Вт.

Окислительная способность аэратора может быть определена по формуле [3]:

$$\text{ОС} = C_s \cdot V \cdot K_{La}, \quad (2)$$

где C_s – концентрация насыщения воды кислородом в условиях проведения эксперимента, для данной температуры, мг/л; V –аэрируемый объем воды, л; K_{La} – объемный коэффициент массопередачи (O_2+вода → вода).

Объемный коэффициент массопередачи, определяется по формуле [3]:

$$K_{La} = \frac{2,303}{t_2 - t_1} \lg \frac{(C_s - C_1)}{(C_s - C_2)}, \quad (3)$$

где C_1 – содержание кислорода в начале опыта, мг/л; C_2 – содержание кислорода через определенный период времени, мг/л; t_1, t_2 – время начала и конца опытов, мин. (час).

Зависимость эффективности от высоты струи из цилиндрического насадка, определенная по формулам (1)…(3) и экспериментальным данным, показана на рис. 4.

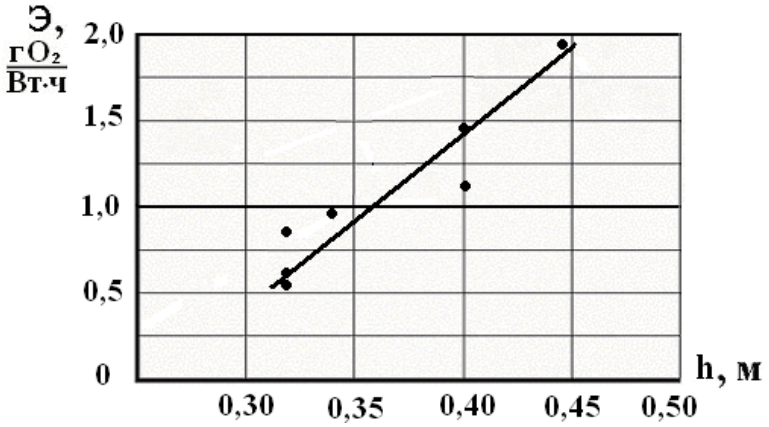


Рис. 4. Зависимость эффективности аэрирования воды от высоты струй из цилиндрического насадка

Высота струй влияет как на скорость насыщения жидкости кислородом воздуха, так и на объемный коэффициент массопередачи: чем выше струя, тем быстрее происходит насыщение воды кислородом. Эффективность аэрации многоструйным насадками (рис. 4), даже при небольшой высоте струй 0,45-0,5 м, достигает 2(г·O_2)/(Вт·ч) что сопоставимо с механической и некоторыми видами пневмомеханической аэрацией [3, 9-11]. Проведенные опыты доказывают возможность использования струйной аэрации для ограниченных объемов воды [12].

Опыты показали, что насыщение воды кислородом воздуха происходит за счет нескольких факторов:

– насыщения кислородом образовавшихся капель воды при их движении в воздухе;

– растворение пузырьков воздуха при падении капель в воду;

– поступление кислорода через свободную поверхность жидкости.

Наиболее эффективным насадком является цилиндрический 13-ти струйный, скорость насыщения воды кислородом при его использовании в два раза больше, чем при истечении через конусный одноструйный насадок, и более чем в три раза быстрее, чем при истечении из щелевых насадков.

Применение щелевых насадков может иметь ограниченную область применения, в основном в качестве декоративных фонтанов для насыщения воды искусственных водоемов, прудов, аквариумов. Преимущество заключается в том, что пузырьки глубоко проникают в

воду, насыщая нижние слои воды. Применение таких насадков для упрощенной аэрации, позволит улучшить насыщение воды кислородом для интенсификации процесса водоподготовки.

Заключение.

Выполнены опыты по определению скорости насыщения воды кислородом воздуха при струйной аэрации через три вида насадков: конусный, цилиндрический, щелевой. В результате определены особенности массообмена для улучшения качества воды по содержанию кислорода.

Проведена оценка некоторых технологических показателей аэрации. Обоснована область применения струйных аэраторов, для улучшения качества воды эвтрофированных водоемов. Приведен принцип расчета эффективности насыщения кислорода в условиях опыта. Преимущество рассмотренных систем струйной аэрации заключается в отсутствии дополнительного оборудования для использования технического кислорода.

Результаты экспериментальных исследований могут обосновать выбор и технологическую оценку аэраторов с учетом массообменных, энергетических и эксплуатационных параметров, для насыщения атмосферным кислородом застойных зон водоемов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Алимов, А. Ф.** Эвтрофирование водоемов и структура сообщества гидробионтов / А. Ф. Алимов, М. С. Голубков // Биология внутренних вод. – 2014. – № 3. – С. 5.

2. **Щербаков, В. И.** Искусственная аэрация малопроточных водоемов / В. И. Щербаков, Е. В. Дроздов, В. В. Помогаева // Высокие технологии в экологии: труды 11-й международной научно-практической конференции. – Воронеж: Учебный центр агробизнеса, 2008. – С. 244-247.

3. **Помогаева, В. В.** Повышение эффективности струйной аэрации естественных водоемов и биологических прудов: специальность 05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Помогаева Валентина Васильевна. – Москва, 2009. – 191 с.

4. **Данквертс, П. В.** Газожидкостные реакции: пер. с англ. / П. В. Данквертс. – Москва: Химия, 1973. – 296 с.

5. **Li G. et al.** Impact of bubble size on the integral characteristics of bubble plumes in quiescent and unstratified water //International Journal of Multiphase Flow. – 2020. – Т. 125. – С. 103230.

6. **Болдырева, В. Г.** Математическое моделирование массообменных процессов при культивировании хлореллы в фотобиореакторе с аэрацией / В. Г. Болдырева, А. С. Скичко // Успехи в химии и химической технологии. – 2019. – Т. 33. – № 11(221). – С. 20-22.

7. **Андреев, С. Ю.** Интенсификации флотационной очистки сточных вод за счет вторичного насыщения флотационного объема пузырьками воздуха / С. Ю. Андреев, М. А. Сафронов, А. М. Шиляев // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии: Сборник статей 79-ой всероссийской научно-технической конференции, Самара: Самарский государственный технический университет, 2022. – С. 552-562.

8. **Толстой, М. Ю.** Исследования растворимости кислорода / М. Ю. Толстой, Т. И. Шишелова, Р. А. Шестов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2015. – № 1(12). – С. 86-90.

9. **Shukla, B. K.,** Study on oxygen transfer by solid jet aerator with multiple openings / B. K.Shukla, A. Goel //Engineering science and technology, an international journal. – 2018. – Т. 21. – №. 2. – С. 255-260.

10. **Radkevich, M.** Determination of the Optimal Parameters of the Jet Aeration / M. Radkevich, M. Abdukodirova, K. Shipilova, B. Abdullaev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021– P. 012029. – DOI 10.1088/1755-1315/939/1/012029.

11. **Журавлева, И. В.** Классификация конструкций аэротенков / И. В. Журавлева, В. В. Помогаева, Е. Н. Скорикова, А. А. Юманов // Аллея науки. – 2017. – Т. 2. – № 15. – С. 50-54.

12. **Помогаева, В. В.** Интенсификация работы струйных аэраторов при насыщении воды атмосферным кислородом / В. В. Помогаева, И. Ю. Пурусова // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2006. – № 2. – С. 48-50.

Поступила в редакции. 15 сентября 2022

RESEARCH OF THE OXIDIZING ABILITY OF JET AERATORS

V. V. Pomogaeva

Valentina Vasilyevna Pomogaeva, Cand. Sc. (Technical), Associate Professor at the Department of Hydraulics, Water Supply and Sanitation, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(950)7532886; e-mail: pomogaeva8@ mai.ru

The article discusses jet aerators designed to saturate water with oxygen in the air. I identified the problems of eutrophication of reservoirs and found a solution to this problem. I as well carried out an assessment of some technological indicators of aeration. I considered the main types of nozzles designed for jet aeration of water with atmospheric oxygen, working without the use of technical oxygen. A diagram of the movement of individual elements during jet aeration is given to determine mass transfer. I considered in detail the processes determining the velocity of jets and air bubbles during jet aeration. I established the factors influencing the saturation of water with oxygen. Experimental studies have been carried out with conical, cylindrical and slit nozzles installed on the pressure pipe of the pump. As well I estimated the size and depth of penetration of air bubbles into the water formed by jet aeration with different nozzles. I presented the results of experimental studies to determine the oxygen content in water. Also I show the rate of oxygen saturation of water during jet aeration with various nozzles. A method is given for determining the efficiency of aeration, during the experiment, depending on the oxidizing ability of the aerator and the electricity consumed, taking into account the volumetric mass transfer coefficient. The oxidizing abilities of aerators were determined depending on the type of nozzles. For maximum mass transfer, the most effective type of nozzle has been identified: cylindrical with twelve cylindrical holes arranged around the circumference and one conical in the center. I show the areas of application of the considered nozzles in the system of water treatment and improvement of water quality of low-flow reservoirs. The use of artificial aeration of water, which allows us to saturate water with atmospheric oxygen, is proposed to improve the quality of water and the habitat of aquatic microorganisms.

Keywords: jet aeration; oxygen saturation of water; eutrophication; mass transfer.

REFERENCES

1. **Alimov A. F., Golubkov M. S.** *Eutrophication of reservoirs and the structure of the hydrobiont community* A. F. Alimov. Biology of inland waters. 2014. No. 3. Pp. 5. (in Russian)

2. **Shcherbakov V. I., Drozdov E. V., Pomogaeva V. V.** *Artificial aeration of low-flow reservoirs*. High technologies in ecology: Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference. Voronezh: Agribusiness Training Center, 2008. Pp. 244-247. (in Russian)

3. **Pomogaeva V. V.** *Improving the efficiency of jet aeration of natural reservoirs and biological ponds*: specialty 05.23.04: dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Moscow. 2009. 191 Pp. (in Russian)

4. **Dankverts P. V.** *Gas-liquid reactions.* Moscow, Chemistry. 1973. 296 p. (in Russian)

5. **Li G. et al**. *Impact of bubble size on the integral characteristics of bubble plumes in quiescent and unstratified water.* International Journal of Multiphase Flow. 2020. Vol. 125. Pp. 103230. (in English)

6. **Boldyreva V. G., Skichko A. S**. *Mathematical modeling of mass transfer processes during chlorella cultivation in a photobioreactor with aeration*. Advances in chemistry and chemical technology. 2019. T. 33. № 11(221). Pp. 20-22. (in Russian)

7. **Andreev S. Yu. Safronov M. A., Shilyaev A. M.** *Intensification of flotation wastewater treatment due to secondary saturation of the flotation volume with air bubbles*. Traditions and innovations in construction and architecture. Construction and Construction Technologies: Collection of articles of the 79th All-Russian Scientific and Technical Conference. Samara State Technical University, 2022. Pp. 552-562. (in Russian)

8. **Tolstoy M. Yu., Shishelova T. I., Shestov R. A.** *Studies of oxygen solubility*. Izvestiya vuzov. Applied chemistry and biotechnology. 2015. № 1(12). Pp. 86-90. (in Russian)

9. **Shukla B. K., Goel A.** *Study on oxygen transfer by solid jet aerator with multiple openings*. Engineering science and technology, an international journal. 2018. Vol. 21. No. 2. Pp. 255-260. (in English)

10. **Radkevich M., Abdukodirova M., Shipilova K., Abdullaev B.** *Determination of the Optimal Parameters of the Jet Aeration*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Pp. 012029. DOI 10.1088/1755-1315/939/1/012029. (in English)

11. **Zhuravleva I. V., Pomogaeva V. V., Skorikova E. N., Yumanov A. A.** *Classification of aerotank structures.* Alley of Science. 2017. Vol. 2. No. 15. Pp. 50-54. (in Russian)

12. **Pomogaeva V. V., Purusova I. Y.** *Intensification of the work of jet aerators when water is saturated with atmospheric oxygen.* Electrical complexes and control systems. 2006. No. 2. Pp. 48-50. (in Russian)

Received 15 September 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Помогаева, В. В. Исследование окислительной способности струйных аэраторов / В. В. Помогаева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 67-74.

FOR CITATION:

Pomogaeva V. V. *Research of the oxidizing ability of jet aerators*. Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 67-74. (in Russian)

УДК 628.33

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ СИЛИКАТНЫХ И ГАЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

М. В. Обухова, О. В. Сидоренко, Е. И. Вялкова

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

Сидоренко Ольга Владимировна, канд. техн. наук, доцент, доцент, заведующий кафедрой инженерных систем и сооружений, строительный институт, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(3452)28-39-23; e-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru

Вялкова Елена Игоревна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры инженерных систем и сооружений, строительный институт, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(3452)28-39-23; e-mail: vjalkovaei@tyuiu.ru

Рассмотрена актуальная проблема образования отходов при очистке производственных сточных вод предприятий стройиндустрии, которые чаще всего не подвергаются обработке и вторичному использованию. Экспериментально доказана эффективность уплотнения и обезвоживания для сокращения объёмов осадков и снижения их влажности без добавления реагентов. Выполнена оценка свойств воды, образующейся после уплотнения осадков, и фильтрата после обезвоживания. Предложена технологическая схема очистки производственных стоков с блоком обработки осадков и утилизации воды после уплотнения и обезвоживания. Полученные в ходе работы результаты подтверждают эффективность использования методов уплотнения и обезвоживания осадков предприятий производства силикатных и газобетонных изделий и могут быть использованы для реконструкции существующих очистных станций и проектирования новых.

Ключевые слова: осадки производственных сточных вод; уплотнение; обезвоживание; технологическая схема обработки; рецикл отходов; утилизация.

Наиболее опасным источником загрязнения природных водных объектов является сброс неочищенных или недостаточно очищенных производственных сточных вод и осадков, образующихся на локальных очистных сооружениях промышленных предприятий. Современное Российское законодательство (ФЗ «Об охране окружающей среды» с изм. от 03.2022, ФЗ № 416 от 07.12.11 «О водоснабжении и водоотведении») жестко регламентирует вопросы в области очистки и сброса производственных стоков. Для всех видов производств требуется очистка стоков до нормативов, разрешенных для сброса в городскую канализации или окружающую природную среду, а также, обработка и безопасная утилизация вторичных отходов [1…4].

Одним из наиболее развитых секторов экономики страны является стройиндустрия, в частности производство силикатных и газобетонных изделий. В Тюменской области насчитывается более сорока крупных предприятий строительного сектора, которые специализируются на выпуске кирпичей, блоков, вяжущих смесей и других изделий.

К силикатным изделиям относятся: силикатный бетон, силикатные облицовочные плиты, силикатный кирпич. Сырьевыми компонентами для изготовления силикатных изделий являются воздушная известь и кварцевый песок. Технологический процесс изготовления силикатных изделий включает следующие этапы: перемешивание компонентов, гашение вводом воды, прессование и автоклавная обработка.

Технология производства газобетонных блоков заключается в следующем: бетонную

© Обухова М. В., Сидоренко О. В., Вялкова Е. И., 2022

смесь для газобетона замешивают с использованием алюминиевой пудры, которая дает реакцию с известью и провоцирует появление водорода и большого числа пор. Далее идет формовка блоков, затем автоклавная обработка или сушка изделий в специальных камерах [5]. И, как правило, на всех вышеперечисленных этапах происходит потребление воды и образование стоков.

На предприятиях, производящих силикатные и газобетонные изделия, образуются два основных вида производственных сточных вод:

✓ незагрязненные сточные воды от компрессорных установок, охлаждения машин и механизмов, котельной;

✓ загрязненные сточные воды от автоклавов (конденсаты) и циклонов мокрой очистки аспирационного воздуха.

Традиционными способами очистки подобных стоков являются реагентная обработка, коагуляция и флокуляция, отстаивание и фильтрование. При обработке воды химическими реагентами для выделения из неё нерастворимых примесей, количество образующихся отходов может достигать 10…40 % расхода сточных вод. Проблема обработки, обезвреживания и утилизации осадков, выделяемых в процессе очистки сточных вод, является актуальной, наиболее сложной и дорогостоящей, а технология обработки наименее разработанной. Рациональное решение данной проблемы может позволить снизить экологическую нагрузку на окружающую среды [6…8].

Авторами была поставлена задача проведения оценки эффективности уплотнения и механического обезвоживания осадков сточных вод завода по выпуску строительных материалов, а также предложить технологическую схему обработки осадков.

В работе исследовались осадки, образующиеся в результате очистки смеси конденсатов при производстве силикатных и газобетонных изделий действующего предприятия Тюменской области. Были выполнены лабораторные исследования для оценки степени уплотнения и механического обезвоживания осадков, а также изучены основные свойства надиловой воды и фильтрата.

Для исключения погрешности результатов, опыты выполнялись не менее трёх - пяти раз при равных исходных условиях. В таблицах и графиках представлены средние результаты серии экспериментов; погрешность лабораторных исследований не превышала 10%. По полученным данным были сделаны выводы и предложена технологическая схема обработки осадков для локальных очистных сооружений промышленного предприятия.

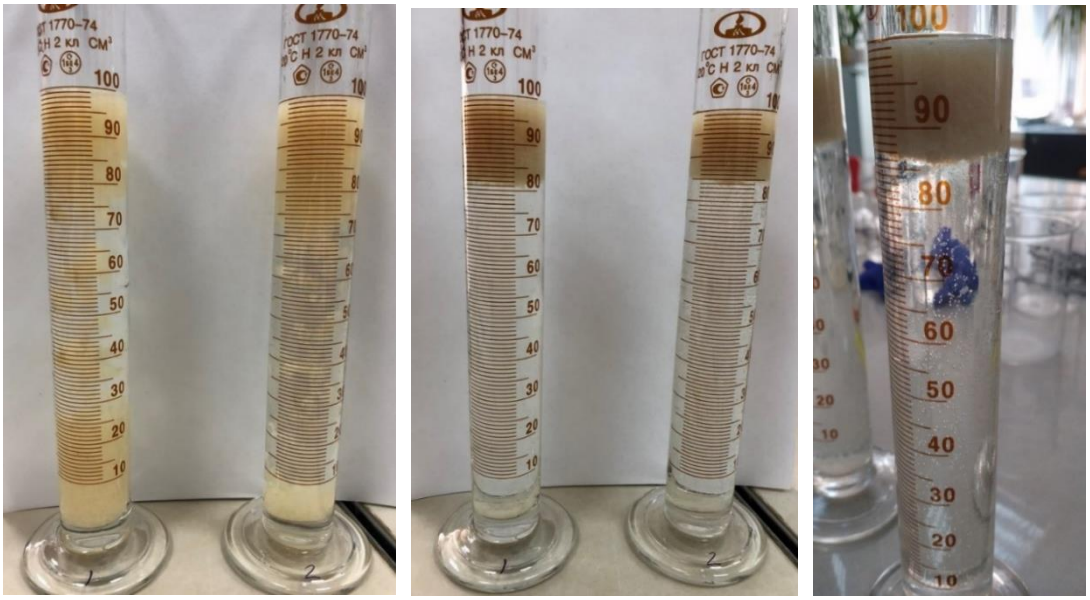
Материалы и методы лабораторных исследований

Уплотнение осадков

Уплотнение осадков сточных вод является первичной стадией обработки и предназначено для сокращения влажности и уменьшения их объёмов [9,10]. Наиболее распространены гравитационный и флотационный методы уплотнения.

Для проведения лабораторного исследования использовался осадок сточных вод, полученный в результате химической обработки смеси конденсатов установки генерации пара окислителем, коагулянтом и флокулянтом. Исходный осадок представлял из себя светло-коричневую смесь влажностью 99,2 % (влажность измерялась гравиметрическим способом).

Уплотнение осадков выполнялось в лабораторных условиях в течение 2,5 часов. Объем проб осадка – 100 мл. Осадки комнатной температуры помещались в лабораторные цилиндры и через определённое время фиксировалась высота слоя уплотнённого осадка и объём. При уплотнении осадок всплыл в процессе флотации, при этом отмечается активное выделение пузырьков газов (рис. 1). По результатам эксперимента оценивалось снижение влажности и уменьшение объёмов осадков, а также скорость уплотнения по сокращению видимой границы раздела фаз.



а) б) в)

Рис. 1. Процесс уплотнения осадков сточных вод производства строительных материалов:
а – в начале уплотнения; б – после уплотнения в течение 2,5 часов; в – видимое газовыделение

Обезвоживание уплотнённого осадка

Обезвоживание представляет собой процесс удаления влаги из осадка с целью уменьшения его общего объёма, и необходимо в большинстве случаев для уменьшения затрат на транспортировку и утилизацию осадков [8, 10].

