

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 1(8), 2019

Воронежский государственный технический университет



*Строительные конструкции,
здания и сооружения*

*Экология и безопасность
городской среды*

*Градостроительство.
Реконструкция, реставрация
и благоустройство*

*Экономика и организация
строительства*

*Инженерные системы
и коммуникации*

*Дорожно-транспортное
хозяйство
и строительная техника*

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 1(8), 2019

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

**ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО
и коммунальная инфраструктура**

Адрес редакции:

394006, Россия

г. Воронеж,

ул. 20-летия Октября, дом 84, корп. I, ауд. 1326;

тел. (473) 271-28-92;

E-mail: vstu.gkh@gmail.com





ISSN 2541-9110

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

Издается с 2017 года

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

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

Выходит 4 раза в год

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.

Воронеж



**Scientific journal
Voronezh State Technical University
Housing
and utilities infrastructure**

Published 2017

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

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

Comes out 4 times per annum

Journal publishes materials on the following topics:

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

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

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

Voronezh

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель – Колодяжный Сергей Александрович, ректор (Воронежский государственный технический университет)

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

Редакционная коллегия:

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)

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

Богомольный Е. И., канд. техн. наук, д-р экон. наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ и премии Правительства РФ, член наблюдательного совета ГК-Фонд содействия реформированию ЖКХ, заведующий кафедрой управления недвижимостью, проблем землепользования и ЖКХ Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Москва

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

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

Лутовац Митар, академик, д-р, профессор университета (Union Belgrade, г. Белград, Сербия)

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

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)

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

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

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

Кармазин Ю. И., д-р архитектуры, профессор (Воронежский государственный технический университет)

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** Шмелев Г. Д.

Дата выхода в свет 11.03.2019. Усл. печ. л. 13,9. Формат 60×84/8. Тираж 500 экз. Заказ № 22

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 69631

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 ВГТУ
394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84

EDITORIAL COUNCIL

The Head – Kolodyazhnyi Sergey Aleksandrovich, rector (Voronezh State Technical University)

Editor-in-Chief – Yaremenko Sergey Anatolevich, dean of the faculty of engineering systems and structures (Voronezh State Technical University)

Editorial Board:

Sazonov E. V., Prof., Dr. of Sn., Deputy chief editor (Voronezh State Technical University)

Barannikov N. I., Prof., Dr. of Sn., Deputy chief editor (Voronezh State Technical University)

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

Blekh E. M., Dr. of Sn., Prof. (Institute Branch Management RANEPa), Moscow

Bogomolny E. I., PhD. tech. Sciences, Dr. of Sn., Prof., laureate of State prize of Russia and prize of the RF Government, member of the Supervisory Board of GK-Fund of assistance to reforming of housing and communal services, head of Department of property management, land use and housing of the Russian Academy of national economy and state service under the RF President, Moscow

Kas'yanov V. F., Dr. of Sn., 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 (NRU MSUCE), Moscow

Korol' E. A., Dr. of Sn., Prof., corresponding member of RAACN, honored Builder of Russia, the academician of RIA, member of ROIS (Moscow State University of Civil Engineering)

Lutovac Mitar, academician, Dr. of Sn. Prof. University (Union Belgrade, Belgrade, Serbia)

Mailyan L. R., Dr. of Sn., Prof., corresponding member of RAASN, Rostov-on-Don

Bodrov M. V., Dr. of Sn., Prof. (Nizhny Novgorod state University of Architecture and Construction)

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

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

Ziganshin A. M., PhD. tech. Sciences, associate Professor, Deputy Director on scientific work of Institute of building technology and environmental engineering systems (Kazan State University of Architecture and Civil Engineering)

Ezhov V. S., Dr. of Sn., Prof. (South-West State University, Kursk, Russia)

Karmazin Y. I., Dr. of Sn., Prof. (Voronezh State Technical University)

Kobelev N. S., Dr. of Sn., Prof. (South-West State University, Kursk, Russia)

Kozlov V. A., Dr. Phys.-math. Sciences, Professor (Voronezh State Technical University)

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

Oparina L. A., Dr. of Sn., associate Professor (Ivanovo State Polytechnic University)

Pushkarev A. E., Dr. of Sn., Prof. (Izhevsk State Technical University named after M. T. Kalashnikov)

Romanova A. I., Dr. of Sn., Prof., Director Institute of Continuing Professional Education, Corresponding Member International Academy of Investments and Construction Economics, Honorary Worker Higher Professional Education of Russian Federation, Kazan

Savin K. N., Dr. of Sn., 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)

Sidorenko V. F., Dr. of Sn., Prof. (Volgograd State Technical University)

Sineeva N. V., PhD. tech. Sciences, associate Professor, Dean of faculty of environmental engineering (Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering)

Stolobushkin A. Yu., Dr. of Sn., Prof. (Siberian State Industrial University, Novokuznetsk)

Uvarov V. A., Dr. of Sn., Prof. (Belgorod Shukhov State Technological University)

Shibaeva M. A., Dr. of Sn., Prof. (Voronezh State Technical University)

Eview V. A., Dr. of Sn., Prof., Dean of engineering-technological faculty (Calmic State University, Elista)

Jorg Rainer Noenning, Professor, faculty of architecture (Technical University of Dresden, Germany)

Lam Cao Van, Prof., Dr. of Sn., Da Nang University of Technology, Danang, Vietnam

Le Van Chung, Prof., Dr. of Sn., Military Technical Academy, Hanoi, Vietnam

Nguyen Phuong Ngoc, Prof., Dr. of Sn., Hanoi University of Architecture, Vietnam

Nguyen Van Long, Prof., Dr. of Sn., Ho Chi Minh City University of Transport, Ho Chi Minh, Vietnam

Executive Secretary – Zherlykina Mariya Nikolaevna, Cand. tech. Sciences, associate Professor of the Department of housing and communal services (Voronezh State Technical University)

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

Cover design Yakubenko A. V. Photo cover Shmelev G. D.

Date of publication 11.03.2019. Conventional printed sheets 13,9. Format 60×84/8. Circulation 500 copies. Order 22

Registration certificate ПИ № ФС 77 – 69631

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

Price free

The Address of editorial Office: 84 20-letiya Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russian Federation;
тел. (473) 271-28-92; e-mail: vstu.gkh@gmail.com.

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

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Самохина М. Н., Ишков А. Н., Шмелев Г. Д.

Особенности прогнозирования изменения прочностных показателей бетона в условиях ограниченной информации.....9

Меджидов С. В., Лоскутова О. А., Фокина Е. Р., Дмитриева Е. В.

К вопросу актуализации нормативной базы в области безопасной эксплуатации строительных объектов.....18

Шмелев Г. Д., Крючкова Е. А., Епишева А. К.

Обоснование возможности повторного использования строительных материалов и конструкций.....25

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

Еремкин А. И., Фильчакина И. Н.

Влияние искусственного микроклимата в производственных помещениях текстильных предприятий на физико-механические свойства перерабатываемых волокон.....36

Сазонов Э. В., Шичкин В. В.

Особенности расчёта естественной вентиляции помещений большого объёма.....46

Новосельцев Б. П., Жерлыкина М. Н., Гармонов К. В., Крючкова Е. А.

Повышение эффективности промывки системы водяного отопления, оборудованной емкостными отопительными приборами.....54

Антипов С. А., Лобанов Д. В., Коровина Л. С., Бутурлакин Р. А.

Анализ потерь давления в сети воздухопроводов при замене сечений с применением формул эквивалентного диаметра61

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

Меджидов С. В., Лоскутова О. А., Фокина Е. Р., Дмитриева Е. В.

Анализ законодательной и нормативной документации по вопросам обследования, реконструкции и капитального ремонта строительных объектов.....69

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Хабибуллин Ю. Х., Барышева О. Б.

Термическое обезвреживание твердых бытовых отходов.....76

Дикова Л. В., Самарская Н. С.

Анализ экологической ситуации в районе размещения ООО «Политехник-Сервис» г. Азова Ростовской области.....82

ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ХОЗЯЙСТВО И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Кононов А. А., Кононов А. Д.

Повышение точности передачи сигналов в системе дистанционного управления машинами дорожно-строительного комплекса.....89

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Гаев Ф. Ф., Рахманов М. Л., Шканов С. И., Якушина А. М.,

Цховребов Э. С., Величко Е. Г.

Экономические и организационные аспекты раздельного сбора твердых коммунальных и крупногабаритных отходов.....96

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....109

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

Samokhina M. N., Shmelev G. D., Ishkov A. N.

Peculiarities of forecasting changes in the strength indicators of concrete under conditions of limited information.....9

Medzhidov S. V., Loskutova O. A., Fokina E. R., Dmitrieva E. V.

To the question of the actualization of the normative base in the field of the safe operation of construction objects.....18

Shmelev G. D., Kryuchkova E. A., Episheva A. K.

Repeated use of construction materials and constructions.....25

ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

Eremkin A. I., Filchakina I. N.

Influence of artificial microclimate in industrial spaces of textile enterprises on physico-mechanical properties of processed fibers.....36

Sazonov E. V., Shichkin V. V.

Features of calculation of natural ventilation of large areas.....46

Novoseltsev B. P., Zherlykina M. N., Garmonov K. V., Kruchkova E. A.

The increase in washing efficiency of the water heating system, equipped with a tank heating devices.....54

Antipov S. A., Lobanov D. V., Korovina L. S., Buturlakin R. A.

Analysis of losses of pressure in the network of air ducts during replacement of sections with the application of equivalent diameter formulas.....61

CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

Medzhidov S. V., Loskutova O. A., Fokina E. R., Dmitrieva E. V.

Analysis of legislative and regulatory documentation on survey, reconstruction and capital repair of construction objects.....69

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

Khabibullin Yu. Kh., Barysheva O. B.

Thermal disposal of solid domestic wastes.....76

Dikova L. V., Samarskaya N. S.

Analysis of the ecological situation in the area of location of LLC «Politekhnik-Servis» in Azov, Rostov region.....82

ROAD TRANSPORT, AGRICULTURE AND CONSTRUCTION MACHINES

Kononov A. A., Kononov A. D.

Improving the accuracy of signal transmission in the system of remote controlling machines of the road-building complex.....89

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

Gaev F. F., Rakhmanov M. L., Shkanov S. I., Yakushina A. M.,

Tskhovrebov E. S., Velichko E. G.

Economic and organizational aspects of separate collection of solid communal and large-sized waste.....96

WRITING RULES AND GUIDELINES.....109

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

УДК 519.21: 624.01

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

М. Н. Самохина, А. Н. Ишков, Г. Д. Шмелев

Самохина Мария Николаевна, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: mari.samokhina.1995@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)271-52-49; e-mail: ishkov1.78@mail.ru

Шмелев Геннадий Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)254-92-96; e-mail: shmelev8@mail.ru

Приводится описание существующей ситуации с недостаточностью исходной информации при прогнозировании изменений прочностных свойств бетонных и железобетонных конструкций, длительное время находящихся в эксплуатации. Предлагается подход к решению проблемы определения проектной прочности бетона и прочности бетона, заложенной при изготовлении конструкции. Приводится описание методики оценки изменения во времени прочности бетона с учетом процессов его старения в ходе длительной эксплуатации здания или сооружения. Предложены математически и статистически обоснованные решения указанных проблем при отсутствии у владельца объекта полной информации из проектной и исполнительной документации о характеристиках бетона конструкций. Предложенный в статье подход к оценке прочностных свойств бетона и прогнозированию остаточных сроков службы железобетонных конструкций был неоднократно использован при решении практических задач по прогнозированию и обоснованию расчетных сроков службы строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений различного назначения.

Ключевые слова: класс бетона; марка бетона; статистический разброс прочности; границы выборки; прогнозирование.

При проведении обследований зданий и сооружений различного назначения, а так же при построении прогнозов развития технического состояния или остаточного ресурса отдельных конструкций и зданий в целом исследователи сталкиваются с рядом самых разнообразных проблем. Ключевая из них – это отсутствие всеобъемлющей информации об объекте исследования, включая проектную, исполнительскую и эксплуатационную документацию. С такими же проблемами часто сталкиваются и сотрудники экспертных организаций, перед которыми ставятся вопросы, требующие ответов о фактическом состоянии конструкций, их соответствии проекту и т.п.

Содержащиеся в проектной документации сведения, в случае ее утери, восстановить в полном объеме, особенно для зданий старой постройки, технически не представляется возможным, так как это потребует остановки эксплуатации здания для выполнения комплекса инструментальных и обмерных работ общей продолжительностью до нескольких месяцев, в зависимости от конструктивной сложности и габаритных размеров объекта. При этом прочностные характеристики кирпича, раствора и бетона конструкций будут получе-

ны на момент обследования. Далее возникает задача сопоставления значений текущей прочности с заложенной в проектную документацию и первоначальной прочностью. Существующие методические подходы, изложенные в действующей нормативно-технической литературе, не имеют алгоритмов решения подобных задач.

В настоящей статье сделана попытка решить вопросы снижения неопределенности при оценке технического состояния и выполнении прогнозов остаточных сроков службы бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений, находящихся в длительной эксплуатации.

Как показывает практика проведения обследования различных зданий и сооружений, прогнозирование изменения прочности бетона во времени сопряжено с рядом пробелов в исходных данных:

- ✓ чаще всего отсутствует информация о проектной марке или классе бетона по прочности на сжатие;
- ✓ отсутствует информация о фактической прочности бетона, заложенного в конструкцию при ее изготовлении;
- ✓ отсутствуют данные об изменении прочности бетона во времени (в ходе эксплуатации).

Отсутствие информации о проектной прочности бетона связано с отсутствием у эксплуатирующей организации проектной документации. Отсутствие данных о фактической прочности бетона, заложенного в конструкции при их изготовлении, связано с отсутствием паспортов на конструкции (или бетон) заводского или построечного приготовления. Эти сведения (исполнительская документация) должны храниться у эксплуатирующей организации вместе с проектом. Однако, как показала практика, чаще всего документация на объект (особенно для старой постройки ~ до 90-х годов прошлого века) представлена только Техническим паспортом (инвентаризационным делом) на здание, подготовленным сотрудниками БТИ.

Отсутствие данных об изменении прочности бетона во времени оправдывается отсутствием необходимости инструментального контроля за строительными конструкциями зданий в процессе их длительной эксплуатации. Это объясняется отсутствием законодательной и нормативно-технической базы, обязывающей эксплуатирующие организации проводить регулярные инструментальные обследования, в том числе с контролем изменения прочностных свойств несущих строительных конструкций и материалов.

Все это не позволяет выполнять прогноз изменения прочности бетона и, как следствие, прогнозирование любых изменений несущей способности для бетонных и железобетонных конструкций оказывается практически невозможным.

Авторами предлагается следующий подход к решению выше обозначенной ситуации.

Сведения о проектной марке бетона могут быть восстановлены, если известен, хотя бы ориентировочно год постройки здания (сооружения). Исходя из этого может быть найден государственный стандарт или типовая серия того времени на исследуемую конструкцию, по которой она была изготовлена. Определив размеры конструкции, действующие на нее нагрузки и тип арматуры, можно с достаточной точностью на основании проверочных расчетов установить проектную марку бетона. Кроме того, старые справочники также позволяют определиться с наиболее распространенными в то время марками бетона по прочности. В крайнем случае, для конструкции можно заново выполнить расчеты по несущей способности и деформативности, с использованием нормативов, действовавших на момент времени изготовления конструкции, и подобрать наиболее близкую марку бетона по прочности.

Имея марку бетона на момент проектирования конструкции легче разобраться с разбросом прочности, который мог иметь бетон при фактическом бетонировании конструкции. На рис. 1 приведен возможный предполагаемый разброс прочности бетона в пределах каждой марки бетона по прочности.

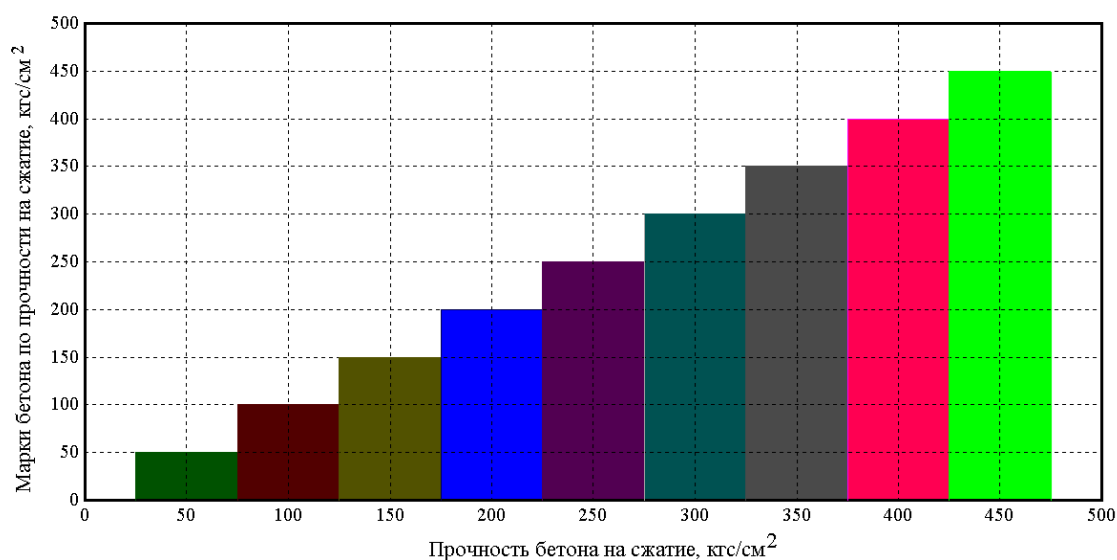


Рис. 1 – Распределение прочности бетона нормированных марок по прочности на сжатие (условное)

Как известно, марка бетона – это средний показатель прочности, которую может иметь неограниченная партия образцов изготовленных из бетона соответствующей марки. На практике принято считать, что граница между двумя соседними марками проходит строго по середине. Однако это далеко не так.

В настоящее время в расчетах бетонных и железобетонных конструкций вместо марки используется понятие класса бетона. Поэтому все дальнейшие вычисления и анализ будут выполняться для классов бетона по прочности на сжатие. На рис. 2 приведены кривые нормального распределения бетонов внутри нормированных классов бетона по прочности на сжатие от B10 до B60, выполненные авторами. Эти кривые построены с учетом принятого нормированного коэффициента вариации прочности бетона равного 0,135 или 13,5 % (ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности»).

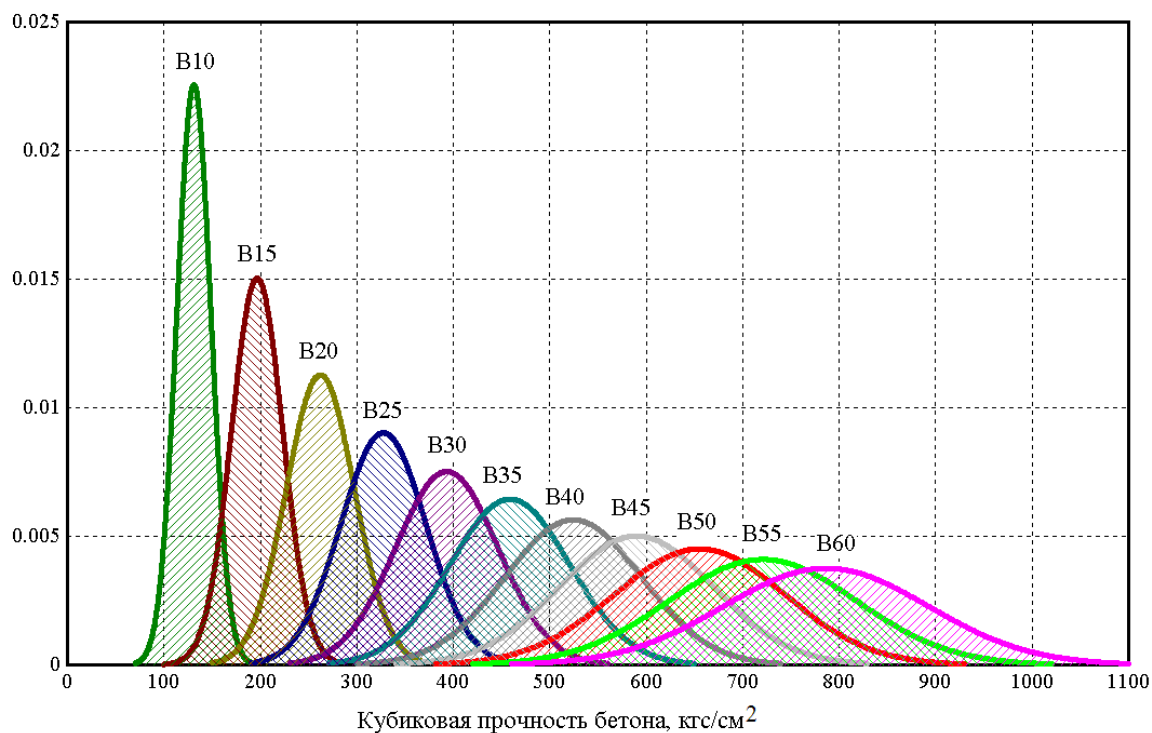


Рис. 2 – Кривые нормального распределения прочности бетона по классам

Как видно из графиков (рис. 2), границы классов бетона пересекаются не только у соседних по номерам классов, но и у классов бетона различающихся в 1.5...2 раза. Особенно наглядно это прослеживается у бетонов высоких классов, начиная с класса В25.

В теории вероятностей и математической статистике существует правило «трех сигма», гласящее: «Если случайная величина распределена нормально, то абсолютная величина ее отклонения от математического ожидания не превосходит утроенного среднего квадратического отклонения» [1]. В этом случае вероятность попадания значений в интервал, ограниченный по правилу "три сигма" составляет 0,9973 или 99,73 %. Следовательно, за пределы интервала, ограниченного по правилу «три сигма» попадает 0,27 % значений, из них 0,135 % ниже нижней границы диапазона и столько же выше верхней границы диапазона нормального распределения значений прочности бетона.

Для получения полной информации о границах диапазонов нормального распределения прочности бетона для каждого класса бетона по прочности на сжатие авторами были проведены соответствующие вычисления, результаты которых приведены в табл.

Результаты оценки границ выборки для нормируемых классов бетона

Класс бетона	Средняя прочность (марка) бетона, R_m , кгс/см ²	Стандартное отклонение прочности, S_m , кгс/см ²	Границы доверительного интервала, кгс/см ²			
			кубиковая прочность		призменная прочность	
			R_{min}	R_{max}	R_{min}	R_{max}
B10	131,06	17,69	77,98	184,13	53,96	107,88
B15	196,59	26,54	116,97	276,20	76,38	136,39
B20	262,11	35,39	155,96	368,27	95,77	257,79
B25	327,64	44,23	194,95	460,34	112,11	322,24
B30	393,17	53,08	233,94	552,40	125,41	386,68
B35	458,70	61,92	272,93	644,47	135,67	451,13
B40	524,23	70,77	311,92	736,54	218,34	515,58
B45	589,76	79,62	350,90	828,61	245,63	580,03
B50	655,28	88,46	389,89	920,67	272,92	644,47
B55	720,81	97,31	428,88	1012,74	300,22	708,92
B60	786,34	106,16	467,87	1104,81	327,51	773,37

Из приведенных на рис. 2 и табл. данных следует, что для одного класса бетона 99,73 % всех измеренных значений прочности попадает в соответствующий интервал, ограниченный по правилу «три сигма». Если принять это допущение, то прогноз развития прочности бетона во времени может быть рассмотрен как коридор между функциями изменения наименьшего и наибольшего значений прочности в пределах выбранной марки бетона по прочности на сжатие. То есть изменение прочности бетона можно представить зоной, ограниченной сверху и снизу функциями, описывающими поведение нижней и верхней границ доверительного интервала проектного класса или марки бетона. Возможный вариант построения прогноза представлен на рис. 3.

На рис. 3 на начало эксплуатации уловного объекта точками отмечены крайние значения прочности для бетона класса по прочности на сжатие В15 (116,97 и 276,20 кгс/см²), взятые из таблицы, в предположении, что это и есть бетон, заложенный в проектную документацию. Следующие точки на графике, зафиксированные на момент времени эксплуатации 42 года, приняты по результатам фактических измерений прочности бетона при проведении обследования, которое было проведено через 42 года после начала эксплуатации объекта (принято условно).

После решения первых двух вопросов с проектной прочностью бетона и разбросом прочности бетона изготовленной конструкции, остается один пробел – математическая закономерность изменения прочности бетона во времени. Имея на рис. 3 по паре точек для

верхней и нижней границ распределения прочности бетона внутри класса, разнесенных во времени, единственным вариантом прогнозирования с точки зрения точного математического подхода является построение прямолинейных границ, что не соответствует существующим теориям старения и деградации материалов и конструкций.

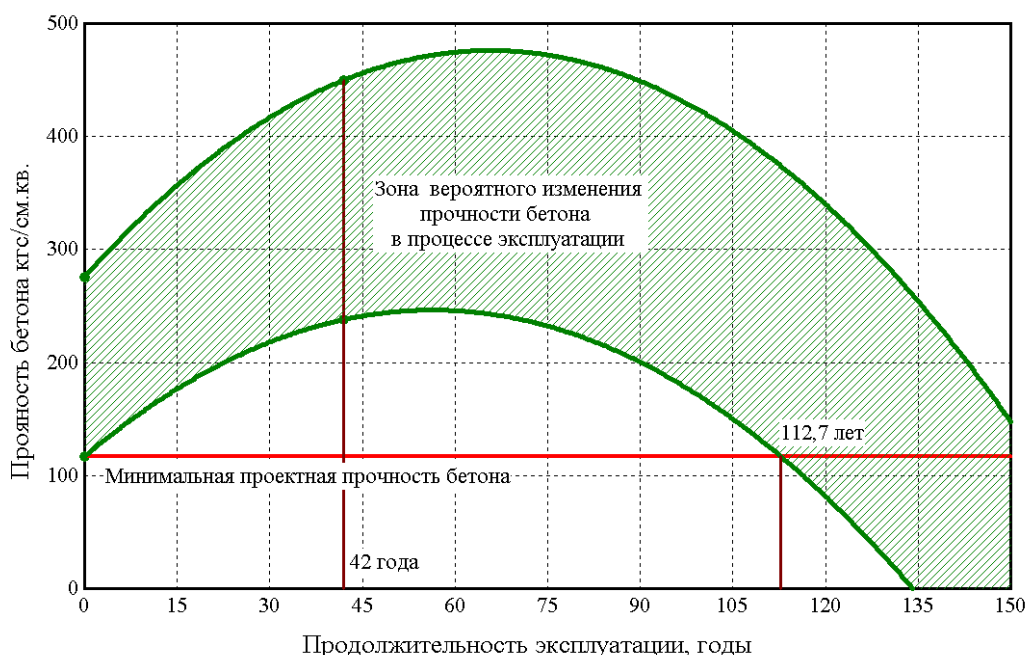


Рис. 3 – Схема построения прогноза развития прочности бетона во времени

Практика обследования зданий и сооружений показывает, что для мостовых сооружений контроль прочности бетона ведется если не регулярно, то хотя бы периодически, и построить приблизительный график изменения бетона во времени можно, опираясь на результаты нескольких обследований.

В последние годы, с введением экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений на опасных производственных объектах, для производственных зданий контроль прочности бетона тем или иным образом все же ведется [2...5]. Построить график изменения прочности бетона для конструкций производственных зданий, с некоторыми допущениями тоже уже возможно, поскольку, начиная с середины 90-х годов прошлого века, обследование зданий и сооружений ведется с периодичностью 1 раз в 5 лет. Соответственно, при каждом обследовании должны фиксироваться прочностные показатели бетона конструкций. За прошедшее время должен накопиться значительный материал, характеризующий изменения прочности бетона по каждому опасному производственному объекту.

Намного хуже дело обстоит с общественными и жилыми зданиями. Примерно в таком же состоянии находятся промышленные объекты, не попадающие под надзор Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Обследование этих объектов капитального строительства выполняется крайне редко. Причиной их обследования чаще всего становятся конструкции, получившие недопустимые деформации (трещины большой ширины раскрытия, видимые невооруженным глазом прогибы конструкций, отклонения конструкций от вертикали и т.п.). При этом часто в ходе обследования детальный контроль осуществляется только для наиболее поврежденной конструкции. Остальные конструкции исследуются только визуально. Причина банальна – отсутствие необходимых финансовых средств для проведения полноценного инструментального контроля.

Выходом из этой ситуации может стать подход, изложенный в рекомендуемом приложении Ж нормативного документа РД ЭО 0462-03 «Методика по обоснованию срока

службы строительных конструкций, зданий и сооружений атомных станций с РБМК». Изменение прочности монолитного бетона естественного твердения во времени в соответствии с этим документом предлагается описывать с использованием следующей формулы:

$$R(t) = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \lg t) - k_R \cdot (t - t_0),$$

где R_0 – начальная прочность бетона в момент времени t_0 ; t_0 и t – возраст бетона в годах, соответственно для начальной прочности R_0 и прочности $R(t)$; α – коэффициент, характеризующий интенсивность прироста прочности бетона со временем и зависящий от состава бетонной смеси, условий хранения и др. факторов; k_R – коэффициент интенсивности снижения прочности бетона вследствие деструктивных процессов.

Значения коэффициента α при прочих равных условиях (вид, марка, расход цемента, В/Ц и др.), в первую очередь зависит от температурно-влажностных условий, при которых находится бетон в период эксплуатации сооружения. Его значение по (РД ЭО 0462-03) следует принимать:

- ✓ $\alpha = 0,4$ при нахождении в воде или во влажной среде, например, во влажных опилках;
- ✓ $\alpha = 0,3$ при нахождении в воздушно-сухой среде с влажностью не менее 70...80 %;
- ✓ $\alpha = 0,2$ при нахождении в воздушно-сухой среде с влажностью не менее 50...70 %;
- ✓ $\alpha =$ от 0 до 0,2 при нахождении в воздушно-сухой среде с повышенной температурой и влажностью менее 50 %.

Значение коэффициента k_R для каждой конкретной конструкции авторами рекомендуется определять по разнице между фактическим значением прочности, полученным на момент времени t и предполагаемым максимально возможным значением прочности бетона для данных условий эксплуатации, полученным по формуле (1) при $k_R = 0$.

Предложенный авторами способ оценки начальной прочности бетона различных конструкций был неоднократно использован как при проведении обследований зданий и сооружений различного назначения, при построении прогнозов развития технического состояния отдельных конструктивных элементов [6...9], а также зданий и сооружений в целом [10].

Кроме этого, предложенный авторами способ нашел применение в качестве составной части при разработке и составлении нескольких методик обследования и обоснования остаточного ресурса строительных конструкций, разработанных авторами:

- ✓ «Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных конструкций атомных станций» (по заявке ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2011 г.);
- ✓ «Методика оценки технического состояния и расчетного прогнозирования остаточного срока службы строительных конструкций» (по заявке ООО «РВК-Воронеж», 2016 г.).

В 2016 г. в рамках обследования фактического технического состояния и обоснования остаточного ресурса строительных конструкций, зданий и сооружений Левобережной городской канализационной насосной станции г. Воронежа указанная выше методика с описанным в статье методом оценки начальной прочности бетона и математической моделью изменения прочности бетона во времени была в очередной раз успешно опробована на практике.

Заключение.

Представлен анализ фактического разброса прочности бетона на сжатие в пределах нормированных классов и определены наиболее вероятные нижняя и верхняя границы прочности бетона в пределах каждого класса бетона по прочности на сжатие.

Авторами выявлены основные причины, вызывающие сложность при прогнозировании наиболее вероятных изменений прочностных свойств бетонов в различных конструкциях зданий и сооружений, находящихся длительное время в эксплуатации.

Предложен авторский подход к оценке наиболее вероятных значений начальной прочности бетона конструкций с привязкой к году проектирования и строительства объекта, а

также действовавшим на тот момент времени нормам проектирования соответствующих конструкций.

Предлагаются следующие рекомендации для уменьшения уровня неопределенности при обследовании и прогнозировании развития технического состояния и оценке остаточного ресурса бетонных и железобетонных конструкций:

✓ проектную марку или класс бетона конструкций определять исходя из норм проектирования или справочной литературы, относящихся к периоду проектирования здания, а при отсутствии в них конкретных сведений произвести расчет конструкции заново с целью подбора требуемой прочности бетона;

✓ первоначальный разброс прочности бетона оценивать исходя из нормированного значения коэффициента вариации прочности бетона 13,5 % по правилу «трех сигма» в зависимости от средней кубиковой прочности бетона;

✓ прогноз изменения прочности бетона во времени выполнять с использованием формулы, предложенной в (РД ЭО 0462-03 «Методика по обоснованию срока службы строительных конструкций, зданий и сооружений атомных станций с РБМК»);

✓ при оценке коэффициента интенсивности снижения прочности бетона вследствие деструктивных процессов (k_R) определять его по разнице между фактическим значением прочности, полученным на момент времени обследования (t) и предполагаемым максимально возможным значением прочности бетона для данных условий эксплуатации, полученным по формуле при $k_R = 0$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гмурман, В. Е.** Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 1999. – 479 с.
2. **Сагайдак, А. И.** Использование метода акустической эмиссии для контроля прочности бетона / А. И. Сагайдак // Бетон и железобетон. – 2000. – № 4. – С. 24-25.
3. **Потапова, Л. Б.** Критерий прочности строительных материалов при сложном напряженном состоянии / Л. Б. Потапова, А. А. Куст, А. Ю. Марченко, С. И. Соломина // Строительство, дизайн, архитектура: проектные решения XXI века. Сборник материалов международного научного е-симпозиума. – 2015. – С. 47-61.
4. **Леонович, С. Н.** Алгоритм расчета долговечности бетона по обобщенному критерию / С. Н. Леонович // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2009. – № 2. – С. 5-12.
5. **Овчинников, И. Г.** Учет вероятностного характера деградационных процессов при расчетной оценке долговечности железобетонных конструкций транспортных сооружений / И. Г. Овчинников, И. И. Овчинников // Дороги и мосты. – 2012. – № 2(28). – С. 118-133.
6. **Коновалов, А. А.** Прогнозирование остаточного срока службы центрально и вне-центренно сжатых железобетонных элементов / А. А. Коновалов, Г. Д. Шмелев // Тезисы докладов Первой международной научно-практической конференции «Оценка риска и безопасность строительных конструкций». – 2006. – Т. 1. – С. 95-98.
7. **Шмелев, Г. Д.** Прогнозирование остаточного ресурса изгибаемых железобетонных конструкций, эксплуатируемых в неагрессивных средах / Г. Д. Шмелев, А. Н. Ишков. – Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2007. – 219 с.
8. **Shmelev, G. D.** The technique of expert evaluation and forecast of actual reliability of building structures of operated buildings and engineering constructions / G. D. Shmelev, K. A. Makarychev // In scientific herald of the Voronezh state university of architecture and civil engineering. Construction. Architecture. Transport. – 2011. – № 4. – С. 7-17.
9. **Шмелев, Г. Д.** Параметрические методы прогнозирования остаточных сроков службы железобетонных строительных конструкций / Г. Д. Шмелев, И. В. Николайчев //

Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. – 2013. – № 7. – С. 167-175.

10. **Шмелев, Г. Д.** Расчет остаточного срока службы железобетонных конструкций шахты реактора типа ВВЭР / Г. Д. Шмелев // Тезисы докладов Первой международной научно-практической конференции «Оценка риска и безопасность строительных конструкций». – 2006. – Т 1. – С. 99-102.