Обезвоживание уплотненного осадка выполнялось в лабораторных условиях способом микрофильтрования с целью моделирования механического обезвоживания на пресс-фильтрах или вакуум-фильтрах. Уплотненный осадок отжимался с помощью лабораторного устройства под действием давления менее 2 бар через фильтрующую мембрану с размерами пор 0,22 мкм (рис. 2). Далее проводилось измерение его влажности и объёма.

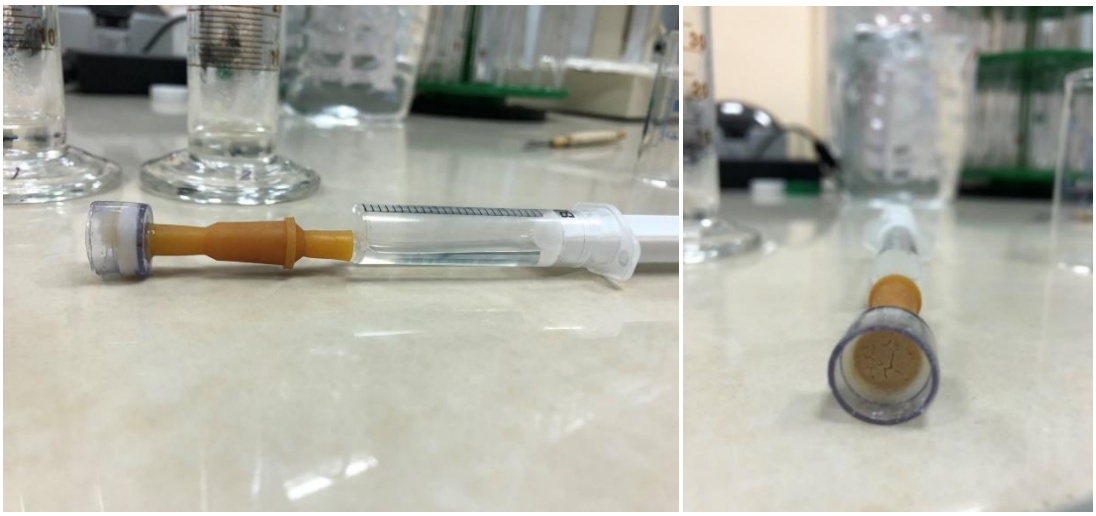


Рис. 2. Устройство для микрофльтрования осадков

Изучение свойств надиловой воды (после уплотнения осадков) и фильтрата (после обезвоживания)

Вода, образующаяся после уплотнения осадков, и фильтрат, полученный после обезвоживания, представляют из себя вторичные отходы, подлежащие дальнейшей утилизации.

Для выбора способов обработки определялись основные показатели оценки качества надиловой воды и фильтрата; результаты, методики измерения и лабораторное приборы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели оценки качества надиловой воды и фильтрата, методики и лабораторное приборы

Показатель	Единица измерения	Прибор	Методика измерения
Мутность	мг/дм^3	Спектрофотометр ПЭ-5400ВИ	ПНДФ 14.1:2:3:4.213-05
Цветность	градусы ПКШ		ПНД Ф 14.1:2:4.207-04
pH	ед. pH	pH-метр марки pH-150МИ	ПНДФ 14.1:2:3:4.121-97
ХПК	мгО/дм^3	Анализатор жидкости «Флюорат-02М»	ПНДФ 14.1:2:4.190-2003

Результаты исследований

Оценка уплотнения осадков

Уплотнение оценивалось после образования видимой границы раздела фаз. На основании полученных средних значений экспериментов построены графики уплотнения и изменения объёма осадков в зависимости от продолжительности уплотнения (рис. 3, 4).

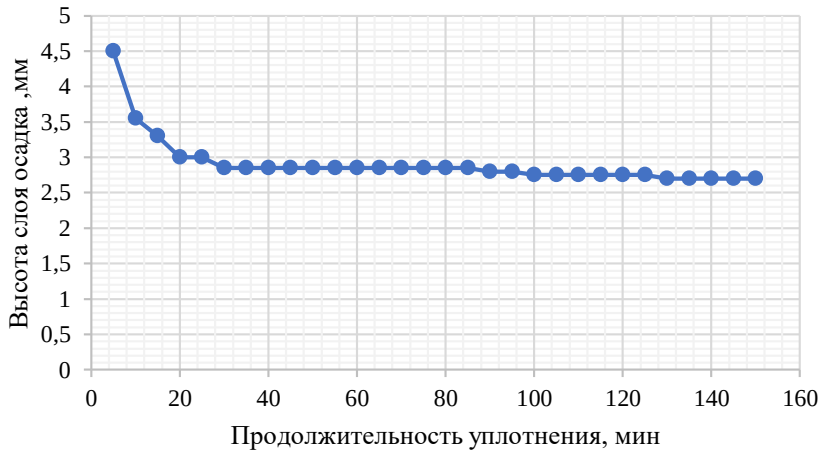


Рис. 3. Зависимость изменения высоты слоя осадка от продолжительности уплотнения

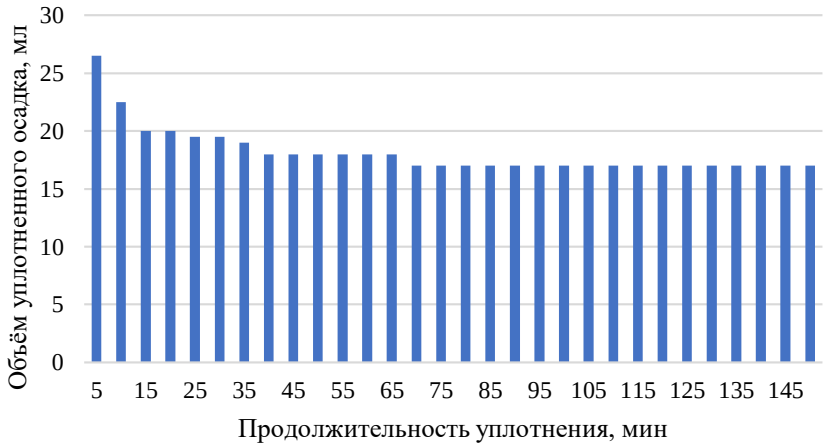


Рис. 4. Зависимость изменения объёма осадка от продолжительности уплотнения

Выполненные экспериментальные исследования показали, что осадок, полученный после коагуляции, хорошо уплотняется. Интенсивнее всего уплотнение происходит в первые 15…20 мин, высота слоя осадка уменьшается с 4,5 см до 3,0 см. При уплотнении происходит сокращение объёма осадка, примерно, в 2 раза. Реагентная обработка для интенсификации процесса уплотнения не требуется. Влажность уплотненного осадка составляет 95,05 %.

В реальных условиях в сооружениях уплотнения рекомендуется предусмотреть удаление осадков с верхнего уровня сооружения, либо механическое перемешивание для обеспечения активного газовыделения и выпадения осадков на дно для удаления снизу.

Оценка обезвоживания уплотнённого осадка

После обезвоживания проб осадков методом микрофильтрования установлено, что осадки хорошо и быстро отдают влагу. Обезвоженные осадки имеют консистенцию влажной земли, при этом достигается влажность 88,32 % и менее. Внешний вид обезвоженного осадка представлен на рис. 5.

Рис. 5. Внешний вид обезвоженного осадка

Уплотненный осадок (кек) хорошо обезвоживается без добавления коагулянтов и флокулянтов, при этом происходит сокращение объема осадка на 90…95 %. На реальных очистных сооружениях при технико-экономическом обосновании возможно эффективное применение фильтр-пресса или вакуум-фильтра.

После более подробного исследования полученный кек может быть направлен в технологический процесс как сырье для производства силикатных и газобетонных изделий, тем самым обеспечивая производственный рецикл отходов.

Оценка влажности обезвоженного осадка

Влажность осадков определялась гравиметрическим методом и составила:

- ✓ исходные осадки – 99,2 %;
- ✓ уплотнённые осадки –95,05 %;
- ✓ обезвоженные осадки – 88,32 %.

Наблюдается значительное снижение влажности обезвоженного осадка по сравнению с уплотнённым, на 10-11%. Фильтрат хорошо отделяется без добавления каких-либо реагентов. Свойства обезвоженного осадка: густой, окраска – буро-желтоватая; объем снизился до около 1,5…2 мл.

Анализ свойств надиловой воды (после уплотнения осадков) и фильтрата (после обезвоживания)

Результаты лабораторного изучения свойств надиловой воды и фильтрата представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели качества надиловой воды и фильтрата

Показатель	Надиловая вода	Фильтрат
Мутность, мг/дм^3	6,15	1,45
Цветность, градусы ПКШ	123	118
pH, ед. pH	7,09	7,57
ХПК, мгО/дм^3	242	346

Оценка показателей качества фильтрата показала, что возврат его в начало цикла очистных сооружений возможен, но при этом должен осуществляться контроль параметров pH и ХПК, а также показатели качества очистки воды на выходе.

Вариант технологической схемы обработки осадков

Выполненные лабораторные исследования показали, что осадки хорошо уплотняются и обезвоживаются, без добавления реагентов. Для обработки осадков рекомендуется следующая технологическая схема (рис. 6) – уплотнение, механическое обезвоживание, рецикл в производство или утилизация на полигоне ТБО. Для выбора конкретного типа сооружения и оборудования необходимо выполнить технико-экономическое обоснование.

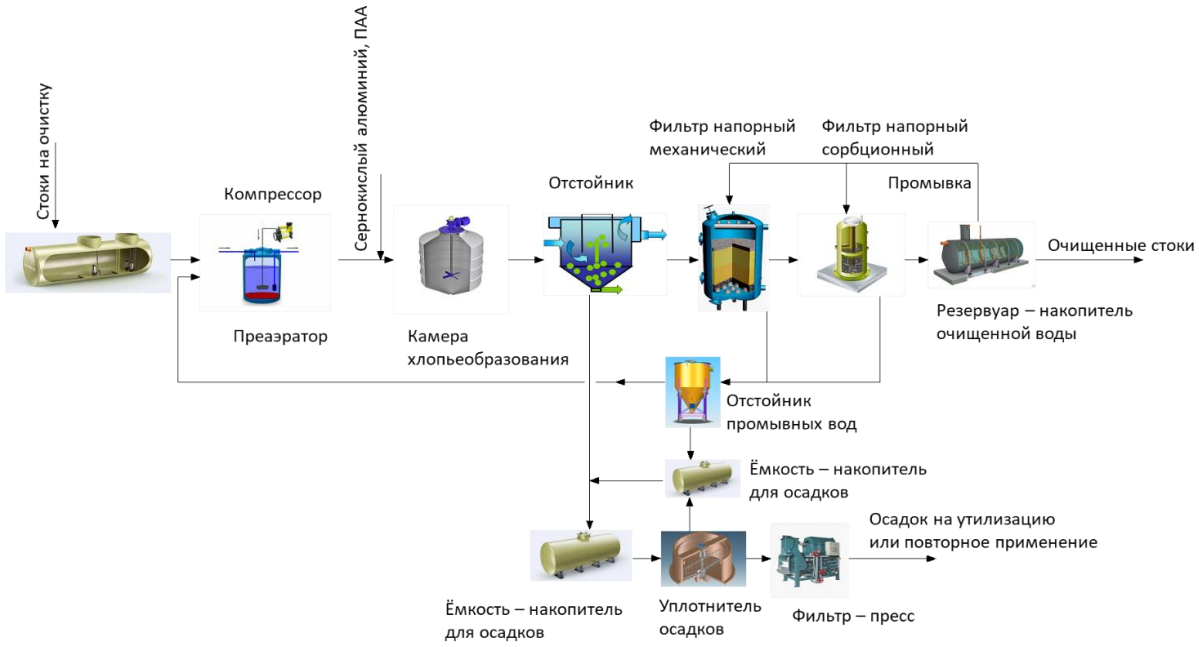


Рис. 6. Технологическая схема обработки сточных вод и осадков

Заключение.

Очистка производственных сточных вод, образующихся в процессе изготовления силикатных и газобетонных изделий, должна включать в себя этапы обработки и утилизации осадков и других вторичных отходов.

Выполненные экспериментальные исследования показали, что осадок, полученный после коагуляции, хорошо уплотняется и обезвоживается, в результате чего возможно сократить объём отходов на порядок и более. Дополнительная реагентная обработка для интенсификации процессов уплотнения и обезвоживания осадков не требуется, что для экономической эффективности является важным фактором. Выделенная в результате обработки вода возвращается в начало очистных сооружений, так как по качеству идентична исходным сточным водам.

Полученные в ходе работы результаты подтверждают эффективность использования методов уплотнения и обезвоживания осадков предприятия производства силикатных и газобетонных изделий, и могут быть использованы для реконструкции существующих очистных станций и проектирования новых.

Предложенная технологическая схема позволит снизить экологическую нагрузку на окружающую природную среду в результате утилизации обработанного осадка как добавку к сырью, тем самым обеспечив рецикл отходов на предприятии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Трейман, М. Г.** Анализ водопользования промышленных производств российской федерации / М. Г. Трейман // EuropeanSocialScienceJournal. – 2014. – № 11-2(50). – С. 14-17.

2. Царев, Н. С. Проблема обработки осадков производственных сточных вод / Н. С. Царев, Т.А. Валенцева // Сборник материалов XII Международного научно-практического симпозиума и выставки «Чистая вода России». – Екатеринбург, 2013. – С. 389-392.

3. **Куранов, П. Н.** Использование концепции наилучших доступных технологий при обосновании системы инженерной защиты природных вод от загрязнения / П. Н. Куранов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 9. – С. 22-29.

4. **Улановская, Н. В**. Соотношение правового регулирования управления промышленными стоками и обращения с отходами производства и потребления / Н. В. Улановская // Вопросы российского и международного права. – 2021. – Т. 11. – № 5-1. – С. 208-213.

5. **Кузнецова, Г. В.** Влияние состава известково-кремнезёмистого вяжущего на свойства формовочной смеси в производстве силикатного кирпича / Г. В. Кузнецова, С. Р. Зигангараева, Н. Н. Морозова // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 77-82.

6. **Чумаченко, Н. Г.** Ресурсосберегающий подход к сырьевой базе стройиндустрии / Н. Г. Чумаченко // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2011. – № 1. – С. 112-116.

7. **Владимиров, С. Н.** Проблемы переработки отходов строительной индустрии / С. Н. Владимиров // Системные технологии. – 2016. – № 2(19). – С. 101-105.

8. Обработка и утилизация осадков производственных сточных вод / С. В. Яковлев [и др.]. – Москва: Химия, 1999. – 447 с.

9. **Обухова, М. В.** Интенсификация процесса уплотнения осадков природных и сточных вод микроволновым излучением / М. В. Обухова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. –2021. – № 1(16). – С. 50-56.

10. **Калицун, В. И.** Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод : [Для вузов по спец. «Водоснабжение, канализация, рацион. использ. и охрана вод. Ресурсов»] / В. И. Калицун, Ю. М. Ласков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1995. – 265 с.

Поступила в редакцию 15 сентября 2022

EXPERIMENTAL ASSESSEMENT OF METHODS FOR WASTE PRODUCTS TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER PURIFICATION IN THE ENTERPRISES FOR SILICATE AND AERATED CONCRETE PRODUCTS

M. V. Obukhova, O. V. Sidorenko, E. I. Vyalkova

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

Olga Vladimirovna Sidorenko, Cand. Sc. (Technical), the Head at the Department of Engineering Systems and Structures, Construction Institute of Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, tel.: +7(3452)28-39-23; e-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru
Elena Igorevna Vyalkova, Cand. Sc. (Technical), Associate Professor at the Department of Engineering Systems and Structures, Construction Institute of Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, tel.: +7(3452)28-39-23; e-mail: vjalkovaei@tyuiu.ru

The article considers relevant problem of waste generation in the treatment of industrial wastewater in construction industry enterprises, which are mostly neither treated nor recycled. The effectiveness of compaction and dewatering has been experimentally proven to reduce precipitation volumes and reduce their humidity without reagents addition. We evaluated the properties of water resulted after sediment compaction and of filtrate after dehydration. We propose the technological scheme of industrial wastewater treatment with a block of precipitation treatment and water disposal after compaction and dehydration. The results obtained in the course of the work confirm the effectiveness of the use of methods of compaction and dehydration of sediments of the enterprise for the production of silicate and aerated concrete products, and can be used for the reconstruction of existing treatment plants and for the design of new ones.

Keywords: sediment in industrial wastewater; compaction; dehydration; technological treatment scheme; waste recycling; disposal.

REFERENCES

1. **Treyman M. G.** *Analysis of water use of industrial productions of the Russian Federation*. European Social Science Journal. 2014. No. 11-2(50). Pp. 14-17. (in Russian)

2. **Tsarev N. S., Valentseva T. A.** *The problem of industrial wastewater sludge treatment* Collection of materials of the XII International Scientific and Practical Symposium and exhibition Clean Water of Russia. Yekaterinburg. 2013. Pp. 389-392. (in Russian)

3. **Kuranov P. N.** *Using the concept of the best available technologies in substantiating the system of engineering protection of natural waters from pollution*. Water supply and sanitary equipment. 2015. No. 9. Pp. 22-29. (in Russian)

4. **Ulanovskaya N. V.** *Correlation of legal regulation of industrial wastewater management and waste management of production and consumption*. Issues of Russian and international law. 2021. Vol. 11. No. 5-1. Pp. 208-213. (in Russian)

5. **Kuznetsova G. V. , Zigangaraeva S. R., Morozova N. N.** *The influence of the composition of lime-silica binder on the properties of the molding mixture in the production of silicate bricks.* Bulletin of Science and Education of the North-West of Russia. 2015. Vol. 1. No. 1. Pp. 77-82. (in Russian)

6. **Chumachenko N. G**. *Resource-saving approach to the raw material base of the construction industry*. Herald of the SSASU. Urban planning and architecture. 2011. No. 1. Pp. 112-116. (in Russian)

7. **Vladimirov S. N.** *Problems of waste processing in the construction industry.* System technologies. 2016. No. 2(19). Pp. 101-105. (in Russian)

8. **Yakovlev S. V.** *Processing and utilization of industrial wastewater sludge*. Moscow, Chemistry. 1999. 447 p. (in Russian)

9. **Obukhova M. V**. *Intensification of the sediment compaction process for natural and waste waters microwave irradiation.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 50-56. (in Russian)

10. **Kalitsun V. I., Laskov Yu. M.** *Laboratory workshop on wastewater disposal and treatment*. Moscow, Stroyizdat. 1995. 265 p. (in Russian)

Received 15 September 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Обухова, М. В. Экспериментальная оценка методов обработки отходов очистки производственных сточных вод предприятий силикатных и газобетонных изделий / М. В. Обухова, О. В. Сидоренко, Е. И. Вялкова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 75-83.

FOR CITATION:

Obukhova M. V., Sidorenko O. V., Vyalkova E. I. *Experimental assessement of methods for waste products treatment of industrial wastewater purification in the enterprises for silicate and aerated concrete products.* Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 75-83. (in Russian)

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО
CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

УДК 72.012.6

СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО СОЧЕТАНИЯ ЗДАНИЙ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ

А. Ю. Семенихина, О. А. Сотникова, А. Н. Гойкалов, Т. В. Макарова

Семенихина Алина Юрьевна, магистрант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(960)106-05-66; e-mail: way1998@mail.ru
Сотникова Ольга Анатольевна, д.т.н., профессор, заведующая кафедрой проектирования зданий и сооружений им. Н. В. Троицкого, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)2-774-339; e-mail: hundred@vgasu.vrn.ru
Гойкалов Андрей Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования зданий и сооружений им. Н. В. Троицкого, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)2-774-339; e-mail: goykalov78@mail.ru
Макарова Татьяна Васильевна, , канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования зданий и сооружений им. Н. В. Троицкого, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)2-774-339; e-mail: today25@inbox.ru

В статье рассмотрен ряд примеров многоэтажного строительства в исторической застройке г. Воронежа, проиллюстрированы различные оценки их восприятия и аутентичности среды. Проведен анализ выявленных архитектурных и градостроительных свойств современных многоэтажных зданий, которые определяют степень диссонирования. Для решения существующей проблемы дисгармонии современных и исторических зданий разработана классификация сочетания проектируемого объекта с окружающей застройкой и проведена квалиметрическая оценка новых строений в историческом центре г. Воронежа. Предложены мероприятия, позволяющие регулировать визуальную культуру архитектурно-пространственной среды.

Ключевые слова: историческая застройка; дисгармония; классификация зданий; квалиметрия; оценка гармоничности.

Современный ритм жизни обуславливает необходимость появления новых объектов в исторической среде города. При строительстве новых зданий актуальной проблемой становится создание гармоничных отношений между современными и традиционными культурами. Важно грамотно вписать здание в уже сложившуюся историческую застройку, не нарушив при этом её своеобразие и целостность восприятия. Но, как показывает практика, строительство новых объектов на территориях исторических городов зачастую не оправдывает свое существование [1]. Дисгармония современных зданий с существующей застройкой заключается в несогласованности пластики фасадов, зачастую в сочетании с нарушением красной линии, а также ведет к исчезновению десятилетиями складывавшегося силуэта города [2].

Решение данной проблемы, с одной стороны, очень простое: изданы законы, написаны программы, разработаны проекты охранных зон, обоснованы ценности и определена значимость историко-культурного наследия для современного общества. Однако на сегодняшний день мы сталкиваемся с тенденцией утраты национальной идентичности. Причиной сложившейся ситуации является отсутствие экономической заинтересованности какой-либо из сторон, участвующих в организации этого процесса. Деятельность, которая содействует охране исторических городов, не поощряется, а за нарушение законов не применя-

© Семенихина А. Ю., Сотникова О. А., Гойкалов А. Н., Макарова Т. В., 2022

ются жесткие взыскания [3].

Для регулирования визуального сочетания новых объектов строительства с исторической застройкой предлагается внедрить систему оценки строящихся зданий и классифицировать их по сочетаемости с окружающей архитектурной средой на основе этой оценки.

Идея состоит в том, чтобы при строительстве нового здания оценить гармоничность нового объекта и окружающей застройки по разработанной методике квалиметрической оценки и присвоить ему класс сочетания с окружающей средой. В дальнейшем при присвоении высшего класса сочетания предпринять мероприятия по экономическому стимулированию собственника недвижимости, при неудовлетворительной оценке – отправить проект на доработку по замечаниям, составленным в ходе оценки.

Квалиметрическая оценка, методика которой изложена в статье «Разработка метода оценки качества архитектурно-исторической среды» [4], проводится независимой группой экспертов. В ходе опроса членов экспертной группы определяются значения абсолютных и относительных показателей эстетических свойств, характеризующих сочетание здания с окружающей средой, и коэффициентов их весомости. Затем производится обработка полученной числовой информации и рассчитывается показатель гармоничности здания. В зависимости от полученного показателя зданию присваивают класс сочетания с окружающей застройкой (табл. 1).

Таблица 1

Классификация сочетания проектируемого здания с окружающей застройкой

Класс	Характеристика	Результат оценки качества архитектуры	Рекомендуемые мероприятия
1 класс	Эталонная совместимость архитектуры	90…100 %	Экономическое стимулирование (софинансирование, выгодные условия кредитования, налоговые льготы)
2 класс	Гармоничное сочетание здания с окружающей застройкой	80…90 %	Экономическое стимулирование (налоговые льготы)
3 класс	Удовлетворительный уровень сочетания	70…80 %	Мероприятия не разрабатываются
4 класс	Дисгармония застройки	50…70 %	Требуется доработка архитектурно-градостроительного решения
5 класс	Неприемлемое сочетание здания с окружающей средой	Менее 50 %	Переработка проекта

С целью апробации изложенной методики произведем анализ нескольких уже построенных зданий в исторической застройке г. Воронежа.

Город Воронеж, основанный в 1585 году, назывался в разное время городом купеческим, промышленным, научным. Его облик меняли революции и войны.

Первым сооружением на территории города была деревянная Воронежская крепость, возведенная весной 1590 года [5]. В 1674 году было построено первое каменное сооружение – церковь Акатова монастыря. Сохранившаяся до наших дней колокольня монастыря является самым древним памятником архитектуры Воронежа. С 1696 года, когда Петр I выбрал Воронеж местом строительства военного флота, город стремительно развивается – возводится ряд заводских зданий, связанных с Адмиралтейством, а также активно строится жилье.

Во время Великой Отечественной войны в ходе боевых действий было уничтожено 92 % жилого фонда. Одним из архитекторов, восстанавливавших город, был Николай Вла-

димирович Троицкий. После войны, когда решалось, каким образом восстановить разрушенный почти до основания Воронеж, был предложен вариант «не сохранять историческую застройку центра, а возвести город с нуля». Н.В. Троицкий был категорически против такой идеи. Он доказал, что нельзя нарушать планировку, «выросшую» из особенностей ландшафта, иначе город потеряет свой уникальный облик [6]. Среди зданий, построенных по проектам Троицкого в городе Воронеже: здание управления ЮВЖД, жилой дом «Гармошка» на улице Карла Маркса, учебный корпус Воронежского инженерно-строительного института на улице 20-летия Октября, а также здание строительного банка (сейчас Дворец бракосочетания) на площади Ленина.

Современный период развития города отнял у Воронежа часть уникальных исторических зданий: дом Перелыгина на улице Платонова (памятник истории и архитектуры регионального значения, построенный в 1919 году), а также городская тумба для объявлений, построенная больше 100 лет назад.

Утвержденный в 2008 году генеральный план застройки Воронежа предотвратил дальнейшее уничтожение исторических объектов. Принятию плана сопутствовало обрушение купола здания Ротонды – памятника Отечественной войны. Однако сам план является недоработанным, ведь значительное число объектов, пребывающих под охраной, указаны в нем как обыкновенные сооружения. Тем не менее, большинство городских улиц и площадей сохранили историческую застройку и представляют архитектурную ценность.

В настоящее время Воронеж активно застраивается жилыми многоэтажными комплексами. Застройка ведется как в центре города, так и на окраинах. За счет массированной застройки город существенно расширился в границах. В центральной части города ведется так называемая «уплотнительная» точечная застройка либо во дворах жилых кварталов, либо на участках малоэтажной жилой застройки [7].

В исторических районах появляется все больше новых объектов, зачастую не сочетающихся с существующей застройкой. Одним из ярких примеров диссонирующих объектов являются торгово-развлекательный центр и дом купца Балашова, расположенные на ул. Куколкина, д. 18 (рис. 1).

Рис. 1. Дом купца Балашова и торгово-развлекательный центр,
ул. Куколкина, д.18

В 2014 году при строительстве торгового центра вблизи купеческого дома, памятник архитектуры был частично разрушен. Строители заново возвели разрушенные стены дома и буквально вмонтировали его в корпус торгового центра [8].

Само здание торгового центра представляет собой крупномасштабный кубический объем, выходящий на красную линию застройки. Несколько этажей возвышающейся стены торгового центра над купеческим домом – без единого окна, что подчеркивает негармоничное соседство памятника архитектуры и торгового центра [9].

Еще одним примером такого неудачного «соседства» современного здания с исторической застройкой является новый жилой дом и усадьба Быстржинских по ул. Платонова, 11 (рис. 2).

Усадьба, уцелевшая с первой половины XIX века, является самым старым зданием в застройке улицы Платонова. Архитектурно-художественная ценность дома заключается в том, что объёмно-пространственное построение здания, его геометрические фасадные соотношения, выполненные в стиле Ренессанса, свойственные греко-римской архитектуре, редко встречаются на объектах исторической застройки Воронежа [9].

Возведенный по соседству жилой дом повышенной этажности представляет крупный ступенчатый объем, расположенный во второй линии застройки. Часть жилого дома консольно располагается над усадьбой. Повышение этажности, то есть резкое возвышение нового объекта над существующей застройкой при зрительном восприятии с открытых городских пространств наиболее негативно отражается в оценке качества среды, ее целостности [9].

Рис. 2. Усадьба Быстржинских, ул. Платонова, 11

Схожими характеристиками можно описать расположение нового жилого дома по ул. Сакко и Ванцетти, 78А (рис. 3). Дом размещен в плотном ряду памятников архитектуры. Слева от него находится общежитие духовной семинарии (бывший дом Халютина), оформленное в псевдорусском стиле зодчим А.М. Барановым. Такой облик оно приобрело после 1886 г., когда его купила воронежская епархия под общежитие духовной семинарии. Справа – памятник стиля классицизм, узнаваемый по высокому дорическому портику полуколонн. Один из немногих уцелевших домов, возведенных по типовому проекту.

Жилой дом повышенной этажности характеризуется как массивный крупномасштабный объем, Т-образной формы в плане. Композиция фасадов монотонна, большая часть здания остеклена. Современное здание, расположенное в плотном ряду памятников архитектуры, не сочетается по масштабу и ломает структуру застройки. Также здание выбивается из композиции не только по этажности, но и по архитектурно-стилевым характеристикам [9].

Рис. 3. Общежитие духовной семинарии (слева) по ул. Сакко и Ванцетти, 80
и дом «кантонистов» (справа) по ул. Сакко и Ванцетти, 76

Рассмотрев ряд примеров современной архитектуры города Воронеж, можно заключить, что новая жилая застройка города часто чрезмерно масштабна и не сочетается с прилегающей исторической средой. Вместе с тем в ходе анализа выявлены архитектурные и градостроительные свойства современных многоэтажных зданий, которые оценивают минимизацию степени диссонирования:

1. ***Пропорциональное единство.*** Пропорцией называется определенное соотношение элементов архитектурной формы друг с другом и с целым. Пропорциональное единство фасадов достигается благодаря подразделению их элементов на геометрически подобные части.

2. ***Масштабное единство.*** Масштабность – это восприятие человеком величины и значительности сооружения, это «подходящая предмету мера», приданная ему человеком.

3. ***Сочетание архитектурных стилей.*** Стиль – исторически сложившаяся общность идейного содержания, творческих принципов, образной системы, художественных средств, приемов, характерных для того или иного периода или направления.

4. ***Цветовая гармония*** – это согласованность между собой цветов в результате найденной пропорциональности их площадей и форм, равновесия и созвучия, основанного на нахождении неповторимого оттенка каждого цвета.

5. ***Восприятие здания.*** От приемов размещения относительно красных линий улиц зависит восприятие здания с определенных видовых точек и его влияние на сложившуюся архитектурную среду.

6. ***Силуэт застройки*** – контурное выражение и восприятие объемов зданий и сооружений (в совокупности) на фоне небосклона или ландшафта.

Произведем квалиметрическую оценку этих зданий с помощью экспертного опроса семи специалистов, компетентных в данном вопросе. В состав экспертной группы вошли кандидаты технических наук в области строительства и архитектуры, а также ведущие инженеры-архитекторы.

Для проведения опроса представляем выявленные выше свойства здания в форме иерархической структуры – дерева свойств, состоящей из сложных свойств и связанных с ними групп свойств (рис. 4).

Первоначально определяются групповые ненормированные коэффициенты весомости (табл. 2): из всех свойств в определенной группе эксперт выбирает наиболее важное, с его точки зрения, и назначает ему значение группового ненормированного коэффициента весомости G_i'', равное 100 %. Далее из оставшихся в группе свойств снова определяется наиболее важное и сравнивается с предыдущим свойством. Эксперт присваивает ему такое значение коэффициента весомости G_i'', которое показывает, на сколько это свойство менее важно. Данная операция выполняется для всех свойств в каждой группе.

В сводной анкете вычисляются средние арифметические значения группового ненормированного коэффициента весомости для каждого свойства:

$$\overline{G_i''} = \frac{\sum_{k=1}^{r} G_{ik}''}{r}. \quad (1)$$

Для каждой группы определяется сумма A средних значений групповых ненормированных коэффициентов весомости $\overline{G_{i'}''}$:

$$A = \sum_{i'=1}^{l} \overline{G_{i'}''}, \quad (2)$$

где l – количество свойств в группе.

Затем групповые коэффициенты весомости нормируются по формуле:

$$G_i' = G_{i'}' = \frac{G_i''}{A}. \quad (3)$$

Правильность расчетов подвергается проверке:

$$\sum_{i'=1}^{l} G_i' = 1. \quad (4)$$

Таблица 2

Определение значений групповых коэффициентов весомости G_i'

№ св-в	Значения G"ik, полученные экспертами, номера которых равны:							Вычисление групповых коэффициентов весомости G'i			
	1	2	3	4	5	6	7	$\overline{G_i''}$	$\sum_{i'=1}^{l} \overline{G_i''} = A$	$G_i' = G_{i'}' = \frac{G_i''}{A}$	Проверка $\sum_{i'=1}^{l} G_i' = 1$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	60	70	80	90	100	70	60	75,71	268,57143	0,28	✓
2	80	60	70	90	80	70	90	77,14		0,29	
3	50	80	70	100	70	30	30	61,43		0,23	
4	30	40	60	90	70	30	60	54,29		0,20	
5	80	70	70	100	100	90	100	87,14	175,71429	0,50	✓
6	80	90	80	100	90	90	90	88,57		0,50	
7	90	100	70	90	80	100	100	90,00	154,28571	0,58	✓
8	50	50	70	70	50	80	80	64,29		0,42	

Ярусные коэффициенты весомости G_i вычисляются на дереве свойств (рис. 4) от нулевого уровня к последнему (на правостороннем дереве слева – направо). Коэффициент весомости свойства, расположенный на k-м ярусе дерева (G_k), равен групповому коэффициенту весомости этого же свойства (G_k'), умноженному на коэффициент весомости соответствующего свойства, находящегося на предыдущем (k-1)-м ярусе (G_{k-1}) [10].

Рис. 4. Дерево свойств и вычисление значений ярусных коэффициентов весомости G_i

Далее экспертами определяются значения абсолютных показателей свойств q_{ij}. Для каждого свойства, не имеющего физических единиц измерения, назначают браковочные и эталонные значения: $q^{\text{бр}} = 0\ \%$ и $q^{\text{эт}} = 100\ \%$.

По окончании опроса экспертов вычисляется для каждого свойства средние по всем экспертам значения абсолютного показателя q_i:

$$q_i = \frac{\sum_{j=1}^{r} q_{ij}}{r}, \quad (5)$$

где r – число экспертов; q_{ij} – значение абсолютного показателя каждого i-го свойства, назначенное каждым j-м экспертом

Затем рассчитывается относительный показатель свойства k – количественная характеристика свойства, определяющая степень его выраженности [11]. Его значение заключено в пределах $0 \le k \le 1$ или $0 \le k \le 100\ \%$ и определяется по формуле:

$$k_i = \frac{q_i - q_i^{\text{бр}}}{q_i^{\text{эт}} - q_i^{\text{бр}}} = \frac{q_i}{q_i^{\text{эт}}} \ (\text{при } q_i^{\text{бр}} = 0). \quad (6)$$

По итогу производится комплексная оценка гармоничности здания, определенная с учетом относительных показателей k_i и коэффициентов весомости G_iпараметров оценки [12]. Результаты оценки гармоничности архитектурно-пространственной среды приведены в табл. 3.

Таблица 3

Оценка гармоничности архитектурно-пространственной среды г. Воронежа

Свойства	Относительный показатель свойства			Коэффициент весомости свойства
	Жилой дом на ул. Сакко и Ванцетти, 78А	Жилой дом на ул. Платонова, 11/1	Торговый центр на ул. Куколкина, 18	
Пропорциональное единство	0,1571	0,3429	0,1143	0,16
Масштабное единство	0,1429	0,2	0,1429	0,17
Стилевое сочетание	0,1	0,3143	0,3	0,13
Цветовая гармония	0,2571	0,4429	0,3286	0,12
Восприятие здания	0,2857	0,3	0,4714	0,21
Силуэт застройки	0,1143	0,3143	0,3571	0,21
Комплексный показатель гармоничности:	17,7 %	31,2 %	29,5 %	

По результатам оценки показатель гармоничности рассмотренных зданий менее 50%, соответственно здания относятся к 5 классу сочетания, что говорит о неудовлетворительном состоянии архитектурно-пространственной среды г. Воронежа.

Безусловно, изменить то, что уже построено, нельзя. Однако дальнейшая застройка исторического центра без принятия срочных мер практически невозможна [13]. Существующие в настоящем ограничения и штрафы вряд ли смогут замотивировать застройщика построить интересный и качественный проект, вписанный в историческую среду, если в этом не заинтересован сам застройщик. Предполагается, что предложенное решение поспособствует минимизации существующих проблем в имеющихся условиях и позволит регулировать визуальную культуру архитектурно-пространственной среды города.

Заключение.

Предложена классификация сочетания проектируемого здания с окружающей застройкой на основе показателя гармоничности здания, полученного в ходе экспертной оценки. При присвоении высшего класса сочетания рекомендуется предпринять мероприятия по экономическому стимулированию собственника недвижимости, при неудовлетвори-

тельной оценке – отправить проект на доработку по замечаниям. Экономическое стимулирование послужит мотивацией для рационального подхода к проектированию зданий и откроет новые перспективы и архитектурные решения в дальнейшей застройке города.

Использование квалиметрической оценки зданий значительно облегчит проведение предпроектного анализа исторической застройки и позволит сократить используемый объем ресурсов, затрачиваемых на проектирование зданий, гармонично сочетающихся с окружающей средой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Богачева, Ю. В**. Охрана окружающей архитектурно-исторической среды / Ю. В. Богачева // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по материалам XVII Междунар. студ. науч.-практ. конф. – 2014. – № 2 (17). – С. 5-10.

2. **Лысак, И. В.** Проблема сохранения культурной идентичности в условиях глобализации / И. В. Лысак // Гуманитарные и социально-экономические науки. – 2010. – № 4(53). – С. 99-103.

3. **Степанюк, Я. Г.** Объекты нового строительства в исторической среде городов / Я. Г. Степанюк, Е. В. Ситникова// Творчество и современность. – 2018. – № 1(5). – С. 85-88.

4. **Гойкалов, А. Н.** Разработка метода оценки качества архитектурно-исторической среды / А. Н. Гойкалов, Т. В. Макарова, А. Ю. Семенихина // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 1(39). – С. 73-79. – DOI 10.52684/2312-3702-2022-39-1-73-79.

5. **Шулепова, Э. А.** Историко-культурное наследие Воронежа: материалы Свода памятников истории и культуры Российской Федерации / Э. А. Шулепова // Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края. – 2000. – 575 с.

6. **Зеленин, А. Л.** Николай Владимирович Троицкий: эпоха сложных решений / А. Л. Зеленин, В. А. Митин // Серия: Зодчие Воронежа. Воронеж.: Творческое объединение «Альбом». – 2013. – 96 с.

7. **Чесноков, Г. А.** Развитие города Воронежа и его архитектура / Г. А. Чесноков // Градостроительство. – 2011. – № 5(15). – С. 16-22.

8. **Панова, В. И.** История Воронежского края /В. И. Панова // Воронеж: «Родная речь». – 2008. – 287 с.

9. **Семенихина, А. Ю.** Оценка проблемы исторической застройки в условиях современной архитектуры / А. Ю. Семенихина, Е. Е. Прокшиц, Е. А. Гойкалова, И. А. Захаренкова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2021. – № 3-4(45-46). – С. 45-53.

10. **Киселев, Э. В.** Конспект лекций по дисциплине «Прикладная квалиметрия» / Э. В. Киселев, М. Е. Ильина // ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева». Рыбинск. – 2015. – 52 с.

11. **Вильчинская-Бутенко, М. Э.** Подход к задаче комплексной оценки арт-объектов урбанистического искусства методами квалиметрии / М. Э. Вильчинская-Бутенко, Н. Н. Рожков // Обсерватория культуры. – 2020. – № 17(1). – С. 74-87.

12. **Романов, В. Н.** Квалиметрия: учеб. пособие / В. Н. Романов, Ю. А. Орлов, М. П. Ромодановская, Д. Ю. Орлов // Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2017. – 135 с.

13. **Туманик, Г. Н.** Регулирование этажности застройки и проблемы нормативно-правовой базы строительства ценовой городской среды / Г. Н. Туманик // Вестник ТГАСУ. –2017. – № 5(64). – С. 58-66.

Поступила в редакцию 3 июня 2022

METHOD OF REGULATION OF VISUAL COMBINATION OF BUILDINGS IN THE HISTORIC DEVELOPMENT

A. Yu. Semenikhina, O. A. Sotnikova, A. N. Goikalov, T. V. Makarova

Alina Yurievna Semenikhina, graduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(960)106-05-66; e-mail: way1998@mail.ru
Olga Anatolievna Sotnikova, Dr. Sc. (Tech.), Head of the Department of design of buildings and structures named after N.V. Troitsky, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)2-774-339; e-mail: hundred@vgasu.vrn.ru
Andrey Nikolaevich Goykalov, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor the Department of design of buildings and structures named after N.V. Troitsky, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)2-774-339; e-mail: goykalov78@mail.ru
Tatyana Vasilievna Makarova, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor the Department of design of buildings and structures named after N.V. Troitsky, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(473)2-774-339; e-mail: today25@inbox.ru

The article considers a number of examples of multi-storey development in the city of Voronezh. We illustrate various assessments of perception of these building and authenticity of the environment. We also analyze identified architectural and town-planning properties of modern multi-storey buildings, which determine the sence of dissonance. To solve the existing problem of disharmony between modern and historic buildings we developed a classification of combination of the building being designed with the surrounding development. We assessed the qualimetric point of view of new buildings in the historical center of the city of Voronezh. As well we offered some measures to regulate the visual perception of architecture-and-spatial environment.