Поступила в редакцию 17 января 2019

PECULIARITIES OF FORECASTING CHANGES IN THE STRENGTH INDICATORS OF CONCRETE UNDER CONDITIONS OF LIMITED INFORMATION

M. N. Samokhina, G. D. Shmelev, A. N. Ishkov

Samokhina Maria Nikolaevna, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (473)271-52-49; e-mail: mari.samokhina.1995@mail.ru
Ishkov Alexey Nikolaevich, Cand. tech. Sciences, associate Professor, associate Professor of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-52-49; e-mail: ishkov1.78@mail.ru

Shmelev Gennady Dmitrievich, Cand. tech. Sciences, associate Professor, Professor of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473) 254-92-96; e-mail: shmelev8@mail.ru

The article reveals an approach to solving the problem of determining the design strength of concrete, the strength of concrete laid down in the manufacture of the structure and the mathematical model, the time variation of the strength of concrete, taking into account its aging processes during long-term operation of a building or structure. Mathematically and statistically based solutions of these problems were proposed with the complete absence of any information from the project owner from the design and performance documentation on the characteristics of the concrete structures. The proposed approach to assessing the strength properties of concrete and predicting the residual service life of reinforced concrete structures has been repeatedly used to solve practical problems of predicting and justifying the estimated service lives of building structures of various buildings and structures.

Keywords: concrete class; concrete grade; statistical dispersion of strength; boundaries of the sample; forecasting.

REFERENCES

1. **Gmurman V. E.** *Theory of Probability and Mathematical Statistics*. Moscow, Higher school. 1999. 479 p. (in Russian)
2. **Sagaidak A. I.** *Using the method of acoustic emission to control the strength of concrete*. Concrete and reinforced concrete. 2000. No. 4. Pp. 24-25. (in Russian)
3. **Potapova L. B., Bush A. A., Marchenko A. Yu., Solomin S. I.** *Strength criterion for building materials in a complex stress state*. Construction, design, architecture: design solutions of the XXI century. Collection of materials of the international scientific e-symposium. 2015. Pp. 47-61. (in Russian)
4. **Leonovich S. N.** *Algorithm for calculating the durability of concrete by the generalized criterion*. Bulletin of the Belarusian National Technical University. 2009. No. 2. Pp. 5-12. (in Russian)
5. **Ovchinnikov I. G., Ovchinnikov I. I.** *Taking into account the probabilistic nature of degradation processes in the design assessment of the durability of reinforced concrete structures*

of transport structures. Roads and bridges. 2012. No. 2(28). Pp. 118-133. (in Russian)

6. **Kononov A. A., Shmelev G. D.** *Prediction of residual service life of central and off-center compressed reinforced concrete elements*. Abstracts of the First International Scientific and Practical Conference Risk assessment and safety of building structures. 2006. T. 1. Pp. 95-98. (in Russian)

7. **Shmelev G. D., Ishkov A. N.** *Prediction of residual life of bent reinforced concrete structures operated in non-aggressive environments*. Rostov-on-Don, Growth. state builds University. 2007. 219 p. (in Russian)

8. **Shmelev G. D., Makarychev K. A.** *The technique of expert evaluations and a forecast of the technical structure of the buildings and structures*. Inst. Construction. Architecture. Transport. 2011. No. 4. Pp. 7-17.

9. **Shmelev G. D., Nikolaychev I. V.** *Parametric methods for predicting residual life of reinforced concrete building structures*. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physical and chemical problems and high technologies of building materials science. 2013. No. 7. Pp. 167-175. (in Russian)

10. **Shmelev G. D.** *Calculation of the residual service life of reinforced concrete structures of the VVER reactor shaft*. Abstracts of the First International Scientific and Practical Conference Risk assessment and safety of building structures. 2006. T. 1. Pp. 99-102. (in Russian)

Received 17 Jan 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Самохина, М. Н. Особенности прогнозирования изменения прочностных показателей бетона в условиях ограниченной информации / М. Н. Самохина, А. Н. Ишков, Г. Д. Шмелев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 9-17.

FOR CITATION:

Samokhina M. N., Shmelev G. D., Ishkov A. N. *Peculiarities of forecasting changes in the strength indicators of concrete under conditions of limited information*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 9-17. (in Russian)

УДК 69.059.1

К ВОПРОСУ АКТУАЛИЗАЦИИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

С. В. Меджидов, О. А. Лоскутова, Е. Р. Фокина, Е. В. Дмитриева

Меджидов Салман Вагифович, магистрант института архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(929)784-86-07; e-mail: salman19071993@mail.ru

Лоскутова Ольга Андреевна, магистрант института архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(960)873-02-55; e-mail: olgaloskutovaa@yandex.ru

Фокина Екатерина Романовна, магистрант института архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(917)641-98-81; e-mail: kate4ka34@mail.ru

Дмитриева Екатерина Вячеславовна, магистрант института архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(905)338-12-02; e-mail: katyadmitrieva94@mail.ru

Проведен анализ нормативно-технической документации, регулирующей вопросы разработки отдельных разделов проектной документации на капитальный ремонт или реконструкцию зданий и сооружений различного функционального назначения с целью обеспечения возможности их дальнейшей безопасной эксплуатации. Определены особенности разработки раздела проектно-сметной документации «Требования к безопасной эксплуатации объекта капитального строительства», разрабатываемого на основании требований СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения». Установлены вопросы отнесения объекта к категориям зданий (сооружений) в зависимости от эксплуатационного режима. Обоснована необходимость введения однозначно определенного термина «эксплуатационного режима», позволяющего не только актуализировать перечень объектов с различными эксплуатационными режимами, но и способствовать снижению количества возникающих спорных ситуаций при установлении эксплуатационного режима объектов, представляющих собой строительные комплексы, объединяющие в себе функциональные зоны различного назначения, комбинация которых не учтена в действующих нормативных документах. Сделан вывод о необходимости совершенствования системы технического нормирования в строительстве, не только в части разработки новых сводов правил, но в части работ по актуализации уже утвержденных нормативных документов, с точки зрения исключения возможности «двойного» толкования содержащихся в них положений.

Ключевые слова: безопасная эксплуатация; проектная документация; нормативные документы; капитальный ремонт; реконструкция.

Недвижимое имущество считается одной из финансовых основ предпринимательской работы, имеет большое значение не только для физических лиц, но и для юридических лиц. Статус имущества, как объекта недвижимости порождает собственные отличительные черты в имущественно-правовых отношениях. Этим обусловлена потребность многостороннего регулирования взаимоотношений, связанных с недвижимым имуществом. Тем не менее, достижение целей собственника независимо от того, в каком качестве им используется недвижимость – как операционная или как инвестиционная, невозможно без поддержания объектов недвижимости в технически исправном и работоспособном состоянии. На решение этой задачи направлена система технической эксплуатации объектов недвижимости, в том числе включающая в себя мероприятия по различным видам ремонтов, ставящим своей целью поддержание нормативных значений параметров эксплуатационной пригод-

ности объектов.

Участившиеся случаи возникновения аварийных ситуаций, в том числе повлекшие человеческие жертвы, позволяют говорить о том, что система обеспечения безопасности при строительстве и эксплуатации объектов капитального строительства нуждается в корректировке, так как значительная доля случаев обрушения и повреждения зданий и сооружений относится именно к неправильной эксплуатации зданий. В этой связи развитие нормативной базы и законодательное регулирование вопросов эксплуатации приобретает приоритетное значение.

Наряду с капитальным ремонтом одним из видов восстановления объектов капитального строительства является реконструкция, в широком смысле слова подразумевающая коренное переустройство; перестройку по новым принципам; восстановление чего-либо по сохранившимся остаткам или описаниям. Этот вид строительных работ стал в последнее время довольно популярным. По большому счету реконструкция – это не только и не столько ремонт здания, при котором либо полностью сохраняется фасад (а внутренние перекрытия, стены существенно изменяются), либо даже внешний облик здания претерпевает существенные изменения. Реконструкция в большей степени представляет собой фактическое переустройство здания [1...5].

В Федеральном законе «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 25.12.2018) под реконструкцией объектов капитального строительства понимается изменение параметров объектов капитального строительства, их частей (высоты, количества этажей (этажность), площади, объема), в том числе надстройка, перестройка, расширение объекта капитального строительства, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановления указанных элементов.

В соответствии с положениями ст.1 («Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2018)) капитальный ремонт объектов капитального строительства (за исключением линейных объектов) понимается, как замена и (или) восстановление строительных конструкций объектов капитального строительства или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, замена и (или) восстановление систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения объектов капитального строительства или их элементов, а также замена отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановление указанных элементов.

В положениях Федерального закона от 30.12.2009 №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», Жилищного кодекса РФ, Градостроительного кодекса и иных законодательных актов в области эксплуатации зданий и сооружений в настоящее время приняты, в том числе, нормативные документы технического регулирования, к которым следует отнести свод правил СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения», которые устанавливают общие эксплуатационные требования к объектам в условиях нормальной эксплуатации. Кроме того, документ включает в себя требования к составу и содержанию вновь вводимого раздела проектной документации «Требования к безопасной эксплуатации объекта капитального строительства» [6...12].

Состав разделов проектной документации при разработке перечня мероприятий по реконструкции (капитальному ремонту) зданий и сооружений устанавливается действующими нормативными документами (Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 (ред. от 21.04.2018) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их со-

держанию»). Данный документ не содержит сведений, позволяющих отнести раздел «Требования к безопасной эксплуатации объекта капитального строительства» к определенному разделу проектной документации (кроме раздела 12 «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами»), несмотря на то, что имеющаяся на данный момент система нормативного регулирования в области строительства направлена именно на установление и неукоснительное соблюдение требований к безопасной эксплуатации объекта на различных стадиях его жизненного цикла.

В соответствии с «СП 255.1325800.2016 Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения» должны выполняться требования к следующим видам эксплуатационной безопасности зданий (сооружений), строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения, предусмотренным в документе «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (статья 3, п.6., с изменениями на 2 июля 2013 года):

- ✓ механическая безопасность;
- ✓ пожарная безопасность;
- ✓ безопасные для здоровья человека условия проживания и пребывания в зданиях (сооружениях);
- ✓ безопасность для пользователей зданиями (сооружениями);
- ✓ доступность зданий (сооружений) для маломобильных групп населения;
- ✓ энергетическая эффективность зданий (сооружений);
- ✓ безопасный уровень воздействия зданий (сооружений) на окружающую среду.

Поскольку СП 255.1325800.2016 не включен в перечень обязательных к применению национальных стандартов и сводов правил, утвержденных постановлением Правительства РФ от 26.12.2014 № 1521, он применяется участниками строительства на добровольной основе (за исключением отдельно оговоренных случаев). Кроме того «Требования к безопасной эксплуатации объекта капитального строительства» не входит в состав проектной документации с точки зрения требований постановления Правительства № 87 от 16.02.2008 г. Вместе с тем СП 255.1325800.2016 включен в перечень документов, в результате применения которого, на добровольной основе, обеспечивается безопасность зданий и сооружений (приказ Росстандарта от 25.12.2015 №365), в связи с чем четкое и однозначное понимание изложенных в нем положений становится актуальной задачей.

Требования к составу раздела проектной документации, содержащего требования к условиям нормального функционирования зданий (сооружений) изложены в п. 5.5 (СП 255.1325800.2016) и устанавливаются в соответствии с особенностями эксплуатационных режимов, которые, в свою очередь, зависят от назначения здания (сооружения).

По типам эксплуатационных режимов в соответствии с п. 5.5 СП 255.1325800.2016 выделяют следующие здания:

- а) предназначенные для постоянного или длительного (круглосуточного) проживания людей, в том числе:
 - ✓ жилые многоквартирные дома,
 - ✓ жилые многоквартирные дома,
 - ✓ гостиницы, общежития, интернаты,
 - ✓ больницы, санатории, дома престарелых и инвалидов и т.д.;
- б) предназначенные для временного пребывания людей, преимущественно ритмичного характера (рабочий день, школьная смена, сеанс и т.д.), в том числе:
 - ✓ административные здания,
 - ✓ общественные здания, не содержащие крупных залных помещений (поликлиники, школы, дошкольные образовательные организации, организации бытового обслуживания и т.д.),
 - ✓ общественные здания с большепролетными конструкциями (театры, кинотеатры, концертные залы, цирки и т.д.),

- ✓ общественные здания, в функции которых включены производственные процессы с использованием технологического оборудования (организации общепита и т.д.),
- ✓ общественные здания - многофункциональные торговые комплексы,
- ✓ здания со специальными требованиями к температурно-влажностному режиму помещений (музеи, государственные архивы, хранилища национальных и культурных ценностей и т.д.);

в) производственного или складского назначения:

- ✓ одноэтажные здания производственного назначения;
- ✓ многоэтажные здания производственного назначения;
- ✓ здания складского назначения.

По типам эксплуатационных режимов выделяют следующие сооружения:

а) открытые и крытые спортивно-физкультурные, зрелищные и торговые сооружения:

- ✓ стадионы, спортивно-развлекательные комплексы,
- ✓ катки,
- ✓ рынки;

б) линейные объекты;

в) сооружения промышленного назначения:

- ✓ водонапорные башни и резервуары,
- ✓ градирни,
- ✓ дымовые трубы, бункеры, газгольдеры, нефтехранилища,
- ✓ водозаборные и очистные сооружения;

г) некапитальные сооружения:

- ✓ мобильные сооружения сборно-разборного типа (теплицы, парники и т.п.),
- ✓ сооружения вспомогательного назначения, с ограниченными сроками службы и пребывания в них людей (бытовки, склады временного содержания и т.п.);
- ✓ павильоны, киоски.

Выше изложенный перечень сооружений с различными эксплуатационными режимами в определенной степени отражает один из идентификационных признаков объекта, характеризующий наличие помещений с постоянным пребыванием людей и содержит в себе характеристики объектов с точки зрения их функционального назначения. Кроме того, в СП 255.1325800.2016 содержится исключительно перечисление объектов, которые относятся к определенным категориям зданий или сооружений и не представлено определение «эксплуатационного режима здания (сооружения)», в котором бы присутствовали сущностные характеристики данной категории. Наличие однозначно определенного термина «эксплуатационного режима» позволит не только актуализировать вышеуказанный перечень объектов, но и снизить количество возникающих спорных ситуаций при установлении эксплуатационного режима объектов, представляющих собой строительные объекты, объединяющие в себе функциональные зоны различного назначения, комбинация которых не учтена в настоящем перечне.

Заключение.

Обосновано, что для установления перечня мероприятий и состава работ при разработке документации на капитальный ремонт (реконструкцию) в части обеспечения безопасной эксплуатации объекта в соответствии с его функциональным назначением, необходимо иметь однозначное и исчерпывающее определение понятия «эксплуатационный режим».

Выявлено, что в нормативно-технической документации отсутствует определение данного термина, следовательно, зачастую невозможно формализовать состав мероприятий и разработать проект капитального ремонта или реконструкции максимально отвечающий требованиям заказчика.

Установлена необходимость корректировки и уточнения терминологического аппарата как вновь вводимых, так и действующих сводов правил и нормативных документов,

что позволит в определенной мере сократить количество возникающих спорных ситуаций за счет устранения выявленных разночтений.

Реализация мероприятий по актуализации нормативной базы и элементов законодательного регулирования в области установления требований к деятельности по организации и обеспечению безопасной эксплуатации зданий и сооружений на различных стадиях жизненного цикла позволит formalизовать перечень требований, соблюдение которых позволит в более полной мере обеспечить параметры безопасности при реконструкции, капитальном ремонте и эксплуатации зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ефремов, О. С.** Организация безопасной эксплуатации зданий и сооружений / О. С. Ефремов. – М.: Изд-во Альфа-Пресс, 2007. – 184 с.
2. **Добромыслов, А. Н.** Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений / А. Н. Добромыслов. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 256 с.
3. **Яковлева, М. В.** Диагностика повреждений при технической эксплуатации зданий / М. В. Яковлева, А. Е. Фролов. – Самара, 2007. – 89 с.
4. **Мешечек, В. В.** Капитальный ремонт, модернизация и реконструкция жилых зданий: Вопросы организации / В. В. Мешечек, А. Г. Ройтман. – М.: Изд-во Стройиздат, 1987. – 240 с.
5. **Землянский, А. А.** Обследование и испытание зданий и сооружений / А. А. Землянский. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 156 с.
6. **Никогда, В. О.** Безопасность, надежность и долговечность зданий и сооружений / В. О. Никогда, И. И. Рудченко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. – 2016. – С. 841-843.
7. **Бобкина, В. А.** Определение параметров безопасной эксплуатации зданий / В. А. Бобкина // Строительство и архитектура. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет». – 2015 – С. 158-160.
8. **Кабальнова, О. А.** Обеспечение безопасной эксплуатации зданий и сооружений / О. А. Кабальнова., Е. А. Шишкина, Г. У. Зарипова // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2015. – № 11-1. – С. 24-26.
9. **Габитов, А. И.** Развитие нормативно-технической базы в области повышения конструктивной безопасности зданий и сооружений / А. И. Габитов, Е. А. Удалова, А. С. Салов, Р. А. Анваров, К. Н. Галимова, Г. Р. Ахметова, А. З. Кашаев, В. В. Ямилова // Инженерная физика. – 2018. – № 8. – С. 44-53.
10. **Гавриличев, Е. О.** Проверка проектной документации / Е. О. Гавриличев, Ю. В. Скрипкина // В сборнике: «Молодежь и системная модернизация страны». Сборник научных статей 2-й Международной научной Конференции студентов и молодых ученых. В 4-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. – 2017. – С. 235-239.
11. **Гильмияров, Л. Д.** Градостроительный регламент как инструмент оптимизации процесса подготовки проектной документации и реконструкции / Л. Д. Гильмияров, А. В. Комкова // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3-4. – С. 45.
12. **Грязнова, Е. М.** Обеспечение безопасности и эксплуатационной надежности зданий, при строительстве и реконструкции / Е. М. Грязнова // Научное обозрение. – 2017. – № 20. – С. 15-17.

Поступила в редакцию 25 января 2019

TO THE QUESTION OF THE ACTUALIZATION OF THE NORMATIVE BASE IN THE FIELD OF THE SAFE OPERATION OF CONSTRUCTION OBJECTS

S. V. Medzhidov, O. A. Loskutova, E. R. Fokina, E. V. Dmitrieva

Medzhidov Salman Vagifovich, master student, Institute of Architecture and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(929)784-86-07; e-mail: salman19071993@mail.ru
Loskutova Olga Andreevna, master student, Institute of Architecture and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(960)873-02-55; e-mail: olgaloskutovaa@yandex.ru
Fokina Ekaterina Romanovna, master student, Institute of Architecture and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(917)641-98-81; e-mail: kate4ka34@mail.ru
Dmitrieva Ekaterina Vyacheslavovna, master student, Institute of Architecture and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: 8-905-338-12-02; e-mail: katyadmitrieva94@mail.ru

The analysis of the regulatory and technical documentation governing the development of separate sections of the project documentation for the overhaul or reconstruction of buildings and structures of various functional purposes with the aim of ensuring their further safe operation is carried out. The features of the development of the section of design and estimate documentation «Requirements for the safe operation of a capital construction facility», developed on the basis of the requirements of SP 255.1325800.2016 «Buildings and Structures. Rules of operation. The main provisions». The issues of classifying the object to the categories of buildings (structures) depending on the operating mode are established. The necessity of introducing a uniquely defined term «operational mode» is justified, which allows not only to update the list of facilities with different operating modes, but also to help reduce the number of emerging disputes when establishing the operational mode of facilities that are building complexes that combine functional areas for various purposes, a combination of which not accounted for in the current regulatory documents. The conclusion is made about the need to improve the system of technical regulation in construction, not only in terms of developing new sets of rules, but in terms of works on updating the already approved regulatory documents, from the point of view of excluding the possibility of a «double» interpretation of the provisions contained therein.

Keywords: safe operation; project documentation; regulatory documents; overhaul; reconstruction.

REFERENCES

1. **Efremov O. S.** *Organization of safe operation of buildings and structures*. Moscow. 2007. 184 p. (in Russian)
2. **Dobromyslov A. N.** *Diagnostics of damage to buildings and engineering structures*. Moscow. 2006. 256 p. (in Russian)
3. **Yakovleva M. V., Frolov A. E.** *Diagnostics of damage during technical operation of buildings*. Samara. 2007. 89 p. (in Russian)
4. **Meshechek V. V., Roytman A. G.** *Overhaul, modernization and reconstruction of residential buildings: Organization issues*. Moscow. 1987. 240 p. (in Russian)
5. **Zemlyansky A. A.** *Inspection and testing of buildings and structures*. Moscow. 2005. 156 p. (in Russian)
6. **Never V. O., Rudchenko I. I.** *Safety, reliability and durability of buildings and structures*. Scientific support of the agro-industrial complex Collection of articles based on the materials of the IX All-Russian Conference of Young Scientists. 2016. Pp. 841-843. (in Russian)
7. **Bobkina V. A.** *Determination of parameters for safe operation*. Building and Architecture. Materials of the international scientific-practical conference. 2015. Pp. 158-160. (in Russian)
8. **Kabalnova O. A., Shishkina E. A., Zaripova G. U.** *Ensuring the safe operation of buildings and structures*. Fundamental and applied research in the modern world. 2015. No. 11-1. Pp. 24-26. (in Russian)

9. **Gabitov A. I., Udalova E. A., Salov A. S., Anvarov R. A., Galimova K. N., Akhmetova G. R., Kashaev A. Z., Yamilova V. V.** *The development of the regulatory framework in the field of improving the constructive safety of buildings and structures*. Engineering Physics. 2018. No. 8. Pp. 44-53. (in Russian)

10. **Gavrilichev E. O., Skripkina Y. V.** *Verification of project documentation*. In the collection «Youth and systemic modernization of the country». Collection of scientific articles of the 2nd International Scientific Conference of Students and Young Scientists. 2017. Pp. 235-239. (in Russian)

11. **Gilmiyarov L. D., Komkova A. V.** *Town planning regulations as a tool to optimize the process of preparing project documentation and reconstruction*. International Student Science Journal. 2016. No. 3-4. Pp. 45. (in Russian)

12. **Gryaznova E. M.** *Ensuring the safety and operational reliability of buildings during construction and reconstruction*. Scientific Review. 2017. No. 20. Pp. 15-17. (in Russian)

Received 25 Jan 2019

Для цитирования:

Меджидов, С. В. К вопросу актуализации нормативной базы в области безопасной эксплуатации строительных объектов / С. В. Меджидов, О. А. Лоскутова, Е. Р. Фокина, Е. В. Дмитриева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 18-24.

FOR CITATION:

Medzhidov S. V., Loskutova O. A., Fokina E. R., Dmitrieva E. V. *To the question of the actualization of the normative base in the field of the safe operation of construction objects*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 18-24. (in Russian)

УДК 69.059.64

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Г. Д. Шмелев, Е. А. Крючкова, А. К. Епишева

Шмелев Геннадий Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)254-92-96; e-mail: shmelev8@mail.ru

Крючкова Екатерина Алексеевна, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(473)271-52-49; e-mail: kat_97@mail.ru

Епишева Анастасия Константиновна, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(473)271-52-49; e-mail: nast-epishe2013@yandex.ru

Рассмотрены вопросы длительности использования строительных материалов и конструкций в зданиях при правильном их содержании. Приведены средние сроки службы отдельных строительных конструкций. Рассмотрены существующие методы сноса разборки и демонтажа зданий старой постройки. Изучен опыт фактического повторного использования строительных материалов и конструкций, изложенный в работах других авторов. Проведен анализ возможности повторного использования кирпича, древесины и бетонных блоков стен подвалов. Показаны требования нормативных документов к глиняному кирпичу для использования его в стенах зданий. Проведено сравнение действующих нагрузок и усилий на материалы стен малоэтажных зданий с деревянными и железобетонными сборными перекрытиями из многопустотных железобетонных плит заводского изготовления. С учетом стадий работы каменной кладки и характерных для них внутренних усилий, определены наиболее вероятные марки и требуемые расчетные сопротивления кирпича. Результаты анализа подтверждены результатами лабораторных физико-механических испытаний старого кирпича из стен здания постройки середины 19 века. Авторами доказано, что прочность старого кирпича достаточна для возведения стен малоэтажных зданий (1...2 этажа). Показаны направления возможного использования старого кирпича и неповрежденной биологическими вредителями древесины. Обозначены направления повторного использования и особенности монтажа бетонных стеновых блоков, бывших в употреблении.

Ключевые слова: строительные конструкции; здания и сооружения; снос; демонтаж; утилизация; повторное использование; кирпич; древесина; бетонные блоки.

Как показывает практика и опыт эксплуатации зданий и сооружений старой постройки, при должном их содержании и своевременных ремонтах, продолжительность их эксплуатации может составлять до нескольких сотен лет, что подтверждается при проведении обследования и оценке технического состояния [1].

Однако большая часть зданий разных периодов постройки по разным причинам признается непригодной для дальнейшей эксплуатации за более короткие временные отрезки. При этом значительная часть зданий подлежит сносу. Причиной сноса зданий может являться не только их ветхость или аварийность. Сносу достаточно часто подлежат объекты, находящиеся в ограниченно работоспособном и даже работоспособном техническом состоянии, но оказавшиеся на реконструируемой территории или на территории, предназначенной под современную жилую застройку.

В настоящее время сносом зданий занимаются строительные организации, имеющие на балансе строительную технику (экскаваторы, бульдозеры и т.п.). При этом снос осуществляется таким варварским способом (рис. 1), что от строительных изделий и конструк-

ций остаются одни обломки.

По большей части материалы от сноса и демонтажа зданий утилизируются на свалку или, в лучшем случае, для отсыпки временных дорог непосредственно на строительной площадке. В последние годы стала появляться специальная техника, предназначенная для аккуратной разборки зданий и обеспечивающая меньшее количество превращенных в щебень строительных материалов и конструкций.



Рис. 1 – Снос здания [<http://donetsk.izeus.com.ua>. Дата обращения 26.01.2019 г.]

Следует заметить, что в случае сноса зданий и сооружений многие строительные материалы, изделия и конструкции, находящиеся на момент сноса в работоспособном или ограниченно работоспособном техническом состоянии, еще даже не выработали своего нормативного ресурса, не говоря о возможном продлении ресурса для наименее поврежденных или неповрежденных конструкций. Так, например, в соответствии с данными по нормативным срокам службы, приведенными в [2] и СН 547-82 «Инструкция по определению эксплуатационных затрат при оценке проектных решений жилых и общественных зданий» для каменных стен гражданских зданий средний срок службы составляет от 100 до 150 лет; для стальных и железобетонных каркасов – не менее 150 лет; для сборных железобетонных перекрытий и каменных сводов по стальным балкам – от 100 до 150 лет.

Уничтожение таких конструкций без возможности их дальнейшего использования представляется нерациональным как с точки зрения сохранения и дальнейшего использования пригодных строительных материалов и конструкций [3, 4], так и с точки зрения влияния на экологию региона [5...7].

В последние десятилетия в мировой практике начало развиваться направление строительства, связанное с разборкой, демонтажем и сносом старых зданий, а так же повторным использованием строительных изделий, материалов и конструкций при строительстве временных и малогабаритных зданий. Подробно весь зарубежный опыт по этому направлению строительства рассмотрен в работе [4].

В работах ряда авторов [4...18], занимающихся проблемой демонтажа зданий и повторного использования строительных материалов и конструкций, в том числе и для сборно-разборных зданий [19], отмечается, что при бережном подходе к разборке зданий, подлежащих сносу, большая часть материалов и строительных конструкций (за исключением аварийных) в том или ином виде может быть использована для повторного применения, как в производстве новых строительных материалов [7... 9], так и при строительстве малоэтажных зданий [10...18]. В большей части изученных публикаций указываются пути возможного направления использования строительных материалов и конструкций после

разборки зданий и сооружений, без подробного изучения проектных и измененных расчетных схем, оценки действующих нагрузок, а также без проведения сравнительного анализа типовых конструкций различного назначения и их возможной заменимости на другие конструкции.

Авторами в статье предпринята попытка доказать и теоретически обосновать направления возможного повторного использования строительных конструкций, изделий и материалов после демонтажа и разборки старых зданий.

Для начала рассмотрим возможности использования старого глиняного кирпича, извлеченного из стен разбираемых зданий, поскольку именно кирпич является наиболее распространенным материалом стен сносимых зданий.

Основными требованиями к кирпичу, используемому для возведения стен современных зданий, изложенными в действующих нормативно-техническом документе СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*», являются требования по прочности (п. 5.1 а) и морозостойкости (п. 5.1 г).

В требованиях по среднему пределу прочности для природных и керамических камней допускаются марки М7, М10, М15, М25, М35, М50, М75 (камни малой прочности); и марки М100, М125, М150, М200 для кирпича и камней средней прочности.

Требования по морозостойкости (СП 15.13330.2012, табл. 1) допускают для стен зданий использование кирпича и камня с маркой по морозостойкости от М15 до М50. Более низкие значения соответствуют сухим условиям эксплуатации в зданиях со сроком службы до 25 лет, а более высокие значения – для условий с мокрыми помещениями в зданиях со сроком службы до 100 лет.

Попытаемся оценить возможные нагрузки на стены малоэтажных зданий с учетом деревянных балочных и железобетонных перекрытий на примере дома с размером между несущими (наружными и внутренними) стенами 6,0 м.

Для деревянного перекрытия нормативная нагрузка на 1 м² перекрытия с учетом веса от конструкции пола и временной нагрузки на перекрытия для жилых помещений (по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*») составит не более 300 - 350 кг.

Для железобетонного перекрытия с использованием многопустотных плит та же нагрузка составит не более 600...650 кг. Снеговая нагрузка на покрытие с учетом уклона крыши и кровли, а также их собственного веса, составит ориентировочно (для района г. Воронежа – 3-й снеговой район) до 300...350 кг/м².

Для упрощения расчетов рассмотрим нагрузки на простенок шириной 1 м при фактической ширине грузовой площади 2,5 м (два оконных проема слева и справа шириной по 1,5 м). Собственный вес каменной кладки из глиняного кирпича толщиной 250 мм (внутренний несущий слой) в пределах первого этажа (с учетом ширины грузовой площади) составит до 2400 кг.

Результаты оценочных расчетов, приведенные нагрузки и усилия на простенок для рассматриваемого примера сведены в табл. 1 (значения округлены).

Исходя из стадийности работы каменной кладки [20] для обеспечения ее нормальной работы, возникающие в кладке под нагрузкой усилия не должны вызывать видимых повреждений. При этом величина усилий не должна превышать 60 % от разрушающих усилий. При рассмотрении расчетных сопротивлений по табл. 2 из СП 15.13330.2012, для каменной кладки, выполненной с использованием раствора марки М50, для одно- и двухэтажных зданий с деревянными перекрытиями достаточно применения кирпича марки по прочности М50. Такие же материалы могут быть применены при возведении стен одноэтажных зданий с железобетонными перекрытиями.

Для трехэтажных зданий с деревянными перекрытиями и двухэтажных зданий с железобетонными перекрытиями уже требуется кирпич марки по прочности М75.

Для трехэтажных зданий с железобетонными перекрытиями потребуются более прочные материалы.

Таблица 1

Расчёт нагрузок на простенок первого этажа (ориентировочные)

Количество этажей в здании	Полная нагрузка на простенок, кгс		Площадь простенка	Расчетные усилия в каменной кладке простенка, кгс/см ²
	нормативная	расчетная		
Деревянные перекрытия				
1	7600	9000	0,25 м ²	3,6
2	12600	15000		6,0
3	17600	21000		8,4
Железобетонные перекрытия из многпустотных плит				
1	9900	12000	0,25 м ²	4,8
2	17200	21000		8,4
3	24500	29400		11,8

В большинстве старых зданий каменная кладка выполнена на известковом растворе, который со временем может по прочности достигать марок М25, реже М50. С учетом возможного перехода каменной кладки в следующую стадию, сопровождающуюся развитием трещин вертикального направления, при которой внутренние усилия в материалах достигают 80 % от разрушающих [20], фактическая прочность кирпича в кладке в этом случае должна соответствовать марке М50 и выше.

Для получения более достоверных данных был проведен отбор проб глиняного кирпича полусухого прессования из стен здания постройки середины 19 века (корпус «Сорбонна» Воронежского государственного педагогического университета). Результаты испытаний, приведенные в табл. 2, получены сотрудниками ВГТУ, канд. техн. наук С. М. Усачевым и канд. техн. наук Г. Д. Шмелёвым 28 января 2019 г.

Таблица 2

Результаты лабораторных испытаний глиняного кирпича

№ испытания	Физико-механические свойства кирпича					Марка кирпича в партии
	Масса, г	Размеры, см	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа	
1	3165	25,0x12,0x6,5	1623	2,8	6,8	М50
2	2930	17,1x13,0x6,8	1938	-	6,5	
3	2970	23,3x13,0x6,5	1615	-	6,9	
4	3580	25,0x12,7x6,3	1789	1,0	6,9	
5	3175	20,5x12,0x7,0	1619	2,2	-	
6	3230	26,0x12,0x6,5	1592	1,9	-	
7	2445	17,0x11,8x6,2	1981	-	7,2	
Среднее значение в партии			1737	1,9	6,8	М50

Приведенные в табл. 2 результаты лабораторных испытаний физико-механических свойств старого глиняного кирпича полусухого формования, изготовленного в середине XIX века, и использованные для возведения стен 2-х этажного здания, простоявшего более 150 лет, показывают справедливость проведенного анализа прочности каменных материалов и возможность их повторного использования.

Приведенный расчет нагрузок и подбор материалов для каменной кладки стен является оценочным и не претендует на абсолютную достоверность. Однако приведенные значения показывают, что использование старого кирпича для стен малоэтажных зданий мо-

жет быть оправдано. При этом следует заметить, что в любом случае при повторном применении любых каменных материалов должны быть проведены испытания кирпича на прочность, выполнены все необходимые поверочные расчеты и разработан соответствующий проект, гарантирующий нормальные и безопасные условия эксплуатации здания или сооружения.

Возвращаясь к вопросу морозостойкости кирпича, следует отметить, что в нормах (ГОСТ 7025-91) предусматривается два метода испытаний для каменных стеновых материалов разных видов и керамических камней:

- ✓ в разделе 7 – по контролю морозостойкости кирпича при объемном замораживании;

- ✓ в разделе 8 – по контролю морозостойкости кирпича при одностороннем замораживании.

И в том и в другом случае контроль морозостойкости ведут по степени повреждения, по потере массы и по потере прочности.

Непосредственно для глиняного кирпича действующими нормами (п. 7.11 ГОСТ 630-2012) предусматривается при оценке морозостойкости использовать метод объемного замораживания по ГОСТ 7025-91.

Описанная в ГОСТ 7025-91 методика испытаний на морозостойкость, предусматривает испытание модели фрагмента каменной кладки стены, составленную из полноразмерного кирпича. При этом перед каждым циклом замораживания кирпич испытываемого модельного фрагмента насыщают водой до полного водонасыщения.

На практике, в условиях реальной эксплуатации, кирпич в каменной кладке наружной стены не подвергается таким жестким испытаниям. Реальное увлажнение кирпича в наружной стене может происходить только при прямом попадании влаги (от которой стену защищают карнизный и кровельный свесы, а также система организованного водоотвода – для малоэтажных зданий со скатной кровлей). При этом даже в условиях увлажнения стены косым дождем, проникновение влаги осуществляется на глубину нескольких миллиметров. Проведенные ранее исследования и испытания (в рамках магистерской диссертации под руководством доцента кафедры жилищно-коммунального хозяйства ВГТУ, канд. техн. наук А. Н. Ишкова) показали, что при прямом интенсивном дождевании кирпича с одной стороны, проникновение влаги внутрь ограничивается 10...20 мм (в зависимости от вида кирпича и его плотности). Именно этот внешний слой и подвергается дальнейшему замораживанию. Остальной кирпич, составляющий основную толщу стены, не подвергается такому жесткому испытанию. Если же рассматривать внутреннюю часть каменной кладки (находящуюся в нормальных условиях эксплуатации), расположенную со стороны помещения, то кирпич в ней находится при почти постоянной температуре (15...25 °С) и незначительно изменяющейся влажности. Соответственно, этот кирпич в процессе эксплуатации не испытывает никаких циклов замораживания – оттаивания.