Keywords: historical development; disharmony; classification of buildings; qualimetry; conformity assessment.

REFERENCES

1. **Bogacheva Yu. V.** *Protection of the surrounding architectural and historical environment.* Scientific community of students of the XXI century. Technical sciences: Sat. Art. Based on the materials of the XVII International. stud. scientific-practical. conf. 2014. No. 2(17). Pp. 5-10. (in Russian)

2. **Lysak I. V**. *The problem of preserving cultural identity in the context of globalization.* Humanitarian and socio-economic sciences. 2010. No. 4(53). Pp. 99-103. (in Russian)

3. **Stepanyuk Ya. G., Sitnikova E. V.** *Objects of new construction in the historical environment of cities*. Creativity and modernity. 2018. No. 1(5). Pp. 85-88. (in Russian)

4. **Goykalov A. N., Makarova T. V., Semenikhina A. Yu.** *Development of a method for assessing the quality of the architectural and historical environment*. Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea. 2022. No. 1(39). Pp. 73-79. – DOI 10.52684/2312-3702-2022-39-1-73-79. (in Russian)

5. **Shulepova E. A.** *Historical and cultural heritage of Voronezh: materials of the Code of monuments of history and culture of the Russian Federation*. Voronezh, Center for the Spiritual Revival of the Chernozem Territory. 2000. 575 p. (in Russian)

6. **Zelenin A. L., Mitin V. A.** *Nikolai Vladimirovich Troitsky: the era of complex decisions.* Series: Architects of Voronezh. Voronezh, Creative Association «Album». 2013. 96 p. (in Russian)

7. **Chesnokov G. A.** *Development of the city of Voronezh and its Urban planning*. 2011. No. 5(15). Pp. 16-22. (in Russian)

8. **Panova V. I.** *History of the Voronezh region*. Voronezh: «Native speech». 2008. 287 p. (in Russian)

9. **Semenikhina A. Yu., Prokshits E. E., Goykalova E. A., Zakharenkova I. A.** *Evaluation of the problem of historical development in the conditions of modern architecture.* Scientific journal. Engineering systems and structures. 2021. No. 3-4(45-46). Pp. 45-53. (in Russian)

10. **Kiselev E. V., Ilyina M. E**. *Lecture notes on the discipline Applied qualimetry*. Rybinsk State Aviation Technical University named after P. A. Solovyov. Rybinsk. 2015. 52 p. (in Russian)

11. **Vilchinskaya-Butenko M. E., Rozhkov N. N**. *Approach to the problem of complex assessment of art objects of urban art using qualimetry methods*. Observatory of Culture. 2020. No. 17(1). Pp. 74-87. (in Russian)

12. **Romanov V. N., Orlov Yu. A., Romodanovskaya M. P., Orlov D. Yu.** Qualimetry: textbook. Allowance. Vladimir State University. A. G. and N. G. Stoletov. Vladimir, Publishing House of VlGU. 2017. 135 p. (in Russian)

13. **Tumanik G. N.** *Regulation of the number of storeys of building and problems of the regulatory framework for the construction of a price urban environment*. Newsletter of TGASU. 2017. No. 5 (64). https://cyberleninka.ru/article/n/regulirovanie-etazhnosti-zastroyki-i-problemy-normativno-pravovoy-bazy-rekonstruktsii-tsennoy-gorodskoy-sredy, free. - Ver. from the screen. (in Russian)

Received 3 June 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Способ регулирования визуального сочетания зданий в исторической застройке / А. Ю. Семенихина, О. А. Сотникова, А. Н. Гойкалов, Т. В. Макарова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 84-93.

FOR CITATION:

Semenikhina A. Yu., Sotnikova O. A., Goikalov A. N., Makarova T. V. *Method of regulation of visual combination of buildings in the historic development*. Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 84-93. (in Russian)

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

УДК 504.064.3

МЕТОД НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ НАЛИЧИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ В СТОКАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ф. Г. Тарасевский, В. Л. Баденко

Тарасевский Филипп Георгиевич, аспирант Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7(981)859-07-36; e-mail: tfg@yandex.ru
Баденко Владимир Львович, д-р техн. наук, профессор высшей школы гидротехнического и энергетического строительства, водохозяйственное и гидротехническое строительство, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7(812)775-05-30; e-mail: office@spbstu.ru

Обоснована актуальность организации непрерывного мониторинга степени загрязнения нефтепродуктами сточных вод, сбрасываемых в водоемы из систем прямоточного охлаждения оборудования ТЭЦ. Предложена структура организации системы непрерывного контроля концентрации растворенных нефтепродуктов и нефтяных пленок в стоках системы охлаждения. Приведено обоснование выбора контрольно-измерительных приборов. Работа предлагаемой системы основана на использовании анализатора растворенных нефтепродуктов и регистратора нефтяных пленок. Описан состав и принцип работы предлагаемой системы, основанный на фиксировании наличия нефтепродуктов и определении численного значения концентрации растворенных нефтепродуктов через косвенный параметр с учетом наличия фоновых концентраций в водоеме.

Ключевые слова: контроль нефтепродуктов; экологический мониторинг; полициклические ароматические углеводороды; ТЭЦ.

На сегодняшний день экологическая проблема остро стоит перед пользователями водных ресурсов и особенно перед предприятиями, осуществляющими сброс стоков в водные объекты. Государственная дума Российской Федерации ведет активную политику по улучшению экологической ситуации и, в частности, состояния водных объектов, путем увеличения штрафов для юридических и частных лиц [1].

Активными пользователями водных ресурсов являются Тепло-энерго Централи (ТЭЦ). Некоторые ТЭЦ имеют прямоточную систему охлаждения, при которой вода, используемая для охлаждения оборудования, забирается из водного объекта (река, озеро и т.п.) насосной станцией и, после прохождения контуров системы охлаждения оборудования, сбрасывается обратно в водный объект. Охлаждению природной водой, помимо прочего, подлежат контуры маслоохладителей, обеспечивающие работу турбогенераторов, питающих насосов и других узлов, входящих в состав работы ТЭЦ. Маслоохладители представляют собой теплообменники кожухотрубного или пластинчатого типа, прокачиваемые водой, отводящей тепло от масляного контура. Маслоохладители поддерживают заданную температуру смазочного масла, что является необходимым условием для поддержания установленного давления смазки в узлах оборудования. Следует указать, что маслоохладители подвержены высокому износу и как следствие, необходимости осуществления ремонтных работ над ними. Чаще всего, ремонтные работы над маслоохладителями происходят по причине коррозионных разрушений теплообменных трубок, нарушений герметичности

© Тарасевский Ф. Г., Баденко В. Л., 2022

вальцованных соединений трубок с трубными досками, некоторых заводских дефектов, образованных при изготовлении или монтаже. Нарушение работы маслоохладителей может приводить к серьезным экологическим последствиям, таким как попадание большого объема нефтепродуктов в акваторию используемого водного объекта, что в свою очередь ведет к серьезным последствиям, таким как наложение административных и финансовых штрафов на руководство предприятия.

Таким образом, на действующих ТЭЦ, использующих прямоточную систему охлаждения, необходимым является осуществление непрерывного контроля степени загрязнения воды, сбрасываемой в водоемы из системы охлаждения оборудования. В частности, стоки не должны содержать следов индустриального масла, которое служит промежуточным теплоносителем в системах охлаждения оборудования. Масло может попадать в воду по причине нарушения работы теплообменных аппаратов, число которых в зависимости от мощности ТЭЦ может доходить до нескольких десятков.

При использовании водных ресурсов без проведения постоянного контроля по загрязнению стоков нефтепродуктами, существует вероятность аварийной ситуации, при которой водный объект неминуемо пострадает и будет загрязнен. Так, зафиксированы случаи, когда ТЭЦ являлись источниками попадания нефтепродуктов в акваторию водного объекта, используемого в цикле системы охлаждения станции [2]. Попадание нефтепродуктов в водный объект приводит к неминуемым экологическим последствиям [3] в рамках загрязнения как водных, так и земельных ресурсов [4, 5].

На сегодняшний день, нормативным документом, определяющим режим контроля отработанной ТЭЦ воды, является РД 153-34.0-02.405-99 «Методические указания по нормированию сбросов загрязняющих веществ со сточными водами тепловых электростанций», согласно которому график отбора проб стоков ТЭЦ согласуется с местными контролирующими организациями. Как известно, штатный контроль стоков ТЭЦ по показателю «нефтепродукты», осуществляется один раз в несколько дней (от трех до десяти), что исключает возможность ведения оперативного мониторинга за уровнем загрязнения сточных вод нефтепродуктами.

Также, согласно Приказу Минприроды России от 09.11.2020 № 903 «Об утверждении Порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных, в том числе дренажных, вод, их качества» обязанность ведения учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных, в том числе дренажных, вод, их качества возлагается на физических лиц (индивидуальных предпринимателей), юридических лиц, которым предоставлено право пользования водным объектом в целях забора (изъятия) водных ресурсов и (или) сброса сточных, в том числе дренажных, вод.

Причинами необходимости устройства системы производственного мониторинга за состоянием водного объекта являются не только законодательные предпосылки, указанные выше. В случае расположения нескольких предприятий на одном водосбросном канале, необходимым является наличие некой информативной базы о состоянии отводимых стоков. Данная база обеспечит легитимность данных, подтверждающих безучастность предприятия к загрязнению используемого водного объекта при проведении юридических споров при совместном использовании водосбросного канала несколькими организациями.

Определение химического состава сбрасываемых сточных, в том числе дренажных, вод (концентраций присутствующих в водах загрязняющих веществ) должно производиться с помощью средств измерений и (или) периодическим отбором проб и производством химических анализов.

На сегодняшний день, в рамках решения вопроса о контроле концентрации нефтепродуктов в потоке, преимущественно используются датчики, основанные на методе флуориметрии или нефелометрии. Оба метода адаптированы для проведения измерений непосред-

ственно на точке контроля и дают адекватные показания в полевых условиях работы. Недостатком использования подобных датчиков, является отсутствие пробоподготовки, что влечет за собой влияние механических примесей и состояния нефтепродуктов (растворенное состояние, эмульсия) в потоке на показания датчиков [6-11]. Можно выделить отечественный прибор «Флюорат АЕ-2», имеющий собственную пробоподготовку перед проведением анализа и обеспечивающий полное соответствие метода проведения анализа с лабораторным. Его недостатки: время проведения одного измерения от 15 минут (не соответствует понятию «непрерывности» мониторинга), необходимость контроля и восполнения запасов реагента (Гексан) и регулярного обслуживания.

В целом, мобильные датчики, устанавливаемые в поток, непосредственно на точку контроля, полностью решают задачу непрерывного мониторинга за количеством нефтепродукта в анализируемом потоке и позволяют оперативно зафиксировать сверхнормативную концентрацию загрязнителя в водном потоке.

Для обеспечения непрерывного контроля стоков системы охлаждения, авторами разработана и введена в эксплуатацию система экологического мониторинга, обеспечивающая контроль стоков системы охлаждения ТЭЦ по показателю «нефтепродукты». Данная система позволяет осуществлять непрерывный контроль стоков как по концентрации растворенных нефтепродуктов, так и по нефтепродуктам, находящимся в виде эмульсии или масляных пленок. Для обеспечения должного контроля стоков, отводимых в водный объект, применяется разработанный авторами алгоритм.

Принцип построения системы мониторинга

Рассматриваемая система устроена таким образом, что сигналы с датчиков, установленных на местах контроля, первоначально передаются на локальные шкафы нижнего уровня, устроенные по контрольным местам установки системы. Структурная схема точки контроля изображена на рис. 1. В локальном шкафу первичные сигналы преобразуются и передаются по утвержденному протоколу на шкаф верхнего уровня. В шкафу верхнего уровня происходит обработка данных и пересчет концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ)на концентрацию растворенных нефтепродуктов по разработанному алгоритму. Далее, информация поступает на щит дежурного станции, где расположены мониторы отображения состояния системы и осуществляется передача данных в общестанционную сеть.

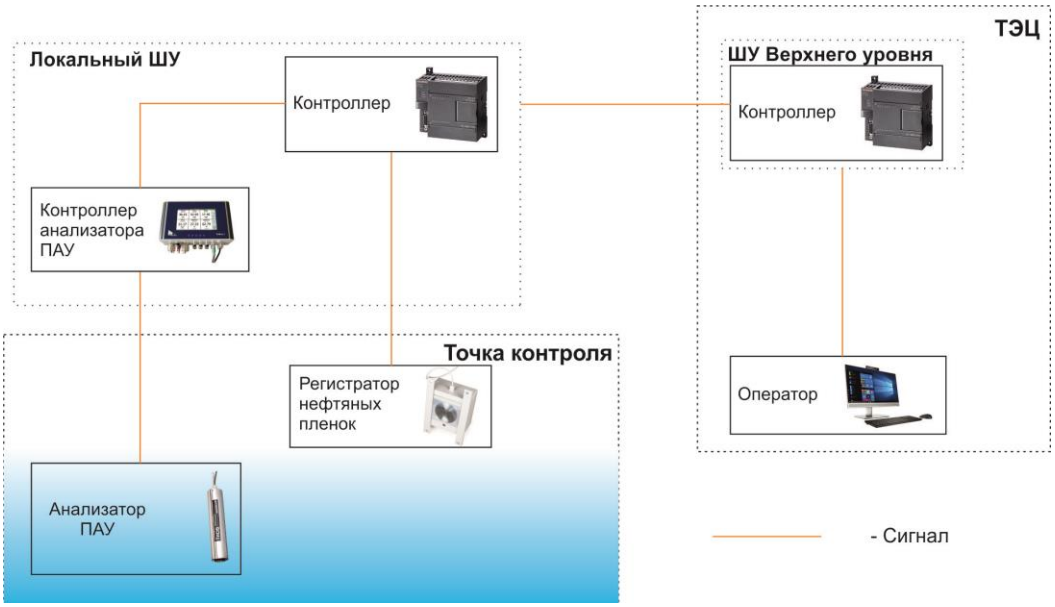


Рис. 1. Схема расположения оборудования на точке контроля

При фиксировании наличия сверхнормативной концентрации растворенных нефтепродуктов или нефтяной пленки, система оповещает оперативный персонал станции звуковым и визуальным сигналом, а также указывает место регистрирования сверхнормативной концентрации нефтепродукта и позволяет узнать массовую концентрацию нефтепродуктов, зафиксированную на точке контроля.

Точки контроля стока в рассматриваемой системе расположены согласно схеме, представленной на рис. 2.

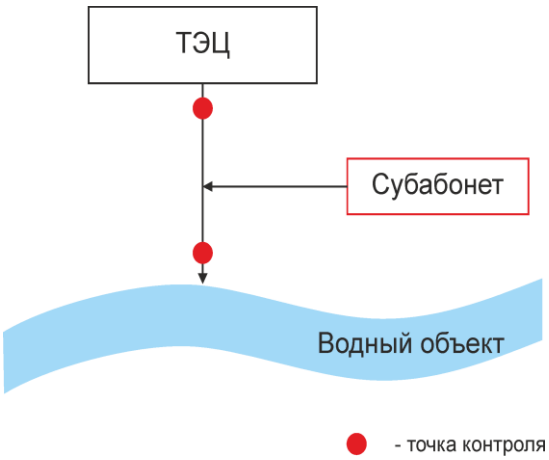


Рис. 2. Схема расположения точек контроля

Устройство контрольных точек системы осуществлено таким образом, что при утечке нефтепродуктов имеется возможность определить, от какой организации происходит поступление загрязнения в сбрасываемые воды, а также выявить, какая группа оборудования является первоисточником возникновения загрязнения.

На каждой из контрольных точек устроен узел, в который входит регистратор нефтяных пленок, успокоитель потока жидкости [12], датчик определения концентрации растворенных нефтепродуктов и шкаф полевого уровня. Шкаф содержит в себе первичные преобразователи. Информационные данные измеряемых параметров, получаемые от датчиков, поступают на шкаф первого уровня, где происходит их первичное архивирование и преобразование для передачи по утвержденному информационному протоколу. Далее, информация передается на блок диспетчеризации, где происходит конвертация концентрации косвенного параметра (ПАУ) в концентрацию нефтепродуктов (масла ТП-22С), а также осуществляется вторичное архивирование данных, и их интеграция в существующую систему АСУ ТП. Доступ к информации о состоянии системы и непосредственно к показателям системы осуществляется как в локальной общестанционной сети, так и на рабочем месте оператора, устроенного на пульте управления начальника смены КТЦ.

Применяемые приборы контроля нерастворенных нефтепродуктов

На сегодняшний день, наличие нерастворенного нефтепродукта в потоке жидкости можно осуществить путем регистрирования нефтяных пленок на поверхности анализируемого потока [13]. Инструментально, фиксирование наличия нефтепродукта происходит за счет разницы отражательной способности (коэффициентов отражения) воды и нефтепродукта. В предлагаемом методе для идентификации наличия масляных пятен на поверхности жидкости применен отечественный прибор «Краб», использовавшийся при выполнении контроля наличия масляных пятен на реке Нева.

В основе используемого метода анализа лежит лазерное зондирование водной поверхности направленным по вертикали вниз узким лазерным лучом (длина волны – 0,65 мкм). Различие коэффициентов отражения для нефтепродуктов и воды позволяет обнаруживать нефтяные пленки. Данный способ позволяет фиксировать нефтяные пятна толщиной от 0,5 мкм.

В состав прибора входят излучатель, собранный на базе полупроводникового лазерного диода и одноканальная оптоэлектронная приемная система [13]. Частота осуществления измерений – 30 сек. Ввиду высокой турбулентности потока, исключающей возможность формирования нефтяной пленки на поверхности воды, в состав узла входит успокоитель потока, обеспечивающий формирование нефтяных пленок для их дальнейшей регистрации [12].

Контроль растворенной формы нефтепродуктов осуществляется путем измерения косвенного параметра – концентрации полициклических ароматических углеводородов(ПАУ). ПАУ – это органические соединения, для которых характерно наличие в химической структуре трех и более конденсированных бензольных колец [14…16].

Измерение концентрации ПАУ основано на методе флуоресценции. В качестве прибора-измерителя концентрации ПАУ, используется погружной флуориметр envifoFlu-HC производства компании TriOS. Флуориметр позволяет осуществлять измерения концентрации ПАУ в режиме реального времени посредством измерения флуоресценции раствора. Данный прибор функционирует совместно с контроллером TriBox, осуществляющим вторичное преобразование измерений, получаемых с датчика. Контроллер позволяет осуществлять корректировку измерений, а именно: вычитание фонового значения и введение поправочного коэффициента.

Датчик envifoFlu-HC и контроллер занесены в реестр средств измерений как приборы, обеспечивающие измерение концентрации нефтепродуктов (№ 77328-20). Это дает возможность осуществления непрерывного контроля концентрации нефтепродуктов с обеспечением легитимности полученных данных и использование их в качестве доказательной базы.

Метод определения концентрации нефтепродуктов

В рамках использования датчиков-измерителей ПАУ для определения концентрации нефтепродуктов необходимо учитывать две важные особенности, описанные ниже.

Первая особенность заключается в том, что анализируемые стоки являются природными стоками р. Нева, в которых имеется фоновая концентрация ПАУ [16…17]. На рис. 3 представлен график изменения концентрации ПАУ во времени.

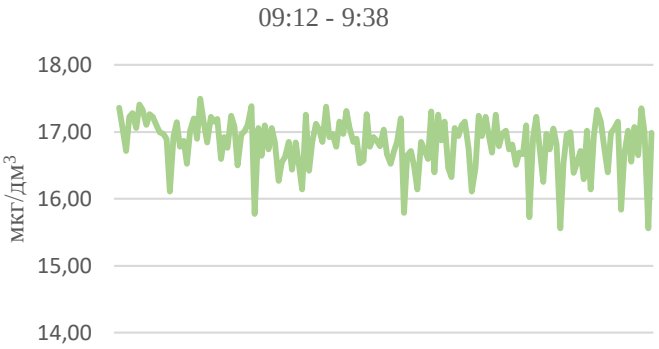


Рис. 3. Данные с контроллера датчика ПАУ

Анализируя график, можно сделать вывод о том, что измерение фоновой концентрации имеет непостоянный характер и колеблется в промежутке 15,5…17,5 мкг/дм^3.