Проведенный оценочный теплотехнический расчет каменной наружной стены из глиняного полнотелого кирпича, суммарной толщиной 780 мм (что соответствует толщинам стен зданий старой постройки) и оштукатуренной изнутри известковым раствором (толщина 20 мм), показывает, что для климатических условий г. Воронежа и Воронежской области, зона конденсации в толще стены, даже с учетом изменения температуры «точки росы», отсутствует (рис. 2). Следовательно, внутри каменной стены также никакого замораживания кирпича не происходит.

Таким образом, установлено, что для старого кирпича, получившегося от разборки стен старых зданий, минимальные требования, предъявляемые действующими нормами по прочности и морозостойкости выполняются. В случае выполнения наружной стены здания в виде многослойной конструкции с утеплителем внутренняя несущая часть каменной стены не будет испытывать никаких климатических воздействий. Следовательно, ограничений с точки зрения действующих строительных норм и государственных стандартов, на

повторное использование старого глиняного кирпича для кладки наружных стен зданий малой этажности нет.

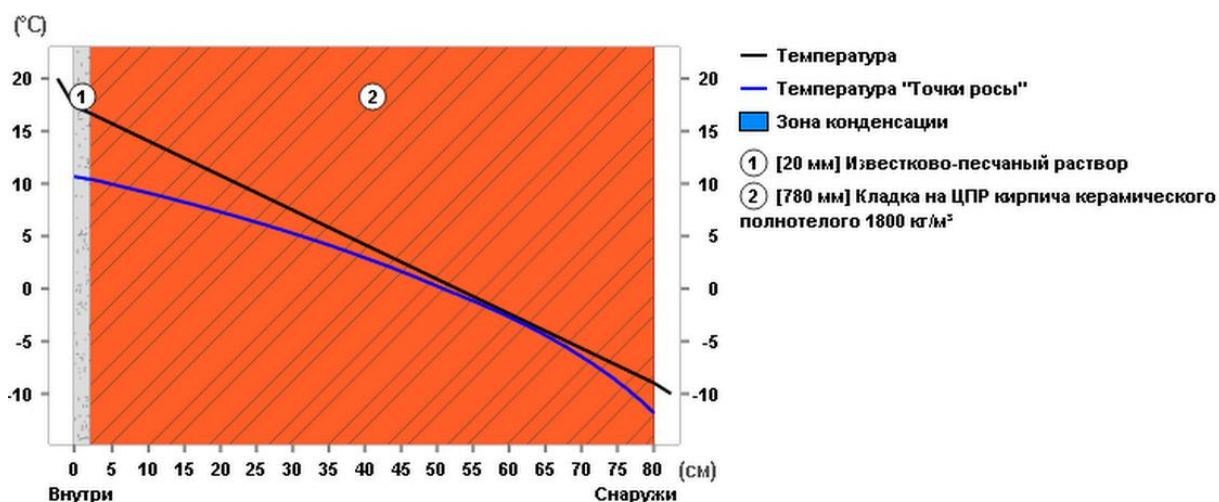


Рис. 2 – Изменения температурных градиентов внутри каменной стены старой постройки

Другим не менее интересным и нетрадиционным применением является использование старого кирпича при устройстве полов в помещениях. При таком использовании к кирпичу предъявляются требования по истираемости, которыми любой глиняный обожженный кирпич обладает изначально. При этом нет необходимости проверять его прочностные характеристики и морозостойкость. В этом случае для старого кирпича важны только эстетические параметры: правильная форма, отсутствие отколов и трещин и т.д. (рис. 3). Старый кирпич может быть использован и как элемент декора, при устройстве арочных проемов, облицовке колонн и каменных столбов, а также для решения других интерьерных вопросов.



Рис. 3 – Пример исполнения пола из старого кирпича

[<http://wikipotolok.com/preimushhestva-i-nedostatki-polov-iz-kirpicha>. Дата обращения 26.01.2019 г.]

Вторым материалом, который может широко использоваться повторно, является древесина. Чаще всего старую древесину используют в качестве декоративного элемента в отделке помещений «под старину». На практике, при соответствующей очистке и обработке, может быть использована даже частично обугленная древесина, оставшаяся после пожара. После высокотемпературной обработки она приобретает темно-коричневый цвет, не требующий дополнительного тонирования (окрашивания). Кроме того, обгоревшая древесина, пройдя в огне пожара высокотемпературную обработку, лишена биологических повреждений и вредителей, включая и их личинок.

Древесина, пораженная гнилью и биологическими вредителями, должна полностью

уничтожаться, во избежание распространения как самих вредителей, так и их личинок, и различных спор.

Целая, не поврежденная биовредителями древесина, может быть использована для настилки черновых и чистовых полов, для устройства лестниц, изготовления различной мебели (стеллажи, столы и стулья авторской работы, декоративные перегородки и т.п.), а также в отделке интерьеров и экстерьеров зданий. При соответствующем расчетном обосновании старая древесина в виде бревен и бруса может быть использована при устройстве деревянных перекрытий и элементов стропильной системы в крышах зданий.

Наиболее распространенными строительными конструкциями, остающимися после разборки зданий, в последние годы стали бетонные фундаментные блоки, многопустотные железобетонные плиты и ребристые плиты покрытий производственных зданий.

В рамках настоящей статьи рассматривается возможность повторного применения бетонных блоков, первоначально использовавшихся для устройства стен подвалов.

Повторное использование блоков, бывших в употреблении, для устройства фундаментов и стен подвалов должно быть обосновано расчётом проектируемых (прогнозируемых) нагрузок от здания, с учётом характеристик грунтов основания. Кроме основного применения, в качестве стен подвалов и фундаментов, бетонные стеновые блоки могут быть использованы в качестве элементов конструкций подпорных стенок небольшой высоты (до 2-х рядов блоков по высоте – 1,2 м) на склоновых территориях, а при соответствующих расчетах и устройстве контрфорсов – и на большую высоту.

К недостаткам повторного использования бетонных стеновых блоков можно отнести неудобство их монтажа (монтажные петли либо срезаны, либо загнуты и не могут быть повторно использованы для безопасного монтажа). Однако эту проблему можно решить, предварительно просверлив в блоках по два монтажных сквозных отверстия, ближе к торцам блоков. В отверстия для монтажа вставляются стальные монтажные стержни диаметром не менее 20мм, за которые крепятся крюки чалок или траверс. После монтажа блоков стержни вынимаются, а отверстия могут быть заделаны раствором или монтажной пеной. При этом снижения прочностных свойств и несущей способности блоков не происходит.

Заключение.

Проведенный анализ требований действующих нормативно-технических документов (сводов правил, государственных стандартов и др.), выполненный с учетом опыта, накопленного различными специалистами в области повторного применения строительных материалов, оставшихся после разборки зданий старой постройки, показал возможность применения в малоэтажном строительстве глиняного кирпича (и других каменных материалов) древесины (не имеющей биологических повреждений), а также бетонных блоков стен подвалов.

Сопоставление результатов лабораторных физико-механических испытаний кирпича, изготовленного в середине 19 века, с требованиями, предъявляемыми к каменным стенам современных малоэтажных зданий, подтверждает возможность повторного использования кирпича с выполнением всех требований по безопасности зданий.

Проведено научное обоснование и рассмотрены наиболее вероятные варианты повторного применения каменных материалов, древесины и бетонных блоков, остающихся от разборки старых зданий. При этом попутно решаются вопросы утизации большей части строительных материалов, уменьшения нагрузки от строительного мусора на городские полигоны захоронения отходов и несанкционированные свалки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шмелев, Г. Д. Ретроспективное прогнозирование технического состояния строи-

тельных конструкций / Г. Д. Шмелев, Н. В. Головина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 3(2). – С. 93-108.

2. **Прокопишин, А. П.** Капитальный ремонт зданий: Справочник инженера-сметчика. Т. 1. / А. П. Прокопишин. – М.: Стройиздат. – 1991. – 463 с.

3. **Чадович, А. А.** Сохранение или снос? Компромисс! / А. А. Чадович // Architecture and Modern Information Technologies. – 2013. – № 1(22). – С. 10.

4. **Колосков, В. Н.** Разборка жилых зданий и переработка их конструкций и материалов и материалов для повторного использования / В. Н. Колосков, П. П. Олейник, А. Ф. Тихонов. – М.: Изд-во АСВ. – 2004. – 199 с.

5. **Бахтиёров, Н. Б. Ли.** Переработка отходов и их повторное использование – глобальная проблема современности / Н. Б. Ли. Бахтиёров, М. А. К. Бабаева // Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности. Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции: в 4 частях. – 2017. – С. 200-205.

6. **Курашвили, З.Н.** Актуализация проблемы свалок и повторной переработки отходов / З.Н. Курашвили // Безопасность городской среды. Материалы межрегиональной (с международным участием) научно-практической конференции. 2016. – С. 30-32.

7. **Головин, Н. Г.** Повторное использование – одно из направлений решения экологической проблемы при производстве изделий и конструкций из бетона / Н. Г. Головин, Л. Н. Алимов, В. В. Воронин, С. М. Пуляев // Бетон и железобетон – пути развития. II Всероссийская (Международная) конференция по бетону и железобетону в 5-ти книгах. – Москва. – 2005. – С. 194-203.

8. **Изоре, Л.** Получение клинкера и цемента с использованием измельченных бетонных отходов / Л. Изоре // Цемент и его применение. – 2018. – № 2. – С. 50-53.

9. **Чернышев, Ю. О.** Переработка и повторное использование твердых отходов в качестве строительных материалов / Ю. О. Чернышев, Н. Ю. Клиндух // Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 174-177.

10. **Жадановский, Б. В.** Повторное применение материалов при реновации на примере возведения монолитных конструкций из буюбетона раздельным методом бетонирования / Б. В. Жадановский, С. А. Синенко, И. М. Мирошникова, М. Ф. Кужин // Системные технологии. – 2018. – № 2(27). – С. 48-54.

11. **Золотухин, С. Н.** Рациональное строительство с повторным использованием строительных материалов, конструкций, изделий после сноса зданий / С.Н. Золотухин, Т.В. Насонова, И.А. Потехин // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2018. – № 10. – С. 206-209.

12. **Добросоцких, М. Г.** Организация поэлементной разборки здания с повторным использованием строительных конструкций и материалов / М. Г. Добросоцких, И. А. Потехин, Т. С. Ким, Д. П. Костина // Строительство и недвижимость. – 2018. – № 1-1(2). – С. 123-128.

13. **Золотухин, С. Н.** Возможности создания регионального кластера повторного использования строительных отходов / С. Н. Золотухин, Е. А. Трегубова, И. А. Потехин // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2018. – № 10. – С. 209-212.

14. **Золотухин, С. Н.** Повторное использование строительных материалов и отходов производства в малоэтажном строительстве / С. Н. Золотухин, А. С. Лобосок // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». – 2011. – № 1. – С. 63-66.

15. **Савельев, К. Н.** Повторное использование промышленных изделий при реконструкции панельных зданий первых массовых серий / К. Н. Савельев // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 1. – С. 30-31.

16. **Боровиков, А. Г.** Повторное применение металлоконструкций гидротехнических

сооружений в пролетных строениях автодорожных мостов / А. Г. Боровиков, В. М. Картопольцев // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 2(35). – С. 206-211.

17. **Никитина, Н. И.** Энергоэффективные методы использования материалов: переработка, повторное использование, возобновляемые материалы / Н. И. Никитина, Н. Н. Панчук // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – 2013. – Т. 2. – С. 392-396.

18. **Усов, М. С.** Повторное использование строительных отходов / М. С. Усов // Научные достижения и открытия современной молодежи: актуальные вопросы и инновации. Сборник статей победителей международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 114-115.

19. **Ананьин, М. Ю.** Повторное использование сборно-разборных зданий (по результатам обследования технического состояния конструкций) / М. Ю. Ананьин // Строительство и образование. Сборник научных трудов. Уральское отделение Ассоциации строительных высших учебных заведений, Уральский государственный технический университет. – 2002. – С. 54-56.

20. **Бедов, А. И.** Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций / А. И. Бедов, А. И. Габитов. – М.: Изд-во АСВ. – 2006. – 568 с.

Поступила в редакцию 1 февраля 2019

REPEATED USE OF CONSTRUCTION MATERIALS AND CONSTRUCTIONS

G. D. Shmelev, E. A. Kryuchkova, A. K. Episheva

Shmelev Gennady Dmitrievich, Cand. tech. Sciences, associate Professor, Professor of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473) 254-92-96; e-mail: shmelev8@mail.ru

Kryuchkova Ekaterina Alekseevna, student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: kat_97@mail.ru

Episheva Anastasia Konstantinovna, student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92, e-mail: nast-epishe2013@yandex.ru

The issues of the duration of the use of building materials and structures in buildings with their proper maintenance are considered. Given the average service life of individual building structures. Existing demolition methods for dismantling and dismantling buildings of old buildings are considered. Studied the experience of the actual reuse of building materials and structures set forth in the works of other authors. An in-depth analysis of the possibility of reusing bricks, wood and concrete blocks of basement walls has been carried out. The requirements of regulatory documents for clay brick for use in the walls of buildings are shown. A comparison of the existing loads and efforts on the materials of the walls of low-rise buildings with wooden and reinforced concrete precast floor slabs of multi-core reinforced concrete slabs of factory production. The stages of masonry work and their characteristic internal efforts as a percentage of the destructive efforts are considered. Using the simplest calculations, it was proved that the strength of the old brick is sufficient for erecting walls of low-rise buildings (1...2 floors). Laboratory physico-mechanical tests of old bricks from the walls of a building built in the mid-19th century were carried out. The results obtained were fully confirmed by a preliminary analysis of the strength properties of the old clay brick. Showing the direction of the possible use of old bricks for load-bearing, self-supporting walls, decorative elements of decoration, with the device floors. The possibility of reuse of undamaged wood is shown. Given the main directions of the use of wood in the form of decorative elements, including for furniture. The possibility of using for the device of rough floors, as well as in the form of structures of intermediate floors, including load-bearing and decorative ones, is shown. Designated reuse directions and features of re-assembly of prefabricated concrete wall blocks.

Keywords: building construction; buildings and constructions; demolition; dismantling; recycling; reuse; brick; wood; concrete blocks.

REFERENCES

1. **Shmelev G. D., Golovina N. V.** *Retrospective forecasting of the technical condition of building structures*. Housing and Communal Infrastructure. 2017. No. 3. Pp. 93-108. (in Russian)
2. **Prokopishin A. P.** *Overhaul of buildings: Handbook-engineer-estimator*. Vol. 1. Moscow, Stroyizdat. 1991. 463 p. (in Russian)
3. **Chadovich A. A.** *Saving or demolishing? Compromise!* Architecture and Modern Information Technologies. 2013. No. 1(22). Pp. 10. (in Russian)
4. **Koloskov V. N., Oleinik P. P., Tikhonov A. F.** *Dismantling of residential buildings and recycling of their structures and materials and materials for reuse*. Moscow, DIA. 2004. 199 p. (in Russian)
5. **Bakhtiyorov N. B. Li. Babaeva M. A. K.** *Recycling and reuse - a global problem of our time*. Synthesis of science and society in solving global problems of our time. Collection of articles on the results of the International Scientific and Practical Conference: in 4 parts. 2017. Pp. 200-205. (in Russian)
6. **Kurashvili Z. N.** *Updating the problem of landfills and waste recycling*. Safety of the urban environment. Materials interregional (with international participation) scientific-practical conference. 2016. Pp. 30-32. (in Russian)
7. **Golovin N. G., Alimov L. N., Voronin V. V., Pulyaev S. M.** *Reuse is one of the ways to solve an environmental problem in the production of products and structures made of concrete*. Concrete and reinforced concrete - the path of development. II All-Russian (International) Conference on Concrete and Reinforced Concrete in 5 Books. Moscow. 2005. Pp. 194-203. (in Russian)
8. **Isore L.** *Getting clinker and cement using crushed concrete waste*. Cement and its application. 2018. No. 2. Pp. 50-53. (in Russian)
9. **Chernyshev Yu. O., Klinduh N. Yu.** *Recycling and reuse of solid waste as building materials*. Technologies of the 21st Century: Problems and Development Prospects. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. 2016. Pp. 174-177. (in Russian)
10. **Zhadanovsky B. V., Sinenko S. A., Miroshnikova I. M., Kuzhin M. F.** *Repeated use of materials for renovation on the example of the construction of monolithic structures of bout concrete by a separate concreting method*. System Technologies. 2018. No. 2(27). Pp. 48-54. (in Russian)
11. **Zolotukhin S. N. Nasonova T. V., Potekhin I. A.** *Rational construction with the reuse of building materials, structures, products after the demolition of buildings*. Resource-efficient technologies in the building complex of the region. 2018. No. 10. Pp. 206-209. (in Russian)
12. **Dobrosotskie M. G., Potekhin I. A., Kim T. S., Kostin D. P.** *Organization of element disassembling of a building with reuse of building structures and materials*. Construction and Real Estate. 2018. No. 1-1 (2). Pp. 123-128. (in Russian)
13. **Zolotukhin S. N., Tregubova E. A., Potekhin I. A.** *Possibilities of creating a regional cluster of construction waste reuse*. Resource-efficient technologies in the building complex of the region. 2018. No 10. Pp. 209-212. (in Russian)
14. **Zolotukhin S.N., Lobosok A.S.** *Reuse of building materials and production wastes in low-rise construction*. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Materials of the interregional scientific-practical conference «High technologies in ecology». 2011. No. 1. Pp. 63-66. (in Russian)
15. **Saveliev K. N.** *Reuse of industrial products in the reconstruction of panel buildings of the first mass series*. Industrial and civil construction. 2010. No. 1. Pp. 30-31. (in Russian)

16. **Borovikov A. G., Kartopoltsev V. M.** *Re-use of metal structures of hydraulic structures in spans of road bridges*. Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2012. No. 2 (35). Pp. 206-211. (in Russian)
17. **Nikitina N. I. Panchuk N.N.** *Energy efficient methods of using materials: recycling, reuse, renewable materials*. New Ideas of the New Century, Proceedings of the International Scientific Conference FAD PNU. 2013. Vol. 2. Pp. 392-396. (in Russian)
18. **Usov M. S.** *Reuse of construction waste*. Scientific achievements and discoveries of modern youth: current issues and innovations. Collection of articles of the winners of the international scientific-practical conference. 2017. Pp. 114-115. (in Russian)
19. **Ananyin M. Yu.** *Reuse of prefabricated buildings (according to the results of the inspection of the technical condition of structures)*. Construction and education Collection of scientific works. Ural branch of the Association of Higher Education Institutions, Ural State Technical University. Yekaterinburg. 2002. Pp. 54-56. (in Russian)
20. **Bedov A. I., Gabitov A. I.** *Design, restoration and strengthening of stone and armored structures*. Moscow, DIA. 2006. 568 p. (in Russian)

Received 1 February 2019

Для цитирования:

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.

FOR CITATION:

Shmelev G. D., Kryuchkova E. A., Episheva A. K. *Repeated use of construction materials and constructions*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 25-35. (in Russian)

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

УДК 697.92:677

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРЕРАБАТЫВАЕМЫХ ВОЛОКОН

А. И. Еремкин, И. Н. Фильчакина

Еремкин Александр Иванович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Российская Федерация, тел.: +7(902)352-65-04; e-mail: tgv@pguas.ru

Фильчакина Ирина Николаевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Российская Федерация, тел.: +7(937)913-60-32; e-mail: filchakina80@mail.ru

Рассмотрена актуальная проблема важности создания требуемых параметров искусственного микроклимата на предприятиях текстильной промышленности системами технологического кондиционирования воздуха с целью обеспечения требуемой величины влагосодержания перерабатываемых текстильных волокон. Приведены графики зависимостей физико-механических свойств перерабатываемых волокон от их влагосодержания и от параметров искусственного микроклимата (относительной влажности и температуры). Выявлено преимущество искусственного микроклимата и влияние его основных параметров (температуры, относительной влажности и скорости приточной струи) на влажностное состояние перерабатываемых текстильных материалов. Исследования проведены для натуральных (шерсть, хлопок), искусственных (вискоза, ацетатные волокна) и синтетических волокон (капрон, нитрон, лавсан, виол и др). Доказано, что создание системой технологического кондиционирования воздуха и поддержание строго контролируемых параметров искусственного микроклимата является необходимым условием для выработки качественной текстильной продукции.

Ключевые слова: система технологического кондиционирования воздуха; свойства текстильных волокон; текстильная промышленность; текстильные материалы; влагосодержание.

Системы технологического кондиционирования воздуха находят всё более широкое распространение на предприятиях текстильной промышленности, где сырьём для обработки служат текстильные материалы, которые делятся на группы: натуральные (шерсть, хлопок), искусственные (вискоза мерноаммиачная, ацетатные волокна) и синтетические (капрон, нитрон, лавсан, виол и др.) Большинство из этих волокон характеризуются как капиллярно-пористые коллоидные тела (КПКТ) и составляют значительную группу материалов, называемых в теории сушки гигроскопическими [1, 2].

Общим свойством текстильных волокон является наличие поверхности, пронизанной большим количеством тончайших пор и трещин, диаметр которых соизмерим с диаметром адсорбируемых молекул водяного пара из воздуха. Наличие большого количества пор и трещин увеличивает активную внутреннюю поверхность волокон, достигающую более 100 м²/г, где молекулы вещества энергетически неуравновешенны и обладают значительной избыточной поверхностной энергией. За счёт этой энергии молекулы вещества при взаимодействии с влажным воздухом притягивают молекулы водяного пара из окружающей среды с последующей их (задержкой) адсорбцией [1, 2].

Влага, проникнув внутрь волокон, с одной стороны, уменьшает силы внутреннего взаимодействия между цепями и является своего рода смазывающей средой, усиливая под-

вижность внутренних частиц при воздействии физических нагрузок. Тем самым влага способствует снижению сопротивляемости волокон к деформирующим силам, увеличивая их деформативность [1, 2]. С другой стороны, при незначительном количестве влаги волокна обладают большой способностью сопротивляться деформирующим силам, однако при чрезмерно низкой влажности волокна становятся более хрупкими и ломкими. Следовательно, чрезмерно высокая или низкая влажность волокон является отрицательным фактором при их обработке, так как способствует разрушению волокон при воздействии физических нагрузок, которые они испытывают в процессе переработки. Таким образом, необходимым условием для повышения устойчивости волокон к нагрузкам является наличие в них влаги в строго определённом количестве, причём отклонения допустимы лишь в пределах 0,5... 1 % [1].

Учитывая взаимосвязь между температурой t , относительной влажностью воздуха ϕ и влагосодержанием волокон W при определении оптимальных параметров микроклимата и режимов их регулирования, необходимо оценить степень влияния этих параметров на W . При этом, учитывая многообразие применяемых волокон, примем в качестве исследуемых образцов шерсть, вискозу, капрон, которые в отдельности могут характеризовать свойства материалов своей группы.

Известно, что влияние температуры t и относительной влажности ϕ на количество поглощенной из воздуха влаги W , %, весьма значительно. Это наглядно иллюстрирует семейство кривых, приведенных для шерсти на рис. 1, откуда следует, что на изменение влажности шерсти большое влияние оказывает ϕ , %, и меньшее t , °C, среды [1, 2].

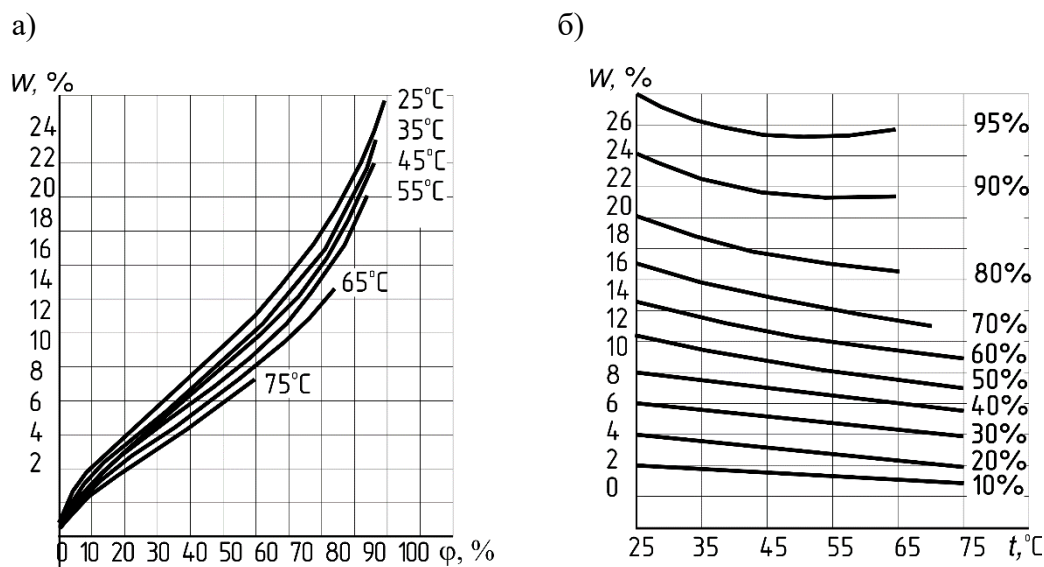


Рис. 1 – Кривые поглощения шерстью водяных паров:
а – при различной температуре t ; б – при различной влажности ϕ

Влияние относительной влажности воздуха ϕ на влажность волокон W показано в табл. 1 и табл. 2.

Из приведенных данных следует, что величина влагосодержания волокон W существенно зависит от величины относительной влажности воздуха ϕ , а именно: с увеличением влажности воздуха влагосодержание волокон значительно увеличивается [1, 2].

Содержание влаги в волокнах зависит также от строения волокон, то есть от уплотненности структуры и содержания в макромолекулах гидрофильных групп, что подтверждается данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 1

Влажность волокон в зависимости от величины в сравнении с требуемыми параметрами

Вид волокон	Влажность волокон W , %, при относительной влажности воздуха ϕ		Требуемая по технологии влажность волокон, W , %
	65	95	
Шерсть	15...16	38...40	17
Хлопок	7...8	18...20	8

Таблица 2

Влажность волокон текстильных материалов в зависимости относительной влажности воздуха

Относительная влажность воздуха, ϕ , %	Влажность волокон, W , %					
	Хлопок	Шерсть	Вискоза	Лавсан	Нитрон	Капрон
65	8	15...17	12...12,5	0,4...1,0	1,0	3,2...4
95	20	28	27...30	0,8...1,2	—	6

Из табличных данных можно сделать вывод, что натуральные и искусственные волокна, имея рыхлую структуру и большое количество гидрофильных групп, активно реагируют на изменение относительной влажности ϕ , %. Синтетические волокна, обладая плотной структурой, высокой степенью упорядоченности и незначительными остаточными межмолекулярными силами, а также почти полным отсутствием гидрофильных групп, только в небольших количествах поглощают влагу и незначительно реагируют на изменение относительной влажности ϕ , %. Это необходимо учитывать при оптимизации параметров искусственного микроклимата, которые должны быть более стабильны для тех волокон, у которых влагосодержание W волокон в значительной степени зависит от параметров t и ϕ .

Известно, что увеличение или уменьшение влажности W волокон приводит к изменению их физико-механических (технологических) свойств. К основным технологическим показателям волокон, определяющим характер протекания технологических процессов, относятся: прочность, разрывная нагрузка, разрывное удлинение, эластичность, жесткость, электропроводность [3]. Количественные значения указанных характеристик выявлены технологами и приведены в специальной нормативной литературе. В данной статье представлен только качественный анализ зависимости этих характеристик от t и ϕ .

Прочность является показателем, которым наиболее часто пользуются при оценке качества текстильных волокон. В работах ряда авторов отмечается, что с увеличением W натуральные и искусственные волокна теряют прочность, что убедительно подтверждается данными, приведенными на рис. 2.

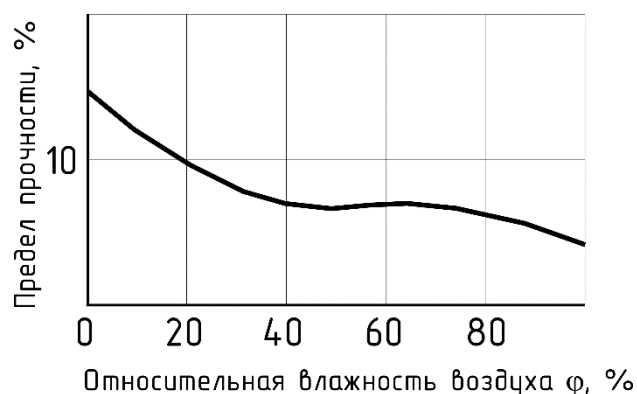


Рис. 2 – Изменение предела прочности вискозного волокна в зависимости от относительной влажности воздуха

Прочность у синтетических волокон, хотя и незначительно, но также зависит от их W , например, капрон при увлажнении сохраняет только 90 % прочности от исходной. Следовательно, при переработке волокон можно достичь положительных результатов только при наличии в производственных цехах определённых t и ϕ , так как переувлажнение способствует уменьшению их прочности.

Но, с другой стороны известно, что повышение относительной влажности ϕ воздуха способствует увеличению сопротивляемости волокон силам чесания. Последнее благоприятно сказывается на технологической обстановке в чесальных машинах, так как происходит снижение обрывности волокон, укорочение и уменьшение отходов дорогостоящего сырья (рис. 3) [1].

Механические свойства волокон при деформациях характеризуются величинами разрывного удлинения и разрывной нагрузки, которые зависят от t , ϕ и W . Замечено, что с увеличением ϕ удлинение волокон возрастает по мере увеличения их W , что является положительным фактором (табл. 3) [1, 2].

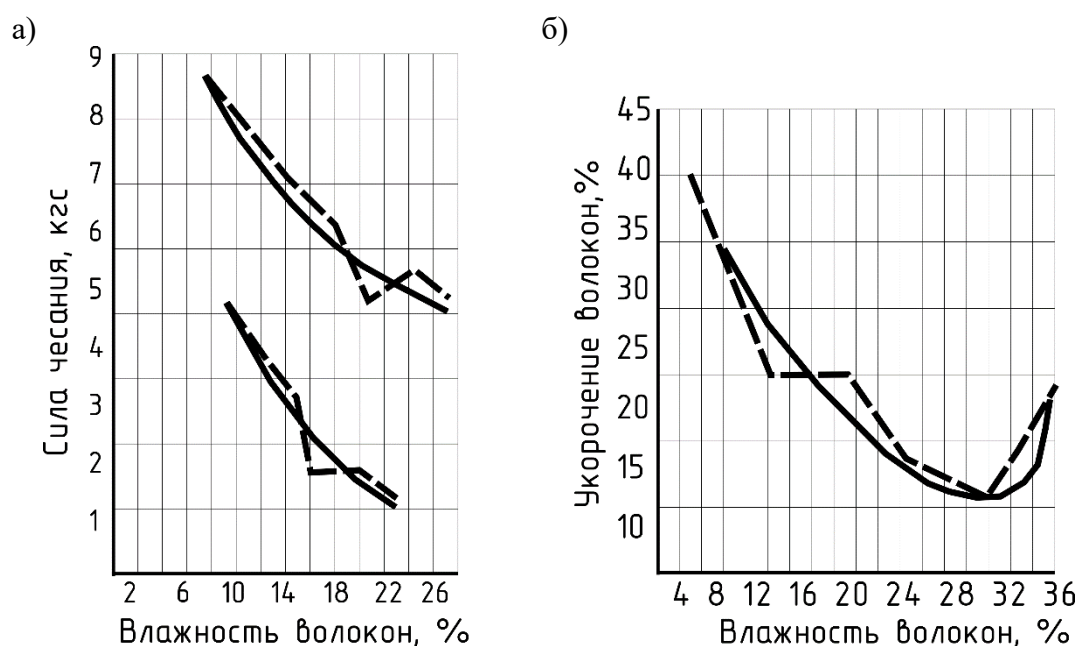


Рис. 3 – Зависимость сил чесания (а) и укорочения волокон (б), %, от влажности волокон W

Таблица 3

Влияние влажности окружающей среды на разрывную нагрузку и разрывное удлинение перерабатываемых волокон

Волокно	Разрывная нагрузка, гс·н/м, при ϕ , %				Разрывное удлинение δ , %, при ϕ , %			
	15	40	65	100	15	40	65	100
Шерсть	8,4	8,3	7,9	6,1	30	33	36	55
Капрон	14,2	13,9	13,4	4,3	51	56	63	72
Вискоза	4,8	4,3	4,0	3,3	21	13	16	22

Приведённые данные свидетельствуют, что с увеличением значения ϕ до 100 % разрывная нагрузка у всех волокон снижается по сравнению с нормативными условиями у шерсти на 22 %, вискозы – на 42 % и капрона – на 15 %, а разрывное удлинение соответственно увеличивается на 53, 38 и 19 %. В то же время обнаружено влияние t на разрывную нагрузку и разрывное удлинение волокон. Результаты исследований приведены на рис. 4 [1, 2].

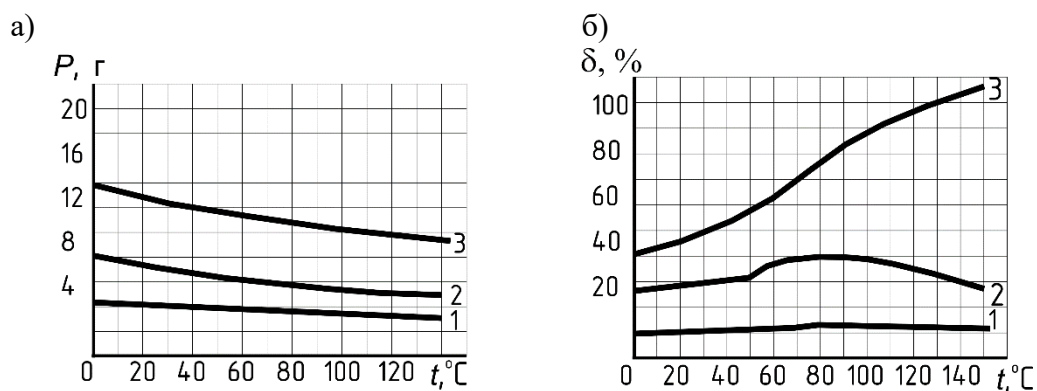


Рис. 4 – Кривые изменения разрывной нагрузки P , г, (а) и разрывного удлинения δ , %, (б) при различных t , °C: 1 – вискоза; 2 – шерсть; 3 – капрон

Анализ графиков (рис. 4) позволяет сделать вывод, что при повышении t от 22 до 150 °C разрывная нагрузка волокон падает у шерсти на 36 %, вискозы – на 26 %, капрона – на 24 %, разрывное удлинение у вискозы почти не меняется, а у шерсти и капрона вначале имеет незначительную тенденцию к увеличению, а затем снижается. Таким образом, на рассматриваемые характеристики волокон влияние оказывает больше ϕ , чем t . Увеличение удлинения волокон при повышении t объясняется возрастанием кинетической энергии молекул вещества, за счёт этого интенсивность взаимодействия межмолекулярных сил уменьшается и поэтому при действии нагрузки удлинение возрастает, а снижение t приводит к обратному явлению [1].

В процессе переработки происходит растяжение волокон и нитей и возникающие при этом деформации складываются из упругой (обратной) и пластической (остаточной). Обратная деформация является наиболее важной характеристикой волокон и нитей, и чем она больше, тем выше упругие и эластические свойства волокон и лучше протекают технологические процессы [7].

Известная зависимость между значением ϕ и величиной упругой (обратной) деформации приводится в табл. 4.

Таблица 4
Зависимость между относительной влажностью окружающей среды и величиной упругой (обратной) деформации

Материал	Упругая деформация, %, при удлинении, %					
	1		5		10	
	При относительной влажности воздуха φ, %					
	60	90	60	90	60	90
Вискоза	67	60	32	28	23	27
Шерсть 54 ^к	100	98	—	—	—	—
Нейлон	90	92	89	90	89	—

Данные табл. 4 показывают, что при небольших деформациях упругая доля уменьшается с увеличением относительной влажности ϕ , %. При высоких деформациях она повышается, что благоприятно сказывается на поведении волокон при их переработке.

Для достижения высокой прочности пряжи вводится процесс кручения. Качество кручения зависит от сопротивления кручению, которое обусловлено жесткостью волокон. По мере поглощения влаги из воздуха, например, шерстью до 22 %, жесткость падает. И для других волокон с увеличением влажности жесткость снижается, и они лучше скручиваются при меньших усилиях (рис. 5) [1, 2].

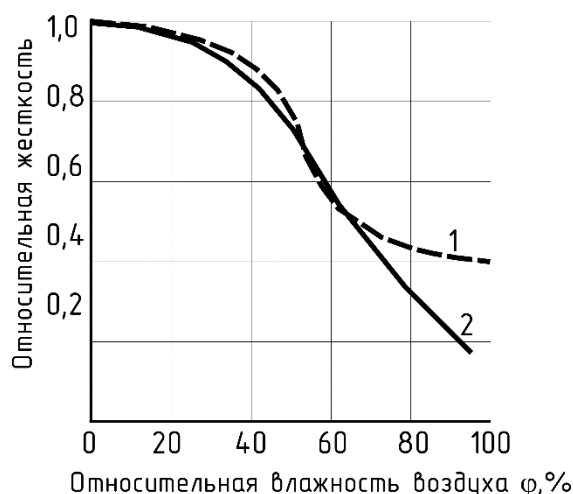


Рис. 5 – Зависимость жесткости волокон при кручении от φ: 1 – капрон, 2 – вискоза

Все изложенное выше подтверждает, насколько существенным в производственных условиях при переработке натуральных, искусственных и синтетических волокон является поддержание в производственных помещениях строго определённых значений t и особенно ϕ , когда переработка сопровождается действием на волокна постоянных или переменных нагрузок при трепании, чесании, вытягивании, прядении, ткачестве и т.д. [4].

Текстильные волокна в процессе переработки имеют способность наэлектризовываться за счёт трения друг о друга и о рабочие органы текстильного оборудования. Известно, что электростатические заряды затрудняют параллелизацию и ориентацию волокон, вызывают обрывы ватки, ленты, ровницы и пряжи. Данными [1] установлено, что электрические характеристики текстильных волокон зависят от их W , а следовательно, и от ϕ (табл. 5).

Таблица 5

Зависимость удельного сопротивления перерабатываемых волокон от ϕ , %

Волокно	Удельное сопротивление, Ом/см, при ϕ , %			
	30	55	64	75
Вискоза	$1,3 \cdot 10^9$	$1,12 \cdot 10^8$	$8,0 \cdot 10^7$	$7,0 \cdot 10^7$
Капрон	$7,2 \cdot 10^{12}$	$1,7 \cdot 10^4$	$5,38 \cdot 10^{10}$	$4,7 \cdot 10^{10}$

Из данных табл. 5 следует, что повышение ϕ с 30 до 75 % вызывает увеличение электрической проводимости волокон почти в 100 раз.

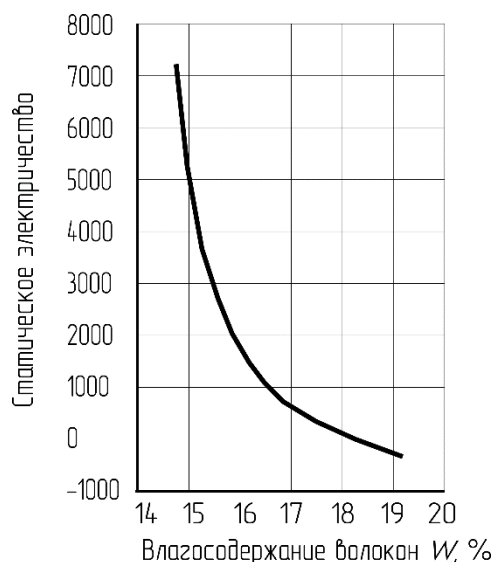
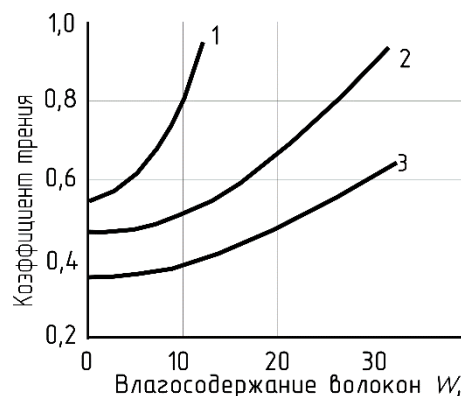
Для шерсти зависимость электризуемости от W показана на рис. 6.

С увеличением W (рис. 6) электризуемость волокон снижается, и это является одним из основных способов борьбы со статическим электричеством.

В то же время повышение W должно быть до определённого предела, так как с её увеличением возрастает влажность волокон, а вместе с ней и коэффициент трения (рис. 7) [3].

С одной стороны, повышение трения волокон друг с другом является положительным фактором при создании прочной структуры ленты, ровницы и пряжи, но, с другой стороны, оно должно быть минимальным при прохождении полуфабрикатов по направляющим текстильных машин, а также между волокнами при трении и чесании, так как трение находится в тесной связи с электризацией волокон [1, 2, 4].

Известно, что коэффициент трения эластичных покрытий валиков прядильной машины зависит от ϕ и непосредственно влияет на обрывность, так как с увеличением ϕ повышается коэффициент трения валиков, способствуя увеличению силы зажатия волокон в вытяжном приборе и препятствуя расширению мычки [1].

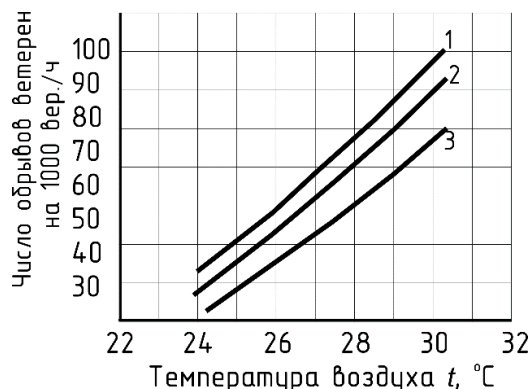
Рис. 6 – Зависимость величины статического электричества от W Рис. 7 – Зависимость коэффициента трения от W :

1 – нейлон по нейлону; 2 – шерсть по рогу против направления чешуек;
3 – то же, по направлению чешуек

Снижение электростатических зарядов связано также с электрическим состоянием воздушной среды. Замечено, что снижение электризации в зоне приточных струй, из-за наличия большого количества отрицательных ионов во влажном воздухе, способствует нейтрализации положительных зарядов в волокнах.

Учитывая это, необходимо добиваться такой схемы воздухоподдачи, которая обеспечит в процессе переработки непосредственное воздействие влажным воздухом на волокна [1].

Известно, что t и ϕ оказывают непосредственное влияние на обрывность нитей при прядении. С повышением t увеличивается обрывность, в особенности при низкой ϕ (рис. 8) [2].

Рис. 8 – Графики зависимости обрывности от t и ϕ : 1 – при $\phi = 40\%$; 2 – при $\phi = 50\%$; 3 – при $\phi = 60\%$

Нормируемая по требованию технологии влажность текстильных материалов W приводится в табл. 6 [1, 2].

По утверждению технологов [3] при данной влажности текстильных материалов обеспечивается высокое качество протекания производственных процессов. Следовательно, задача специалистов в области кондиционирования воздуха – поддерживать значение W посредством создания в помещениях искусственного микроклимата с соответствующим параметрами t , ϕ , так как установлено, что величина W зависит от t и ϕ .

Таблица 6

Нормируемая влажность текстильного материала, W , %

Наименование текстильного материала	Нормируемая влажность материала, W , %
Шерсть всех качеств	15...17
Волокно вискозное	12
Волокно капроновое	5
Пряжа гребенная чистошерстяная	18,25
Пряжа грубогребенная чистошерстяная	16
Пряжа аппаратная чистошерстяная	13
Пряжа хлопчатобумажная	7
Ровнечный лом чистошерстяной	15
Очес гребенной чистошерстяной полугрубый	15
Очес гребенной чистошерстяной тонкий и полутонкий	17

Заключение.

Установлено, что влагосодержание волокон в большей степени зависит от относительной влажности воздуха, в меньшей степени от температуры и практически не зависит от подвижности воздуха в помещении.

Выявлено, что основной задачей для специалистов в области кондиционирования воздуха является поддержание нормируемых значений влажности волокон W , %, путём создания в помещении искусственного микроклимата с соответствующими параметрами ϕ , %, и t , °С.

Выбор параметров искусственного микроклимата в помещении на основе оценки влияния температуры и относительной влажности воздуха на влажность перерабатываемых текстильных волокон является новым перспективным направлением в развитии современных систем технологического кондиционирования воздуха на предприятиях текстильной промышленности, способствующим повышению качества продукции с требуемыми по технологии физико-механическими свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Еремкин, А. И.** Локальное кондиционирование вытесняющего типа текстильных предприятий / А. И. Еремкин. – Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2006. – 390 с.
2. **Фильчакина, И. Н.** Технологическое кондиционирование воздуха локальным способом по типу вытесняющей вентиляции предприятий текстильной промышленности / И. Н. Фильчакина, А. И. Еремкин. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 204 с.
3. **Фильчакина, И. Н.** Оценка влияния искусственного микроклимата на технологический процесс по переработке текстильных волокон / И. Н. Фильчакина, А. А. Князев. // Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах: материалы VII Международной научно – практ. конференции. Пенза, ПГУАС. – 2006. – С. 30-32.

4. **Еремкин, А.И.** Значение параметров искусственного микроклимата и влажностного состояния волокон для технологических процессов / А.И. Еремкин, И.Н. Фильчакина // Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах: материалы VIII Международной научно-практ. конференции. Пенза, ПГУАС. – 2007. – С. 24-29.

Поступила в редакцию 1 сентября 2018г.

INFLUENCE OF ARTIFICIAL MICROCLIMATE IN INDUSTRIAL SPACES OF TEXTILE ENTERPRISES ON PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF PROCESSED FIBERS

A. I. Eremkin, I. N. Filchakina

Eremkin Alexander Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the department «Heat and ventilation», Penza state University of architecture and construction, Penza, Russian Federation, phone: +7(902)352-65-04; e-mail: tgv@pguas.ru.

Filchakina Irina Nikolaevna, Cand. tech. Sciences, associate Professor «Heat and ventilation», Penza state University of architecture and construction, Penza, Russian Federation, phone: +7(937)913-60-32; e-mail: filchakina80@mail.ru

The article deals with the actual problem of the importance of creating the required parameters of the artificial microclimate in the textile industry by technological air conditioning systems in order to ensure the required moisture content of the processed textile fibers. The graphs of dependence of physical and mechanical properties of processed fibers on their moisture content and on the parameters of artificial microclimate (relative humidity and temperature) are presented. The advantage of the artificial microclimate and the influence of its main parameters (temperature, relative humidity and flow rate) on the moisture state of the processed textile materials are revealed. Studies were conducted for natural (wool, cotton), artificial (viscose, acetate fibers) and synthetic fibers (nylon, acrylic, polyester and other). It is proved that the creation of a technological air conditioning system and the maintenance of strictly controlled parameters of the artificial microclimate is a necessary condition for the production of high-quality textile products.

Keywords: air conditioning system; properties of textile fibers; textile industry; textile materials; moisture content.

REFERENCES

1. **Eremkin A. I.** *Local conditioning of the displacing type of textile enterprises*. Saratov, Publishing house of Saratov State Technical University. 2006. 390 p. (in Russian)
2. **Filchakina I. N.** *Technological conditioning of air by a local method as a type of displacement ventilation of textile industry enterprises*. Penza, PGUAS. 2012. 204 p. (in Russian).
3. **Filchakina I. N., Knyazev A. A.** *Assessment of the influence of artificial microclimate on the technological process for processing textile fibers*. Problems of energy saving and ecology in industrial and housing-and-municipal complexes: materials VII International Scientific and Practical Conference. Penza, PGUAS. 2006. Pp. 30-32. (in Russian)
4. **Eremkin A.I., Filchakina I.N.** *The value of parameters of artificial microclimate and moisture state of fibers for technological processes*. Problems of energy saving and ecology in industrial and housing-and-municipal complexes: materials of the VIII International Scientific and Practical Conference. Penza, PGUAS. 2007. Pp. 24-29.

Received 1 September 2018

Для цитирования:

Еремкин, А. И. Влияние искусственного микроклимата в производственных помещениях текстильных предприятий на физико-механические свойства перерабатываемых волокон / А. И. Еремкин, И. Н. Фильчакина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 36-45.

FOR CITATION:

Eremkin A. I., Filchakina I. N. *Influence of artificial microclimate in industrial spaces of textile enterprises on physico-mechanical properties of processed fibers.* Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 36-45. (in Russian)

УДК 697.921.24

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ БОЛЬШОГО ОБЪЁМА

Э. В. Сазонов, В. В. Шичкин

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

Шичкин Виталий Владимирович, аспирант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(980)544-13-89; e-mail: adiadi23@mail.ru

Рассмотрено применение аэрации в помещениях большого объёма с тепловыми избытками. Обозначены основные задачи, решаемые в ходе проектирования аэрационных систем вентиляции, определены допущения и ограничения, принимаемые для упрощения решения этих задач. Приведено описание объемно-планировочных и технологических особенностей промышленных цехов, влияющих на эффективность работы естественной вентиляции (аэрации). Даны рекомендации по рациональному размещению технологического оборудования, служащего источником тепловыделений. Сформулированы теоретические основы и практические рекомендации по расчёту естественного воздухообмена и конструированию устройств, обеспечивающих воздухообмен в заданных объёмах, на примере однопролётного одноэтажного здания с расположением аэрационных проёмов в нижней и верхней зонах. Приведены расчётные зависимости для определения эквивалентных площадей приточных и вытяжных отверстий, а также для подбора угла открытия створок аэрационного проёма для обеспечения заданного воздухообмена.

Ключевые слова: естественная вентиляция; аэрация; воздухообмен; наружные ограждения; поле скоростей; нейтральная плоскость.

Естественная вентиляция помещений большого объёма – аэрация – это организованный естественный воздухообмен общеобменной бесканальной вентиляции, происходящий под действием гравитационного, ветрового давлений или при их совместном действии.

В тёплый период года аэрацию можно применять практически для всех производств, кроме тех, где требуется предварительная обработка воздуха. Для использования аэрации в холодный период года необходимо наличие избытков теплоты в помещении, достаточных для нагревания наружного воздуха, и отсутствие значительных влаговывделений, способных привести к туманообразованию [1].

Часто аэрацию применяют совместно с механической вентиляцией, особенно с местной вытяжной и местной приточной. Аэрация может быть комбинирована с системами общеобменной механической вентиляции, например, механический приток и естественное удаление воздуха или естественный приток и механическое удаление воздуха. Наиболее просто решается аэрация для помещений, имеющих наружные ограждения (однопролетные цехи). Применение аэрации для двух- и трехпролетных цехов, а также для многоэтажных цехов возможно, хотя при этом встречаются значительные технические трудности.

Важными факторами, обеспечивающими эффективную организацию аэрации, являются рациональное размещение технологического оборудования, служащего источником тепловыделений, и надлежащее строительное оформление здания, предусматривающее регулируемые отверстия в наружных стенах и фонарях [2].

В многопролетных цехах только аэрационных проёмов в наружных ограждениях часто оказывается недостаточно, и поэтому приходится подавать воздух сверху из межфонарных пространств.

В связи с этим возникает необходимость чередования горячих и холодных проемов цеха. Наружный воздух через фонари холодных проемов поступает в здание и распределяется по соседним горячим пролетам. Следует иметь в виду, что действие приточной струи, поступающей в помещение естественным путем, ограничено по протяженности, и поэтому при применении аэрации в широких цехах могут образовываться неветилируемые зоны (так называемые «воздушные мешки») [3, 4].

Широкое применение аэрации обусловлено в первую очередь незначительными эксплуатационными затратами. Однако область действия аэрации ограничена, и ее нельзя применять в следующих случаях:

- ✓ если предъявляются жесткие требования к микроклимату, в частности в помещениях с искусственным климатом;
- ✓ если приток наружного воздуха вызывает образование тумана или конденсата, например, при подаче холодного наружного воздуха в помещения с влаговыведениями;
- ✓ если в помещениях имеются мощные источники пыли- и газовыведений, которые могут загрязнять окружающую среду.

Теоретические основы аэрации разработаны советскими учеными В. В. Батуриным, С. Е. Бутаковым, П. Н. Каменевым, В. Н. Талиевым [5].

При расчете аэрации рассматриваются три задачи воздушного режима:

- 1) внешняя задача – определение располагаемых давлений, обеспечивающих естественный воздухообмен;
- 2) краевая задача – определение характеристик сопротивления воздухопроницанию через аэрационные проемы, составление уравнения воздушного баланса, определение площадей аэрационных проемов;
- 3) внутренняя задача – расчет полей скоростей, температур воздушных потоков и концентраций вредных выделений в помещении.

Последняя задача наиболее сложная и малоизученная. Поэтому при расчете аэрации вводятся следующие допущения:

- ✓ тепловой и воздушный режимы здания считают установившимися;
- ✓ изменение температуры воздуха по высоте помещения подчиняется линейно-ступенчатому закону;
- ✓ при определении расхода воздуха через аэрационные проемы не учитывают их высоту, пренебрегая изменением разности давлений по вертикали;
- ✓ при составлении баланса воздуха помещения не учитывают неорганизованный воздухообмен.

Расчет аэрации помещения основывается на принципе сообщающихся сосудов, когда воздух, имеющий большую плотность (обычно это наружный воздух), вытесняет воздух, имеющий меньшую плотность (обычно это воздух помещения). Расчет аэрации производственных зданий, как правило, состоит в определении площади проема, через который проходит воздух, при известном воздухообмене. Это так называемая прямая задача аэрации. Реже, обычно при проверочных расчетах, решается обратная задача – расчет воздуха, проходящего через заданную площадь проема.

Известно, что для перетекания воздуха (жидкости) через какой-либо проем (отверстие) необходимо создать разность давлений Δp по обе стороны этого проема. На рис. 1 приведен поперечный разрез аэрационного проёма, через который движется воздух под действием перепада давлений $\Delta p = p_1 - p_2$.

Для отверстий, в которых толщина стенки δ значительно меньше высоты проема l , можно пренебречь потерями на трение и считать, что все давление Δp расходуется только на преодоление местного сопротивления:

$$\Delta p = \frac{\xi v^2 \rho}{2}, \quad (1)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления проема; v – средняя скорость воздуха в проеме, м/с; ρ – плотность воздуха, кг/м³.

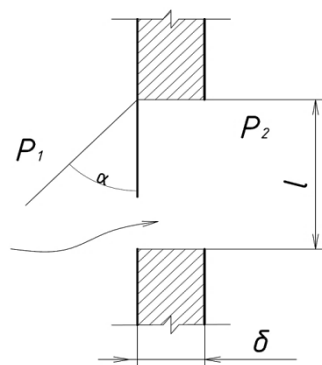


Рис. 1 – Схема движения воздуха через аэрационный проем

Выразив уравнение (1) относительно скорости v , получим

$$v = \left(\frac{2\Delta p}{\xi \rho} \right)^{0,5} = \mu \left(\frac{2\Delta p}{\rho} \right)^{0,5}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент расхода, равный $\mu = 1/\xi^{0,5}$.

Рассмотрим расчет аэрации для наиболее неблагоприятного с точки зрения естественного воздухообмена случая, когда скорость ветра равна нулю. В этом случае, т. е. в условиях действия только гравитационных сил, разность давлений Δp формулой

$$\Delta p = h(\rho_n - \rho_v)g = h\Delta\rho g, \quad (3)$$

где h – высота столба воздуха, м, ρ_n , ρ_v – плотность соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м³.

При известном значении h массовый секундный расход воздуха через проем G с учетом зависимостей (2) и (3) равен

$$G = \rho L = \rho F v = F \mu (2\Delta\rho g)^{0,5} = F^{\circ} (2\Delta\rho g)^{0,5}, \quad (4)$$

где $F^{\circ} = \mu F$ – эквивалентная площадь проема, м²; F – площадь проема, м².

По расходу воздуха G или L из формулы (4) легко определить необходимую площадь аэрационного отверстия F или угол открытия α , например, для проёма, приведенного на рис. 1:

$$\mu = k \sin \alpha, \quad (5)$$

где k – коэффициент, зависящий от конструкции фонаря [1].

Определение высоты столба воздуха в формуле (3) одна из сложнейших задач вентиляции. Исследованиями В. В. Батурина, В. М. Эльтермана [5] установлено, что при естественном воздухообмене внутри помещения имеет место нейтральная плоскость, где внутреннее избыточное давление (разность давлений внутри и снаружи здания) Δp равно нулю. Знание отметки расположения этой плоскости необходимо для решения задач аэрации, воздушных завес, инфильтрации воздуха и т. д. [6, 7, 8]

Более поздними исследованиями, в основном Е. В. Кудрявцева, И. А. Шепелева, И. Ф. Ливчака, доказано, что при наличии достаточно мощных источников теплоты помещение по вертикали разделяется так называемым температурным перекрытием на две зоны – нижнюю, более холодную, и верхнюю, более теплую с примерно постоянными для каждой зоны температурами воздуха [9].

Проведенный анализ [10] показал, что нейтральная плоскость и температурное перекрытие (его нижняя отметка) при определенных условиях, например, при аэрации помещения в теплый период года, совпадают или почти совпадают. Следовательно, отыскание вы-

соты расположения нейтральной плоскости h (см. формулу (4)) можно значительно упростить.

Для вывода расчетных зависимостей рассмотрим однопролетное одноэтажное здание с проемами в нижней и верхней зонах (рис. 2).

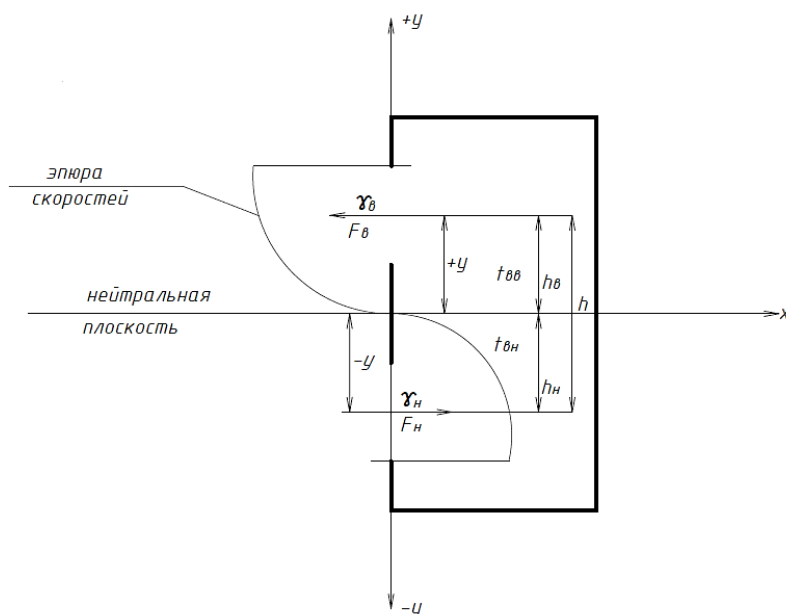


Рис. 2 – Расчетная схема аэрационных проёмов однопролетного одноэтажного здания (вертикальный разрез)

Внутри здания находится источник теплоты, в силу чего температура воздуха внутри здания выше, а его плотность ниже, чем снаружи, и, следовательно, нижний проем работает на приток (давление направлено внутрь здания), а верхний – на вытяжку (давление направлено из здания). При такой предпосылке между проемами находится нейтральная плоскость, где разность давления $\Delta p = 0$. Совмещая нейтральную плоскость с температурным перекрытием, представим объем помещения разделенным по высоте на две зоны: внутреннюю нижнюю (индекс «нн») и внутреннюю верхнюю (индекс «вв») с постоянными для каждой зоны температурами воздуха $t_{\text{нн}}$ и $t_{\text{вв}}$ и следующими соотношениями: $t_{\text{вв}} > t_{\text{нн}} > t_{\text{н}}$, $\rho_{\text{н}} > \rho_{\text{нн}} > \rho_{\text{вв}}$ ($t_{\text{н}}$, $\rho_{\text{н}}$ – температура и плотность наружного воздуха).

Совместим линию давления $\Delta p = 0$ с осью x (см. рис. 2). Обозначим через h расстояние от низа приточного отверстия до верха вытяжного, а через $h_{\text{н}}$ и $h_{\text{в}}$ – соответствующие расстояния до линии нейтрального давления $\Delta p = 0$. Выделим в приточном и вытяжном проемах площадки на расстояниях $-y$ и $+y$, через которые протекают элементарные расходы воздуха $dG_{\text{н}}$ и $dG_{\text{в}}$, вызванные элементарными скоростями $dv_{\text{н}}$ и $dv_{\text{в}}$. Зависимости для элементарных скоростей получим путем дифференцирования уравнения (2) с учетом выражения (3) и замены h на y :

для нижнего проема

$$dv_{\text{н}} = \frac{(2g)^{0,5}}{2} \left(\frac{\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{нн}}}{\rho_{\text{н}}(-y)} dy \right)^{0,5}, \quad (6)$$

для верхнего проема

$$dv_{\text{в}} = \frac{(2g)^{0,5}}{2} \left(\frac{\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{вв}}}{\rho_{\text{вв}}y} dy \right)^{0,5}. \quad (7)$$

Проинтегрировав выражение (6) и (7) в пределах соответственно от 0 до $h_{\text{н}}$ и от $h_{\text{в}}$ до

0, получим формулы для скоростей воздуха в нижнем и верхнем проёмах:

$$v_H = \left(\frac{2(\rho_H - \rho_{BH})h_H g}{\rho_H} \right)^{0,5}, \quad (8)$$

$$v_B = \left(\frac{2(\rho_H - \rho_{BB})h_B g}{\rho_{BB}} \right)^{0,5}. \quad (9)$$

Графическое изображение изменения скоростей показано эпюрой на рис. 2.

По физической сути аэрации, работающей без применения или при сбалансированной механической вентиляции, $G_H = G_B = G$ (здесь G_H и G_B – массовый расход воздуха, поступающего через нижние и уходящего через верхние аэрационные проемы). Тогда с учетом зависимостей (2), (3) и (4) имеем

$$F_H^3 [2h_H(\rho_H - \rho_{BH})\rho_H g]^{0,5} = F_B^3 [2h_B(\rho_H - \rho_{BB})\rho_{BB} g]^{0,5}, \quad (10)$$

откуда

$$\frac{h_B}{h_H} = \frac{(\rho_H - \rho_{BH})\rho_H (F_H^3)^2}{(\rho_H - \rho_{BB})\rho_{BB} (F_B^3)^2}. \quad (11)$$

Так как $h_B = h - h_H$ (рис. 2), то расстояние от центра приточных проемов до нейтральной плоскости равно

$$h_H = \frac{h}{\frac{(\rho_H - \rho_{BH})\rho_H (F_H^3)^2}{(\rho_H - \rho_{BB})\rho_{BB} (F_B^3)^2}}. \quad (12)$$

Заменим в выражении (12) отношение разностей плотностей разностью температур воздуха (расхождение при $t_{BH} - t_H \leq 5^\circ\text{C}$ и $t_{BB} - t_H \leq 15^\circ\text{C}$ менее 3 %):

$$\frac{\rho_H - \rho_{BH}}{\rho_H - \rho_{BB}} = \frac{t_{BH} - t_H}{t_{BB} - t_H}. \quad (13)$$

Примем $\rho_H / \rho_{BH} = 1$ (расхождение при $t_{BH} - t_H \leq 15^\circ\text{C}$ не более 6 %). Учтем также, что отношение температур в зависимости (13) – не что иное, как обратная величина коэффициента воздухообмена K_L . Тогда формула (12) после простых преобразований примет следующий вид:

$$h_H = \frac{K_L h}{K_L + (F_H^3 / F_B^3)^2}. \quad (14)$$

Аналогично рассуждая, получаем формулу для определения расстояния от нейтральной плоскости до центра вытяжных проемов:

$$h_B = \frac{h}{1 + K_L (F_B^3 / F_H^3)^2}. \quad (15)$$

Для определения геометрических размеров аэрационных проёмов задаются соотношением эквивалентных площадей приточных (нижних) и вытяжных (верхних) отверстий: F_B^3 / F_H^3 . Это соотношение для обеспечения устойчивой работы аэрации принимают больше единицы, т. е. $F_B^3 / F_H^3 = 1 \div 1,2$. Рассчитывают по формулам (14) или (15) расстояние от нейтральной плоскости до центра нижних h_H или верхних h_B отверстий.

Если верхние или нижние отверстия находятся на разных уровнях, то определяют h_H или h_B и для каждого уровня и берут среднее арифметическое значение. При вычислении h_H высоту h_B находят как $h - h_H$, или наоборот.

Вычисляют по формуле (3) разность давлений, определяющих перетекание воздуха через нижние и верхние отверстия

$$\Delta\rho_{\text{н}} = h_{\text{н}}(\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{вн}})g, \quad (16)$$

$$\Delta\rho_{\text{в}} = h_{\text{в}}(\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{вв}})g. \quad (17)$$

Находят эквивалентную площадь приточных отверстий по формуле

$$F_{\text{н}}^{\text{э}} = \frac{G}{(2\Delta p_{\text{н}} \rho_{\text{н}} g)^{0,5}}. \quad (18)$$

Эквивалентную площадь вытяжных отверстий определяют из принятого соотношения $F_{\text{н}}^{\text{э}} / F_{\text{в}}^{\text{э}}$ или по формуле

$$F_{\text{в}}^{\text{э}} = \frac{G}{(2\Delta p_{\text{в}} \rho_{\text{вв}} g)^{0,5}}. \quad (19)$$

Для нижних или верхних отверстий, расположенных на разных уровнях, производят распределение через них соответствующих расходов воздуха и рассчитывают по формулам (18) или (19) необходимые площади.

Зная эквивалентную площадь $F^{\text{э}}$, можно решить следующие задачи:

- ✓ определить площадь отверстия F , задаваясь коэффициентом расхода μ для определенной конструкции аэрационного отверстия, например фонаря, из тождества $F^{\text{э}} = \mu F$;
- ✓ найти коэффициент расхода μ , принимая по строительным чертежам максимально возможную площадь аэрационного отверстия F^{max} при угле открытия створок $\alpha = 90^\circ$ и по формуле (5) угол открытия створки (рис. 1) по соотношению $F^{\text{э}} = \mu F^{\text{max}}$

Заключение.

Определены основные задачи, решаемые при проектировании систем аэрации, сформулированы допущения, позволяющие проводить теоретические расчёты, связанные с определением параметров систем аэрации.

Приведены теоретические зависимости для расчёта аэрационных проёмов, расположенных в два яруса, на основе использования классической теории течения жидкостей.

Методика расчета на основе приведённых теоретических зависимостей позволяет рассчитывать размеры и угол открытия створок аэрационных проёмов для наиболее неблагоприятного случая, когда скорость ветра равна нулю, то есть в условиях воздействия только гравитационных сил.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мелькумов, В. Н. Формирование конвективных воздушных потоков при действии в помещении источника тепла / В. Н. Мелькумов, С. Н. Кузнецов, С. П. Павлюков, Р. Н. Кузнецов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2008. – № 12. – С. 76-80.
2. Мелькумов, В. Н. Динамика формирования воздушных потоков и полей температур в помещении / В. Н. Мелькумов, С. Н. Кузнецов // Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2008. – № 4(12). – С. 172-178.
3. Мелькумов, В. Н. Нестационарные процессы формирования системами вентиляции воздушных потоков в помещениях / В. Н. Мелькумов, С. Н. Кузнецов, А. В. Черемисин, К. А. Складов // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. – 2007. – № 3-15. – С. 36-42.
4. Липко, В. И. Моделирование аэрации производственных цехов с точечными источниками тепловыделений / В. И. Липко, О. Н. Широкова // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов международной научно-технической конференции, посвященной Году науки. Витеб. гос. технол. ун-т. – 2017. – С. 223-226.

5. **Батурин, В. В.** Основы промышленной вентиляции / В. В. Батурин. – М.: Профиздат, 1990. – 448 с.
6. **Сазонов, Э. В.** Вентиляция: теоретические основы расчета: учеб. пособие для вузов / Э. В. Сазонов. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 206 с.
7. **Лобода, А. В.** Использование метода конформных отображений для определения полей скоростей воздушных потоков в задачах вентиляции / А. В. Лобода, С. Н. Кузнецов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2011. – № 1(21). – С. 15-21.
8. **Скляр, К. А.** Двухмерное стационарное движение воздушного потока в помещениях с перегородками / К. А. Скляр, А. В. Черемисин, С. П. Павлюков // Научный вестник Воронеж. государственного. архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2008. – № 1(9). – С. 118-123.
9. **Кудрявцев, Е. В.** Моделирование вентиляционных систем / Е. В. Кудрявцев. – М.: Стройиздат, 1950. – 192 с.
10. **Сазонов, Э. В.** Расчет аэрации помещений под действием теплоизбытков / Э. В. Сазонов. – Воронеж: ВИСИ, 1984. – 140с.

Поступила в редакцию 20 декабря 2018

FEATURES OF CALCULATION OF NATURAL VENTILATION OF LARGE AREAS

E. V. Sazonov, V. V. Shichkin

Sazonov Eduard Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, professor, Professor of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-53-21; e-mail: edsazonov36@yandex.ru

Shichkin Vitaly Vladimirovich, graduate student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(980)-544-13-89; e-mail: adiadi23@mail.ru

The paper considers the use of aeration in rooms of large volume with thermal excesses. The main tasks to be solved during the design of aeration ventilation systems are identified, the assumptions and limitations made to simplify the solution of these problems are determined. The description of volume-planning and technological features of the industrial shops influencing efficiency of work of natural ventilation (aeration) is resulted. Recommendations on rational placement of the processing equipment serving as a source of heat are given. The theoretical basis and practical recommendations for the calculation of natural air exchange and design of devices that provide air exchange in a given volume on the example of a single-span one-story building with the location of aeration openings in the lower and upper zones are formulated. The calculated dependences for determining the equivalent areas of inlet and exhaust openings, as well as for the selection of the opening angle of the aeration opening flaps to provide a given air exchange are given.

Keywords: natural ventilation; aeration; air exchange; external fencing; velocity field; neutral plane.