Вторая особенность связана с тем, что эффект флуоресценции, на котором строится измерение датчика, имеет зависимость от температуры измеряемой жидкости [18, 19]. На рис. 4. представлены графики измерения датчика-измерителя ПАУ, регистрирующие фоновые значения концентрации ПАУ в измеряемом потоке и график изменения температуры анализируемого потока для одного промежутка времени.

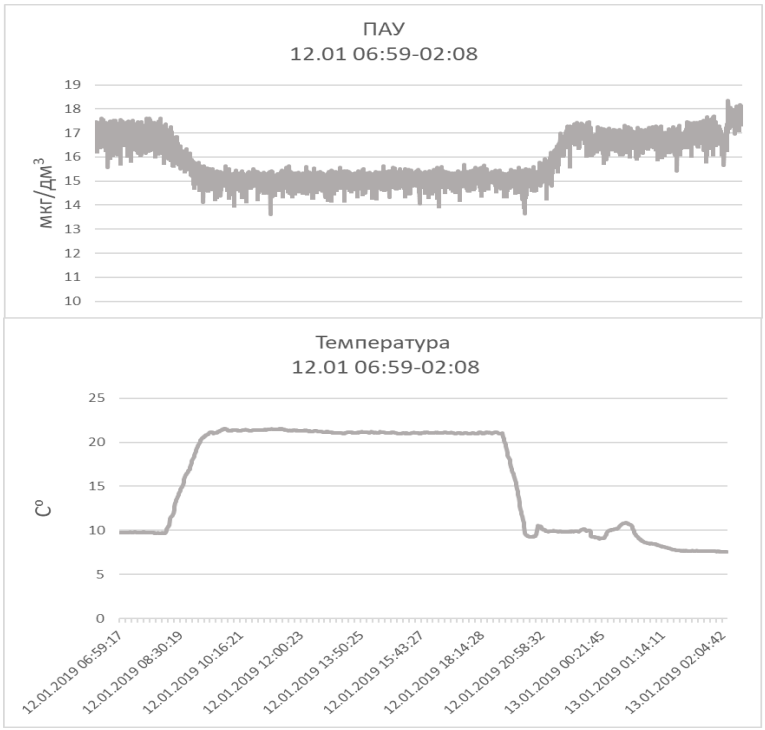


Рис. 4. Данные с контроллера датчика ПАУ
при измерении фоновых концентраций вод р. Нева

Сопоставляя графики на рис. 4, можно сделать вывод об обратной зависимости температуры стока и концентрации ПАУ в потоке жидкости. При изменении температуры жидкости с 10 до 20 ºС, показания датчика изменились с 17 до 15 мкг/дм^3.

Минимальная концентрация нефтепродуктов, требуемая для определения, согласно нормам, для объектов рыбохозяйственного назначения составляет 0,05 мг/дм^3. Согласно сопроводительной литературе по работе с датчиком, коэффициент пересчета концентрации ПАУ на нефтепродукт, контролируемый в потоке, определяется по формуле:

$$k = \frac{\Delta C_{oil}}{x_1 - x_0}, \quad (1)$$

где ΔC_{oil} – изменение концентрации нефтепродуктов, мкг/дм^3; x_0 – начальная (фоновая) концентрация ПАУ, мкг/дм^3; x_1 – концентрация ПАУ после добавления нефтепродукта, мкг/дм^3.

По результатам проведенных лабораторных исследований, изменение величины концентрации нефтепродукта (ТП-22С) на 0,05 мкг/дм^3 соответствует приросту концентрации ПАУ, в 0,2 мкг/дм^3. Подставляя данные значения в формулу (1), определяется коэффициент пересчета концентрации ПАУ в концентрацию нефтепродукта (ТП-22С), равный 0,25.

Поскольку колебание фоновых концентраций (рис. 3) больше значения, соответствующего ПДК по нефтепродуктам, то исключена возможность работы датчика по принципу превышения уставки.

Для решения поставленной задачи создан алгоритм, имеющий следующие особенности:

сравнение концентрации ПАУ происходит между двумя суммами последовательных измерений в течение трех минут (исходя из оптимального количества измерений), формируя два массива. На рис. 5 выделены два массива на графике концентрации ПАУ. Сравнение массивов происходит путем вычитания сумм массивов (*S*1 и *S*2).

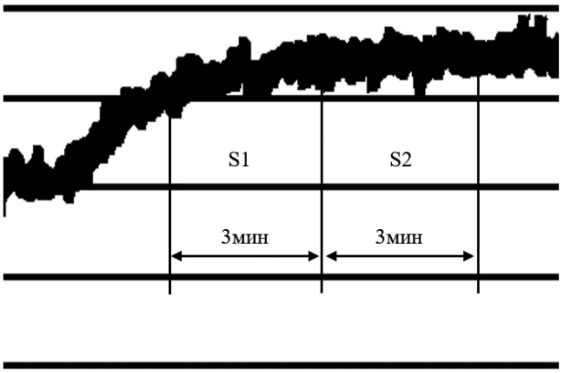


Рис. 5. Пример выделения массивов измерений концентрации ПАУ

В общем случае между массивом $S1$ и $S2$ имеется разница в площади под графиком. Данная разница и будет являться параметром, по которому определяется факт изменения концентрации нефтепродуктов в стоках.

Расчетное определение прироста концентрации нефтепродукта происходит по нижеследующей формуле:

$$C_i = \frac{S_2 - S_1}{n} \cdot k, \quad (2)$$

где C_i – изменение концентрации нефтепродукта (ТП-22С), мг/дм^3; S_1 – сумма измерений концентрации ПАУ в сравниваемом массиве, мг/дм^3;S_2 – сумма измерений концентрации ПАУ в текущем массиве, мг/дм3; n – количество измерений в массиве (18 показаний за три минуты); k – коэффициент пересчета ПАУ на нефтепродукт.

Лабораторно установлено, что при увеличении концентрации нефтепродукта на 0,05 мг/дм^3, каждое из показаний датчика ПАУ увеличится на 0,2 мкг/дм^3. Соответственно для периода в 3 мин (за этот промежуток датчик снимает 18 показаний) разница массивов будет 3,6 мг/дм^3, что будет соответствовать приросту концентрации нефтепродуктов в 0,05 мг/дм^3.

Общая концентрация нефтепродуктов, определяется по формуле:

$$C = C_0 + (C_i), \quad (3)$$

где C_0 – начальная массовая концентрации нефтепродукта в анализируемом потоке, мг/дм^3; C_i – изменение концентрации нефтепродукта (ТП-22С), мг/дм^3.

Величина C_0 определяется путем лабораторного анализа исходной воды р. Нева, с рекомендованной регулярностью один раз в месяц.

Таким образом, представленный алгоритм обеспечивает пересчет концентрации ПАУ, измеряемых прибором, на концентрацию нефтепродукта ТП-22С и позволяет осуществлять непрерывный контроль за состоянием стоков, сбрасываемых в водный объект по концентрации растворенных нефтепродуктов минуя влияние фоновой концентрации и ПАУ и сезонных температурных изменений анализируемого потока.

Заключение.

Предложена система экологического мониторинга, обеспечивающая непрерывный и легитимный контроль технологических стоков индустриального предприятия по параметру «нефтепродукты». Контроль наличия нефтепродуктов осуществляется по двум показателям, резервирующим друг друга: нефтяная пленка и концентрация растворенных нефтепродуктов.

Разработанный алгоритм основан на расчете концентрации нефтепродуктов с использованием измерения концентрации косвенного показателя, с учетом наличия фоновых концентраций в контролируемом водном источнике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Егоров, В. Н.** Механизм оценки экологического ущерба от производственной деятельности / В. Н. Егоров, М. В. Чернова // Экономический анализ: теория и практика. – 2015. –№ 8. – С. 407.

2. **Бабенко, О. Ю.** Исследование негативного воздействия на состояние окружающей среды в Российской Федерации / О.Ю. Бабенко // Сервис в России и за рубежом. – 2015. – № 2. – С. 58.

3. **Арефьев, Н. В.** Прогноз возможного ущерба при выходе нефтепродуктов из затонувших кораблей и судов / Н. В. Арефьев, В. Л. Баденко // Морская радиоэлектроника. – 2009. – № 1(27). – С. 44-47.

4. **Гордей, Д. А.** Эколого-экономическая оценка технологии восстановления нефтезагрязненных почв Санкт-Петербурга / Д. А. Гордей, В. В. Терлеев // XXXVIII Неделя науки СПБГПУ, Материалы Международной научно-практической конференции. – 2009. – С. 356-357.

5. **Чайковская, О. Н.** Взаимодействие полициклических ароматических углеводородов с органическим веществом почв и водных осадков / О. Н. Чайковская, Л. В. Нечаев // Издательский Дом Томского государственного университета. – 2017. – С. 124.

6. **Маслова, Н. В.** Экологический мониторинг нефтепродуктов на территории химически опасного объекта с применением флеш-детектора / Н. В. Маслова, Ж. Ю. Кочетова, А. Н. Данилов, Т. А. Кучменко // Медицина экстремальных ситуаций. – 2017. – № 2. –С. 60.

7. **Дерпак, К. А.** Организация производственного экологического мониторинга сточных вод нефтеперерабатывающего завода / К. А. Дерпак, В. А. Хомич // Экологические чтения-2021. XII Национальная научно-практическая конференция с международным участием. Омск. – 2021. – С. 198-203.

8. **Шамирзаев, В. Т.** Люминесцентный контроль загрязнения воды тяжелыми фракциями нефтепродуктов / В. Т. Шамирзаев, В. А. Гайслер, Т. С. Шамирзаев // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2015. – № 2. – С. 186.

9. **Кигель, А. А.** Контроль содержания нефтепродуктов в системах оборотного водоснабжения / А. А. Кигель, Д. А. Чернокозинский // Автоматизация в промышленности. – 2014. – № 5. – С. 30-33.

10. **Смердова, С. Г.** Аналитический контроль процесса сорбционной очистки нефтепродуктов от серосодержащих соединений / С. Г. Смердова, Р. А. Юсупов, Л. Р. Сафина, Д. М. Мухаметгалеев //Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 8. – С. 295-296.

11. **Копыльцова, А. Б.** Проблемы поточного контроля нефтепродуктов в воде / А. Б. Копыльцова, Б. П. Тарасов //Контроль качества продукции. – 2020. – № 2.

12. **Tarasevsky, P.** The open flow damper in effluent control system / P. Tarasevsky, V. Badenko, I. Goryunov // Magazine of Civil Engineering. – 2021. – № 7. – Pp. 10708.

13. **Анучин, Е. Н.** Оптический регистратор нефтяных пленок на взволнованной водной поверхности / Е. Н. Анучин, И. А. Грачев, А.З. Зурабян, А. П. Попов // Оптический журнал. – 2005. – Т. 72. – № 3. – С. 11-14.

14. **Harshica, F.** Distribution of petrogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in seafood following Deepwater Horizon oil spill / F. Harshica, J. Hyunsu // Marine Pollution Bulletin. – 2019. – Vol. 142. – Pp. 200-207.

15. **Xinran, L.** Indigenous PAH degraders along the gradient of the Yangtze Estuary of China: Relationships with pollutants and their bioremediation implications / L. Xinran, L. Min // Marine Pollution Bulletin. – 2019. – Vol. 142. – Pp. 419-427.

16. **Sharma, B.** Spatial gradients of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air, atmospheric deposition, and surface water of the Ganges River basin / B. Sharma, L. Melymuk, G. Bharat // Science of The Total Environment. – 2018. – Vol. 627. – Pp. 1495-1504.

17. **Ожегов, Э. А.** Изучение возможности использования полиароматических углеводородов нефти для идентификации нефтяных загрязнений / Э. А. Ожегов, В. А. Гадышев, О. В. Щербаков // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2013. – № 2.

18. **Жук, А. С.** Разработка универсальных методик количественного определения нефтепродуктов в воде / А. С. Жук, А. И. Рубайло // Журнал СФУ. Химия. – 2014. – № 3.

19. **Эмануэль, Н. М.** Экспериментальные методы химической люминесценции / Н. М. Эмануэль, М. Г. Кузьмин // Издательство Московского университета. – 1985.

Поступила в редакцию 21 июля 2022

METHOD FOR CONTINUOUS MONITORING AND DETERMINATION OF PRESENCE AND CONCENTRATION OF PETROLEUM PRODUCTS IN THE SEWAGE WATER OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

F. G. Tarasevsky, V. L. Badenko

Filipp Georgievich Tarasevsky, postgraduate student of the Department of Water Management and Hydraulic Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia, tel.: +7(981)859-07-36; e-mail: tfg@yandex.ru

Vladimir Lvovich Badenko, Dr. Sc. (Techn.), Professor of the Department of Water Management and Hydraulic Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia, tel.: +7(812)775-05-30; e-mail: office@spbstu.ru

In the article we substantiate the relevance of continuous monitoring of pollution with oil products of wastewater discharged into water bodies from the direct-flow cooling systems of CHP equipment. We offer a form of organization of the system for continuous monitoring of the concentration of dissolved oil products and oil films in the wastewater of the cooling system. As well we propose the substantiation of the instrumentation choice. The operation of the proposed system is based on the use of a dissolved oil analyzer and an oil film recorder. Also we describe the composition and principle of operation of the proposed system. This system is based on fixing the presence of oil products and determining the numerical value of the concentration of dissolved oil products. This value is found through an indirect parameter, taking into account the presence of background concentrations in the reservoir.

Keywords: control of oil products; environmental monitoring; polycyclic aromatic hydrocarbons; CHP.

REFERENCES

1. **Egorov V. N.** *Mechanism for assessing environmental damage from production activities.* Economic Analysis: Theory and Practice. 2015. No. 8. Pp. 407. (in Russian)

2. **Babenko O. Y.** *Study of the negative impact on the state of the environment in the Russian Federation.* Service in Russia and abroad. 2015. No. 2. Pp. 58. (in Russian)

3. **Arefev N. V., Badenko V. L.** *Forecast of possible damage from the release of oil products from sunken ships and vessels.* Marine radio electronics. Series 1. 2009. Issue. 27. Pp. 44-47. (in Russian)

4. **Gordey D. A., Terleev V. V.** *Ecological and economic assessment of the technology for the restoration of oil-contaminated soils in St. Petersburg.* XXXVIII Week of Science SPbSPU, Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. 2009. Pp. 356-357. (in Russian)

5. **Chailovskaya O. N., Nechaev L. V.** *Interaction of polycyclic aromatic hydrocarbons with organic matter of soils and water sediments.* Publishing House of Tomsk State University. 2017. Pp. 124. (in Russian)

6. **Maslova N. V, Kochetova Zh. Yu., Danilov A. N., Kuchmenko T. A.** *Ecological monitoring of petroleum products on the territory of a chemically hazardous facility using a flash detector*. Medicine of extreme situations. 2017. No. 2. Pp. 60. (in Russian)

7. **Derpak K. A., Homich V. A.** *Organization of industrial environmental monitoring of wastewater from an oil refinery.* Ecological readings-2021. XII National scientific and practical conference with international participation. 2021. Pp. 198-203. (in Russian)

8. **Shamirzaev V. T., Geisler V. A., Shamirzaev T. S.** *Luminescent control of water pollution by heavy fractions of oil products.*Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Physical series. 2015. No. 2. Pp. 186. (in Russian)

9. **Kigel A. A., Chernokozinskiy D. A.** *Monitoring the content of oil products in circulating water supply systems.* Automation in industry. 2014. No. 5. Pp. 30-33. (in Russian)

10. **Smerdova S. G., Yusupov R. A., Safina L. R., Mukhametgaleev D. M.** *Analytical control of the process of sorption purification of petroleum products from sulfur-containing compounds*. Bulletin of the Kazan Technological University. Series 16. 2013. Issue. 16. Pp. 295-296. (in Russian)

11. **Kopyltsova A. B., Tarasov B. P.** *Problems of flow control of oil products in water*. Product quality control. 2020. No. 2. Pp. 55-61. (in Russian)

12. **Tarasevsky P. G., Badenko V. L., Goryunov I. V.** *The open flow damper in effluent control system.* Magazine of Civil Engineering. No. 07. 2021. Pp. 10708. (in English)

13. **Anychin E. N., Grachev I. A., Zuhfbyn A. Z., Popov A. P.** *Optical recorder of oil films on a rough water surface.* Optical magazine. 2005. No. 3. Pp. 11-14. (in Russian)

14. **Harshica F., Hyunsu J.** *Distribution of petrogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in seafood following Deepwater Horizon oil spill.* Marine Pollution Bulletin. 2019. 142. Pp. 200-207. (in English)

15. **Xinran L., Min L.** *Indigenous PAH degraders along the gradient of the Yangtze Estuary of China: Relationships with pollutants and their bioremediation implications.* Marine Pollution Bulletin. 2019. 142. Pp. 419-427. (in English)

16. **Sharma B. M., Melymuk L., Bharat G.** *Spatial gradients of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air, atmospheric deposition, and surface water of the Ganges River basin*. Science of The Total Environment. 2018. 627. Pp. 1495-1504. (in English)

17. **Ozhegov E. A., Gaduchev V. A., Cherbakov O. V.** *Studying the Possibility of Using Oil Polyaromatic Hydrocarbons for the Identification of Oil Contaminants.* Scientific and analytical journal «Bulletin of St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia». 2013. No. 2. Pp. 22-28. (in Russian)

18. **Zhuk A. S., Rybailo A. I.** *Development of universal methods for the quantitative determination of petroleum products in water.* Journal of SFU. Chemistry. 2014. No. 3. Pp. 361-370. (in Russian)

19. **Emanuel N. M., Kuzmin M. G.** *Experimental methods of chemical luminescence.* Moscow University Publishing House. 1985. (in Russian)

Received 21 July 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Тарасевский, Ф. Г. Метод непрерывного контроля наличия и определения концентрации нефтепродуктов в стоках промышленных предприятий / Ф. Г. Тарасевский, В. Л. Баденко // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 94-103.

FOR CITATION:

Tarasevsky F. G., Badenko V. L. *Method for continuous monitoring and determination of presence and concentration of petroleum products in the sewage water of industrial enterprises*. Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 94-103. (in Russian)

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

УДК 005.6: 69.05

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА БИЗНЕС- ПРОЦЕССА «ВЫПОЛНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ» НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Н. Н. Александрова

Александрова Наталья Николаевна, канд. экон. наук, доцент кафедры управления строительством и жилищно-коммунальным хозяйством, ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(904)492-39-88; e-mail: nata_aleksandr@mail.ru

Обоснована актуальность комплексной оценки качества строительно-монтажных работ, позволяющей сформировать заключение о положении в целом, выявить основные проблемы и разработать комплекс корректирующих действий и предупреждающих мер воздействия, направленных на управление качеством строительной продукции. Опираясь на принципы менеджмента качества, автором в рамках процессного подхода рассмотрена система показателей, характеризующих соответственно входящие ресурсы, производственную деятельность и результаты процессов. С использованием фактических данных строительной организации N г. Тюмень произведен расчет интегрального показателя и оценено качество бизнес-процесса "Выполнение строительно-монтажных работ". На основании выявленного уровня качества бизнес-процесса, определены «слабые» стороны деятельности анализируемой строительной организации в области управления качеством и представлены корректирующие и предупреждающие меры, рекомендованные к применению руководству строительной организации, с целью повышения качества данного процесса.

Ключевые слова: качество строительно-монтажных работ; бизнес-процесс; строительная организация; оценка качества строительно-монтажных работ; интегральный показатель.

Конкурентоспособность производимой строительной продукции в первую очередь обеспечивается ее качеством и расценивается как решающее условие выживаемости строительной организации в рыночных условиях, возможности применения научно-технического прогресса и роста эффективности функционирования хозяйствующего субъекта в строительной отрасли. При этом развитие строительной организации напрямую ориентировано на удовлетворение потребителей и расширение производства качественной продукции, что требует научно углубленного подхода к вопросам управления качеством, как эффективного инструмента достижения главных целей хозяйствующего субъекта.

Качество строительной продукции, отражая совокупность полезных свойств объекта, является результатом комплекса процессов и зависит от различных факторов: результатов документации по проекту, качества материалов и конструкций, соответствие технологии производства, квалификации исполнителей, начиная от производственных рабочих, заканчивая инженерно-техническими работниками. Таким образом, качество любой строительной продукции формируется на всех стадиях строительного процесса: проектной, производственной (строительно-монтажные работы) и эксплуатационной. Однако именно качество строительно-монтажных работ, на наш взгляд, оказывает существенное значение, закладывается их производителем и определяет в дальнейшем эксплуатационные характеристики [1].