REFERENCES

1. **Melkumov V. N., Kuznetsov S. N., Pavlyukov S. P., Kuznetsov R. N.** *Formation of convective air flow when operating in a heat source.* Bulletin of Volgograd state University of architecture and construction. Series: Building and Architecture. 2008. No. 12. Pp. 76-80. (in Russian)
2. **Melkumov V. N., Kuznetsov S. N.** *Dynamics of formation of air flow and temperature fields in a room.* Scientific Herald Voronezh. state architect.-building. un-that. Construction and

architecture. 2008. No. 4(12). Pp. 172-178. (in Russian)

3. **Melkumov V. N., Kuznetsov S. N., Cheremisin A. V., Sklyarov K. A.** *Non-stationary processes of formation of ventilation systems for indoor air flow*. Proceedings of Orel state. technical University. Series: Construction and transport. 2007. No. 3-15. Pp. 36-42. (in Russian)

4. **Lipko V. I., Shirokova O. N.** *Modeling of aeration of production workshops with point sources of heat generation*. Innovative technologies in textile and light industry: reports of international scientific and technical conference dedicated to the Year of Science. Vitebsk. state tehnol. un-t. 2017. Pp. 223-226. (in Russian)

5. **Baturin V. V.** *Fundamentals of industrial ventilation*. Moscow, Profizdat. 1990. 448 p. (in Russian)

6. **Sazonov E. V.** *Ventilation: theoretical foundations of calculation: studies. manual for universities*. Moscow, Publishing House Urait. 2018. 206 p. (in Russian)

7. **Loboda A. V., Kuznetsov S. N.** *Using the method of conformal mappings to determine the air flow velocity fields in ventilation problems*. Scientific Bulletin of Voronezh state University of architecture and construction. Construction and architecture. 2011. No. 1(21). Pp. 15-21. (in Russian)

8. **Sklyarov K. A., Cheremisin A. V., Pavlyukov S. P.** *Two-dimensional stationary movement of the air flow in rooms with partitions*. Scientific Bulletin of Voronezh state University of architecture and construction. Construction and architecture. 2008. No. 1(9). Pp. 118-123. (in Russian)

9. **Kudryavtsev E. V.** *Modeling of ventilation systems*. Moscow, Stroyizdat. 1950. 192 p. (in Russian)

10. **Sazonov E. V.** *Calculation of aeration of premises under the action of heat gaps*. Voronezh, VISI. 1984. (in Russian)

Received 20 December 2018

Для цитирования:

Сазонов, Э. В. Особенности расчёта естественной вентиляции помещений большого объёма / Э. В. Сазонов, В. В. Шичкин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 46-53.

FOR CITATION:

Sazonov E. V., Shichkin V. V. *Features of calculation of natural ventilation of large areas*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 46-53. (in Russian)

УДК 697.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫВКИ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ, ОБОРУДОВАННОЙ ЕМКОСТНЫМИ ОТОПИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ

Б. П. Новосельцев, М. Н. Жерлыкина, К. В. Гармонов, Е. А. Крючкова

Новосельцев Борис Петрович, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: vgasu.gkh@gmail.com

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

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

Крючкова Екатерина Алексеевна, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: kat_97@mail.ru

Рассмотрены причины засорения элементов систем отопления, оборудованных емкостными отопительными приборами, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления, уменьшению расхода теплоносителя, снижению средней температуры поверхности отопительного прибора и уменьшению теплоотдачи радиатора. Проведен анализ существующего способа промывки системы отопления и выявлены его недостатки. Предложен более качественный способ промывки однотрубной системы отопления гидравлическим способом, заключающийся в том, что для обеспечения эффективной промывки емкостных радиаторов предлагается подачу чистой и удаление загрязненной воды осуществлять с разных сторон отопительного прибора. Приведены схема подключения промываемых отопительных приборов с указанием необходимых элементов, а также описание последовательности действий, осуществляемых при проведении промывочных работ. Применение предложенного способа позволяет уменьшить расход воды на промывку системы отопления, сократить время промывки, исключить перенос твердых частиц в другие элементы системы отопления, что позволяет повысить надежность ее работы.

Ключевые слова: емкостной отопительный прибор; засоры системы отопления; однотрубная система водяного отопления; теплоотдача радиатора.

Система отопления должна обеспечивать расчетную температуру воздуха в помещениях. Критерием качества работы системы водяного отопления является надежность поддержания требуемой температуры воздуха в отапливаемом помещении. В процессе эксплуатации системы могут возникать различные неисправности, например, недостаточный прогрев стояков, образование засоров в стояках и подводках.

К основным неисправностям систем отопления относятся: понижение температуры воздуха в помещениях и нарушение герметичности отдельных элементов системы. Понижение температуры воздуха в основном возникает из-за нарушения циркуляции воды.

Одной из причин нарушения циркуляции воды являются засоры системы отопления. Засорение образуется из-за попадания грязи в систему отопления (при небрежном монтаже), при неисправных грязевиках, при отложении продуктов коррозии на внутренних поверхностях трубопроводов.

При засорении элементов системы отопления увеличивается гидравлическое сопротивление участка системы, и это является причиной уменьшения расхода теплоносителя, в

результате этого снижается средняя температура поверхности радиатора, уменьшается его теплоотдача и, как следствие, снижение температуры воздуха в помещении.

В связи с тем, что скорость движения воды в колонках чугунного радиатора небольшая (меньше 0,1 м/с), то твердые частицы (грязь, оксиды металлов и др.) оседают в нижней части чугунного радиатора. В этом случае живое сечение (сечение для прохода воды) нижнего коллектора радиатора уменьшается и, следовательно, уменьшается и расход теплоносителя (из-за увеличения гидравлического сопротивления), а слой твердых частиц увеличивает термическое сопротивление теплоотдаче и поэтому температура наружной поверхности радиатора (нижней его части) уменьшается, соответственно теплоотдача нижней части радиатора снижается из-за уменьшения температурного напора, а весь стояк при этом может прогреваться нормально [1].

Известен способ промывки однотрубной системы отопления с верхней разводкой магистрали. Схема промывки системы отопления с элеваторным присоединением к тепловой сети представлена в [2, рис. 9.6, стр. 418]. Указанная система отопления однотрубная, с осевыми замыкающими участками и верхней разводкой магистрали. Чугунные радиаторы типа М140 присоединены к вертикальным стоякам при помощи двух подводов – подающей и обратной. Причем обе подводки присоединены к чугунному радиатору с одной стороны.

На рис. 1 показан фрагмент стояка однотрубной системы водяного отопления со смещенным замыкающим участком, трехходовым краном и верхней разводкой магистрали, подводки присоединены к радиатору с одной стороны. Хорошо видно, что наибольшее количество загрязняющих веществ в ёмкостном отопительном приборе скапливается в нижнем коллекторе радиатора в секциях, расположенных ближе к глухой пробке.

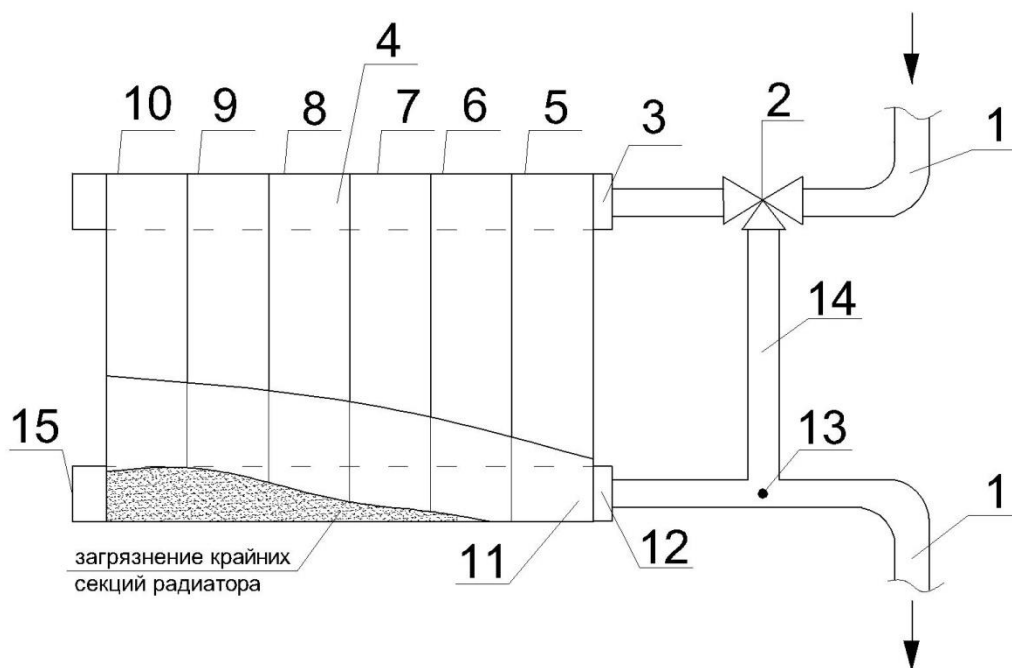


Рис. 1 – Схема засорения крайних секций чугунного радиатора:

- 1 – отопительный стояк; 2 – трехходовой кран; 3 – проходная пробка радиатора; 4 – верхний коллектор чугунного радиатора; 5, 6, 7, 8, 9, 10 – секции чугунного радиатора; 11 – нижний коллектор радиатора; 12 – проходная пробка; 13 – точка сливания двух потоков; 14 – замыкающий (обходной) участок

Эффективность промывки, изображенной на рис.1 системы отопления с помощью способа промывки, предложенного в [2], крайне мала. Известно, что чугунные радиаторы типа М140 состоят из отдельных секций, которые соединяются друг с другом с помощью ниппелей. Каждая секция имеет две колонки. При движении воды (теплоносителя) по стояку 1 в точке 2 (трехходовой кран) поток должен делиться на две части: одна часть воды

проходит по подающей подводке 3, попадает в верхний коллектор 4 радиатора и по колонкам секций 5, 6, 7, 8, 9 и 10 опускается вниз, поступает в нижний коллектор 11 радиатора, затем выходит из радиатора по обратной подводке 12, подходит к точке 13, соединяется с потоком воды, который проходит по замыкающему (обходному) участку 14; далее общий поток движется вниз по стояку 1 к радиатору, расположенному ниже.

Следует отметить, что в точке 2 поток теплоносителя может и не делиться, в этом случае весь расход воды, идущей по стояку 1 и подающей подводке 3, будет одинаковым, а в трубопроводе 14 расход практически будет равен нулю, т. е. весь расход воды проходит через радиатор.

Скорость движения воды (теплоносителя) в колонках секций радиатора не одинакова. В колонках секций 5, 6 и 7 скорость больше, чем в колонках секций 8, 9 и 10 (рис. 1). Поэтому в концевых секциях 8, 9 и 10 всегда больше оседает твердых частиц, т. к. они не уносятся потоком воды (теплоносителя) из-за малой скорости движения.

Таким образом, в процессе длительной эксплуатации в концевых секциях накапливаются твердые вещества, которые уменьшают площадь живого сечения нижнего коллектора 11, что приводит к тому, что расход воды (теплоносителя) через концевые секции 8, 9, 10 радиатора уменьшается [3, 4, 5]. Выше было отмечено, что теплоотдача радиатора уменьшается и за счет увеличения термического сопротивления слоя твердых частиц, и за счет уменьшения расхода воды (теплоносителя).

Аналогично движется промывочная вода в системе отопления и чугунном радиаторе при использовании известного способа промывки системы отопления [2]. Промывочная вода (водопроводная вода, используемая для промывки системы) подается в чугунный радиатор по подающей подводке 3 (рис. 1), а удаляется из радиатора по обратной подводке 12. При этом обе подводки присоединены с одной стороны радиатора (если смотреть на рис. 1, подводки присоединены с правой стороны радиатора). В этом случае левая сторона нижнего коллектора радиатора (секции чугунного радиатора 8, 9 и 10) из-за малой скорости движения промывочной воды в них практически не будет очищаться (промываться) от осевших твердых частиц.

Многолетняя практика эксплуатации систем отопления, в которых использованы чугунные секционные радиаторы, подтверждает, что концевые секции засоряются чаще и в большей степени [6, 7]. Для улучшения промывки системы отопления, включающей чугунные радиаторы, авторами предлагается более эффективный способ промывки системы отопления.

Промывку системы отопления можно осуществлять гидравлическим или гидропневматическим способами [8]. В настоящей работе представлен только гидравлический способ промывки. При гидравлическом способе создают большие скорости (в 3...5 раз больше, чем при работе системы отопления) путем постоянного потока водопроводной воды через систему отопления или ее отдельный элемент [9, 10, 11].

На рис. 2 изображена схема системы отопления для трехэтажного дома с элеватором, присоединенным к тепловой сети. На время промывки системы ее необходимо отключить от тепловой сети с помощью головных задвижек 38 и 39. Из элеватора необходимо удалить сопло и стакан.

Систему отопления целесообразно промывать по стоякам, начиная с концевого стояка [8]. До начала заполнения системы отопления водопроводной водой необходимо выполнить следующее: из чугунного радиатора, установленного на третьем этаже, необходимо вывернуть глухую пробку (из нижнего коллектора) 10 и ввернуть проходную пробку, в которую следует ввернуть патрубок 11 с краном 12, в который вворачивают патрубок 13, к которому присоединяется шланг 14; другой конец шланга следует вывести в канализацию.

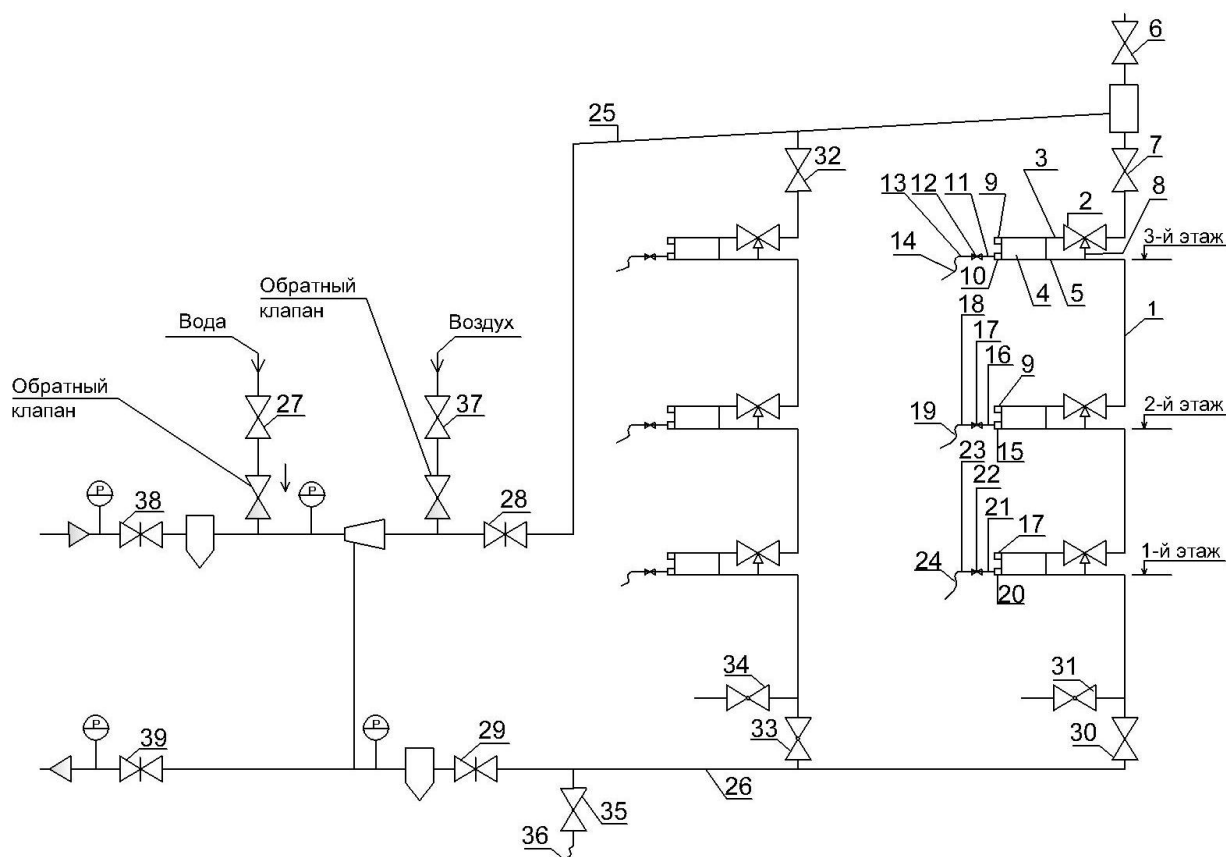


Рис. 2 – Схема промывки однотрубной системы отопления трехэтажного жилого дома:

- 1 – отопительный стояк; 2 – трехходовой кран (точка деления потока); 3 – подающая подводка; 4 – отопительный прибор; 5 – обратная подводка; 6 – кран для выпуска воздуха (воздушный кран); 7 – кран; 8 – замыкающий (обходной) участок; 9, 10 – глухая пробка радиатора; 11 – патрубок; 12 – кран; 13 – патрубок; 14 – шланг; 15 – глухая пробка радиатора; 16 – патрубок; 17 – кран; 18 – патрубок; 19 – шланг; 20 – глухая пробка радиатора; 21 – патрубок; 22 – кран; 23 – патрубок; 24 – шланг; 25 – подающая магистраль; 26 – обратная магистраль; 27, 28, 29 – задвижка; 30, 31, 32, 33, 34, 35 – краны; 36 – шланг; 37, 38, 39 – задвижка

В радиатор, расположенный на втором этаже, аналогично устанавливается в проходную пробку патрубок 16 и 18, кран 17 и шланг 19. В радиатор на первом этаже, аналогично устанавливается патрубки 21 и 23, кран 22 и шланг 24.

После этого стояк 1, подающие 25 и обратные 26 магистрали заполняют водой, открыв задвижки 27, 28 и 29 и краны 6, 7, 30. Краны 31, 32, 33 и 34 должны быть закрыты.

При появлении воды в воздушном кране 6 его закрывают.

Трехходовой кран 2 во время промывки радиатора должен быть отрегулирован таким образом, чтобы пропускать всю воду по замыкающему (обходному) участку 8, т. е. на время промывки кран 2 должен перекрыть поступление в чугунный радиатор 4 по подающей подводке 3, и весь расход воды должен поступать по трубе 5 и 8 в нижний коллектор радиатора.

Такое конструктивное решение обеспечивает движение воды (для промывки) в нижнем коллекторе радиатора с права налево (см. рис. 1).

Выше было отмечено, что в нижнем коллекторе радиатора скапливается большое количество твердых частиц, т. е. это самое загрязненное место. Движение воды для промывки начинается в той части нижнего коллектора, где количество твердых частиц меньше и они движутся в сторону, где твердых частиц больше и вода с большим количеством твердых частиц удаляется из нижнего коллектора радиатора, тем самым исключается перенос твердых частиц в другие элементы системы отопления. А это увеличивает эффективность промывки системы отопления при минимальном расходе водопроводной воды и сокращает время промывки.

Удаление загрязненной воды из радиатора осуществляют по шлангу 14 в канализацию. Промывку части системы отопления ведут до тех пор, пока из шланга 14 потечет чистая вода, кран 12 закрывают и начинают промывку радиатора, расположенного на втором этаже. Промывку ведут при открытой задвижке 28, закрытых кранах 6, 12, 22, 31, 32 и 33, а также при закрытой задвижке 29. Промывку ведут так же, как и радиатора, расположенного на третьем этаже. После окончания промывки радиатора, расположенного на втором этаже, закрывают кран 17 и далее аналогично промывают все остальные радиаторы, присоединенные к первому стояку.

Отметим, что после промывки радиатора, расположенного на первом этаже, оказались промытыми подающие магистрали 25 и весь концевой стояк (этажестояк), за исключением небольшого участка стояка (от низа радиатора, установленного на первом этаже, до обратной магистрали 26 и часть обратной магистрали – от места присоединения двух соседних стояков. Промывку этих участков ведут при открытой задвижке 28, открытых кранах 7, 30; закрытых кранах 6, 31, 32 и 33. Удаление загрязненной воды осуществляется через задвижку 35 и шланг 36, открытых кранах 7 и 30, закрытых кранах 12, 17, 22 и закрытой задвижки 29.

После промывки стояка 1 краны 7 и 30 закрывают и начинают промывать другие стояки путем последовательного открывания кранов на стояках.

Заключение.

Установлены основные недостатки существующей методики промывки системы отопления, связанные с тем, что подача воды для промывки и её удаление осуществляются с одной стороны отопительного прибора. При этом не обеспечивается промывка нижнего коллектора, что приводит к постепенному снижению теплоотдачи прибора за счёт снижения расхода теплоносителя и увеличения термического сопротивления нижней части отопительного прибора.

Предложенная авторами схема промывки позволяет обеспечить эффективную промывку радиаторов за счёт организации подачи и удаление промывочной воды с разных сторон отопительного прибора. Применение предложенного способа позволяет:

- ✓ уменьшить расход воды на промывку системы отопления;
- ✓ сократить время промывки системы отопления;
- ✓ исключить перенос твёрдых частиц в другие элементы системы отопления, что позволяет повысить надёжность ее работы.

Рассмотренный способ промывки может быть использован в системах отопления зданий любой этажности, условием его применимости являются конструктивные особенности отопительных приборов, позволяющие выполнить присоединение дренажного шланга со стороны отопительного прибора, противоположной подаче промывочной воды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Исаев, В. Н.** Эксплуатация и ремонт санитарно-технических систем зданий / В. Н. Исаев, В. Н. Гейко. – М.: Высшая школа, 1994. – 161 с.
2. **Витальев, В. В.** Эксплуатация тепловых пунктов и систем теплопотребления / В. В. Витальев, В. Б. Николаев, Н. Н. Сельден. – М.: Стройиздат, 1988. – 624 с.
3. **Новосельцев, Б. П.** Конструирование квартирной системы отопления с диаметрально расположенными вертикальными подающими и обратными стояками / Б. П. Новосельцев, Е. В. Плаксина // Инженерные системы и сооружения. – 2011. – № 1. – С. 24-28.
4. **Дементьев, 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.

5. **Жерлыкина, М. Н.** Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений: учеб. пособие / М. Н. Жерлыкина, С. А. Яременко. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2013. – 160 с.
6. **Новосельцев, Б. П.** Некоторые аспекты улучшения качества теплоснабжения зданий / Б. П. Новосельцев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 3(2). – С. 22-26.
7. **Новосельцев, Б. П.** Теплоснабжение жилых многоэтажных зданий с использованием азростатической энергии ветра / Б. П. Новосельцев, Е. М. Бобрешов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 3(2). – С. 45-51.
8. **Новосельцев Б. П., Жерлыкина М. Н., Гармонов К. В.** Способ промывки системы водяного отопления, оборудованной емкостными отопительными приборами. пат. №2674103 (Российская Федерация), МПК F28G 9/00 патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет». – № 2017145764; заявл. 25.12.2017; – опубл. 04.12.2018, Бюл. № 34. – 7 с.
9. **Полосин, И. И.** Инженерные системы зданий и сооружений: учеб. пособие / И. И. Полосин, Б. П. Новосельцев, В. Ю. Хузин, М. Н. Жерлыкина. – Москва: Академия, 2012. – 304 с.
10. **Чудинов, Д. М.** Теплоснабжение многоквартирного жилого дома: учеб. пособие / Д. М. Чудинов, Н. В. Колосова, Н. А. Петрикеева, С. А. Яременко, Г. Н. Мартыненко. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2014. – 89 с.
11. **Новосельцев, Б. П.** Отопление зданий жилищно-гражданского назначения: учеб. пособие / Б. П. Новосельцев. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2012. – 105 с.

Поступила в редакцию 10 января 2019

THE INCREASE IN WASHING EFFICIENCY OF THE WATER HEATING SYSTEM, EQUIPPED WITH A TANK HEATING DEVICES

B. P. Novoseltsev, M. N. Zherlykina, K. V. Garmonov, E. A. Kruchkova

Novoseltsev Boris Petrovich, Cand. Tech. Sciences, associate Professor, Professor of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473) 271-28-92; e-mail: vgasu.gkh@gmail.com

Zherlykina Mariya Nikolaevna, Cand. Tech. Sciences, associate Professor, associate Professor of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473) 271-28-92; e-mail: zherlykina@yandex.ru

Garmonov Kirill Valer'evich, senior lecturer of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92, Russian Federation; e-mail: garmonkir@mail.ru

Kruchkova Ekaterina Alekseevna, student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92, Russian Federation; e-mail: kat_97@mail.ru

The causes of clogging of elements of heating systems equipped with capacitive heating devices are considered, which leads to an increase in hydraulic resistance, a decrease in coolant flow, a decrease in the average surface temperature of the heating device and a decrease in heat transfer of the radiator. The analysis of the existing method of washing the heating system and identified its shortcomings. A more qualitative method of washing the single-tube heating system by hydraulic method is proposed, which consists in the fact that to ensure effective washing of capacitive radiators, it is proposed to supply clean and remove contaminated water from different sides of the heating device. A wiring diagram-feed heating system-state devices, specifying the required elements and a description of the after-dovalidate actions to be undertaken when carrying out drilling works. The use of the proposed method allows to reduce the

water consumption for washing the heating system, to reduce the washing time, to exclude the transfer of solid particles to other elements of the heating system, which allows to increase the reliability of its operation.

Keywords: capacitive heating device; blockages of the heating system; single-pipe system of water heating; heat transfer of the radiator.

REFERENCES

1. **Isaev V. N., Geiko V. N.** *Operation and repair of sanitary systems of buildings*. Moscow, Higher school. 1994. 161 p. (in Russian)
2. **Vitalyev V. V., Nikolaev V. V., Selden N. N.** *Operation of thermal points and systems of heat consumption*. Moscow, Stroyizdat. 1988. 624 p. (in Russian)
3. **Novoseltsev B. P., Plaksina E. V.** *Design housing heating system with diametrically located vertical supply and return risers*. Engineering systems and structures. 2011. No. 1. Pp. 24-28. (in Russian)
4. **Dementyev S. A., Zherlykina M. N., Kononova M. S.** *The economic effect of automation of individual heating unit of a residential building at different conditions of heat carrier*. Housing and communal infrastructure. 2017. No. 4(3). Pp. 90-97. (in Russian)
5. **Zherlykina M. N., Yaremenko S. A.** *System for microclimate of buildings and structures*. Voronezh. 2013. 160 p. (in Russian)
6. **Novoseltsev B. P.** *Some aspects of improving the quality of heat supply of buildings*. Housing and communal infrastructure. 2017. No. 3(2). Pp. 22-26. (in Russian)
7. **Novoselcev B. P., Bobreshov E. M.** *Heat supply of residential buildings with the use of aerostatic wind power*. 2017. No. 3(2). Pp. 45-51. (in Russian)
8. **Novoselcev B. P., Zherlykina M. N., Garmonov K. V.** *Method of washing the water heating system equipped with capacitive heating devices*. Pat. No. 2674103 (Russian Federation), IPC F28G 9/00 patentee Voronezh State Technical University. No 2017145764; Appl. 25.12.2017; publ. 04.12.2018, bull. No. 34. 7 p. (in Russian)
9. **Polosin I. I., Novoseltsev B. P., Khuzin V. Yu., Zherlykina M. N.** *Engineering systems of buildings and structures*. Moscow, Academy. 2012. 304 p. (in Russian)
10. **Chudinov D. M., Kolosova N. V., Patrikeeva N. A., Yaremenko S. A., Martynenko G. N.** *Heating apartment building*. Voronezh, Voronezhsky GUS. 2014. 89 p. (in Russian)
11. **Novoseltsev B. P.** *The heating of buildings housing and civil purposes*. Voronezh, Voronezh State Architectural and Construction University. 2012. 105 p. (in Russian)

Received 10 Jan 2019

Для цитирования:

Новосельцев, Б. П. Повышение эффективности промывки системы водяного отопления, оборудованной емкостными отопительными приборами / Б. П. Новосельцев, М. Н. Жерлыкина, К. В. Гармонов, Е. А. Крючкова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 54-60.

FOR CITATION:

Novoseltsev B. P., Zherlykina M. N., Garmonov K. V., Kruchkova E. A. *The increase in washing efficiency of the water heating system, equipped with a tank heating devices*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 54-60. (in Russian)

УДК 628.83

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ В СЕТИ ВОЗДУХОВОДОВ ПРИ ЗАМЕНЕ СЕЧЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОРМУЛ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ДИАМЕТРА

С. А. Антипов, Д. В. Лобанов, Л. С. Коровина, Р. А. Бутурлакин

Антипов Сергей Александрович, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(980)541-87-09; e-mail: seregad544@gmail.com

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

Коровина Лидия Сергеевна, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(951)548-58-27; e-mail: lida48koroovina-gu2013@ya.ru

Бутурлакин Роман Алексеевич, студент кафедры металлических и деревянных конструкций ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(951)851-40-36; e-mail: butur1996@mail.ru

При разработке вентиляционных систем с механическим побуждением движения воздуха широко применяются воздуховоды прямоугольного и круглого сечений. Однако при реализации проектов иногда приходится выполнять замену конфигурации воздуховодов: с прямоугольного на круглое или наоборот. При замене сечений воздуховодов зачастую ориентируются на формулы «эквивалентного диаметра», не учитывая специфику унифицированного типового ряда и аэродинамические характеристики фасонных изделий. В большинстве случаев, как показывает практика, аэродинамический расчет повторно не производится. В технической литературе встречаются различные формулы для расчёта «эквивалентного диаметра». Авторами проведены исследования по выявлению формулы, наиболее подходящей для пересчёта диаметров при изменении формы воздуховода. Приведены результаты аэродинамического расчёта систем приточной и вытяжной вентиляции при замене прямоугольного сечения воздуховодов на круглое. Приведены графики изменения потерь давления на участках сети воздуховодов исследуемых систем, выполнен анализ потерь давления в сети воздуховодов различных геометрических конфигураций (прямоугольных, круглых). Сформированы рекомендации по использованию расчётных формул «эквивалентного диаметра» для задач, встречающихся в практике проектирования вентиляционных систем.

Ключевые слова: эквивалентный диаметр; потери давления; замена прямоугольного сечения на круглое; воздуховод.

При проектировании приточно-вытяжных вентиляционных систем с механическим побуждением, согласно СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003» и других нормативных документов, широко применяются воздуховоды прямоугольного и круглого сечений. Однако, при выполнении монтажных работ [1], в силу различного рода обстоятельств, иногда приходится менять сечения с прямоугольного на круглое или наоборот [2]. При выборе сечений воздуховодов ориентируются на рекомендуемые значения скоростей воздушного потока и, в конечном итоге, на величины потерь давления в вентиляционной сети [3, 4].

Зачастую строительно-монтажные организации при выполнении подобных работ, не обращаются к разработчикам проекта с целью корректировки сечений воздуховодов и уточнения данных аэродинамического расчета.

Замена поперечного сечения воздуховодов выполняется по величине так называемого

«эквивалентного диаметра» [5, 6, 7, 8].

Имеется несколько разновидностей формул определения величины «эквивалентного диаметра»:

1) эквивалентный диаметр по скорости. Он определяется из условия равенства удельных потерь на трение в круглом и прямоугольном воздуховодах при одинаковых скоростях в них [6]:

$$d_{\text{эк}} = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}, \quad (1)$$

где a, b – размеры сторон воздуховода прямоугольного сечения, мм.

2) «гидравлический диаметр» [7] имеет физический смысл, аналогичный формуле (1), но позволяет определять гидравлический диаметр для воздуховода любого сечения (не только прямоугольного):

$$d_{\text{эк}} = \frac{4 \cdot F}{\Pi}, \quad (2)$$

где F – площадь сечения воздуховода, м^2 ; Π – периметр сечения воздуховода, м.

3) эквивалентный диаметр по расходу. В [5] данный параметр определяют, как «эквивалентный диаметр прямоугольного канала при одинаковом расходе в круглом и прямоугольном канале для шероховатых труб»:

$$d_{\text{эк}} = 1,265 \left(\frac{a^3 \cdot b^3}{a + b} \right)^{0,2}. \quad (3)$$

4) в данной формуле используют диаметр, эквивалентный по площади поперечного сечения [9]. Значение эквивалентного диаметра определяется из условия равенства площадей поперечного сечения прямоугольного и круглого воздуховодов. Следующая расчетная формула имеет вид:

$$d_{\text{эк}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{a \cdot b}{\pi}}, \quad (4)$$

где a, b – размеры сторон воздуховода прямоугольного сечения, мм; π – постоянная величина.

В большинстве случаев замена сечений воздуховодов осуществляется по формуле (1) [6].

В работе поставлена задача сравнения результатов аэродинамического расчёта при замене воздуховодов прямоугольного сечения на круглое с использованием различных формул для определения эквивалентного диаметра. Объектом исследования являются системы приточной механической вентиляции [10] с воздуховодами, внешний вид которых приведен на рис. 1.

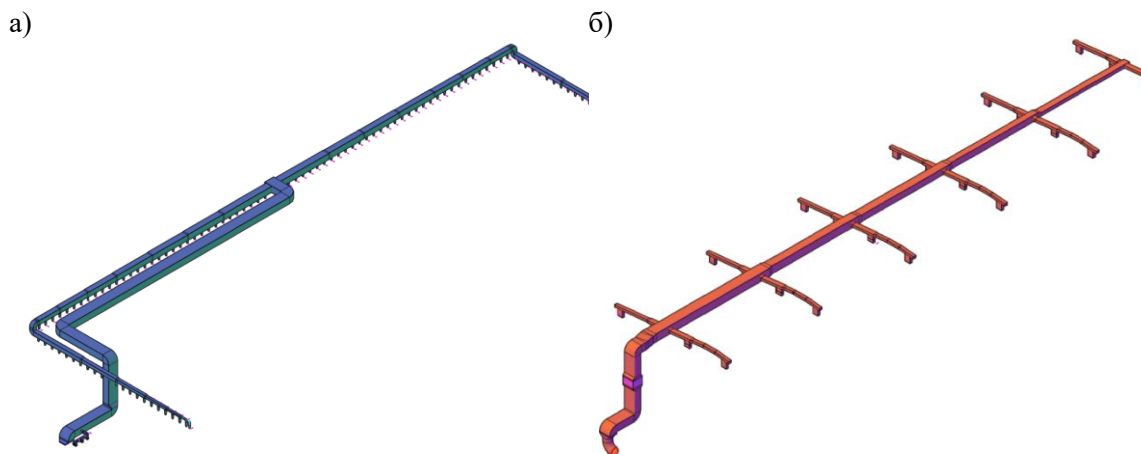


Рис. 1 – Внешний вид исследуемых систем вентиляции: а – приточная (П1), б – вытяжная (В1)

Для исследуемых систем составлены расчётные схемы с указанием номеров участков (рис. 2).

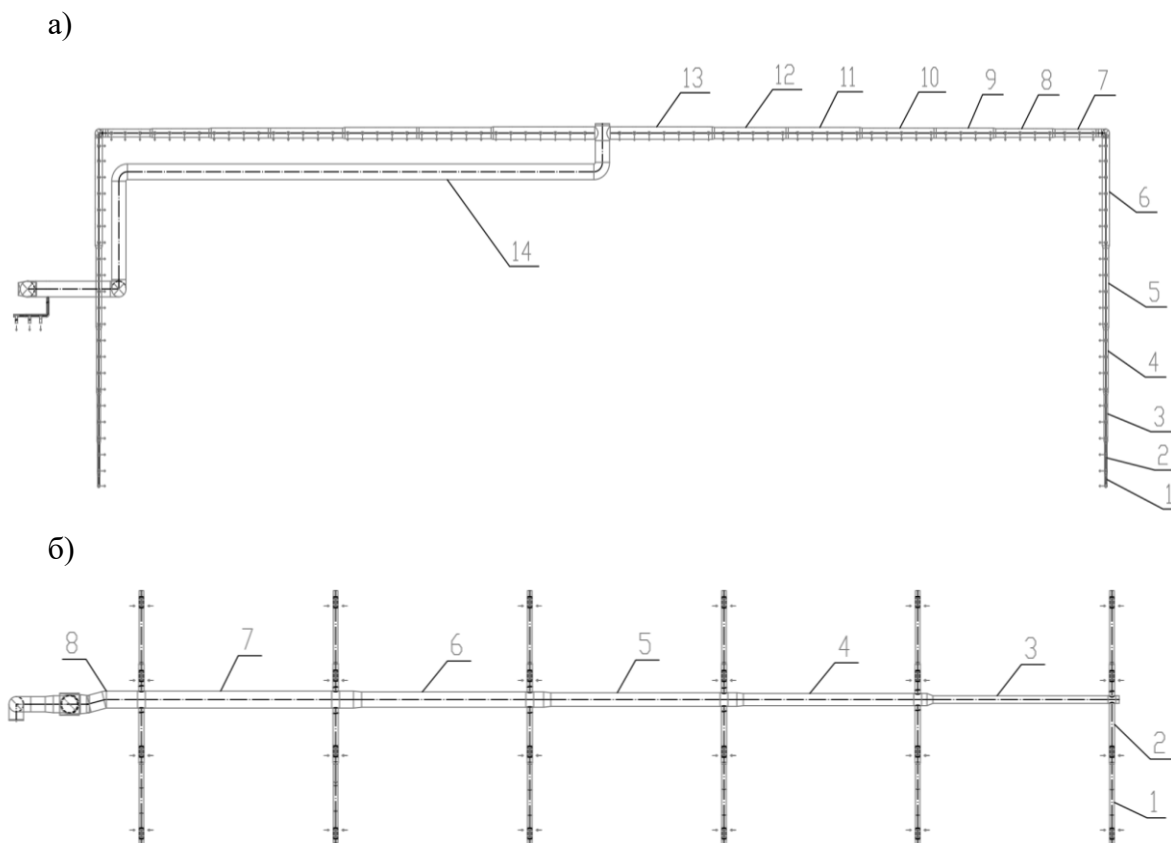


Рис. 2 – Расчётные схемы исследуемых систем вентиляции: а – приточной (П1), б – вытяжной (В1)

Для дальнейших расчётов с учетом конструктивных особенностей исследуемых систем были выбраны две формулы для расчёта эквивалентного диаметра – формулы (1) и (4). Формула (2) в данном случае (для прямоугольного воздуховода) даёт те же результаты, что и формула (1), а формула (3) не используется потому, что она составлена для шероховатых каналов, что не соответствует исследуемым системам.

Результаты расчёта значений эквивалентных диаметров по выбранным формулам приведены в табл. 1. Следует отметить, что в табл. 1 указаны ближайшие стандартные диаметры по ВСН 353-86 «Проектирование и применение воздуховодов из унифицированных деталей».

Таблица 1

Результаты расчёта эквивалентных диаметров

Номер участка (по рис. 2)	Размеры прямоугольного воздуховода, а×b, мм	Значение эквивалентного диаметра, $d_{эк}$, мм,		Расхождение между полученными значениями, $d_{эк}$, %
		по формуле (1)	по формуле (4)	
Вытяжная система				
1	400×300	350	400	12,5
2	600×300	400	500	20
3	900×400	560	710	21,1
4	900×800	900	1000	10
5	1200×800	1000	1120	11
6	1200×1000	1120	1250	10
7	1600×1000	1250	1400	11

Окончание табл. 1

Номер участка (по рис. 2)	Размеры прямоугольного воздуховода, а×b, мм	Значение эквивалентного диаметра, $d_{эк}$, мм,		Расхождение между полученными значениями, $d_{эк}$, %
		по формуле (1)	по формуле (4)	
8	1600×1000	1250	1400	11
Приточная система				
1	250×200	200	225	11
2	250×200	225	250	10
3	300×300	315	350	10
4	400×400	400	450	11
5	500×500	500	560	11
6	600×600	630	710	11
7	700×600	710	710	11
8	700×700	710	800	11
9	800×700	800	900	11
10	800×800	800	900	11
11	900×800	900	1000	10
12	900×900	900	1000	10
13	1000×900	1000	1120	11
14	1600×1000	1250	1400	11

Сравнительный анализ полученных значений эквивалентного диаметра показывает расхождение в полученных значениях в среднем 11 % (см. табл. 1).

На основе подобранных диаметров были проведены аэродинамические расчёты [11, 12, 13] исследуемых систем вентиляции для определения потерь давления по участкам, результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты аэродинамического расчёта

Номер участка (по рис. 2)	Расчётный расход воздуха на участке L, м³/ч	Длина участка l, м	Потери давления в воздухо- воде прямо- угольного сече- ния, Па	Сумма потерь давления в возду- ховоде круглого сечения до рас- четного участка, Па	
				для эквива- лентного диа- метра, рассчи- танного по формуле (1)	для эквива- лентного диа- метра, рассчи- танного по формуле (4)
Вытяжная система (В1)					
1	2090	5,8	14.5	17.5	15
2	4090	4,1	26.2	39.4	24.9
3	8180	14,2	66.2	126.7	56.2
4	16360	13,9	80.8	143.9	67.2
5	24540	13,9	95.5	165.3	80.1
6	32720	14,2	111.2	186.7	93.4
7	40900	14,3	122.1	205	104.4
8	49080	13,0	245,7	411,8	264,6
Приточная система (П1)					
1	240	1,2	72.9	82.2	71.1
2	1140	2,4	79.5	92.4	78.2
3	2490	3,7	88.8	104.9	86.1
4	4290	5,0	98.6	119.7	95
5	6540	6,3	108.5	135.6	104.7

Окончание табл. 2

Номер участка (по рис. 2)	Расчётный расход воздуха на участке L , м ³ /ч	Длина участка l , м	Потери давления в воздухо- воде прямо- угольного сече- ния, Па	Сумма потерь давления в возду- ховоде круглого сечения до рас- четного участка, Па	
				для эквива- лентного диа- метра, рассчи- танного по формуле (1)	для эквива- лентного диа- метра, рассчи- танного по формуле (4)
6	9690	8,5	135.6	213.6	153.4
7	11040	3,7	141.5	224	159.6
8	12840	5,0	149	235.6	166.5
9	14640	5,1	156.3	244.8	172.1
10	16890	6,3	162.5	259.5	180.6
11	19140	6,2	174.2	270.6	188
12	21390	6,3	182.9	284.5	196.9
13	24540	8,8	245.8	384.1	259.9
14	50175	71,0	329.6	685,4	450,4

Сравнение исследуемых систем по суммарным потерям давления показывает:

✓ для вытяжной системы (B1) при расчетах по формулам (1) и (4) расхождение по сравнению с первоначальным прямоугольным сечением составляет соответственно 67,6 % и 7,7 %.

✓ для приточной системы (П1) потери давления при расчете по формуле (1) получаются в 2 раза выше, чем в прямоугольном воздуховоде, а при использовании формулы (4) – превышают 36 %.

Для большей наглядности результаты определения потерь давления в воздуховодах прямоугольного и круглого сечения представлены в виде графиков (рис. 3, 4).

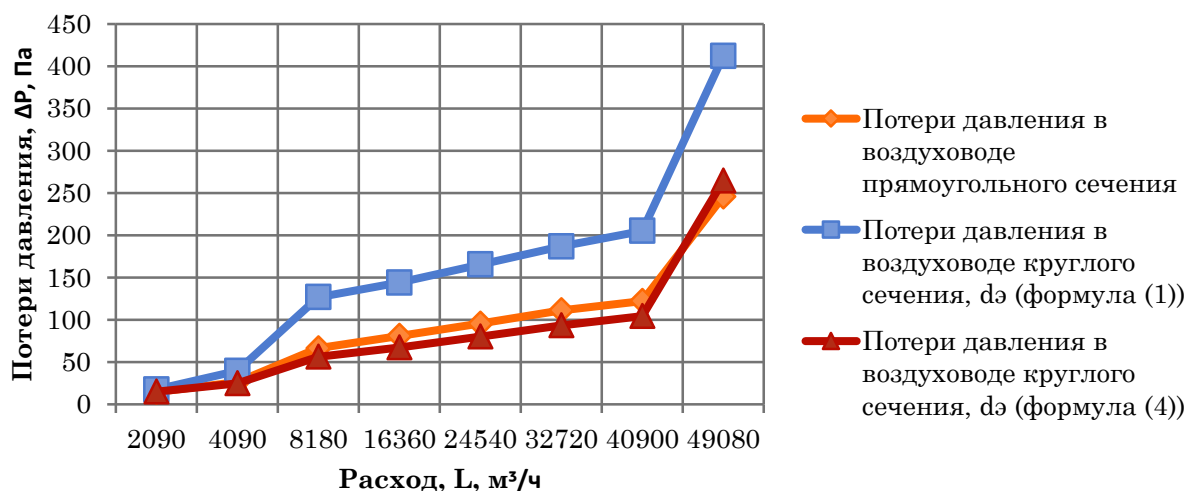


Рис. 3 – Потери давления в воздуховодах вытяжной системы B1

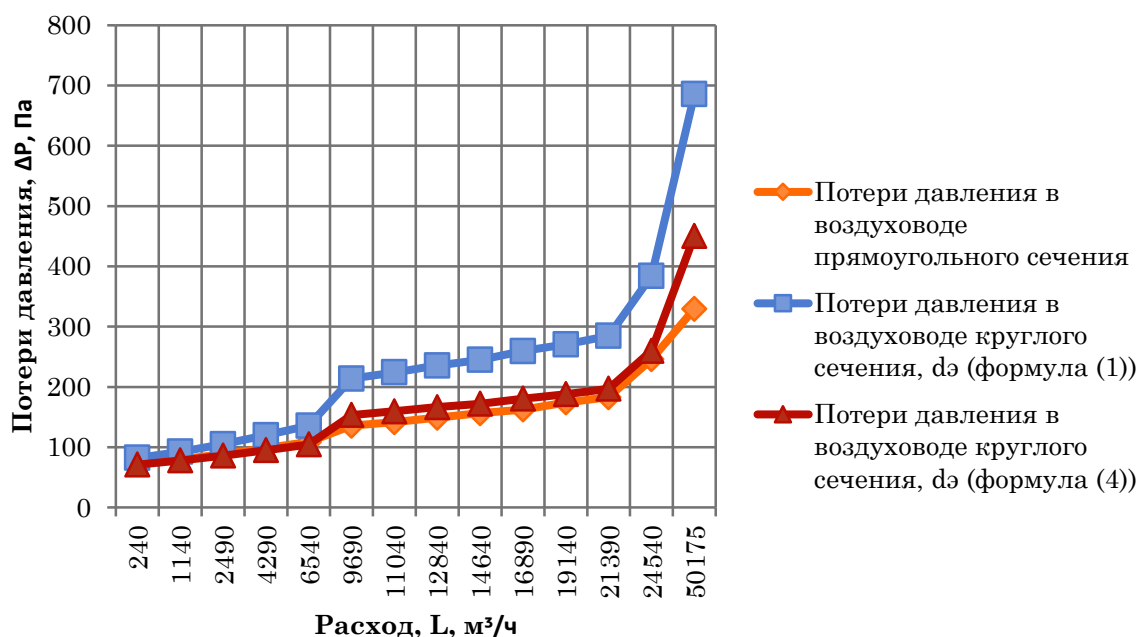


Рис. 4 – Потери давления в воздухопроводах приточной системы П1

Сопоставление графиков потерь давления (рис. 3, 4), показывает хорошую сходимость результатов, полученных при расчетах с использованием формулы (4) практически на всех участках исследуемых систем.

Заключение.

Установлено существенное расхождение между значениями эквивалентного диаметра, вычисляемого по различным формулам.

Выявлено, что при использовании значений эквивалентного диаметра, рассчитанных из условия равенства скорости, потери давления в круглом воздухопроводе могут превышать потери в прямоугольном в 2 раза.

Рекомендуется при решении практических задач, связанных с изменением формы воздухопровода, при расчете эквивалентного диаметра использовать формулу, основанную на условии равенства поперечного сечения воздухопроводов.

Применение вышеприведенных рекомендаций позволит обеспечить соответствие подобранного вентиляционного оборудования и аэродинамических характеристик воздухопроводов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Краснов, В. И.** Монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие / В. И. Краснов. – М.: Изд-во ИНФРА-М, 2018. – 224 с.
2. **Самарин, О. Д.** Оптимизация диаметров воздухопроводов систем В и КВ / О. Д. Самарин // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2010. – № 12(108). – С. 68-69.
3. **Кочев, А. Г.** Аэродинамический расчет механических и гравитационных систем вентиляции: учебно-методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию / А. Г. Кочев, А. С. Сергиенко. – Нижний Новгород: «Деловая Полиграфия», 2015. – 25 с.
4. **Стефанов, Е. В.** Вентиляция и кондиционирование воздуха / Е. В. Стефанов. – СПб.: Изд-во «АВОК Северо-Запад», 2005. – 402 с.
5. **Каменев, П. Н.** Вентиляция: учебное пособие / П. Н. Каменев, Е. И. Тертичник. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 624 с.

6. **Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства в 2 частях. Часть 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха** / В. Н. Богословский [и др.]; под ред. И. Г. Старовойтова. – М.: Стройиздат, 1977. – 509 с.

7. **Идельчик, И. Е.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик; Под ред. М. О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

8. **Справочник Проектировщика. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха** / В. Н. Богословский [и др.]; Под редакцией Н. Н. Павлова, Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.

9. **Отопление и вентиляция. Часть 2. Вентиляция: учебник для вузов** / В. Н. Богословский [и др.]; под ред. В. Н. Богословский. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.

10. **Шиляев, М. И.** Типовые примеры расчета систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие / М. И. Шиляев, Е. М. Хромова, Ю. Н. Дорошенко. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012. – 288 с.

11. **Кривошеин, М. А.** К вопросу о математическом моделировании распределения воздуха в системах вентиляции зданий / М. А. Кривошеин // Омский научный вестник. – 2017. – № 5(155). – С. 98-102.

12. **Ивашкевич, А. А.** Программа для аэродинамического расчета воздухопроводов приточной вентиляции / А. А. Ивашкевич // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». – 2016. – Т. 7. – № 1. – С. 109 – 124.

13. **Колесниченко, И. Е.** Физические аспекты определения потерь давления воздуха в вентиляционных трубопроводах / И. Е. Колесниченко, Е. А. Колесниченко, В. Б. Артемьев, В. Г. Черечукин // Уголь. – 2015. – № 5(1070). – С. 68-73.

Поступила в редакцию 15 января 2019

ANALYSIS OF LOSSES OF PRESSURE IN THE NETWORK OF AIR DUCTS DURING REPLACEMENT OF SECTIONS WITH THE APPLICATION OF EQUIVALENT DIAMETER FORMULAS

S. A. Antipov, D. V. Lobanov, L. S. Korovina, R. A. Buturlakin

Antipov Sergey Alexandrovich, student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (980) 541-87-09; e-mail: seregad544@gmail.com
Lobanov Dmitry Valerievich, senior lecturer of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: LDV-36@mail.ru
Korovina Lidiya Sergeevna, student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (951) 548-58-27; e-mail: lida48korovina-ru2013@ya.ru
Buturlakin Roman Alekseevich, student of the Department of Metal and Wooden Structures, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (951) 851-40-36; e-mail: butur1996@mail.ru

In the development of ventilation systems with mechanical motivation of air movement are widely used ducts of rectangular and circular cross sections. However, when implementing projects, it is sometimes necessary to replace the configuration of air ducts: from rectangular to round or Vice versa. When replacing the sections of air ducts are often guided by the formula «equivalent diameter», not taking into account the specifics of the unified model series and aerodynamic characteristics of shaped products. In most cases, as practice shows, the aerodynamic calculation is not repeated. In the technical literature there are various formulas for calculating the «equivalent diameter». The authors conducted research to identify the formula that is most suitable for the conversion of diameters when changing the shape of the air duct. The results of aerodynamic calculation of supply and exhaust ventilation systems when replacing the rectangular section of air ducts with a round one are presented. The graphs of changes in pressure losses in the sections of the duct network of the systems under study, the

analysis of pressure losses in the duct network of different geometric configurations (rectangular, round). Recommendations on the use of «equivalent diameter» calculation formulas for the problems encountered in the practice of ventilation systems design are formed.

Keywords: equivalent diameter; pressure loss; replacement of rectangular cross-section by round; air duct cross-section.

REFERENCES

1. **Krasnov V. I.** *Installation of ventilation and air conditioning systems: studies. Allowance.* Moscow, INFRA-M. 2018. 224 p. (in Russian)
2. **Samarin O. D.** *Optimization of diameters of air ducts of systems in and square.* Plumbing, heating, air conditioning. 2010. No. 12(108). Pp. 68-69. (in Russian)
3. **Kochev A. G., Sergienko A. S.** *Aerodynamic calculation of mechanical and gravitational ventilation systems, a teaching aid for course and degree design.* Nizhny Novgorod, Business Printing. 2015. 25 p. (in Russian)
4. **Stefanov E. V.** *Ventilation and air conditioning.* St. Petersburg, AVOK North-West. 2005. 402 p. (in Russian)
5. **Kamenev P. N., Tertichnik E. I.** *Ventilation. Tutorial.* Moscow, ACB. 2008. 624 p. (in Russian)
6. **Staroverov I. G.** *Designer's Handbook. Internal sanitary facilities in 2 parts. Part 2. Ventilation and air conditioning.* Moscow, Stroiizdat. 1977. 509 p. (in Russian)
7. **Idelchik I. E.** *Reference book on hydraulic resistances.* Moscow, Mechanical Engineering. 1992. 672 p. (in Russian)
8. **Bogoslovsky V. N., Pirumov A. I., Posokhin V. N.** *Ventilation and air conditioning. (Designer's Handbook).* Moscow, Stroyizdat. 1992. 319 p. (in Russian)
9. **Bogoslovsky V. N., Novozhilov V. I., Simakov B. D., Titov V. P.** *Heating and ventilation. Part 2. Ventilation: a textbook for universities.* Moscow, Stroyizdat. 1976. 439 p. (in Russian)
10. **Shilyaev M. I., Khromova E. M., Doroshenko Yu. N.** *Typical examples of the calculation of heating, ventilation and air conditioning systems: a tutorial.* Tomsk, Tom. state archit.-builds. University. 2012. 288 p. (in Russian)
11. **Krivoshein M. A.** *On the question of mathematical modeling of air distribution in ventilation systems of buildings.* Omsk Scientific Herald. 2017. No. 5(155). Pp. 98-102. (in Russian)
12. **Ivashkevich A. A.** *Program for the aerodynamic calculation of the duct ventilation.* Scientists notes PNU. 2016. V. 7. No. 1. Pp. 109-124. (in Russian)
13. **Kolesnichenko I. E., Kolesnichenko E. A., Artemyev V. B., Cherechukin V. G.** *Physical Aspects of Determining the Loss of Air Pressure in Vent Pipelines.* Coal. 2015. No. 5(1070). Pp. 68-73. (in Russian)

Received 15 Jan 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Антипов, С. А. Анализ потерь давления в сети воздуховодов при замене сечений с применением формул эквивалентного диаметра / С. А. Антипов, Д. В. Лобанов, Л. С. Коровина, Р. А. Бутурлакин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 61-68.

FOR CITATION:

Antipov S. A., Lobanov D. V., Korovina L. S., Buturlakin R. A. *Analysis of losses of pressure in the network of air ducts during replacement of sections with the application of equivalent diameter formulas.* Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 61-68. (in Russian)

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

УДК 69.059.2

АНАЛИЗ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ И НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ВОПРОСАМ ОБСЛЕДОВАНИЯ, РЕКОНСТРУКЦИИ И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

С. В. Меджидов, О. А. Лоскутова, Е. Р. Фокина, Е. В. Дмитриева

Меджидов Салман Вагифович, магистрант института архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(929)784-86-07; e-mail: salman19071993@mail.ru

Лоскутова Ольга Андреевна, магистрант института архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(960)873-02-55; e-mail: olgaloskutovaa@yandex.ru

Фокина Екатерина Романовна, магистрант института архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(917)641-98-81; e-mail: kate4ka34@mail.ru

Дмитриева Екатерина Вячеславовна, магистрант института архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(905)338-12-02; e-mail: katyadmitrieva94@mail.ru

Проведен анализ нормативно-технической документации, регулирующей вопросы определения состава и объемов работ при проведении капитального ремонта или реконструкции зданий и сооружений различного функционального назначения с целью обеспечения возможности их дальнейшей безопасной эксплуатации. Рассмотрены особенности разработки проектной документации на реконструкцию (капитальный ремонт) зданий и сооружений на основе заключения по результатам оценки действительного технического состояния эксплуатируемых объектов. Выявлены разночтения в отдельных положениях действующей системы нормативно-технической документации в части отнесения заключения о действительном техническом состоянии зданий и сооружений к видам работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства. Сделан вывод о необходимости совершенствования системы технического нормирования в строительстве не только в части разработки новых сводов правил, но и работ по актуализации уже утвержденных нормативных документов с точки зрения исключения возможности «двойного» толкования содержащихся в них положений.

Ключевые слова: техническое обследование; нормативно-техническая документация; реконструкция; капитальный ремонт; безопасная эксплуатация объектов недвижимости.

В настоящее время достаточно актуальной является задача приведения в соответствие требованиям действующих нормативно-технических документов параметров эксплуатационной пригодности значительного количества существующих (зданий различного функционального назначения. Решение подобных задач входит в компетенцию достаточно специфической отрасли строительства, занимающейся эксплуатацией, ремонтом и реконструкцией объектов недвижимости во всем их многообразии. В свою очередь, законодательная и нормативная документация, регулирующая вопросы проектирования реконструкции и капитального ремонта эксплуатируемых зданий и сооружений, в отдельных случаях не со-

держит однозначных определений, достаточно важных для назначения перечня и состава мероприятий при реконструкции или капитальном ремонте объектов капитального строительства, что в свою очередь, приводит к возникновению разногласий на различных этапах разработки проектной документации [1...4].

В соответствии с положениями ст. 1 Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2018), капитальный ремонт объектов капитального строительства (за исключением линейных объектов) представляет собой замену и (или) восстановление строительных конструкций объектов капитального строительства или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, замену и (или) восстановление систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения объектов капитального строительства или их элементов, а также замену отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановление указанных элементов. Реконструкция объектов капитального строительства (за исключением линейных объектов) (по тому же закону) – «изменение параметров объекта капитального строительства, его частей (высоты, количества этажей, площади, объема), в том числе надстройка, перестройка, расширение объекта капитального строительства, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановления указанных элементов».

Капитальный ремонт зданий зачастую связан с восстановлением эксплуатационных показателей и усилением несущих конструкций объекта. Разработка мероприятий по капитальному ремонту в соответствии с действующим законодательством, сопровождается разработкой проекта капитального ремонта, состав которого устанавливается положениями Постановления Правительства РФ «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (с изменениями на 21 апреля 2018 года)» № 87 от 16.02.2008 г.

Одним из этапов, предшествующих разработке проектной документации на капитальный ремонт является проведение комплексного обследования технического состояния всех конструктивных элементов объекта, узлов сопряжения конструкций, систем инженерного обеспечения, исследования оснований фундаментов. Выявленные дефекты в работе различных конструктивных элементов позволяют определить индивидуальные подходы в решении проблем параметров их эксплуатационной пригодности восстановления, их усиления в необходимых случаях, а также разработки новых конструктивных решений в соответствии с поставленными задачами.

К особенностям разработки проектной документации на проведение капитального ремонта объектов различного функционального назначения можно отнести такие факторы, как сложность объектов проектирования, вызванная необходимостью увязки современных проектных решений с данными исходного проекта (строительными и технологическими); повышение роли организационно-технологического проектирования строительного производства, в значительной мере определяющего весь комплекс планово-проектных решений капитального ремонта; особенности организации строительного производства при капитальном ремонте с учетом стесненных условий; необходимость решения вопроса о совершенствовании организационных форм проектирования объектов, подлежащих капитальному ремонту, необходимость повышения технико-экономических обоснований вариантов проектных решений как основы определения рациональной продолжительности работ, экономических показателей деятельности строительных организаций, а также расчета фондов экономического стимулирования. Разрабатываемая техническая документация на капитальный ремонт объектов капитального строительства должна предусматривать сокращение сроков и снижение стоимости проектирования и производства строительно-монтажных

работ. Техничко-экономические обоснования (ТЭО) проекта предусматривают включение расчетов, подтверждающих эффективность мероприятий по капитальному ремонту [5...7].

Основным требованием, предъявляемым к проектной документации в соответствии с Федеральным законом «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 N 384-ФЗ является ее разработка в объеме, необходимом для обеспечения безопасности здания или сооружения, доступности элементов строительных конструкций, сетей инженерно-технического обеспечения и систем инженерно-технического обеспечения для определения фактических значений их параметров и других характеристик, а также параметров материалов, изделий и устройств, влияющих на безопасность здания или сооружения, в процессе его строительства и эксплуатации.

Проектная документация здания или сооружения используется в качестве основного документа при принятии решений об обеспечении безопасности здания или сооружения на всех последующих этапах жизненного цикла здания или сооружения. Содержание пакета проектной документации не является произвольным, оно должно соответствовать видам работ и отраслевым техническим требованиям, а также требованиям Постановления Правительства РФ «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (с изменениями на 21 апреля 2018 года)» № 87 от 16.02.2008 г.

В любом случае, проектирование капитального ремонта требует ряда дополнительных материалов, представляемых заказчиком в задании на проектирование: данные ранее проведенных инженерных и технико-экономических изысканий, паспорта зданий (сооружений), обмеры объекта исследования, сооружений, подземных и надземных коммуникаций, отчеты по выполненным научно-исследовательским работам, связанные с созданием новых технологических процессов, и некоторых других в зависимости от характера и масштабов капитального ремонта [8...11].

Определение состава и объемов работ при проведении капитального ремонта напрямую связано с результатами отчета о действительном техническом состоянии объекта, который является одним из наиболее важных документов, определяющим необходимость и целесообразность проведения капитального ремонта. Комплексное обследование технического состояния здания (по ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния») представляет собой комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров грунтов основания, строительных конструкций, инженерного обеспечения (оборудования, трубопроводов, электрических сетей и др.), характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта, и включающий в себя обследование технического состояния здания (сооружения), теплотехнических и акустических свойств конструкций, систем инженерного обеспечения объекта, за исключением технологического оборудования.

Комплексное техническое обследование здания выполняется в следующих случаях: разрушение здания в целом или отдельных конструкций здания; аварийное состояние здания; при наличии видимых дефектов конструкций здания; при перепрофилировании и изменении функционального назначения здания; при реконструкции; при возобновлении строительства после длительного перерыва в соответствии с п. 4.4 ГОСТа 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния, применение которого предусмотрено на обязательной основе при обследовании выявляются дефекты конструкций, отступления от проекта и от действующих на данный период норм и технических условий, а также уточняют действительную работу конструкций на реальные эксплуатационные нагрузки.

Определение термина «обследование технического состояния здания (сооружения)» изложено в п. 3.8 ГОСТа 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мо-

нитинга технического состояния» и представляет собой установление степени повреждения и категории технического состояния строительных конструкций или зданий и сооружений в целом, включая состояние грунтов основания, на основе сопоставления фактических значений количественно оцениваемых признаков со значениями этих же признаков, установленных проектом или нормативным документом.

Несмотря на очевидную необходимость проведения комплексного обследования технического состояния объекта в рамках разработки проекта реконструкции (капитального ремонта). Заключение по результатам оценки технического состояния не является разделом проектной документации в соответствии с положениями Постановления Правительства РФ «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (с изменениями на 21 апреля 2018 года)» № 87 от 16.02.2008 г. С точки зрения вышеуказанного постановления и, принимая во внимание требования п. 4.4 ГОСТа 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» результаты комплексного обследования могут быть отнесены к разделу 12 «Иная документация, предусмотренная законодательством» и входить в состав проектной документации, подлежащей экспертизе в соответствии с действующим законодательством.

Еще одним нормативным документом, регулирующим вопросы проведения технического обследования, применение которого на добровольной основе обеспечивает требования Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (документ не включен в перечень, установленный Постановлением Правительства РФ от 26 декабря 2014 г. № 1521) является СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений». В случае, если при экспертизе проектной документации рассматриваются результаты комплексного обследования технического состояния, возникают определенные сложности, связанные с «закреплением» данной документации за конкретным экспертом по определенному направлению деятельности и разнотипностью сведений, содержащихся в таких заключениях.

В Сборнике разъяснений НОПРИЗ, (№ 4, выпуск 2017 г.) были опубликованы разъяснения об отнесении работ по обследованию технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений к видам работ по подготовке проектной документации, а к специальным видам инженерных изысканий относится только обследование состояния грунтов оснований зданий и сооружений, их строительных конструкций. Соответственно, одним из вопросов, возникающих при разработке проекта реконструкции (капитального ремонта), имеющей в своем основании заключение о техническом состоянии объекта, является отнесение обследования технического состояния зданий и сооружений либо к инженерным изысканиям, либо к проектной документации.

Согласно Перечню видов инженерных изысканий, утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 19.01.2006 г. № 20 (пункт 2 Раздела II Перечня видов инженерных изысканий), к специальным видам инженерных изысканий относятся «Обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений, их строительных конструкций». В то же время, исходя из положения пункта 12 Раздела II Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, утвержденного приказом Минрегиона России от 30.12.2009 № 624, работы по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений отнесены к видам работ по подготовке проектной документации. Правила обследования и мониторинга технического состояния строительных конструкций регламентированы ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». Таким образом, к специальным видам инженерных изысканий относится только обследование состояния грунтов оснований зданий и сооружений.

В июне 2018 г., Минстроем были даны разъяснения, изложенные в Письме Минстроя России от 20.06.2018 г. № 26459-ХМ/08 по вопросу отнесения работ по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений к видам работ по архитектурно-строительному проектированию.

Вышеуказанный документ содержит следующую информацию: «...На основании изложенного можно сделать однозначный вывод о том, что процесс обследования строительных конструкций зданий и сооружений представляет собой единое целое с процессом проектирования как реконструируемых возводимых объектов капитального строительства ... По мнению Минстроя России, работы по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений относятся к видам работ по архитектурно-строительному проектированию».

На основании вышеизложенного авторы считают, что в настоящее время все более востребованной становится актуализация системы технического нормирования в строительстве не только в части разработки новых сводов правил, но и в части актуализации уже утвержденных нормативных документов с точки зрения исключения возможности «двойного» толкования содержащихся в них положений.

Заключение.

В результате анализа нормативной документации, касающейся вопросов нормативно-технического регулирования в области строительства, реконструкции и капитального ремонта зданий и сооружений, и являющейся основой для проведения технического обследования зданий (сооружений) для последующей разработки проектно-сметной документации по реконструкции и капитальному ремонту, сделан вывод об отсутствии в системе действующего законодательства однозначного определения принадлежности технического обследования к одному из видов работ по реконструкции (капитальному ремонту) объекта капитального строительства.

Установлена несогласованность в регулирующих документах, которая зачастую вызывает возникновение спорных ситуаций, в том числе на стадии экспертизы проектно-сметной документации, которая может рассматриваться отдельно от результатов инженерных изысканий.

Совершенствование нормативной базы и элементов законодательного регулирования в области подготовки проектной документации позволит, помимо сокращения административных барьеров, обеспечить полноценность процедур, неукоснительное выполнение которых позволит более качественно и полно обеспечить параметры безопасности при реконструкции, капитальном ремонте и эксплуатации зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Вольфсон, В. Л.** Реконструкция и капитальный ремонт жилых и общественных зданий / В. Л. Вольфсон, В. А. Ильяченко, Р. Г. Комисарчик. – М.: Стройиздат, 2003. – 234 с.
2. **Землянский, А. А.** Обследование и испытание зданий и сооружений / А. А. Землянский. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 156 с.
3. **Травин, Е. П.** Капитальный ремонт и реконструкция жилых и общественных зданий: учебное пособие / Е. П. Травин. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Феникс», 2004. – 256 с.
4. **Римшин, В. И.** Обследование и испытание зданий и сооружений / В. И. Римшин. – М.: Высш. шк., 2004. – 655 с.
5. **Гиндоян, А. Г.** Пособие по обследованию строительных конструкций зданий / А. Г. Гиндоян, Э. С. Гиллер. – М.: АО «ЦНИИПромзданий», 1997. – 180 с.
6. **Федоров, В. В.** Реконструкция и реставрация зданий / В. В. Федоров. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 174 с.

7. **Юдина, А. Ф.** Реконструкция и техническая реставрация зданий и сооружений: учебное пособие / А. Ф. Юдина. – М.: Академия, 2010. – 319 с.
8. **Белик, А. З.** Надежность стальных конструкций зданий и сооружений в период эксплуатации. / А.З. Белик // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2012. – № 2-2. – С. 86-90.
9. **Ступишин, Л. Ю.** Оценка состояния несущих конструкций зданий и сооружений: ресурс несущей способности конструкций с дефектами / Л. Ю. Ступишин // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 10. – С. 39-44.
10. **Кашеварова, Г. Г.** Автоматизированный поиск четкого значения категории технического состояния строительных конструкций в задачах экспертного заключения / Г. Г. Кашеварова, Ю. Л. Тонков // Строительство и реконструкция. – 2016. – № 6(68). – С. 57-70.
11. **Габитов, А. И.** Развитие нормативно-технической базы в области повышения конструктивной безопасности зданий и сооружений / А. И. Габитов, Е. А. Удалова, А. С. Салов, Р. А. Анваров, К. Н. Галимова, Г. Р. Ахметова, А. З. Кашаев, В. В. Ямилова // Инженерная физика. – 2018. – № 8. – С. 44-53.

Поступила в редакцию 25 января 2019

ANALYSIS OF LEGISLATIVE AND REGULATORY DOCUMENTATION ON SURVEY, RECONSTRUCTION AND CAPITAL REPAIR OF CONSTRUCTION OBJECTS

S. V. Medzhidov, O. A. Loskutova, E. R. Fokina, E. V. Dmitrieva

Medzhidov Salman Vagifovich, master student, Institute of Architecture and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(929)784-86-07; e-mail: salman19071993@mail.ru
Loskutova Olga Andreevna, master student, Institute of Architecture and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(960)873-02-55; e-mail: olgaloskutovaa@yandex.ru
Fokina Ekaterina Romanovna, master student, Institute of Architecture and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(917)641-98-81; e-mail: kate4ka34@mail.ru
Dmitrieva Ekaterina Vyacheslavovna, master student, Institute of Architecture and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: 8-905-338-12-02; e-mail: katyadmitrieva94@mail.ru

The analysis of the normative-technical documentation regulating the issues of determining the composition and scope of work during the overhaul or reconstruction of buildings and structures of various functional purposes in order to ensure the possibility of their further safe operation has been carried out. The features of the development of project documentation for the reconstruction (overhaul) of buildings and structures based on the conclusion of the assessment of the actual technical condition of the facilities in operation are considered. There are discrepancies in certain provisions of the current system of normative-technical documentation regarding the attribution of the conclusion on the actual technical condition of buildings and structures to the types of engineering survey works, on the preparation of project documentation, on construction, reconstruction, and overhaul of capital construction projects that affect safety capital construction objects. The conclusion is made about the need to improve the system of technical regulation in construction not only in terms of developing new sets of rules, but also works on updating the already approved regulatory documents from the point of view of excluding the possibility of "double" interpretation of the provisions contained in them.

Keywords: technical inspection; regulatory and technical documentation; reconstruction; overhaul; safe operation of real estate.