Управление качеством строительно-монтажных работ важно рассматривать как уп-

© Александрова Н. Н., 2022

равление процессом, опираясь на постулаты процессного подхода, и первоначально необходимо выявить бизнес-процессы, выполняемые строительной организацией и определить их границы.

Каждый бизнес-процесс состоит из входа, процессора и выхода.

Входом являются необходимые и достаточные для его реализации, т.е. для получения выхода, ресурсы.

Процессор представляет собой совокупность операций, осуществляемых после входа для получения выхода.

Выходы бизнес-процессов могут быть как первичными, так и вторичными, проявляются в результате их реализации. Первичный выход – это прямой и запланированный результат реализации процесса, вторичный – побочный продукт процесса, не являющийся его главной целью [2].

В соответствии с содержанием строительно-монтажных работ и элементами бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ» на рис. 1 предлагается укрупненная модель управления качеством строительно-монтажных работ, как основного бизнес-процесса строительной организации.

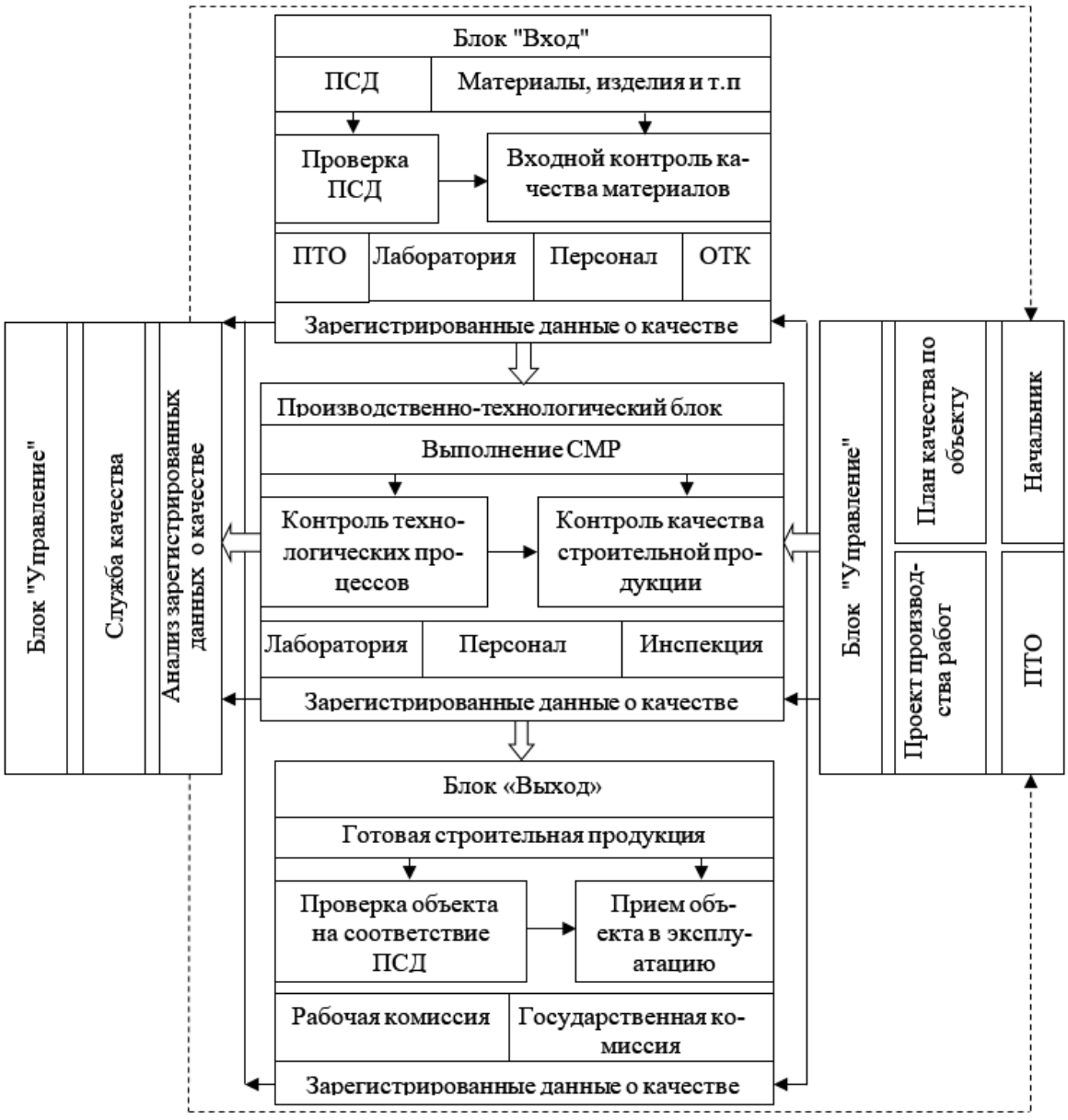


Рис. 1. Модель управления качеством строительно-монтажных работ, как основного бизнес-процесса строительной организации

Оценка качества процессов – это наиболее важный и, вместе с тем, слабоизученный вопрос менеджмента качества.

В настоящее время в ходе выполнения строительно-монтажных работ их качество контролируется по всей совокупности требований нормативных документов на основе единичных показателей качества. Однако полученные сведения не группируются, не анализируются и не используются при разработке действенных мероприятий по повышению качества [3].

С целью повышения эффективности управления качеством строительной организации необходима система показателей и измерений, которая отражала бы не только показатели нормативной базы, но и учитывала особенности выполнения строительно-монтажных работ, как бизнес-процесса, включающего входящие ресурсы и конечный результат. [4, 5]

При определении системы показателей и измерений, руководствуясь выделенными выше блоками бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ», предлагается включить показатели, характеризующих соответственно «вход» – входящие ресурсы, «производственно-технологический этап» – производственная деятельность и «выход» – результаты процессов, рис. 2.

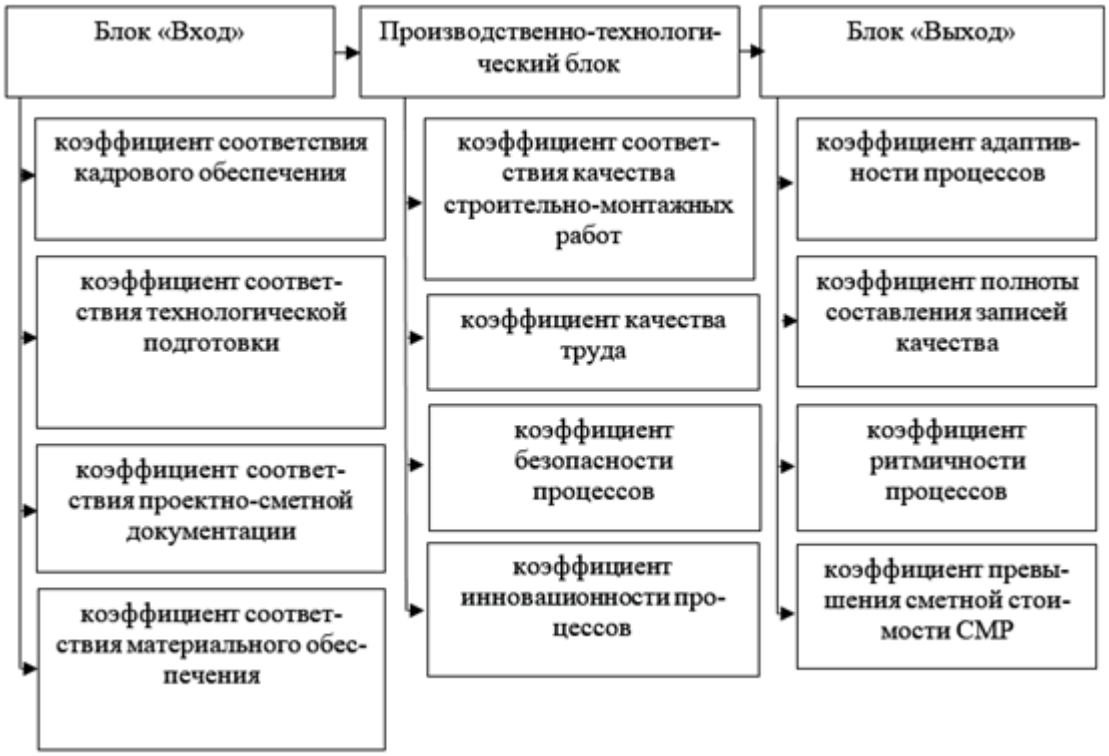


Рис. 2. Рекомендуемая система показателей оценки качества бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ»

Первая группа показателей – блок «Вход» –характеризует качество входящих ресурсов, используемых для осуществления строительно-монтажных работ.

Вторая группа показателей – «Производственно-технологический блок» – характеризует качество технологических процессов в составе процесса производства строительно-монтажных работ.

Третья группа показателей – блок «Выход» – характеризует качество результатов исследуемого бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ».

Исходными данными для определения данных показателей выступают результаты входного, операционного и приемочного контроля, отзывы заказчиков и потребителей, опрос исполнителей работ и другие.

Учитывая сложность процесса обеспечения качества строительно-монтажных работ, применительно к нему должна использоваться многоцелевая комплексная оценка. Инструментом реализации такого подхода предлагается построение интегрального показателя [6, 7].

Расчет интегрального показателя оценки качества строительно-монтажных работ позволит не только собрать и систематизировать полученные данные, но и представить объективную информацию о результатах деятельности строительной организации и осуществить выбор вариантов развития на будущее.

На рис. 3 представлена последовательность действия при формировании интегрального показателя оценки качества строительно-монтажных работ.

Рис. 3. Последовательность действия при формировании интегрального показателя оценки качества на примере бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ»

В группу пользователей данного показателя рекомендуется включить следующих субъектов внешней и внутренней среды строительной организации: заказчики, проектные организации, менеджмент строительной организации и прочие.

Так как бизнес - процесс «Выполнение строительно-монтажных работ» включает в себя три взаимосвязанных блока, то для определения общего интегрального показателя качества данного бизнес-процесса первоначально необходимо определить интегральный показатель по каждому из блоков.

Интегральный показатель должен соответствовать следующим требованиям:

- ✓ учитывать все три направления оценки;
- ✓ иметь количественную оценку (в % или долях ед.);
- ✓ иметь возможность интерпретации (пояснения) [8].

Для определения интегрального показателя важно определить значимость каждого блока оценки качества бизнес- процесса, характеризующую степень влияния и важность относительно других блоков на принятие решения о качестве бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ».

В рамках данного исследования для определения значимости выбран метод парных сравнений. Сравнению подвергаются блоки оценки качества процесса: блок-вход (c_1), производственно-технологический блок (c_2) и блок выход (c_3), аналогично определяется значимость показателей и в каждом блоке.

Каждый эксперт ранжирует пары элементов, определяя какой элемент более важен для оценки качества бизнес-процесса. Ранжирование групп по значимости произведено следующим образом:

$$x_{ij}^{1} = \begin{cases} 1, \text{если } c_i > c_j \text{ или } c_i \approx c_j, \\ 0, \text{если } c_i < c_j, \end{cases} \quad (1)$$

где x_{ij}^{1} – сравнительная оценка i-ой группы с j-м элементом.

Использование метода парных сравнений осуществлено путем заполнения типовой формы, где каждый эксперт представляет сравнение значимости блоков.

Таким образом, интегральный показатель по каждому блоку бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ» определяется:

$$О_{бj} = \sum_{1}^{n} (a_i \times k_i)\,, \quad (2)$$

где $О_{бj}$ - интегральная оценка j- го блока; a_i – i-й стандартизированный показатель j- го блока ; k_i – значимость показателя j- го блока; n– количество показателей j- го блока бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ».

Общий интегральный показатель оценки качества бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ» ($О_{инт}$) определяется по формуле:

$$О_{инт} = \sum_{1}^{3} О_{бj} \times k_j \quad (3)$$

где $О_{бj}$ - интегральная оценка j- го блока; k_j – значимость j-ого блока.

В соответствии с поставленными в исследовании задачами далее определяется интегральный показатель оценки качества бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ» на примере строительной организации N, г. Тюмень.

Рекомендуемая для применения система показателей оценки качества бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ» включает показатели как традиционные, так и отражающие специфику управления процессами, описанные в работе Федюкина В.К. и адаптированные к строительному процессу [9].

Предлагаемые для оценки показатели определяются, как отношение фактического уровня исследуемого направления к нормативному значению.

Для определения показателей, входящих в блоки «вход» – входящие ресурсы, «производственно-технологический этап» – производственная деятельность и «выход» – результаты процессов, были отобраны необходимые характеристики, табл. 1.

Таблица 1

Характеристики систбемы показателей оценки качества бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ»

№	Наименование показателя	Характеристики
1. Блок «Вход»		
1.1	Коэффициент кадрового обеспечения	Соответствие фактического количества работников к потребному числу работников, определенного на основе календарного плана строительства
1.2	Коэффициент технологической подготовки	Уровень условий реализации технологической последовательности согласно требованиям ПСД
		Уровень использования графоаналитических методов оценки и обоснования точности и стабильности производственного процесса
		Экспертная оценка соответствия применяемых методов и средств диагностики, контроля и регулирования
		Уровень культуры производства и организации рабочих мест
1.3	Коэффициент соответствия ПСД	Соответствие ПСД требованиям обязательных стандартов и нормативной документации
		Комплексность ПСД
		Уровень качества нормативно-методического обеспечения ПСД
		Соответствие ПСД возможностям производства
		Качество оформления проектно-сметной документации

Окончание табл. 1

№	Наименование показателя	Характеристики
1.4	Коэффициент соответствия материального обеспечения	Комплектность
		Соответствие материалов и изделий требованиям обязательных стандартов и НД
		Наличие сопроводительных документов поставщика, подтверждающих качество указанных материалов и изделий
		Соответствие материального обеспечения возможностям производства
		Условия хранения и складирования материалов и изделий
2. Производственно-технологический блок		
2.1	Коэффициент соответствия качества СМР	Уровень сдачи работ с первого предъявления (Ксмр[1])
		Уровень дефектности при выполнении СМР
		Фактический уровень надежности строительной продукции
		Полнота выполнения корректирующих мероприятий по устранению дефектов
2.2	Коэффициент качества труда	Наличие профессионального отбора и аттестации персонала
		Уровень проектной производительности труда относительно эталонных значений
		Уровень фактической производительности труда относительно проектной
2.3	Коэффициент безопасности процессов	Соответствие ПСД и производственного процесса требованиям НТД в области техники безопасности
		Уровень соблюдения техники безопасности по видам работ
		Уровень обучения и инструктажа персонала
		Уровень опасности производственного процесса в случае утраты контроля
		Наличие контроля и анализа безопасности работ производственного процесса
2.4	Коэффициент инновационности процессов	Научно-техническая новизна технологических решений
		Уровень теоретического и опытно-экспериментального обоснования технологических решений
		Перспективность технологических решений
3. Блок «Выход»		
3.1	Коэффициент адаптивности процессов	Приспосабливаемость исследуемого процесса к изменениям внешних и внутренних факторов
3.2	Коэффициент полноты записей о качестве	Соответствиефактического уровня выполнения записей о качестве строительно-монтажных работ к нормативному
3.3	Коэффициент ритмичности процессов	Соответствие продолжительности выполнения строительно - монтажных работ плану производства работ
3.4	Коэффициент превышения сметной стоимости строительства	Соответствие сметной стоимости при наличии дополнительных соглашений к сметной стоимости объекта проектно-сметной документацией

Единичные значения фактического уровня характеристик, рассматриваемых показателей, определяются с привлечением экспертов и их оценкой по 100 бальной шкале, опираясь на устанавливаемые в каждом отдельном случае минимально возможные значения рассматриваемых показателей в баллах, анализа проектно-сметной документации и деятельности исследуемого объекта хозяйственной деятельности.

Далее рассчитаны коэффициенты по каждому из предлагаемых к рассмотрению блоков показателя интегральной оценки качества бизнес-процесса «Выполнение строительно-

монтажных работ» строительной организации *N*с использованием дифференциального метода квалиметрии (среднеарифметическое значение), их направленность и значимость, табл. 2.

Таблица 2

Система показателей оценки качества бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ»

№	Наименование показателя	max/ min	Значение	Значимость	Интегральная оценка
1. Блок «Вход»				0,3	0,979
1.1	Коэффициент кадрового обеспечения	max	1,33	0,2	
1.2	Коэффициент технологической подготовки	max	0,875	0,3	
1.3	Коэффициент соответствия ПСД	max	0,94	0,3	
1.4	Коэффициент соответствия материального обеспечения	max	0,84	0,2	
2. Производственно-технологический блок				0,4	0,858
2.1	Коэффициент соответствия качества СМР	max	0,925	0,3	
2.2	Коэффициент качества труда	max	0,883	0,3	
2.3	Коэффициент безопасности процессов	max	0,9	0,25	
2.4	Коэффициент инновационности процессов	max	0,6	0,15	
3. Блок «Выход»				0,3	0,848
3.1	Коэффициент адаптивности процессов	max	0,8	0,3	
3.2	Коэффициент полноты записей о качестве	max	0,7	0,2	
3.3	Коэффициент ритмичности процессов	max	0,81	0,2	
3.4	Коэффициент превышения сметной стоимости строительства	min	1,02	0,3	
Общая интегральная оценка бизнес-процесса					0,89

Интерпретируя интегральный показатель оценки качества бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ» необходимо руководствоваться тем, что диапазон его изменения находится от 0 до 1.

В работе Айгужиновой Д. З. [10], определяющей проблемы и методические аспекты менеджмента качества строительно-монтажных работ, для интерпретации данного показателя предлагается следующая шкала, табл. 3.

Таблица 3

Интерпретация интегрального показателя оценки качества бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ»

Значение	Содержательное описание градаций
Ниже 0,5	Критический уровень качества
0,5…0,64	Неудовлетворительный уровень качества
0,65…0,79	Удовлетворительный уровень качества
0,8…0,89	Оптимальный уровень качества
0,9…1	Высокий уровень качества

Таким образом, рассчитанный показатель интегральной оценки показывает, что качество бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ» Строительной организации N имеет оптимальный уровень, при этом:

✓ высокий уровень качества фиксируется в блоке «Вход», отражающем качество входящих ресурсов используемых для осуществления строительно-монтажных работ, а именно кадровые ресурсы, технологическая подготовка, материально-техническое обеспечение и проектно-сметная документация;

✓ оптимальный уровень качества фиксируется в производственно-технологическом блоке, характеризующим качество технологических процессов в составе процесса производства, а именно соответствие качества строительно-монтажных работ, качество труда, безопасности и инновационности процессов;

✓ оптимальный уровень качества фиксируется в блоке «Выход», характеризующим качество результатов исследуемого бизнес-процесса и включающего полный охват записей качества в исполнительной документации, адаптивность и ритмичность процессов, наличие превышения сметной стоимости строительно-монтажных работ при возведении объекта над первоначально установленной в проектно-сметной документации.

В заключении предложен комплекс корректирующих действий и предупреждающих мер, ориентированный на поддержание и совершенствование процесса управления качеством строительной организацией N.Основанием для формирования заключения стали результаты анализа и экспертной оценки основных характеристик, формирующих систему показателей оценки качества бизнес-процесса «Выполнение строительно-монтажных работ», табл. 4.

Таблица 4

Комплекс корректирующих и предупреждающих мер по поддержанию и совершенствованию процесса организации управления качеством строительной организации N, г. Тюмень

Комплекс корректирующих и предупреждающих мер		
1. Блок «Вход»	2. Производственно-технологический блок	3. Блок «Выход»
Совершенствование политики в области качества	Улучшение условия труда и техники безопасности	Обеспечение ритмичности производственных процессов
Усиление сотрудничества с проектными организациями	Разработка прогрессивных технических решений	Регулирование сметной стоимости в зависимости от качества
Изучение нормативно-технической документации	Внедрение новых технологий	Регулярный сбор и анализ данных о качестве процесса
Повышение технического уровня и качества строительно-монтажных работ	Обеспечение полноты разработанности технологических карт и операционных схем	Совершенствование измерения параметров продукции и процессов
Научная организация строительства и труда	Повышение ответственности исполнителей, путем пересмотра ДИ	
Своевременное составление исполнительной документации	Совершенствование контроля процесса и качества строительно-монтажных работ	

Заключение.