REFERENCES

1. **Volfson V. L., Il'yashenko V. A., Komisarchik R. G.** *Reconstruction and overhaul of residential and public buildings*. Moscow. 2003. 234 p. (in Russian)
2. **Zemlyansky A. A.** *Inspection and testing of buildings and structures*. Moscow. 2005. 156 p. (in Russian)
3. **Travin, E. P.** *Overhaul and reconstruction of residential and public buildings: a tutorial*. Rostov-on-don. 2004. Pp 256. (in Russian)
4. **Rimshin V. I.** *Inspection and testing of buildings and structures*. Moscow. 2004. 655 p. (in Russian)
5. **Gindoyan A. G., Giller E. S.** *Manual on the inspection of building structures*. Moscow. 1997. 180 p. (in Russian)
6. **Fedorov V. V.** *Reconstruction and restoration of buildings*. Moscow. 2003. 174 p. (in Russian)
7. **Yudina A. F.** *Reconstruction and technical restoration of buildings and structures: study guide*. Moscow. 2010. 319 p. (in Russian)
8. **Belik A. Z.** *Reliability of steel structures of buildings and structures during operation*. Proceedings of the South-West State University. Series: Technique and technology. 2012. No. 2-2. Pp. 86-90. (in Russian)
9. **Stupishin L. Y.** *Assessment of the state of supporting structures of buildings and structures: the resource bearing capacity of structures with defects*. Industrial and civil engineering. 2017. No. 10. Pp. 39-44. (in Russian)
10. **Kashevarova G. G., Tonkov Y. L.** *Automated search for a clear value of the category of the technical condition of building structures in the tasks of an expert opinion*. Construction and reconstruction. 2016. No. 6(68). Pp. 57-70. (in Russian)
11. **Gabitov A. I., Udalova E. A., Salov A. S., Anvarov R. A., Galimova K. N., Akhmetova G. R., Kashaev A. Z., Yamilova V. V.** *The development of a regulatory framework in the field of improving the constructive safety of buildings and structures*. Engineering Physics. 2018. No. 8. Pp. 44-53. (in Russian)

Received 25 Jan 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

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

FOR CITATION:

Medzhidov S. V., Loskutova O. A., Fokina E. R., Dmitrieva E. V. *Analysis of legislative and regulatory documentation on survey, reconstruction and capital repair of construction objects*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 69-75. (in Russian)

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

УДК 628.474

ТЕРМИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Ю. Х. Хабибуллин, О. Б. Барышева

Хабибуллин Юрий Хакимович, канд. техн. наук, доцент кафедры теплоэнергетики, газоснабжения и вентиляции, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», Казань, Российская Федерация, тел.: +7(950)320-89-04; e-mail: a0an@mail.ru

Барышева Ольга Борисовна, канд. техн. наук, доцент кафедры теплоэнергетики, газоснабжения и вентиляции, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», Казань, Российская Федерация, тел.: +7(987)422-55-09; e-mail: obbars@gmail.com

Рассмотрены основные проблемы, связанные с утилизацией твердых бытовых и промышленных отходов. Переработка и утилизация отходов являются одними из самых актуальных проблем не только в нашей стране, но и во всем мире. В экономически развитых структурах все меньше бытовых отходов вывозится на специальные полигоны и все больше перерабатывается промышленными способами. Каждый год в нашей стране образуется примерно 140 млн. кубометров отходов, из которых лишь 3 % подвергаются переработке, что совершенно недопустимо. Самый эффективный способ переработки отходов – термический. Он позволяет почти в десять раз уменьшить объем отходов, вывозимых на полигоны, причем несгоревший остаток не содержит органические вещества, вызывающие гниение, самопроизвольное возгорание и опасность эпидемий. В настоящее время за рубежом делается ставка на мусороперерабатывающие установки, которые не только сжигают отходы, но и перерабатывают выделяемое при этом тепло в энергию. Для достижения этой цели разработана установка для высокотемпературной переработки твердых бытовых отходов и приведено описание способа работы установки. Предлагается способ уничтожения отходов с получением дополнительного количества энергии.

Ключевые слова: сжигание отходов; диоксины; фураны; утилизация; твердые бытовые отходы.

В нашей стране и во всем мире переработка и утилизация бытовых отходов становится все более актуальной проблемой. Это касается, в первую очередь, крупных городов, где ежегодно образуются млн. тонн всевозможных твердых бытовых отходов (ТБО). В настоящее время в России накоплено, по разным оценкам, от 40 до 93 млрд. тонн ТБО при ежегодном приросте 60 млн. тонн и это только на санкционированных полигонах ТБО. Проблема обращения с ТБО главным образом экологическая, но она тесно связана с решением сложных технических, энергетических и экономических факторов.

Одним из перспективных методов переработки ТБО является создание системы разделения и переработки всех компонентов отходов с последующим использованием в народном хозяйстве [1, 2]. Для реализации этого метода существует два подхода [3].

Первый подход – постройка перерабатывающего комплекса, на входе которого имеется неразобранная масса твердых бытовых отходов, а на выходе – конкретные материалы, которые могут быть использованы. Этот подход в чистом виде в современных условиях практически нереализуем.

Разумеется, с технической точки зрения можно качественно разделить поток отходов как с помощью роботов, так и путем ручной разборки. Однако этот процесс окажется очень дорогим, что в сегодняшних экономических условиях является неприемлемым.

Второй подход – способ разделения ТБО на отдельные составляющие в источниках возникновения. Такой подход нашел распространение в развитых странах. Для этого в жилых зонах устанавливаются контейнеры различных цветов: для пластика, для бумаги, стекла, металла, органики и т.д. В идеале отходы должны разделяться населением или сотрудниками учреждений, производящих отходы.

Но данный подход не может быть реализован без определенных усилий властей и сознательности населения. Необходимо создать правовую и экономическую базу для этого процесса. Здесь возможна экономическая заинтересованность населения, поскольку вывоз на небольшие расстояния и переработка отдельных компонентов ТБО может приносить прибыль и наносить меньший урон окружающей среде.

Ещё одним из распространённых способов утилизации ТБО является их сжигание, так как они содержат в себе такие горючие компоненты, как бумага, картон, древесина, текстиль, кожа, резина, полимерная упаковка. При сгорании килограмма этих компонентов выделяется от 4 до 18 МДж энергии, которая может и должна быть использована.

Преимущества сжигания ТБО:

- ✓ надежное обезвреживание;
- ✓ сокращение объема ТБО более, чем на порядок;
- ✓ снижение риска загрязнения окружающей среды;
- ✓ возможность получения дополнительной энергии.

Недостатки сжигания ТБО:

- ✓ опасность загрязнения атмосферы вредными выбросами;
- ✓ значительная доля образовавшихся шлаков (15...25 %);
- ✓ уничтожение ценных компонентов ТБО.

Следует отметить, что при сжигании ТБО в атмосферу выделяются хлористый и фтористый водород, сернистый газ, оксиды азота, а также металлы и их соединения, в основном, в виде аэрозолей. При сжигании отходов, содержащих полимерные материалы, образуются диоксины и фураны [4, 5]. Так называют группу веществ, основу молекул которых составляют два шестигранных углеродных кольца. Если в них нет атомов хлора, то эти вещества токсичны не более, чем, например, бензин. Однако при замещении в кольцах атомов водорода на атомы хлора образуются опасные диоксины и фураны – всего примерно двадцать соединений разной степени токсичности.

Существует масса неконтролируемых источников выбросов диоксинов и фуранов – это горящие свалки и костры, в которых сжигаются в том числе и полимерные материалы. Температура их горения невелика – до 600 °С. При таком режиме образуется в десятки раз больше диоксинов и фуранов, чем на мусоросжигательных заводах, где используется высокотемпературный процесс (свыше 1000 °С).

Диоксины являются самыми токсичными из синтезированных человеком веществ, поэтому хотя бы предварительная сортировка отходов перед их сжиганием является необходимой.

В настоящее время делается ставка на технологии не только по сжиганию ТБО, но и переработку выделяемого при этом тепла в энергию. Считается [5, 6], что уже в ближайшее время сжигание с выработкой электрической и тепловой энергии будет основным способом переработки отходов. В будущем мусоросжигательные энергетические установки войдут в интегрированную систему управления отходами вместе с предприятиями по утилизации и вторичному использованию некоторых материалов (металла, стекла, пластика, бумаги и т.д.). Наряду с этим требуется совершенствование методов очистки образующихся отходящих газов.

Известны различные схемы сжигания ТБО [7...10]. Основным недостатком всех этих устройств является низкая степень очистки образующихся вредных выбросов, а также невысокая экономическая эффективность процесса.

Авторами была разработана установка с усовершенствованной системой очистки вредных выбросов и обладающая высокой экономической эффективностью (рис. 1).

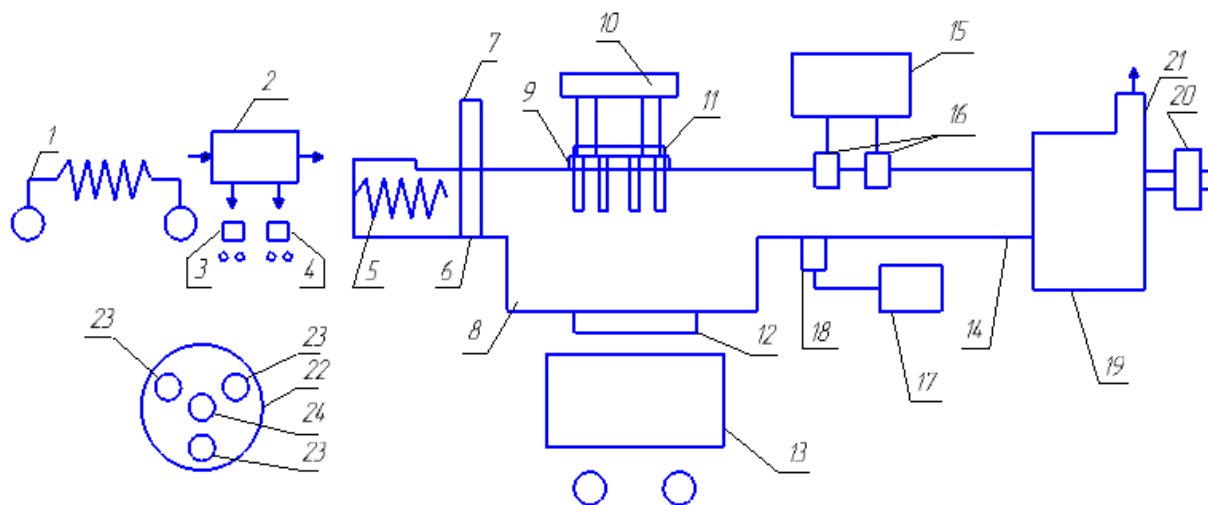


Рис. 1 – Схема установки для высокотемпературной переработки твердых бытовых отходов:
 1 – транспортер, 2 – сепаратор-металлоотделитель, 3, 4 – контейнеры 5 – шнек, 6 – люк загрузки,
 7 – заслонка, 8 – топочная камера, 9 – блок электродов, 10 – трехфазный источник питания,
 11 – активатор дуги, 12 – люк, 13 – контейнер для твердых продуктов переработки, 14 – дожигатель,
 15 – высоковольтный блок питания, 16 – свечи зажигания, 17 – озонатор,
 18 – сопло для подачи озона, 19 – котел-утилизатор, 20 – турбогенератор, 21 – вытяжная труба,
 22 – корпус блока электродов, 23 – электроды, 24 – центральный электрод

В схеме, приведенной на рис. 1, блок электродов 9 состоит из цилиндрического корпуса 22, электродов 23, подключаемых к трехфазному источнику питания 10 и центрального электрода 24, соединенного с нулевым проводом этого источника питания. Все электроды имеют одинаковый диаметр.

Установка для высокотермической переработки ТБО работает следующим образом.

Твердые бытовые отходы по транспортеру 1 проходят через сепаратор-металлоотделитель 2, где отделяется черный металл и сбрасывается в контейнеры 3 и 4. Далее отходы, отделенные от металла шнеком 5 через люк загрузки 6 перекрывается заслонкой 7. В топочной камере 8 размещен блок электродов 9, на который подается электропитание от трехфазного источника питания 10. Каждый из электродов 23, расположенный по периферии корпуса 22 блока электродов цилиндрической формы подключен к одной фазе питания 10, а центральный электрод 24, подключенный к нулевому проводу, имеет длину на один диаметр больше остальных электродов, за счет чего увеличивается зона горения электрических дуг. Кроме того, при использовании трехфазного электрического тока имеет место переменное воздействие давления электрических дуг на сгораемые отходы при температурах 1500...1800 °С. Это вызывает энергичное вращение и перемешивание расплавляемых минеральных составляющих, более полное протекание реакций и освобождение минерального остатка от газов. Следует отметить, что использование трехфазной дуги вместо однофазной дает экономию электроэнергии до 40%. Возбуждение электрических дуг производится от активатора 11.

Выгрузка твердых продуктов сгорания производится через люк 12 в контейнер 13.

Выходящие из топочной камеры 8 газообразные продукты поступают в дожигатель 14, где происходит их воспламенение и нейтрализация от свечей зажигания 15, питаемых высоковольтным блоком 16.

Для интенсификации процесса нейтрализации газов в дожигатель 14 от озонатора 17 через сопло 18 подается озон. Нейтрализованные газообразные продукты сгорания посту-

пают в котел-утилизатор 19. Полученный в котле-утилизаторе пар направляется в турбогенератор 20 для производства электроэнергии. Нейтрализованные и охлажденные газообразные продукты поступают в атмосферу через вытяжную трубу 21. На разработанное устройство получен патент РФ № 2669316.

Твердые продукты сгорания могут быть успешно переработаны по различным направлениям. Например, остекловывание золы с использованием плазменных технологий позволяет получать искусственный песок для наполнения дорожных покрытий. Зола также может быть использована для получения керамических и бетонных изделий строительного назначения.

Таким образом, твердые отходы от сжигания ТБО могут быть полностью утилизированы и возможно получение дополнительной прибыли.

Заключение.

Предлагается установка способа уничтожения ТБО с усовершенствованной системой очистки вредных выбросов и обладающая высокой экономической эффективностью. Рассмотренный способ ликвидации твердых бытовых отходов обеспечивает получение большого количества дополнительной энергии.

Значимость полученных результатов состоит в создании устройства для ликвидации твердых бытовых отходов с получением минеральной составляющей и дальнейшим ее использованием в качестве строительных составов и изделий различного назначения.

В результате предложенного технологического процесса переработки ТБО появляется возможность возвращения для повторного использования дополнительного количества энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Управление потоками отходов** / А. М. Гонопольский [и др.]. – М.: ВЕСИ, 2015. – 463 с.
2. **Сбор и переработка твердых коммунальных отходов** / Соколов В.И. [и др.]. – М.: Инфра-Инженерия, 2017. – 176 с.
3. **Мамин, Р. Г.** Инновационные механизмы управления отходами / Р. Г. Мамин, Т. П. Ветрова, Л. А. Шилова. – М.: МГСУ, 2018. – 138 с.
4. **Chapman, J. L.** Ecology 2nd Edition / J. L. Chapman., L. L. Chapman, M. J. Reiss. – Cambridge University Press, 2009. – 336 p.
5. **Картамышева, Е. С.** Новые технологии переработки отходов в современном мире / Е. С. Картамышева, Д. С. Иванченко // Молодой ученый. – 2017. – № 51. – С. 115-118.
6. **Сагдеева, Г. С.** Переработка отходов производства и потребления с использованием их ресурсного потенциала / Г. С. Сагдеева, Г. Р. Петрякова // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 6. – С. 194-198.
7. **Коробко, В. И.** ТБО. Экономика, экология, предпринимательство / В. И. Коробко, В. А. Бычкова. – М.: Юнита-Дана, 2014. – 132 с.
8. **Венгерский, А. Д.** Технология сжигания ТБО / А. Д. Венгерский, В. В. Бугаев // Технические науки: традиции и инновации: материалы 3-ей Международной научной конференции (г. Казань, март 2018). Казань: Молодой ученый. – 2018. – С. 103-106.
9. **Ветошкин, А. Г.** Переработка промышленных и бытовых отходов / А. Г. Ветошкин. – М.: АСВ, 2015. – 400 с.
10. **Шафоростов, В. Я.** Энергия из отходов / В. Я. Шафоростов // Экология и жизнь. – 2008. – № 4. – С. 23-25.

Поступила в редакцию 19 января 2019

THERMAL DISPOSAL OF SOLID DOMESTIC WASTES

Yu. Kh. Khabibullin, O. B. Barysheva

Khabibullin Yuriy Khakimovich, Cand. tech. Sciences, associate professor of power system, gas supply and ventilation, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation, phone: +7(950)320-89-04; e-mail: a0an@mail.ru

Barysheva Olga Borisovna, Cand. tech. Sciences, associate professor of power system, gas supply and ventilation, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation, phone: +7(987)422-55-09; e-mail: obbars@gmail.com

The main problems associated with the disposal of solid household and industrial waste. Recycling and disposal of waste is one of the most pressing problems not only in our country, but throughout the world. In economically developed structures, less and less household waste is transported to special landfills, and more and more are processed by industrial means. Every year in our country approximately 140 million cubic meters of waste are generated, of which only 3% is recycled, which is completely unacceptable. The most effective way to recycle waste is thermal. It allows almost ten times to reduce the amount of waste transported to landfills, moreover, the unburned residue does not contain organic substances that cause rotting, spontaneous fire and the danger of epidemics. Nowadays, the focus is on garbage-processing plants, which not only burn waste, but also process the heat released during this process into energy. To achieve this goal, an installation for high-temperature processing of municipal solid waste has been developed and a description of the method of operation of the installation is given. A method of waste disposal with the production of additional energy is proposed.

Keywords: burning of waste; dioxins; furans; recycling; municipal solid waste.

REFERENCES

1. **Gonopolsky A. M.** *Management of waste streams*. Moscow, VES. 2015. 463 p. (in Russian)
2. **Sokolov V. I.** *Collection and processing of municipal solid waste*. Moscow, Infra-Engineering. 2017. 176 p. (in Russian)
3. **Mamin R. G., Vetrova T. P., Shilova L. A.** *Innovative mechanisms of waste management*. Moscow, MGSU. 2018. 138 p. (in Russian)
4. **Chapman J. L., Chapman L. L., Reiss M. J.** *Ecology*. Cambridge University Press, 2nd Edition. 2009. 336 p.
5. **Kartamysheva E. S., Ivanchenko D. S.** *New technologies of waste processing in the modern world*. Young scientist. 2017. No. 51. Pp. 115-118. (in Russian)
6. **Sagdeev, G. S., Petryakova G. R.** *Processing of production wastes and consumption with the use of their resource potential*. Bulletin of Kazan technological University. 2014. No. 6. Pp. 194-198. (in Russian)
7. **Korobko V. I., Bychkova V. A.** *MSW. Economics, ecology, entrepreneurship*. Moscow, Unit-Dana. 2014. 132 p. (in Russian)
8. **Vengersky A. D., Bugaev V. V.** *Technology of solid waste incineration*. Technical Sciences: traditions and innovations: materials of the 3rd International scientific conference (Kazan, March 2018). Kazan: Young scientist. 2018. Pp. 103-106. (in Russian)
9. **Vetoshkin A. G.** *Processing of industrial and domestic waste*. Moscow, DIA. 2015. 400 p. (in Russian)
10. **Shafarostov V. I.** *Energy from waste*. Ecology and life. 2008. No. 4. Pp. 23-25. (in Russian)

Received 19 Jan 2019

Для цитирования:

Хабибуллин, Ю. Х. Термическое обезвреживание твердых бытовых отходов / Ю. Х. Хабибуллин, О. Б. Барышева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 76-81.

FOR CITATION:

Khabibullin Yu. Kh., Barysheva O. B. *Thermal disposal of solid domestic wastes*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 76-81. (in Russian)

УДК 504.05

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ООО «ПОЛИТЕХНИК-СЕРВИС» Г. АЗОВА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. В. Дикова, Н. С. Самарская

Дикова Людмила Владимировна, студент кафедры инженерной защиты окружающей среды, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Российская Федерация, тел.: +7(904)34503-55; e-mail: midikova@mail.ru

Самарская Наталья Сергеевна, доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Российская Федерация, тел.: +7(908)518-36-59; e-mail: nat-samars@yandex.ru

Рассмотрены основные факторы, оказывающие воздействие на состояние окружающей среды в районе размещения ООО «Политехник-Сервис» г. Азова Ростовской области. Приведены основные загрязняющие вещества, источником выделения которых является исследуемое предприятие, перечислены основные факторы, влияющие на распространение загрязняющих веществ в атмосфере. В качестве основных факторов проанализированы климатические характеристики района размещения предприятия, состояние атмосферного воздуха, почв, а также физические факторы воздействия. Проведён количественный расчет этих факторов, в результате определено значение показателя комплексной оценки состояния окружающей среды. Сформирован вывод об экологической ситуации в районе размещения ООО «Политехник-Сервис» г. Азова Ростовской области.

Ключевые слова: состояние окружающей среды; атмосферный воздух; экологическая безопасность; экологическая ситуация; комплексная оценка.

Одной из важных проблем современности, которые волнуют граждан всего мира, является охрана окружающей среды, а также обеспечение экологической безопасности. Развитие общества постоянно сопровождается не только поиском гармонии с природой, но и производит разрушительное воздействие на неё. Это воздействие, оказываемое на биосферу как в целом, так и на отдельные её компоненты, достигло сейчас огромных размеров [1].

Известно, что атмосферный воздух – это наиболее жизненно важный компонент биосферы, и вопрос о влиянии человека на него повсеместно изучается специалистами, так как глобальные экологические проблемы современности (нарушение озонового слоя, выпадение кислотных дождей, «парниковый эффект») связаны именно с антропогенным загрязнением этого компонента [2].

Воздушная среда является первоисточником энергии всех живых организмов. Благодаря воздуху в них происходит процесс метаболизма и развития [3]. Загрязняющие вещества, попадающие в атмосферу, рассеиваются в большом объеме воздуха и переносятся на довольно значительные расстояния. В результате этого концентрация вредных веществ в воздухе уменьшается, но возрастают объемы загрязнения атмосферы. При небольшой скорости ветра происходит скопление загрязняющих веществ в малом объеме воздуха, что может привести к опасному увеличению концентрации вблизи источника [4].

На распространение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе влияют метеорологические условия (вертикальное и горизонтальное перемещение воздуха, туман, снег, дождь, влажность и температура). Кроме перечисленных факторов на распределение загрязнений оказывает влияние рельеф местности, наличие лесов и водоемов вблизи источников выброса, способствующих поглощению вредных веществ из атмосферы [5].

Преобладание тех или иных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе зависит от отрасли промышленности предприятия [6]. Так в Ростовской области основными

негативно влияющими на экологию отраслями промышленности являются: металлообрабатывающие предприятия, машиностроительная, пищевая, приборостроительная и легкая промышленность, производство пластмассовых изделий.

Среди таких предприятий, оказывающий негативное воздействие на качество воздушной среды в городе Азове, является металлообрабатывающее предприятие ООО «Политехник-сервис». Оно выбрасывает в атмосферный воздух 21 наименование загрязняющих веществ, валовой выброс которых составляет 1,47080 т/год. Основные из них - оксид железа, оксид азота, диоксид азота, формальдегид, оксид углерода, взвешенные вещества. Деятельность, осуществляемая на территории ООО «Политехник-Сервис» относится к IV классу опасности.

Ниже приведен фрагмент ситуационной карты-схемы месторасположения предприятия ООО «Политехник-Сервис» с указанием месторасположения вышеперечисленных объектов (рис. 1). ООО «Политехник-Сервис» граничит со следующими объектами: с севера – с ООО «Азов-Тек» (Π_1), с востока – цех по производству пакетов ИП Рязанова (Π_3), с юга – ООО «Контур Про» (Π_4), на северо-востоке, юго-востоке и северо-западе расположены гаражи, с юго-запада – ООО «АзовПром-Сервис» (Π_2). Ближайшая жилая застройка находится на западе на расстоянии менее 150 м от границы промплощадки ООО «Политехник-Сервис». В связи с этим проведен анализ экологической ситуации в районе размещения ООО «Политехник-Сервис» г. Азова.

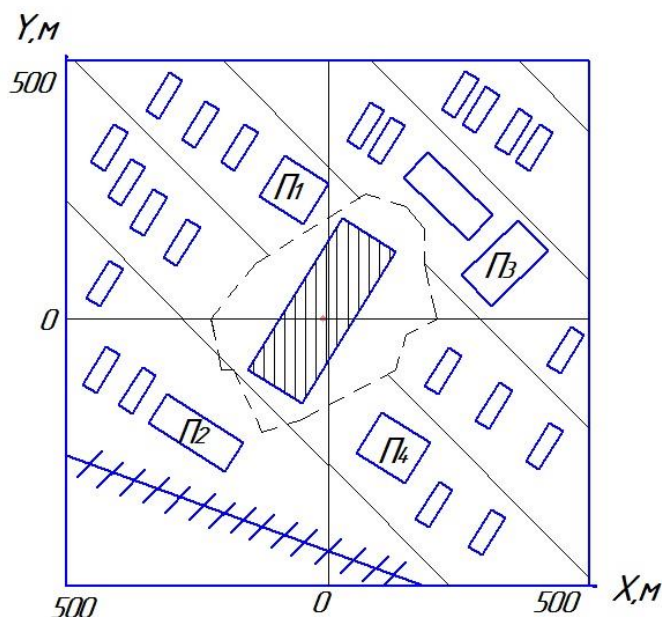


Рис. 1 – Фрагмент ситуационной карты-схемы с месторасположением предприятия ООО «Политехник-Сервис»:

--- скорректированная санитарно-защитная зона предприятия

Экологическая ситуация в районе размещения предприятия представлена совокупностью следующих компонентов окружающей среды: состояние климата, атмосферного воздуха, поверхностных вод, почв, а также физических воздействий. Поэтому для комплексной оценки состояния окружающей среды целесообразно исследовать каждый компонент по отдельности.

Анализируя климатические характеристики [6], полученные результаты можно представить в виде табл. 1...4.

Для анализа состояния атмосферного воздуха выявлены загрязняющие вещества, содержащиеся в районе размещения ООО «Политехник-Сервис» г. Азова по данным Экологического вестника Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2016 году». (Ростов-на-Дону, 2016.), приведены в табл. 5.

Таблица 1

Сведения о температуре

Наименование показателя	Значение
Средняя температура наиболее холодного месяца	– 4,2°C
Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца	23°C
Продолжительность периода с положительными температурами	9 месяцев

Таблица 2

Сведения об осадках

Наименование показателя	Значение
Среднее количество осадков за год	509 мм
Максимальное количество осадков (декабрь)	63 мм
Минимальное количество осадков (октябрь)	30 мм

Таблица 3

Среднегодовая повторяемость ветра

С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
4 м/с	11 м/с	19 м/с	13 м/с	7 м/с	12 м/с	15 м/с	8 м/с

Таблица 4

Число дней с туманами

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Число дней с туманами	12	8	6	2	1	4	3	1	6	5	8	10

Таблица 5

Загрязняющие вещества, содержащиеся в атмосферном воздухе исследуемого района

Загрязняющее вещество	Класс опасности	Концентрация, C_i , мг/м ³	Предельно допустимая концентрация (максимально-разовая), ПДКм.р., мг/м ³	Предельно допустимая концентрация (среднесуточная), ПДКс.с., мг/м ³
Взвешенные вещества (пыль)	3	1,210	2,300	0,195
Диоксид азота	2	0,090	0,410	0,040
Оксид углерода	4	3,165	6	2
Оксид азота	3	0,168	0,920	0,043
Формальдегид	2	0,029	0,076	0,008

При оценке действия отдельного вещества на атмосферу используется понятие кратности превышения ПДК. Кратность превышения ПДК – это отношение фактической концентрации вещества в атмосферном воздухе C_i , мг/м³, к величине, соответствующей ПДКм.р., мг/м³:

$$Xi = \frac{Ci}{\text{ПДКм.р.}i} \quad (1)$$

Единичный (парциальный) индекс загрязнения:

$$y_i = \left(\frac{Ci}{\text{ПДКс.с.}i} \right)^{Ni} \quad (2)$$

где Ni – константа, зависящая от класса опасности вредного вещества (табл. 6).

Таблица 6

Распределение по классу опасности вредного вещества

Класс опасности вещества	1	2	3	4
Значение Ni	1,7	1,3	1,0	0,9

Проведены расчёты индекса загрязнения атмосферы по пяти (ИЗА₅) [7]. Результаты расчётов загрязнения атмосферного воздуха занесены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты расчетов загрязнения атмосферного воздуха

Наименование загрязняющего вещества	Кратность превышения ПДК, X_i	Единичный индекс загрязнения, Y_i	Индекс загрязнения атмосферы по пяти, ИЗА ₅
Взвешенные вещества(пыль)	0,526	6,210	3,868
Оксид углерода	0,220	2,073	
Диоксид азота	0,528	1,816	
Оксид азота	0,183	3,907	
Формальдегид	0,382	5,335	

На основании значения ИЗА₅ делаем вывод, что уровень загрязнения атмосферы в районе размещения предприятия – низкий, сформирован в основном содержанием взвешенных веществ, оксида углерода и оксида азота.

Для анализа состояния почвы выполнен расчет концентраций загрязняющих веществ, а также суммарного показателя загрязнения на основе исходных данных [8].

Оценка уровня химического загрязнения почв, как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения, проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов. Основные показатели, характеризующие уровень загрязнения почв, приведены ниже.

Коэффициент концентрации химического вещества K_c , определяется по формуле:

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\phi}}, \quad (3)$$

где C_i – фактическое содержание вещества в почве, мг/кг; C_{ϕ} – фоновая концентрация загрязняющего вещества в почве, мг/кг.

Суммарный показатель загрязнения Z_c , определяется суммой коэффициентов концентраций отдельных химических элементов [9]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n - 1), \quad (4)$$

где n – количество суммируемых элементов.

Авторами проведен анализ уровня химического загрязнения почв как индикаторов неблагоприятного влияния на здоровье человека по показателям, разработанным при комплексных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов.

Сведения о загрязняющих веществах, содержащиеся в почве в районе размещения ООО «Политехник-Сервис» г. Азова, и результаты расчетов представлены в табл. 8.

Таблица 8

Расчет показателя загрязнения почв исследуемой территории

Наименование загрязняющего вещества	Класс опасности	Фактическое содержание вещества в почве, C_i , мг/кг	Фоновая концентрация загрязняющего вещества в почве, C_{ϕ} , мг/кг	Коэффициент концентрации химического вещества, K_c	Суммарный показатель загрязнения, Z_c
Кобальт	2	13,54	2,10	6,45	8,14
Никель	2	46,22	22,73	2,03	
Медь	2	47,75	34,94	1,37	
Цинк	1	84,17	79,72	1,06	
Свинец	1	30,20	29,86	1,01	
Хром	2	90,88	74,57	1,22	

Из проведенных расчетов следует, что категория загрязнения почвы на территории размещения предприятия – допустимая.

Ещё одним компонентом окружающей среды, подлежащим анализу, является физическое загрязнение. К физическим факторам окружающей среды, подлежащим оценке на урбанизируемых территориях, относят шум, вибрацию, электромагнитные поля [8].

Проведенная авторами оценка шумового и вибрационного режима в районе размещения ООО «Политехник-Сервис» показала, что шум обусловлен наличием постоянно действующих источников – автотранспорта, промышленных предприятий, объектов жилищно-коммунального хозяйства, и периодически действующих – железнодорожного транспорта. Было выявлено, что среднее значение эквивалентного уровня шума в ночное время вблизи ООО «Политехник-Сервис» составляет 42 дБА, что не превышает нормативное значение (45 дБА) согласно Федеральному закону от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Поэтому данный вид загрязнения в дальнейших расчётах не учитывается.

На основе рассчитанных данных проведён комплексный анализ экологической ситуации в районе размещения ООО «Политехник-Сервис» г. Азова. Под комплексной оценкой состояния окружающей среды на территории города понимают интегральную оценку частных оценок, сравнительную оценку отдельных участков всей территории города по комплексу природных и антропогенных факторов, благоприятствующих основным видам хозяйственной деятельности [9, 10].

В качестве характеристик состояния окружающей среды используются ее фактические значения загрязнений. С помощью этих параметров определяются коэффициенты уровня загрязнения составляющих окружающей среды Z_j по формуле:

$$Z_j = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{\Phi zi}}{Q_{ПДВ i}}, \quad (5)$$

где $Q_{\Phi zi}$ – величина фактического загрязнения, мг/м³, мг/кг; $Q_{ПДВ i}$ – допустимая величина загрязнения, мг/м³, мг/кг.

В соответствии с имеющимися исходными данными значения коэффициентов уровня загрязнения составляющих окружающей среды составили:

$$Z_{\text{атм}} = \frac{1,21}{2,3} + \frac{0,09}{0,41} + \frac{3,165}{6} + \frac{0,168}{0,92} + \frac{0,029}{0,076} = 1,84$$

$$Z_{\text{поч}} = \frac{13,54}{2,10} + \frac{46,22}{22,73} + \frac{47,75}{34,94} + \frac{84,17}{79,92} + \frac{30,2}{29,86} + \frac{90,88}{74,57} = 13,14$$

Для объединения коэффициентов загрязнения составляющих окружающей среды Z_j в критерий комплексной оценки K необходимо использовать формулу Π [10]:

$$K = (Z_{\text{атм}} + 1)^{B^{\text{атм}}} \cdot (Z_{\text{поч}} + 1)^{B^{\text{поч}}} - 1, \quad (6)$$

где B^j – весовой коэффициент соответствующей компоненты ОС ($B^{\text{атм}} = 0,3$; $B^{\text{поч}} = 0,3$).

$$K = ((1,84 + 1)^{0,3} \cdot (13,14 + 1)^{0,3}) - 1 = 2,03$$

Используя экспоненциальную функцию Π [10], получают значения, изменяющиеся от 0 (наихудшее состояние) до 1 (наилучшее состояние):

$$\Pi = 1 - e^{(-1/K)}, \quad (7)$$

$$\Pi = 1 - e^{(-1/2,03)} = 0,39.$$

На основании рассчитанного значения показателя комплексной оценки Π можно сделать вывод, что состояние застроенной территории относится к зоне средней благоприятности.

Заключение.

Проведенный анализ экологической ситуации в районе размещения предприятия ООО «Политехник-Сервис» г. Азова выявил, что территория размещения предприятия относится к зоне средней благоприятности.

Проведенный анализ в дальнейшем позволит разработать мероприятия по улучшению экологической ситуации и обеспечению безопасности на городских территориях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Чистякова, С. Б.** Охрана окружающей среды / С. Б. Чистякова. – М: Стройиздат, 1988. – 270 с.
2. **Коробкин, В. И.** Экология / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 602 с.
3. **Давыдов, В. Ю.** Современное состояние и охрана атмосферы / В. Ю. Давыдов // сборник трудов межд. конф. «Прикладные исследования и технологии». Москва, МТИ «ВТУ». – 2014. – С. 18-20.
4. **Белов, С. В.** Охрана окружающей среды / С. В. Белов, Ф. А. Барбинов, А. Ф. Козьяков. – М: Высшая школа, 1991. – 319 с.
5. **Стадницкий, Г. В.** Экология: учебник для вузов. 6-е изд. / Г. В. Стадницкий. – СПб: Химиздат, 2001. – 288 с.
6. **Буторина, М. В.** Инженерная экология и экологический менеджмент: учебник / М. В. Буторина. – М.: Логос, 2003. – 528 с.
7. **Логвина, О. А.** Об использовании интегрированного показателя для прогноза загрязнения атмосферы / О. А. Логвина, С. Г. Логвин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 5. – С. 231-238.
8. **Статюха, Г. А.** Алгоритм количественного анализа загрязнения почвы при проведении ОВОС / Г. А. Статюха, Т. В. Бойко, А. А. Ищишина // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2009. – № 2. – С. 107-110.
9. **Беспалов, В. И.** Комплексная оценка состояния окружающей среды территории городской агломерации: методические указания к практической работе / В. И. Беспалов, С. В. Мещеряков, О. В. Бугаева, Н. С. Самарская. – Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит, ун-т, 2009. – 45 с.
10. **Самарская, Н. С.** Оценка экологической ситуации в районе размещения предприятия ООО «Экотерм-сервис» г. Ростова-на-Дону / Н. С. Самарская, О. А. Козлова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 4(7). – С. 85-92.