Представленные положения позволяют рассматривать строительно-монтажные работы как бизнес-процесс с неотъемлемыми элементами: «вход» – входящие ресурсы, «производственно-технологический этап» – производственная деятельность и «выход» – результаты процессов.

Для комплексной оценки качества бизнес- процесса «Выполнение строительно-монтажных работ» предлагается использовать интегральный показатель. В соответствии с этим в работе представлена система показателей, формирующих каждый из трех блоков рассматриваемого бизнес-процесса, и основные характеристики, рекомендуемые для формирования этих показателей.

Преимущество описанного подхода проявляется в том, что он позволяет рассматривать строительно-монтажные работы, как бизнес-процесс, группировать данные единичных показателей качества, учитывать особенности выполнения работ, входящие ресурсы и конечный результат.

Объективный анализ характеристик по каждому из блоков интегральной оценки качества бизнес-процесса "Выполнение строительно-монтажных работ" позволит не только

определить уровень качества в конкретной строительной организации, но и выявить, при их наличии, проблемы в организации данного процесса и предложить комплекс корректирующих действий и предупреждающих мер, ориентированный на поддержание либо совершенствование процесса управления качеством строительной организации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Альмухаметова, Э. Р.** Качество – приоритетный фактор конкурентоспособности строительной продукции / Э. Р. Альмухаметова // Казанская наука. – 2017. – № 12. – С. 13-15.
2. **Котов, А. В.** Развитие процессного подхода в управлении качеством на предприятиях строительного комплекса: автореф. дис. канд. экон. наук, 08.00.05 / А. В. Котов, СПбГЭУ. – Санкт-Петербург, 2015. – 16 с.
3. **Королев, В.** Организационно-экономический механизм повышения качества / В. Королев // Проблемы теории и практики управления. – 2017. – № 10. – С. 106-111.
4. **Матыс, Е. Г.** Разработка механизма управления качеством строительно-монтажных работ строительной организации / Н. Н. Александрова, Т. В. Беженцева, Е. Г. Матыс - Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2020. – 169 с.
5. **Чикишева, Н. М.** Формирование механизма управления качеством продукции предприятия стройиндустрии / Н. М. Чикишева, Н. В. Бирюкова, Т. Р. Шумасов. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУЭФ, 2003. – 165 с.
6. **Байбурин, А. Х.** Комплексная оценка качества строительно-монтажных работ / А. Х. Байбурин // Вестник ЮУрГУ. − 2005. − № 13. – Ч. 2. − С. 68-70.
7. **Лукманова, И. Г.** Комплексная оценка системы менеджмента качества в строительстве / И. Г. Лукманова, Е. В. Нежникова // Экономические науки. – 2013. – № 10. – С. 1791-1795.
8. **Беженцева, Т. В.** Управление природоохранной деятельностью на промышленном предприятии: монография / Т. В. Беженцева. – Тюмень: ТИУ, 2017 – 149 с.
9. **Федюкин, В. К.** Управление качеством производственных процессов: учебное пособие / В. К. Федюкин. – 2-е изд., стер. – Москва: КНОРУС, 2016. – 230 с
10. **Айгужинова, Д. З.** Методические вопросы оценки качества ключевых процессов строительной организации / Д. З. Айгужинова // Вестник Инновационного Евразийского университета. – 2011. – № 4. – С. 26-31.

Поступила в редакцию 6 августа 2022

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF BUSINESS PROCESS NAMED *ACCOMPLISHMENT OF CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORK* ON THE EXAMPLE OF A CONSTRUCTION COMPANY

N. N. Aleksandrova

Natalya Nikolaevna Aleksandrova, Cand. Sc. (Economics), Associate Professor at the Department of Management in Construction and in Housing and Utilities Sector, Tyumen Industrial University, the city of Tyumen, Russia, tel.: +7(904)492-39-88; e-mail: nata_aleksandr@mail.ru

The article substantiates the relevance of a comprehensive assessment of the quality of construction and installation work, which makes it possible to make a conclusion about the situation as a whole. It helps identify or correct the main problems as well as develop preventive measures aimed at managing the quality of construction products. Based on the principles of quality management, within the framework of the process approach, I consider a system of indicators characterizing incoming resources, production activities and process results. Using

the evidence of the N construction company of the city of Tyumen, the integral indicator was calculated and the quality of the business process named accomplishment of construction and installation work was evaluated. Based on the identified level of quality of the business process I identified the weak points of the analyzed construction company in the field of quality management. In order to improve the quality of construction and installation work I recommended several corrective and preventive measures to be applied in this construction company.

Keywords: quality of construction and installation work; business process; construction company; assessment of quality of construction and installation work; integral indicator.

REFERENCES

1. **Almukhametova E. R.** *Quality is a priority factor in the competitiveness of construction products*. Kazanskaya Nauka. 2017. No. 12. Pp. 13-15. (in Russian)

2. **Kotov A. V.** *Development of a process approach in quality management at the enterprises of the construction complex/* St. Petersburg, St. Petersburg State University of Economics. 2015. 16 p. (in Russian)

3. **Korolev V.** *Organizational and economic mechanism of quality improvement***.** Problems of theory and practice of management. 2017. No. 10. Pp. 106-111. (in Russian)

4. **Matys E. G., Alexandrova N. N., Bezhentseva T. V.** *Development of a mechanism for managing the quality of construction and installation works of a construction organization*. Tyumen, BIK TIU Publishing Center. 2020. 169 p. (in Russian)

5. **Chikisheva N. M., Biryukova N. V., Shumasov T. R.** *Formation of a mechanism for managing the quality of products of a construction industry enterprise.* St. Petersburg, Publishing House of St. Petersburg State University of Economics. 2003. 165 p. (in Russian)

6. **Baiburin A. Kh.** *Comprehensive assessment of the quality of construction and installation works*. Bulletin of SUSU. 2005. No. 13. part 2. Pp. 68-70. (in Russian)

7. **Lukmanova I. G.** *Comprehensive assessment of the quality management system in construction***.** Economic Sciences. 2013. No. 10. Pp.1791-1795. (in Russian)

8. **Bezhentseva T. V.** *Management of environmental activities at an industrial enterprise: monograph***.** St. Tyumen, TIU. 2017. 149 p. (in Russian)

9. **Fedyukin V. K.** *Management of the quality of production processes: a tutorial***.** Moscow: KNORUS. 2016. 230 p. (in Russian)

10. **Aiguzhinova D. Z.** *Methodological issues of assessing the quality of the fruits of a construction organization***.** Bulletin of the Innovative Eurasian University. 2011. No. 4. Pp. 26-31. (in Russian)

Received 6 August 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Александрова, Н. Н. Комплексная оценка качества бизнес- процесса «Выполнение строительно-монтажных работ» на примере строительной организации / Н. Н. Александрова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 104-113.

FOR CITATION:

Aleksandrova N. N. *Comprehensive assessment of the quality of business process named accomplishment of construction and installation work on the example of a construction company*. Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 104-113. (in Russian)

УДК 332.87

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЫ НА РЫНКЕ УСЛУГ ПО УПРАВЛЕНИЮ МНОГОКВАРТИРНЫМИ ДОМАМИ В СФЕРЕ ЖКХ Г. ТЮМЕНИ

Н. Н. Александрова, Н. В. Меллер, И. Ю. Некрасова

Александрова Наталья Николаевна, канд. экон. наук, доцент кафедры управления строительством и жилищно-коммунальным хозяйством, ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(904)492-39-88; e-mail: nata_aleksandr@mail.ru
Меллер Наталья Владиславовна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры управления строительством и жилищно-коммунальным хозяйством, ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(904)490-68-44; e-mail: mellernv@tyuiu.ru
Некрасова Инна Юрьевна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры управления строительством и жилищно-коммунальным хозяйством, ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(904)493-33-28; e-mail: nekrasovaij@tyuiu.ru

Рассмотрены финансово-экономические и организационные аспекты проведения анализа состояния конкурентной среды управляющих компаний в сфере ЖКХ г. Тюмени. С использованием инструментов кабинетных исследований представлены результаты финансового состояния, рейтинга и оценки конкурентоспособности 13 управляющих компаний в сфере ЖКХ. Оценка проводилась по двум критериям: уровню финансово-экономической стабильности управляющих компаний в сфере ЖКУ (в качестве результирующего показателя рассчитывалась рентабельность собственного капитала) и уровню субъективных оценок качества ЖКУ со стороны собственников жилья (в качестве результирующего показателя использовался потребительский рейтинг). Представлена матрица позиционирования, характеризующая уровень конкурентоспособности управляющих компаний г. Тюмени. Определено, что достоверно составленные оценки обеспечат объективной информацией о качестве работ управляющих компаний, что поможет потребителям в выборе организации по управлению многоквартирным домом.

Ключевые слова: управляющая компания; сфера жилищно-коммунального хозяйства; конкурентоспособность; матрица позиционирования; уровень конкурентоспособности.

Конкуренция и конкурентоспособность представляют собой важнейшие, неотъемлемые атрибуты любой развивающейся рыночной экономики и являются обязательными условиями развития предпринимательской деятельности. Согласно Федеральному закону от 26.07.2006 №135-ФЗ «О защите конкуренции»: «конкуренция – это соперничество хозяйствующих субъектов, при котором самостоятельными действиями каждого из них исключается или ограничивается возможность каждого из них в одностороннем порядке воздействовать на общие условия обращения товаров на соответствующем товарном рынке». Для того чтобы организации могли соперничать и удовлетворять потребности потребителей, конкуренция обязывает организации создавать конкурентоспособную продукцию или предоставлять конкурентоспособную услугу. В связи с этим, особое значение приобретает анализ состояния конкурентной среды в жилищно-коммунальной сфере на рынке услуг по управлению многоквартирными домами.

Можно отметить, что в оценке конкурентоспособности продукции на данный момент достигнуты некоторые успехи. Имеются вполне применимые методы для оценки конкурентоспособности схожих товаров и услуг: продуктовые, матричные, операционные, динамические и комбинированные [1…4]. Проблематичнее обстоит дело в области оценки конкурентоспособности управляющих компаний, в том числе в сфере ЖКХ. Несмотря на то, что некоторые шаги в этом направлении предпринимаются, универсальной и общепринятой

© Александрова Н. Н., Меллер Н. В., Некрасова И. Ю., 2022

методики комплексной оценки конкурентоспособности управляющих компаний в сфере ЖКХ экономистами в настоящее время не выработано.

Жилищно-коммунальное хозяйство – это интегральное понятие, объединяющее в своем содержании термины «жилищный фонд», «инженерная инфраструктура», «специализированные работы и услуги», «услуги по управлению многоквартирными домами». Стоит отметить, что управление многоквартирными домами (МКД) в значительной мере является конечным звеном в цепочке жилищно-коммунального хозяйства города, это согласованная деятельность собственников жилья по созданию и поддержанию благоприятных и безопасных условий проживания.

В управлении многоквартирными домами участвуют товарищества собственников жилья (далее – ТСЖ), жилищно-строительные, жилищные и иные специализированные потребительские кооперативы (далее – кооперативы), управляющие организации [5]. Кроме того, часть многоквартирных домов управляется непосредственно самими собственниками помещений. Для осуществления содержания и ремонта общего имущества в таких домах, как правило, привлекаются подрядные организации. На рис. 1 отображено количество таких юридических лиц по состоянию на 1 марта 2022 года.

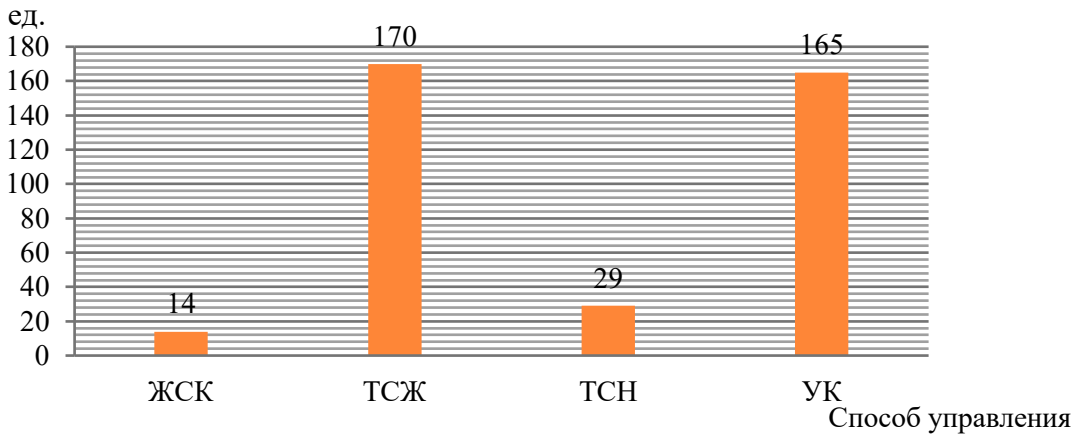


Рис. 1. Количество организаций, участвовавших в управлении МКД г. Тюмени

Исходя их представленных на рис. 1 данных отчётливо проявляющейся особенностью является то, что собственниками помещений выбрано примерно поровну два способа управления: ТСЖ и управляющей организацией.

Распределение общей площади многоквартирных домов по способам управления МКД представлено на рис. 2.

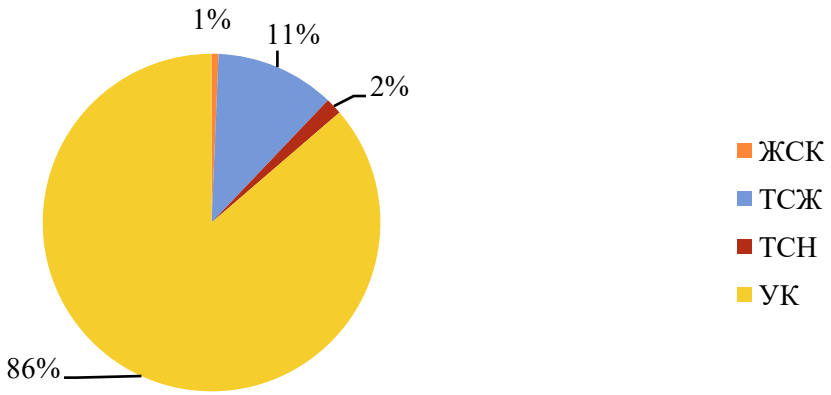


Рис. 2. Распределение общей площади многоквартирных домов по способам управления МКД г. Тюмени

Большое количество многоквартирных домов, общая площадь которых составляет 86 % от общей площади всех многоквартирных домов, исходя из представленных данных рис. 2 в настоящее время управляются управляющими организациями.

В соответствии с Жилищным кодексом Российской Федерации от 29.12.2004 N 188-ФЗ (ред. от 14.07.2022), управляющая компания – это организация, осуществляющая предпринимательскую деятельность по управлению многоквартирными домами на основании лицензии. Её основные функции – следить за состоянием общего имущества и быть посредником между жильцами и поставщиками ресурсов.

При выборе надежной управляющей компании специалисты рекомендуют проводить сравнительный анализ действующих на рынке участников, проверять лицензию на управление и отсутствие процедуры банкротства УК. Характеристика управляющих организаций в сфере ЖКХ г. Тюмени представлена в табл. 1.

Для изучения профиля управляющих компаний были выделены три группы:

первая – крупные, средние и малые управляющие компании, в качестве критерия отнесения к категории крупных выделили компании, обслуживающие более 100 домов;

вторая – средние, в качестве критерия отнесения к категории выделили компании, обслуживающие от 50 до 100 домов;

третья – малые, в качестве критерия отнесения к категории выделили компании, обслуживающие до 50 домов [6, 7].

Таблица 1

Характеристика управляющих организаций в сфере ЖКХ г. Тюмени

Показатель	Значение
Количество городского населения, тыс. чел. (на 01.01.2022)	828,6
Количество управляющих компаний, ТСЖ, всего	378
в том числе УК	165
Количество многоквартирных домов, всего	3540
Площадь помещений в многоквартирных домах, всего, $м^2$	2012879566
Количество УК, отнесенные к первой группе	9
Количество УК, отнесенные ко второй группе	8
Количество УК, отнесенные к третьей группе	150
Количество УК первой группы, вошедших в выборку изучения финансовых результатов	13
Доля УК первой группы, вошедших в выборку изучения финансовых результатов, %	7,78
Доля домов, обслуживаемых УК, вошедших в выборку изучения финансовых результатов, %	44,01
Доля квадратных метров помещений в домах, обслуживаемых УК, вошедших в выборку изучения финансовых результатов, %	39,59

Таким образом, после знакомства с сайтами управляющих компаний сферы ЖКХ, которые размещают информацию о своей деятельности в системе «ГИС ЖКХ», определено, что только 13 средних и крупных УК вошли в выборку для проведения конкурентного анализа на рынке услуг ЖКХ в г. Тюмени.

Для оценки конкурентоспособности управляющих компаний жилищно-коммунальной сферы в качестве методической основы предложим принцип разделения на системы показателей с разделением на уровень финансово-экономической стабильности и уровень субъективных оценок качества услуг со стороны собственников жилья.

В качестве результирующего показателя финансово-экономической деятельности управляющей компании можно привести трехфакторную формулу Дюпона ***рентабельности*** собственного капитала, который демонстрирует способность компании увеличивать капитал и, как следствие, устойчивость финансовой системы [8]:

$$Рск = (П / Выр) \times (Выр / Акт) \times (Акт / СК),$$

где Рск – рентабельность собственного капитала; П – чистая прибыль; Выр – выручка; Акт – активы; СК – собственный капитал.

Показатели финансово-экономической деятельности управляющих компаний в сфере ЖКХ г. Тюмени за 2021 год представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели финансово-экономической деятельности управляющих компаний в сфере ЖКХ г. Тюмени на 31.12.2021

№	УК	Выручка, млн. р.	Прибыль, тыс. руб.	Активы, млн. руб.	Капитал и резервы, тыс. руб.	Рентабельность собственного капитала, %
1.	УК «УютСервисБыт»	48.9	70	4,7	81	86,42
2.	УК «СЕРВИС-ТИС»	37,5	5300	20,9	15100	35,10
3.	УК «по СЖФ»	467,1	4200	160,9	77700	5,41
4.	УК «Жилищный стандарт»	146,4	31	99,8	-36600	-0,08
5.	УК «Север»	169,2	357	95	82500	0,43
6.	УК «ЗАПАД»	6,1	1700	13,8	13700	12,41
7.	УК «Русь»	484,2	10100	291,5	224100	4,51
8.	УК «Жилсервисуют»	33,4	333	33,5	1300	25,62
9.	УК «Жилищный сервис»	2,8	123	0,219	133	92,48
10.	УК «Заря»	113,2	1800	163,6	54200	3,32
11.	УК «Содружество-М»	56,4	3500	34,7	15900	22,01
12.	УК «на Пражской»	90,4	-3100	36,3	4200	-73,81
13.	УК «Озерное»	95,6	9800	88,3	4800	204,17

В качестве результирующего показателя уровня субъективных оценок качества ЖКУ со стороны собственников жилья можно привести потребительский рейтинг. В регионах разработаны методики определения рейтинга управляющих организаций, осуществляющих деятельность по управлению многоквартирными домами. Потребительский рейтинг в соответствии с Постановлением Правительства Тюменской области от 20.07.2015 N 333-п «Об утверждении перечня показателей оценки эффективности деятельности лиц, осуществляющих управление многоквартирными домами в Тюменской области, и методики оценки указанной деятельности» (в ред. постановления Правительства Тюменской области от 04.03.2022 N 97-п) включает оценки по следующим критериям:

1 – Количество многоквартирных домов, находящихся в управлении управляющей организации, шт;

2 – Общая площадь обслуживаемых многоквартирных домов, тыс. м²;

3 – Количество проведенных проверок за год, шт;

4 – Количество выданных предписаний за год, шт;

5 – Средний срок управления многоквартирными домами, находящимися в управлении управляющей организации, лет;

6 – Размещение отчетов о выполнении договоров управления многоквартирными домами, шт;

7 – Качество взаимодействия с потребителями;

8 – Количество случаев привлечения административной ответственности, шт;

9 – Количество неисполненных предписаний, шт;

10 – количество общих собраний собственников помещений в многоквартирных домах, проведенных посредством электронного голосования, ед.

В табл. 3 представлен рейтинг (бальная оценка) вошедших в выборку управляющих компаний г. Тюмени, где показаны суммы рейтингов из возможных 85 баллов.

Графическая иллюстрация двухмерной модели оценки конкурентоспособности управляющих компаний сферы жилищно-коммунальных услуг предполагает построение матрицы позиционирования [9, 10]. В рамках этой матрицы осуществляется расположение по осям значений (рис. 3), где ось *X* – значения коэффициента рентабельности собственного

капитала, как уровня финансово-экономической стабильности компании (*R*кс), ось *Y* – значение потребительского рейтинга, как уровня субъективных оценок качества ЖКУ со стороны собственников жилья (*R*п).

Таблица 3

Рейтинг управляющих компаний г. Тюмени

№	УК	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ИТОГО
1.	УК «УютСервисБыт»	7/7	2/9	0/5	3/10	3/5	5/5	-7/15	4/9	-15	5/20	7/85
2.	УК «СЕРВИС-ТИС»	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.	УК «по СЖФ»	7/7	9/9	5/5	6/10	5/5	5/5	2/15	9/9	0	5/20	53/85
4.	УК «Жилищный стандарт»	4/7	4/9	0/5	0/10	5/5	5/5	0/15	0/9	-95	5/20	-72/85
5.	УК «Север»	7/7	9/9	2/5	0/10	5/5	0/5	-1/15	2/9	-5	5/20	24/85
6.	УК «ЗАПАД»	6/7	7/9	2/5	4/10	5/5	5/5	0/15	9/9	0	5/20	43/85
7.	УК «Русь»	6/7	9/9	5/5	3/10	5/5	0/5	2/15	7/9	0	5/20	42/85
8.	УК «Жилсервисуют»	5/7	5/9	2/5	2/10	5/5	5/5	-3/15	4/9	0	5/20	30/85
9.	УК «Жилищный сервис»	2/7	1/9	0/5	0/10	3/5	5/5	0/15	7/9	0	5/20	23/85
10.	УК «Заря»	5/7	6/9	2/5	1/10	5/5	5/5	2/15	3/9	-10	5/20	24/85
11.	УК «Содружество-М»	4/7	5/9	2/5	4/10	5/5	5/5	0/15	8/9	-5	5/20	33/85
12.	УК «на Пражской»	5/7	6/9	2/5	4/10	3/5	5/5	2/15	1/9	-20	5/20	13/85
13.	УК «Озерное»	4/7	6/9	5/5	5/10	5/5	5/5	3/15	9/9	0	5/20	47/85

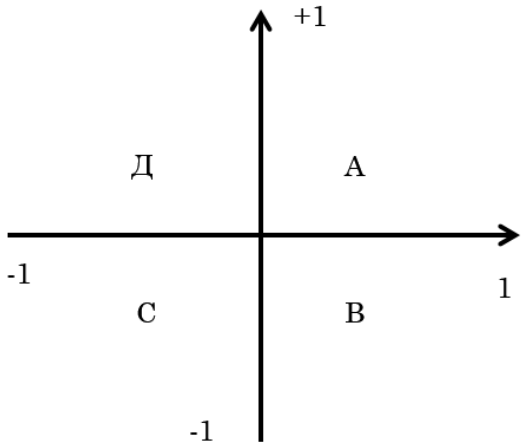


Рис. 3. Матрица позиционирования управляющих компаний

С целью составления общей оценки конкурентоспособности управляющих компаний необходимо составить сводную таблицу, характеризующую уровень конкурентоспособности управляющих компаний (табл. 4), при условии:

если (*R*кс) > 0, то *X* = +1
если (*R*кс) < 0, то *X* = -1
если (*R*п) > 43, то *Y* = +1
если (*R*п) < 43, то *Y* = -1

Таблица 4

Уровень конкурентоспособности управляющих компаний

Значение коэффициента потребительского рейтинга *R*п	Значение коэффициента рентабельности собственного капитала *R*кс	
	-1	+1
+1	Д – квадрант среднего состояния конкурентоспособности, высокий потребительский рейтинг, но нестабильное финансовое состояние	А – квадрант оптимального сочетания показателей конкурентоспособности, высокий потребительский рейтинг и стабильное финансовое состояние

Окончание табл. 4

Значение коэффициента потребительского рейтинга *R*п	Значение коэффициента рентабельности собственного капитала *R*кс	
	-1	+1
-1	С – неконкурентные компании сферы ЖКХ, низкий потребительский рейтинг и нестабильное финансовое состояние	В – квадрант среднего состояния конкурентоспособности, низкий потребительский рейтинг, но стабильное финансовое состояние

Для принятия решения по выбору управляющей компании представим характеристики анализируемых УК г. Тюмени в табл. 5 и на рис. 4.

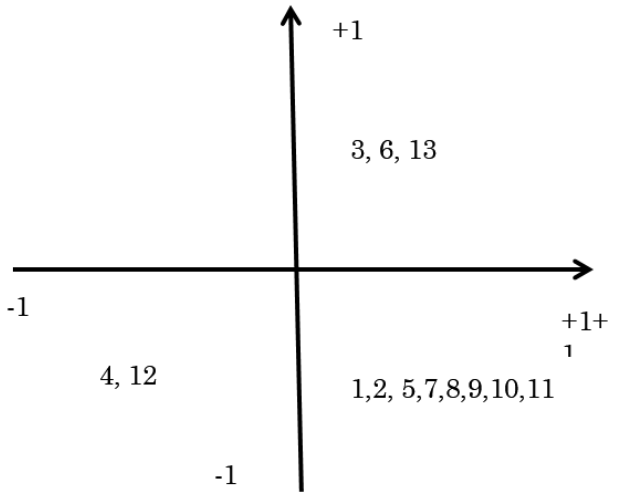


Рис. 4. Результаты оценки конкурентоспособности управляющих компаний сферы жилищно-коммунальных услуг г. Тюмени

Таблица 5

Характеристики уровня конкурентоспособности УК г. Тюмени

№	УК	Характеристика
1.	УК «УютСервисБыт»	среднее состояние конкурентоспособности, низкий потребительский рейтинг, но стабильное финансовое состояние
2.	УК «СЕРВИС-ТИС»	
3.	УК «по СЖФ»	оптимальное сочетание показателей конкурентоспособности, высокий потребительский рейтинг и стабильное финансовое состояние
4.	УК «Жилищный стандарт»	неконкурентная компания сферы ЖКХ, низкий потребительский рейтинг и нестабильное финансовое состояние
5.	УК «Север»	среднее состояние конкурентоспособности, низкий потребительский рейтинг, но стабильное финансовое состояние
6.	УК «ЗАПАД»	оптимальное сочетание показателей конкурентоспособности, высокий потребительский рейтинг и стабильное финансовое состояние
7.	УК «Русь»	среднее состояние конкурентоспособности, низкий потребительский рейтинг, но стабильное финансовое состояние
8.	УК «Жилсервисуют»	
9.	УК «Жилищный сервис»	
10.	УК «Заря»	
11.	УК «Содружество-М»	
12.	УК «на Пражской»	неконкурентная компания сферы ЖКХ, низкий потребительский рейтинг и нестабильное финансовое состояние
13.	УК «Озерное»	оптимальное сочетание показателей конкурентоспособности, высокий потребительский рейтинг и стабильное финансовое состояние

Заключение.

Представленный подход позволяет в качестве базы оценки конкурентоспособности

использовать реальные управляющие компании, действующие на рынке услуг ЖКХ. Преимущество подхода проявляется в том, что он акцентирует внимание на исследовании процессов в динамике, является простым и универсальным инструментом, применение которого возможно в практике выбора управляющей компании.

Объективно составленные оценки позволят повысить ответственность управляющих компаний, стимулировать конкуренцию между ними, усилить контроль деятельности УК со стороны органов власти (федерального, регионального и муниципального уровней) и обеспечат ресурсоснабжающие организации и потребителей услуг ЖКХ объективной информацией о качестве работ УК, а также помогут собственникам в выборе организации по управлению многоквартирным домом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гавшина, В. Е.** Методы оценки конкурентоспособности предприятий / В. Е. Гавшина // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2018. – №5-1. – С. 47-49.

2. **Лазаренко, А. А.** Методы оценки конкурентоспособности / А. А. Лазаренко // Молодой ученый. – 2014. – № 1 (60). – С. 374-377.

3. **Воронов, Д. С.** Оценка и планирование конкурентоспособности предприятий топливно-энергетического комплекса. / Д. С. Воронов, П. П. Корсунов, В. В. Криворотов, Т. В. Матвеева. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. – 178 с.

4. **Черняк, В. З.** Актуальные проблемы управления конкурентоспособностью предприятий ЖКХ / В. З. Черняк, Е. Н. Богданова // Инновации и инвестиции. – 2018. – №10. – С. 168-171.

5. **Гаракоев**, **М. И.** Способы управления многоквартирными домами / М. И. Гаракоев, М. В. Маркина // Вестник ГУУ. – 2014. – № 4. – С. 26-29.

6. **Сухарев, А. Н.** О финансовом положении и финансовых результатах деятельности управляющих компаний в сфере ЖКХ в современной России / А. Н. Сухарев, А. А. Голубев, Л. А. Карасева // Финансы и кредит. – 2018. – № 8(776). – С. 1799-1813.

7. **Сухарев, А. Н.** О финансах управляющих компаний в сфере ЖКХ – Текст: непосредственный / А. Н. Сухарев //Финансы. – 2017. – № 5. – С. 57-59.

8. **Галицкая, Ю. Н.** Практические аспекты анализа рентабельности собственного капитала компании / Ю. Н. Галицкая, А. В. Умарова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 7. – С. 46-49.

9. **Тарута, С. В.** Актуальность проведения сравнительной оценки деятельности управляющих компаний ЖКХ / С. В. Тарута, Т. В. Конорева // Экономика сферы сервиса: проблемы и перспективы: материалы V Всероссийской научно-практической конференции Омск. – 2019. – С. 104-109.

10. **Гришкова, Н. С.** Матрица позиционирования экономических систем для целей государственного управления сферой ЖКХ / Н. С. Гришкова // Вестник южно-российского государственного технического университета (НПИ). Серия: социально-экономические науки. – 2018. – № 5. – С.78-85.

Поступила в редакцию 15 июля 2022

ANALYSIS OF THE COMPETITIVE ENVIRONMENT IN THE MARKET OF SERVICES FOR THE MANAGEMENT OF APARTMENT BUILDINGS IN THE HOUSING AND UTILITIES SECTOR OF THE CITY OF TYUMEN

N. N. Aleksandrova, N. V. Meller, I. Y. Nekrasova

Natalia Nikolaevna Aleksandrova, Cand. Sc. (Economics), Associate Professor at the Department of Management in Construction and in Housing and Utilities Sector, Tyumen Industrial University, the city of Tyumen, Russia, tel.: +79044923988; e-mail: aleksandrovann@tyuiu.ru
Natalia Vladislavovna Meller, Cand. Sc. (Economics), Associate Professor at the Department of Management in Construction and in Housing and Utilities Sector, Tyumen Industrial University, the city of Tyumen, Russia, tel.: +79044906844; e-mail: mellernv@tyuiu.ru
Inna Yurievna Nekrasova, Cand. Sc. (Economics), Associate Professor at the Department of Management in Construction and in Housing and Utilities Sector, Tyumen Industrial University, the city of Tyumen, Russia, tel.: +79044933328; e-mail: nekrasovaij@tyuiu.ru

We considered the financial, economic and organizational aspects in the competitive environment of homeowners' associations in the housing and utilities sector of the city of Tyumen. Using desk research tools we presented the results of the financial condition, rating and competitiveness assessment of 13 homeowners' associations in the housing and utilities sector. The assessment was carried out according to two criteria: the level of financial and economic stability of homeowners' associations (the return on equity was calculated as the resulting indicator) and the assessments of the quality of housing and utilities sector by the homeowners (the consumer rating was used as the resulting indicator). As well we present a positioning matrix as the characteristic of the level of competitiveness of homeowners' associations in Tyumen-city. It was determined that reliable assessments will provide objective information about the quality of work of homeowners' associations, which will help consumers in choosing an organization to manage an apartment building.

Keywords: homeowners' association; housing and utilities sector; competitiveness; positioning matrix; competitiveness level.

REFERENCES

1. **Gavshina V. E.** *Methods for assessing the competitiveness of enterprises*. Economics and business: theory and practice. 2018. No. 5-1. Pp. 47-49. (in Russian)

2. **Lazarenko A. A.** *Methods for assessing competitiveness.* Young scientist. 2014. No. 1(60). Pp. 374-377. (in Russian)

3. **Voronov D. S., Korsunov P. P., Krivorotov V. V., Matveeva T. V.** *Evaluation and planning of the competitiveness of enterprises of the fuel and energy complex.* Yekaterinburg, Ural Federal University. 2016. 178 p. (in Russian)

4. **Chernyak V. Z., Bogdanova E. N.** *Relevant problems of managing the competitiveness of housing and communal services*. Innovations and investments. 2018. No. 10. Pp.168-171. (in Russian)

5. **Garakoev M. I., Markina M. V.***Ways to manage apartment buildings*. Newsletter of the State University of Management.2014. No. 4. Pp. 26-29 (in Russian)

6. **Sukharev A. N., Golubev A. A., Karaseva L. A.** *On the financial position and financial results of the activities of managing companies in the field of housing and communal services in modern Russia. Finance and credit.*2018. No. 8(776). Pp. 1799-1813. (in Russian)

7. **Sukharev A. N.** *On the finances of managing companies in the field of housing and communal services. Finance.* 2017. No. 5. Pp. 57-59. (in Russian)

8. **Galitskaya Yu. N., Umarova A. V.** *Practical aspects of the analysis of the return on equity of the company. Economics and business: theory and practice*. 2020. No. 7. Pp.46-49. (in Russian)

9. **Taruta S. V., Konoreva T. V.** *The relevance of conducting a comparative assessment of the activities of management companies of housing and communal services.* Economics of the service sector: problems and prospects: materials of the V All-Russian scientific and practical conference Omsk. 2019. Pp. 104-109. (in Russian)

10. **Grishkova N. S.** *Positioning Matrix of Economic Systems for the Purposes of Public Administration in the Sphere of Housing and Communal Services.* Bulletin of the South Russian

State Technical University (NPI). Series: socio-economic sciences. 2018. No. 5. Pp. 78-85. (in Russian)

Received 15 July 2022

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Александрова, Н. Н. Анализ состояния конкурентной среды на рынке услуг по управлению многоквартирными домами в сфере ЖКХ г. Тюмени / Н. Н. Александрова, Н. В. Меллер, И. Ю. Некрасова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2022. – № 3(22). – С. 114-122.

FOR CITATION:

Aleksandrova N. N., Meller N. V., Nekrasova I. Y. *Analysis of the competitive environment in the market of services for the management of apartment buildings in the housing and utilities sector of the city of Tyumen*. Housing and utilities infrastructure. 2022. No. 3(22). Pp. 114-122. (in Russian)

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ
WRITING RULES AND GUIDELINE

Журнал публикует информацию о научно-технических разработках в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Периодичность издания – 4 раза в год.

Издание включено в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук с 22.12.2020 г.

Статьи в журнале публикуются бесплатно.

Осуществляется подписка на журнал «Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура». Подписной индекс в «Каталоге периодических изданий. Газеты и журналы» ГК «Урал Пресс» – **81025**. **Физические лица могут оформить подписку в интернет-магазине «Деловая пресса»** http://www.ural-press.ru/dlya-fizicheskikh-lits/

Отдельные экземпляры журнала можно приобрести в редакции по адресу: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84, ВГТУ, кафедра жилищно-коммунального хозяйства, каб. 1321.

О наличии необходимого номера можно узнать по телефону +7(473)271-28-92 или по e-mail: vstu.gkh@gmail.com.

Рукопись представляется в редакцию *на русском языке.* В том случае, если зарубежные авторы присылают статьи *на английском языке*, необходимо предоставить *точный перевод на русский язык*.

К публикации принимаются материалы статьи, в которых приводятся результаты собственных научных (теоретических и/или экспериментальных) исследований авторов (кроме обзорных статей), соответствующие по своей тематике профилю и тематическим направлениям журнала.

Материалы статьи принимаются в электронном виде на адрес редакции **vstu.gkh@gmail.com**. Автор присылает:

- ✓ файл текста статьи;
- ✓ отсканированная последняя страница с датой отправки статьи и подписями всех авторов (рядом с подписью указывается фамилия и инициалы автора);
- ✓ экспертное заключение о возможности открытого опубликования, заверенное печатью и подписью ответственного лица.

После принятия статьи к публикации автор высылает оригинал рукописи в редакцию журнала по адресу: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84, ком. 1321, Воронежский государственный технический университет, кафедра жилищно-коммунального хозяйства.

Об отказе в публикации статьи по формальным признакам авторы информируются редакцией по электронной почте с изложением причины отказа.

Требования к оформлению статьи

Рукопись должна готовиться в редакторе Microsoft Word для Windows (версии от XP до Word 97/10). Текст набирают шрифтом Times New Roman размером 12 пт с межстрочным интервалом 1, абзацный отступ 1 см. Размер листа А4; поля: левое – 3 см, правое – 1,5 см, верхнее – 2 см, нижнее – 2,5 см. Нумерация страниц не требуется. Объём рукописи – от 5 до 10 страниц, включая иллюстрации, таблицы, библиографический список и сведения об авторах.

Структура статьи:

русскоязычная часть:

- ✓ **индекс УДК** – в левом верхнем углу, прописными буквами (шрифт 12 пт, обычный);
- ✓ **название статьи** – прописными буквами с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **инициалы, фамилии авторов**, с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **сведения об авторах**: последовательно для каждого – фамилия, имя, отчество, ученая степень, звания (звания в негосударственных академиях наук и почётные звания не указывать), должность, наименование учреждения, в котором работает автор, город, страна, контактный телефон; e-mail автора, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);

✓ **аннотация** объёмом от 200 до 250 слов, выравнивание по ширине, отступ слева и справа 1 см (шрифт 11 пт, обычный);

✓ **ключевые слова** от 5 до 12 слов, указывающие на принципиально важные объекты и особенности исследования, отделяются друг от друга точкой с запятой, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);

✓ **текст статьи** (в тексте статьи должны быть отражены: актуальность проблемы, оценка степени ее разработанности, цели, задачи и методы решения научной задачи, полученные результаты). В конце статьи обязательно приводится **заключение**.

При оформлении текста статьи следует придерживаться следующих требований:

✓ русские и греческие буквы и индексы, а также цифры, аббревиатуры и стандартные функции (Re, cos и др.) в тексте, формулах, подписях к рисункам и в таблицах набираются прямым шрифтом; латинские буквы – курсивом;

✓ в статье должен быть необходимый минимум формул, которые:

❖ следует набирать шрифтом Times New Roman в редакторе формул MS Equation или MathType;
❖ начинать с красной строки;
❖ располагать по центру и нумеровать арабскими цифрами в скобках у правого края страницы;
❖ ссылки на формулы в тексте – арабскими цифрами в скобках;

✓ рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и добавлены в текст после первого упоминания;

✓ до и после рисунка и таблицы необходимо сделать пробел (шрифт 12 пт);

✓ иллюстрации представляются в редакцию

❖ в виде отдельных файлов (рисунков и фотографий), записанных с расширением .TIFF или .JPEG; линии чертежа – не тоньше 1 пт; иллюстрации, в том числе фотографии, должны иметь хорошую проработку деталей;
❖ подписи к рисункам нумеруются и располагаются под ними, выравнивание текста по центру (шрифт 10 пт, обычный), в конце точка не ставится;

✓ таблицы оформляются следующим образом:

❖ шрифт выбирается автором самостоятельно с учетом возможности качественного чтения текста;
❖ наименования в таблицах даются полностью, без сокращения слов;
❖ номер таблицы располагается отдельно, выравнивание текста по правому краю (шрифт 10 пт, обычный);
❖ название таблицы размещается над таблицей, выравнивание текста по центру (шрифт 11 пт, обычный), в конце точка не ставится;

✓ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК, составляемый по следующим правилам;

❖ список используемой литературы должен включать не менее 10 источников;
❖ шрифт 12 пт, выравнивание текста по ширине, абзацный отступ 1 см;
❖ в список включаются *только опубликованные работы*, в порядке упоминания в статье; ссылки на них в тексте статьи даются арабскими цифрами в квадратных скобках;
❖ в списке не должно быть нормативных документов (ГОСТ, СП, технических регламентов, правовых актов и т.п. неавторизованных источников) – ссылки на них даются в тексте статьи в развернутом виде или в форме подстраничных сносок;
❖ библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003; включенные в текст статьи или подстраничные библиографические ссылки следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5-2008;
❖ ссылки на интернет-сайты не допускаются; для статей из зарегистрированных *электронных журналов* указываются фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, выходные данные выпуска, адрес сайта журнала и дата обращения к электронному ресурсу;

<u>англоязычная часть</u>:

✓ **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
22>
9 772541 911039