Поступила в редакцию 25 января 2019

**ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL SITUATION IN THE AREA
OF LOCATION OF LLC «POLITEKHNİK-SERVIS» IN AZOV,
ROSTOV REGION**

L.V. Dikova, N. S. Samarskaya

Dikova Lyudmila Vladimirovna, student of the Department of Environmental Engineering, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation, phone:+7(904)345-03-55; e-mail: midikova@mail.ru
Samarskaya Natalia Sergeevna, associate Professor of the Department of Environmental Engineering, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation, phone:+7(908)518-36-59; e-mail: nat-samars@yandex.ru

The main factors affecting the state of the environment in the area of location of LLC "Polytechnic-Service" Azov, Rostov region are considered. The main pollutants, the source of which

is the studied enterprise, are listed the main factors affecting the spread of pollutants in the atmosphere. As the main factors the climatic characteristics of the enterprise location area, the state of atmospheric air, soils, as well as physical factors of influence are analyzed. A quantitative calculation of these factors, as a result, the value of the indicator of a comprehensive assessment of the environment. The conclusion about the environmental situation in the area of location of LLC "Polytechnic-Service" Azov, Rostov region.

Keywords: state of the environment; atmospheric air; environmental safety; ecological situation; comprehensive assessment.

REFERENCES

1. **Chistyakova S.B.** *Environmental Protection*. Moscow, Stroyizdat. 1988. 270 p. (in Russian)
2. **Korobkin V. I., Peredelsky L. V.** *Ecology*. Rostov-on-Don, Phoenix. 2007. 602 p. (in Russian)
3. **Davydov V. Yu.** *The current state and protection of the atmosphere*. In the collection of works between the international. Conf. : Applied research and technology. Moscow, MTI VTU. 2014. Pp.18-20. (in Russian)
4. **Belov S. V., Barbinov F. A., Koziakov A. F.** *Environmental Protection*. Moscow, High School. 1991. 319 p. (in Russian)
5. **Stadnitsky G. V.** *Ecology*. Textbook for universities. SPb, Himizdat. 2001. 288 p. (in Russian)
6. **Butorina M. V.** *Environmental Engineering and Environmental Management*. Moscow, Logos. 2003. 528 p. (in Russian)
7. **Logvina O. A., Logvinov S. G.** *On the use of an integrated indicator for the prediction of air pollution. XXI century: Results of the past and the problems of the present* 2014. No. 5. Pp. 231-238. (in Russian)
8. **Stayuha G. A., Boyko T. V., Ishishina A. A.** *Algorithm for quantitative analysis of soil contamination during an EIA*. National Technical University of Ukraine KPI. 2009. No. 2. Pp.107-110. (in Russian)
9. **Bespalov V. I., Meshcheryakov S. V., Bugayeva O. V., Samarskaya N. S.** *Comprehensive assessment of the state of the environment of the territory of urban agglomeration*. Rostov-na-Don, Growth. State builds, un-t. 2009. 45 p. (in Russian)
10. **Samarskaya N. S., Kozlova O. A.** *Assessment of the environmental situation in the area of accommodation of the enterprise of Ecoterm-service LLC city Rostov-on-Don*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 4(7). Pp. 85-92. (in Russian)

Received 25 Jan 2019

Для цитирования:

Дикова, Л. В. Анализ экологической ситуации в районе размещения ООО «Политехник-Сервис» г. Азова Ростовской области / Л. В. Дикова, Н. С. Самарская // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 82-88.

FOR CITATION:

Dikova L.V., Samarskaya N. S. *Analysis of the ecological situation in the area of location of LLC «Politekhnik-Servis» in Azov, Rostov region*. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 82-88. (in Russian)

ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ХОЗЯЙСТВО И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

ROAD TRANSPORT, AGRICULTURE AND CONSTRUCTION MACHINES

УДК 621.396.7:621.878

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ МАШИНАМИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

А. А. Кононов, А. Д. Кононов

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

Кононов Александр Давыдович, канд. физ.-мат. наук, доцент, профессор кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473) 271-52-70; e-mail: kniga126@mail.ru

Рассмотрены различные способы подавления помех и проведено сопоставление характеристик уменьшения влияния воздействий в радиоканале системы дистанционного управления машинами дорожно-строительного комплекса. Получены численные значения по характеристикам подавления и ухудшения устойчивости по отношению к импульсным помехам по причине расширения их спектра при действии системы подавления импульсных помех. На основе анализа полученных данных предложена схема приемного устройства с возможностью применения различных методов для повышения точности передачи сигналов в информационной системе. Разработанная схема позволяет исследовать в лабораторных условиях возможные методы подавления искажений передаваемого информационного сигнала, создавая различные помеховые ситуации.

Ключевые слова: технологические машины; дорожно-строительный комплекс; передача сигналов; система управления; точность.

Строительство современных автомобильных дорог должно осуществляться с высокой производительностью работ при одновременном снижении затрат и обеспечении выполнения требований стандартов к качеству. Решение такой многоцелевой задачи может быть достигнуто улучшением конструктивных характеристик и параметров дорожно-строительных машин, высоким качеством используемых материалов и совершенствованием систем управления [1...3].

Важным направлением повышения эффективности использования технологических машин дорожно-строительного комплекса является развитие систем дистанционного управления [4...6]. В работах [7...11] предложены варианты построения систем дистанционного управления движением технологических машин дорожно-строительного комплекса. Одним из важнейших требований, предъявляемых к системам радиопередачи и связи, является достоверность информации, передаваемой от источника к приемнику. В реальных условиях выполнению этого требования неизбежно препятствуют ошибки, вызываемые внутренними шумами, возникающими в самом приемном устройстве, а также внешними помехами и искажениями сигнала при его прохождении по радиоканалу, причем среди всех типов помех наибольшее воздействие на полезный информационный сигнал

оказывают помехи импульсного типа [12, 13]. В [14, 15] рассмотрены способы борьбы с этими помехами посредством высокочастотной (ВЧ) и низкочастотной (НЧ) фильтрации.

Следует отметить, что информационные технологии, применяемые для подавления импульсных помех, в определенной мере противоречат условиям, при которых возможно подавление сосредоточенных помех, и даже иногда могут способствовать увеличению их воздействия. Действительно, для подавления импульсных помех необходимо нелинейное устройство в широкополосной части приемника. Если в полосе пропускания на входе этого нелинейного устройства имеются мощные сосредоточенные помехи, то на его выходе появляются комбинационные частоты, часть которых оказывается в полосе частот сигнала. Таким образом, сосредоточенные помехи после прохождения нелинейного устройства «размножаются», и возможность их подавления значительно уменьшается.

Поскольку основным отличительным признаком импульсной помехи является наличие широкого (теоретически бесконечного) спектра, превышающего по протяженности спектр полезного сигнала, все системы подавления импульсных помех так или иначе основаны на этом различии спектров, а также на амплитудных различиях. Условно системы подавления помех могут быть объединены в несколько следующих видов, разделяемых, в свою очередь, на следующие подвиды:

1) Ограничение амплитуды смеси помехи с сигналом:

а) с ограничителем, находящимся между двумя узкополосными трактами, причем под узкополосным понимается тракт, сопряженный с сигналом (УОУ);

б) с ограничителем, находящимся после широкополосного и перед узкополосным трактом – ШОУ (под широкополосным понимается тракт, служащий и пригодный для выделения импульсной помехи в виде, который необходим для дальнейших действий относительно ее).

2) Прерывание прохождения смеси сигнала с помехой в тракте приемника на время действия помехи. При этом прерыватель может быть расположен:

а) между узкополосными трактами – УПУ;

б) между широкополосным и узкополосным трактами – ШПУ.

3) Компенсация эффекта действия помехи с двумя основными случаями:

а) спектр частот канала компенсации не перекрывает спектра основного канала и примерно равен ему (канал компенсации с узким спектром – УК);

б) спектр частот канала компенсации перекрывает значительно больше по ширине, чем спектр основного канала (канал компенсации с широким спектром – ШК).

4) Сведение смеси сигнала с помехой на выходе регулирующего каскада к уровню сигнала, имеющемуся во время действия помехи, – ШРСУ. Принцип действия в том, что основными блоками являются регулируемый элемент Р и элемент сравнения С, на котором быстрые изменения огибающей смеси, вызванные помехой, выделяются и подаются в противофазе на регулируемый элемент.

5) Ограничение в приемном устройстве скорости нарастания принимаемых сигналов. Здесь известны два основных метода реализации:

а) сравнение скоростей нарастания колебаний при помощи дифференцирующей цепи (после детектора) с ограничением скоростей, превышающих предельно допустимую, при помощи управляемой обратной связи – ШРДУ. Основные элементы: дифференцирующая цепь и регулируемый элемент, управляемый выходным сигналом этой цепи;

б) использование непосредственного дифференцирования принимаемого сигнала с помехой, ограничения и последующего интегрирования ШДИУ.

6) Преобразование спектра сигналов с целью ослабления импульсных помех при обратном преобразовании со следующими вариантами:

а) нелинейное преобразование по схеме: линейное преобразование (фильтрация) – ограничение – обратное линейное преобразование (фильтрация) – ФОФ;

б) растягивание импульсных помех во времени или линейное преобразование спектра

сигнала на передающем конце и обратное линейное преобразование на приемном конце по схеме: сигнал – фильтр – сигнал + помеха – обратный фильтр – ФФ. На передающем конце создается задержка во времени компонентов спектра сигнала, пропорциональная их частоте, что соответствует подъему амплитудно–частотной характеристики при увеличении частоты. На приемном конце имеется обратная зависимость.

Все вышеперечисленные модели могут быть подвергнуты сравнительной оценке, для которой необходимо проанализировать две основные характеристики.

Первой является характеристика подавления Q_1 . Она определяется отношением энергии импульсной помехи $U_{вхп}$, которая может быть подавлена при сохранении требуемого качества приема сигнала, к энергии посылки сигнала на входе приемника $U_{вхс}$:

$$Q_1 = \frac{U_{вхп}}{U_{вхс}} \sqrt{\frac{\tau_n}{\tau_c}}, \quad (1)$$

где τ_n , τ_c – длительности импульсов помехи и принимаемого сигнала на входе дешифратора.

Воздействие импульсных помех всегда приводит к ухудшению отношения «сигнал/шум» на выходе приемника, и наилучшей является та система подавления, при которой суммарная помеха на выходе приемника оказывается наименьшей. Поэтому необходимо ввести характеристику Q_2 ухудшения устойчивости по отношению к неимпульсным помехам по причине расширения спектра последних при действии системы подавления импульсных помех. Эта характеристика является вероятностной, так как определяет возможность увеличения уровня помех на выходе приемника за счет ухудшения помехоустойчивости по отношению к неимпульсной помехе:

$$Q_2 = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \beta_{ш}(f) y_{ш}(f) S(f) df}{\int_{-\infty}^{\infty} y_y(f) S(f) df}, \quad (2)$$

где $S(f)$ – спектр импульсной помехи; $y_{ш}(f)$ и $y_y(f)$ – соответственно частотные характеристики широкополосного и узкополосного трактов; $\beta_{ш}(f)$ – амплитуда эффекта на выходе приемника от воздействия на его вход единичной гармонической составляющей.

Таким образом, Q_2 определяет максимально возможный эффект на выходе приемника и без учета фазовых и временных соотношений.

При постоянной спектральной плотности суммы неимпульсных помех в области частот приема с характеристиками широкополосного и узкополосного трактов Δf и ΔF (обозначим $S_{\Delta f}$ и $S_{\Delta F}$ – их спектры) выражение (2) принимает вид:

$$Q_2 = \frac{2}{\pi} \ln \frac{\Delta f}{\Delta F} \frac{S_{\Delta f}}{S_{\Delta F}}. \quad (3)$$

Результаты сравнения данных для различных моделей систем подавления по нормированным характеристикам Q_1 и Q_2 позволили составить сравнительную таблицу числовых диапазонов этих характеристик для перечисленных ранее групп методов борьбы с искажениями.

В полосе Δf может находиться много сильных мешающих сигналов, превышающих в $10^2 \dots 10^4$ раз уровень полезного сигнала, попадающего в полосу ΔF . Поэтому даже небольшое отличие $Q_2 \frac{S_{\Delta F}}{S_{\Delta f}}$ от нуля приводит к резкому увеличению помех на выходе приемника.

Результаты сравнения систем подавления импульсных помех по нормированным характеристикам Q_1 и Q_2

Наименование системы подавления	$Q_1 \sqrt{\frac{\tau_c}{\tau_n}}$	$Q_2 \frac{S_{\Delta F}}{S_{\Delta f}}$
УОУ, УПУ	1 - 10	0
ШОУ	10 - 10 ²	1,3 - 2
ШПУ	10 ³ - 10 ⁴	0,5 - 1,0
ШК	1 - 10	0,7 - 1,3
УК	10 - 10 ²	0,6 - 1,0
ШРСУ	10 ³ - 10 ⁴	0,6 - 1,3
ШРДУ	10 ³ - 10 ⁴	0,6 - 1,3
ШДИУ	10 ² - 10 ³	1,3 - 2
ФОФ	10 - 10 ²	1,3 - 2
ФФ	1 - 10	1,0 - 1,6

Для подавления импульсных помех в приемнике с вариацией метода для различных рассмотренных видов систем может быть использована обобщенная схема устройства. На рисунке пунктир относится к группе методов ШРСУ и ШРДУ. Для методов ШОУ и ФФ элементы 2 и 3 включаются в элемент 1. Схема действительна так же для видов систем с компенсацией ШК и УК, например, метод искусственного гетеродина и метод искусственной помехи. В этом случае элемент 1 является вычитающим элементом, тракт 2 может быть исключен вовсе или включен в тракт 1, а элементы 2 и 3 служат для выработки вычитаемого напряжения помехи, как в методе искусственного гетеродина (трехканальном), где элемент 2 включает второй и третий каналы, так и в методе искусственной помехи (двухканальном). Схема так же может включать системы подавления УК и ШК.

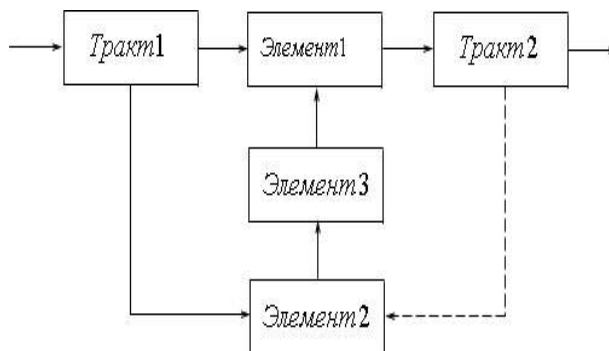


Схема приемного устройства с варьированием метода подавления помех

Предложенная схема позволяет исследовать в лабораторных условиях возможные методы подавления искажений передаваемого информационного сигнала, создавая различные помеховые ситуации. Условно можно системы борьбы с искажающими факторами разделить на активные и пассивные методы подавления импульсных помех в приемнике.

К активным относятся системы подавления, в которых элементы 1 и 2 явно выражены, например, ШПУ, ШРСУ, ШРДУ. К пассивным относятся системы, где элементы 1, 2, 3 объединяются, например, ШОУ, ШДИУ, ФФ. Это особенно наглядно при соотношении амплитуд помехи и сигнала $u_n \gg u_c$, что обычно соответствует действительности.

Пассивные системы имеют большие значения Q_2 , поскольку в них система подавления действует непрерывно, тогда как в активных системах она действует только в момент появления помехи. По этой же причине в активных системах практически реализуется большая величина Q_1 .

Заключение.

Проведенный анализ и предложенная схема приемного устройства для подавления импульсных помех с вариацией метода для различных рассмотренных видов систем позволяют оптимизировать их выбор для повышения неискаженности передачи информационного сигнала и повышения помехозащищенности команд управления технологическими машинами дорожно-строительного комплекса. Полученные расчетные данные позволили составить сравнительную таблицу числовых диапазонов основных характеристик для рассматриваемых видов систем борьбы с искажениями.

Приведенные результаты могут быть полезны для специалистов, работающих в области повышения эффективности и точности дистанционного управления движением технологических машин дорожно-строительного комплекса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кононов, А. Д.** Исследование возможностей создания координирующего программного устройства для реализации алгоритмов автоматического управления движением мобильных объектов / А. Д. Кононов, А. А. Кононов // Вестник Воронежского государственного университета, серия Системный анализ и информационные технологии. – 2015. – № 1 – С. 9-13.
2. **Кононов, А. А.** Применение методов пространственной оптической фильтрации в системах дистанционного управления технологическими машинами дорожно-строительного комплекса / А. А. Кононов, А. Д. Кононов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 88-95.
3. **Авдеев, Ю. В.** Устройство цифровой обработки выходных сигналов координатной системы для дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / Ю. В. Авдеев, А. Д. Кононов, А. А. Кононов, Н. А. Варданян // Известия вузов. Строительство. – 2011. – № 10(648). – С. 74-79.
4. **Авдеев, Ю. В.** Метод компенсации погрешностей измерения координат при автоматическом дистанционном управлении машинами дорожно-строительного комплекса / Ю. В. Авдеев, А. Д. Кононов, А. А. Кононов // Известия вузов. Строительство. – 2014. – № 8(668). – С. 75-80.
5. **Кононов, А. Д.** Алгоритм формирования сигналов управления в системах слеящего дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / А. Д. Кононов, Ю. В. Авдеев, А. А. Кононов // Известия вузов. Строительство. – 2010. – № 1. – С. 81-86.
6. **Кононов, А. Д.** Обработка информации радионавигационной системы для согласования с исполнительными механизмами мобильного объекта / А. Д. Кононов, А. А. Кононов, А. Ю. Изотов // Материалы XV Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии», г. Воронеж. – 2015. – Т. 1. – С. 99-102.
7. **Устинов, Ю. Ф.** Методологические основы экспериментального определения некоторых физико-механических свойств разрабатываемого грунта / Ю. Ф. Устинов, А. Д. Кононов, А. А. Кононов // Известия вузов. Строительство. – 2005. – № 11-12. – С. 109-113.
8. **Маршаков, В. К.** Определение диэлектрических параметров объектов СВЧ измерителем с антеннами ортогональной поляризации / В. К. Маршаков, А. Д. Кононов, А. А. Кононов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика, Математика. – 2006. – № 2. – С. 91-93.
9. **Кононов, А. Д.** Разработка алгоритма определения координат и сигнала рассогласования в задаче автоматического управления мобильными объектами в дорожном строительстве / А. Д. Кононов, А. А. Кононов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2014. – № 1. – С. 84-

89.

10. **Маршаков, В. К.** Анализ систем траекторного сопровождения мобильных объектов с автоматическим управлением / В. К. Маршаков, А. Д. Кононов, А. А. Кононов // В сборнике: Радиолокация, навигация, связь. XXI Международная научно-технической конференция, г. Воронеж. – 2015. – С. 1296-1304.

11. **Авдеев, Ю. В.** Разработка алгоритма определения координат в задаче дистанционного управления движением машинно-тракторных агрегатов / Ю. В. Авдеев, А. Д. Кононов, А. А. Кононов // В сборнике: Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник, г. Минск. – 2012. – № 46. – С. 24-31.

12. **Догадин, Н. Б.** Основы радиотехники / Н. Б. Догадин. – М.: Лань, 2008. – 384 с.

13. **Радиоприемные устройства** / Под ред. А. П. Жуковского. – М.: ВШ, 1989. – 342 с.

14. **Гойхман, Э. Ш.** Передача информации в АСУ / Э. Ш. Гойхман, Ю. И. Лосев. – М.: Связь, 1996. – 280 с.

15. **Кловский, Д. Д.** Теория передачи сигналов / Д. Д. Кловский. – М.: Связь, 1993. – 376 с.

Поступила в редакцию 27 января 2019

IMPROVING THE ACCURACY OF SIGNAL TRANSMISSION IN THE SYSTEM OF REMOTE CONTROLLING MACHINES OF THE ROAD-BUILDING COMPLEX

A. A. Kononov, A. D. Kononov

Kononov Andrey Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of management systems and information technologies in construction, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-52-70; e-mail: kniga126@mail.ru

Kononov Alexander Davidovich, Cand. fiz.-mat. Sciences, associate Professor, Professor of the Department of management systems and information technologies in construction, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473) 271-52-70; e-mail: kniga126@mail.ru

Various methods of noise suppression are considered and the characteristics of the impact reduction in the radio channel of the system of remote controlling the road-building complex machines are compared. The numerical values of the characteristics of suppression and deterioration of resistance to non-impulse noise due to the expansion of their spectrum under the action of the system of suppression of impulse noise are obtained. Based on the analysis of the data, a scheme of the receiver with the possibility of using different methods to improve the accuracy of signal transmission in the information system is proposed. The developed scheme allows us to investigate in the laboratory the possible methods of suppression of distortion of the transmitted information signal, creating a variety of noise situations.

Keywords: technological machines; road-building complex; signal transmission; control system; accuracy.

REFERENCES

1. **Kononov A. D., Kononov A. A.** *Examination of opportunities of making of an introducing timing unit for embodying algorithms of automatic control of a motion of mobile objects.* The Bulletin of the Voronezh state university. Series: the systems analysis and information techniques. Voronezh. 2015. No. 1. Pp. 9-13. (in Russian)

2. **Kononov A. A., Kononov A. D.** *Application of methods of spatial optical filtration systems in the systems of remote control of technological machines of road-building complex.* Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 88-95. (in Russian)

3. **Avdeev Yu. V., Kononov A. D., Kononov A. A., Vardanyan N. A.** *Digital processing of output signals coordinate array system for remote control earth-moving machines.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2011. No. 10(648). Pp. 74-79. (in Russian)
4. **Avdeev Yu. V., Kononov A. D., Kononov A. A., Vardanyan N. A.** *Method of compensation of errors of coordinates measuring at an automatic remote control by machines of a road-building complex.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2014. No. 8(668). Pp. 75-80. (in Russian)
5. **Kononov A. D., Avdeev Yu. V., Kononov A. A.** *The algorithm of formation of control signals in servo remote-control earth-moving.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2010. No. 1. Pp. 81-86. (in Russian)
6. **Kononov A. D., Kononov A. A., Izotov A. Yu.** *Processing information of the navigation system to align with the Executive mechanisms of the mobile object.* Voronezh, Materials of XV International scientific conference «Informatics: problems, methodology, technologies». 2015. Vol. 1. Pp. 99-102. (in Russian)
7. **Ustinov Yu. F., Kononov A. D., Kononov A. A.** *Methodological foundations of the experimental determination of some physico-mechanical properties of soil to be excavated.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2005. No. 11-12. Pp. 109-113. (in Russian)
8. **Marshakov V. K., Kononov A. D., Kononov A. A.** *Determination of the dielectric parameters of the objects of the microwave meter antennas with orthogonal polarization.* The Bulletin of the Voronezh state university. Series: Physics, Mathematics. 2006. No. 2. Pp. 91-93. (in Russian)
9. **Kononov A. D., Kononov A. A.** *Development of the algorithm of definition of coordinates and error signal in the problem of automatic controlling mobile objects in road.* The Bulletin of the Voronezh state university. A series: The systems analysis and information techniques. 2014. No. 1. Pp. 84-89. (in Russian)
10. **Marshakov V. K., Kononov A. D., Kononov A. A.** *Analysis of trajectory tracking systems for mobile objects with automatic control.* Voronezh, Radar, navigation, communication. XXI international scientific and technical conference. 2015. Pp. 1296-1304. (in Russian)
11. **Avdeev Yu. V., Kononov A. D., Kononov A. A.** *Development of an algorithm for determining the coordinates in the problem of remote control of the movement of machine and tractor units.* Minsk, Mechanization and electrification of agriculture. Interdepartmental thematic collection. 2012. No. 46. Pp. 24-31. (in Russian)
12. **Dogadin N. B.** *Fundamentals of radio engineering.* Moscow, LAN. 2008. 384 p. (in Russian)
13. **Zhukovsky A. P.** *Radio receivers.* Moscow, Higher School. 1989. 342 p. (in Russian)
14. **Goikhman E. S., Losev Yu. I.** *Information Transfer in the ACS.* Moscow, Svyaz'. 1996. 280 p. (in Russian)
15. **Klovsky D. D.** *The Theory of signal transmission.* Moscow, Svyaz'. 1993. 376 p. (in Russian)

Received 27 Jan 2019

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Кононов, А. А. Повышение точности передачи сигналов в системе дистанционного управления машинами дорожно-строительного комплекса / А. А. Кононов, А. Д. Кононов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 89-95.

FOR CITATION:

Kononov A. A., Kononov A. D. *Improving the accuracy of signal transmission in the system of remote controlling machines of the road-building complex.* Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 89-95. (in Russian)

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

УДК 628.46/.47

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ И КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОТХОДОВ

**Ф. Ф. Гаев, М. Л. Рахманов, С. И. Шканов, А. М. Якушина,
Э. С. Цховребов, Е. Г. Величко**

Гаев Федор Федорович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ФГАУ «НИИ «Центр промышленной экологической политики», Мытищи, Российская Федерация, тел.: +7(916)879-72-70; e-mail: info@fgunitspuro.ru

Рахманов Михаил Львович, д-р техн. наук, профессор Московского авиационного института, главный научный сотрудник ФГАУ «НИИ «Центр промышленной экологической политики», Мытищи, Российская Федерация, тел.: +7(985)922-68-39; e-mail: domrml@yandex.ru

Шканов Сергей Иванович, инженер, ФГАУ «НИИ «Центр промышленной экологической политики», Мытищи, Российская Федерация, тел.: +7(926)654-41-35; e-mail: Shkanov1@mail.ru

Якушина Анастасия Михайловна, инженер, ФГАУ «НИИ «Центр промышленной экологической политики», Мытищи, Российская Федерация, тел.: +7(495)240-00-00 (доб. 1905); e-mail: a.yakushina@eipc.center

Цховребов Эдуард Станиславович, канд. экон. наук, главный научный сотрудник, ФГАУ «НИИ «Центр промышленной экологической политики», Мытищи, Российская Федерация, тел.: +7(985)892-28-91; e-mail: e.tshovrebov@eipc.center

Величко Евгений Георгиевич, д-р техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и материаловедения, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Российская Федерация, тел.: +7 9296517061; e-mail: pct44@yandex.ru

В настоящее время наша страна существенно отстает по уровню утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО) и крупногабаритного мусора (КГМ), извлечения ценных компонентов из таких отходов и использования вторичных материальных ресурсов от ведущих стран ЕС, США, Японии. Одна из основных причин – отсутствие экономически эффективной системы управления отходами и вторичными ресурсами. Наблюдается ухудшение экологической обстановки, связанное с закрытием полигонов твердых коммунальных отходов, ростом несанкционированных свалок мусора. Эта проблема определяет необходимость поиска новых научно-методических подходов и практических решений не только в области планирования размещения объектов инфраструктуры утилизации отходов, но и создания экономически эффективной системы раздельного сбора и предварительной обработки ТКО и КГМ в источниках их образования, обоснования и оптимизации нормативов накопления этих отходов для граждан. Существующая система организации сбора полезных компонентов ТКО никак не стимулирует жителей к раздельному сбору вторичных ресурсов. С учетом актуальности и значимости проблемы в настоящей статье представлены обоснованные предложения, методические подходы к организации и планированию мероприятий по созданию и развитию комплексной системы раздельного сбора и предварительной обработки данных отходов в системе коммунальной инфраструктуры России. В работе по результатам проведенных научных исследований и изысканий предложены подходы к организационно-техническому и экономическому обоснованию решения актуальной задачи, затрагивающей все слои российского общества: оптимизации системы расчета норматива накопления с учетом различных факторов и условий; снижения финансовой нагрузки на население в части тарифов на вывоз и утилизацию мусора; экономического стимулирования населения к осуществлению раздельного сбора и предварительной обработки компонентов твердых коммунальных и крупногабаритных отходов до уровня востребованных вторичных материальных ресурсов для выпуска продукции, оказания услуг, получения энергии.

Ключевые слова: коммунальная инфраструктура; экономическое регулирование и стимулирование; вторичные материальные ресурсы; твердые коммунальные отходы; крупногабаритный мусор; норматив накопления отходов; раздельный сбор и обработка отходов.

В последнее десятилетие, несмотря на ухудшающуюся экологическую обстановку, связанную с повсеместным закрытием полигонов твердых коммунальных отходов, ростом несанкционированных свалок, негативным воздействием эксплуатируемых объектов захоронения отходов на здоровье граждан и окружающую среду с нанесением экономического ущерба (экологического вреда) природным ресурсам, наметилась тенденция существенного роста тарифов на вывоз и утилизацию твердых коммунальных отходов (ТКО) и крупногабаритного мусора (КГМ), затрагивающая всё население России.

Данная проблема диктует необходимость поиска новых научно-методических подходов и практических решений не только в области планирования размещения промышленной инфраструктуры утилизации отходов, но и развития методов ресурсосбережения, создания эффективной системы раздельного сбора и предварительной обработки компонентов ТКО и КГМ в источниках образования, оптимизации нормативов накопления этих отходов для граждан в зависимости от различных факторов [1...4].

Анализ правовых документов в данной сфере, территориальных схем и региональных программ по обращению с отходами показал, что нормативы накопления ТКО и КГМ, привязанные к человеку как к источнику их образования, имеют по субъектам Российской Федерации существенное различие и варьируются в большинстве регионов в пределах 1,2...2,5 куб м на человека в год по ТКО и 0,25...0,5 куб м - по КГМ. С учетом означенных выше интервалов объемов не представляется возможным точно оценить и их массу, так как принятая плотность несортированных отходов также имеет достаточно широкий диапазон оценки - от 0,15 до 0,29 т/м³.

В итоге, согласно утвержденным нормам, по различным регионам образование ТКО и КГМ отличается почти в 2,5 раза (250 %) с учетом фактора неоднородности морфологического состава, данных отходов и типа жилья. К тому же, при расчете тарифов на вывоз и утилизацию отходов, исходя из установленных обобщенных нормативов образования ТКО и КГМ, не учитывается ряд факторов, существенным образом влияющих на данные показатели. В ходе обоснования нормативов накопления ТКО и КГМ и оценке плотности таких отходов, как правило, не принимаются во внимание:

- ✓ неравномерность их накопления по климатическим зонам и географическим условиям, периодам года (теплый, холодный), дням недели (рабочие, выходные, праздничные дни), влияющие на их морфологический состав;
- ✓ существенные различия в насыпной плотности неоднородных компонентов ТКО и КГМ, зачастую расчеты по некоторым компонентам осуществляются с учетом показателя истинной плотности каждого компонента, а не насыпной, отражающей реальную оценку объемного веса отходов;
- ✓ уровень жизни, специфические условия ведения домашнего хозяйства, организации быта в различных регионах и поселениях;
- ✓ сезонные особенности перемещения и места проживания населения в летний период (отпуска, каникулы).

Вместо создания стимулов для населения к раздельному сбору вторичных ресурсов, еще более абсурдным для граждан становится вводимый порядок исчисления норм накопления отходов исходя из расчета на единицу общей площади жилья. Так, например, распоряжением Минэкологии Московской области от 09.10.2018 № 607-РМ по всему Подмосквовью установлены нормативы накопления как для многоквартирных, так и индивидуальных жилых домов в объеме 0,087 м³ на 1 м² по ТКО и 0,027 м³ на 1 м² в год по КГМ при соотношении 5,765 м³ на 1 тонну.

В процессе оценки норматива накопления на небольшой двухэтажный дом 6х6 м с

террасой 6×4 м общей площадью около 100 м² из расчета на проживание от одного до четырех человек, определено, что норматив накопления ТКО и КГМ на 1 человека в год составит при четырех проживающих – 2,85 м³, при двух – 5,7 м³, при одном жильце – целых 11,4 м³ (что составляет около двух тонн в год). В процессе эксплуатации частного дома общей площадью 200 м² в зависимости от месторасположения и зоны действия регионального оператора по обращению с отходами стоимость вывоза мусора в год может составить в среднем от 18 до 22 тысяч рублей.

При нормировании образования ТКО и КГМ с 1 кв. м будет вызывать сомнение обоснованность полученных данных, так как их различие, например, при расчете на одного проживающего в трехкомнатной квартире по сравнению с проживающим в однокомнатной – составит от 3 до 5 раз. Формирование указанным образом нормативов накопления противоречит принятым в большинстве стран мира и в современной России подходам к их определению на одного человека в зависимости от различных условий и факторов [5...11], в частности, в рамках Методических рекомендаций по определению и установлению норм накопления ТБО в муниципальных образованиях (М.ЦМЭП.2010.28 с.), которые теперь при расчете тарифов и норм во внимание не принимаются.

В результате введения таких нормативов и, соответственно, значительно возрастающей платы за вывоз и утилизацию мусора, в первую очередь пострадают одинокие, малосемейные, малоимущие граждане, пенсионеры, живущие в 1...2-х комнатных квартирах и в частных домах.

Для большинства граждан страны правомерно возникает насущный вопрос, имеющий социальный, экологический и экономический аспекты: соразмерны ли такие тарифы с постепенно снижающимся уровнем доходов населения, и насколько результативны и адекватны эти меры в перспективе, с учетом ухудшающейся годами, неуправляемой ситуации с загрязнением территорий регионов отходами. Предлагаемая реформа, по мнению авторов, противоречит приоритетам и принципам, заложенным в принятой Распоряжением Правительства Российской Федерации от 25.01.2018 № 84-р «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» (далее – Стратегия). В документе стратегического планирования определено, что источниками финансирования создания и развития отходов перерабатывающей отрасли на перспективу будут являться: государственные федеральные и региональные программы, средства экологического сбора, платежей предприятий за размещение отходов, возмещения ущерба (вреда), нанесенного природной среде в результате загрязнения отходами, программы госкорпораций, средства частных инвесторов, заемные средства, прибыль по результатам деятельности предприятий, занятых в сфере обращения с отходами. Этот перечень не предусматривает использование личных денежных средств граждан. Руководствуясь гражданским и экологическим законодательством, следует отметить и юридическую несостоятельность таких затратных для населения решений проблемы с вывозом ТКО.

Есть ещё несколько вопросов, которые не учитываются при реформировании тарифов на вывоз отходов: на каком основании собственник ТКО и КГМ, состоящих из полезных фракций, которые могут быть использованы в качестве вторичного сырья в хозяйственном обороте для производства новой продукции, вместо получения права и возможности реализовать за плату эти ценные вторичные ресурсы (как это повсеместно реализовывалось в СССР и весьма успешно – в настоящее время в странах ЕС, США и Японии) [3...6, 11...13], уменьшив при этом объем не утилизируемых отходов, обязан оплачивать стоимость вывоза, утилизации или захоронения всей массы образующихся отходов без предъявления полноценного обоснования норматива накопления? Как при этом государство стимулирует субъекта образования отходов к раздельному сбору и первичной их обработке (разборке, сортировке, очистке, промывке) в целях выделения полезных фракций – вторичных ресурсов,

состояние и качество которых обеспечит высокий уровень эффективности их использования в виде вторичного сырья?

С учетом актуальности и значимости проблем группой специалистов ФГАУ «НИИ «Центр экологической промышленной политики» совместно с учеными МГСУ, юристами в сфере гражданского и экологического права, предлагается новая прогрессивная система организации обращения ТКО и КГМ, экономического стимулирования их раздельного сбора и обработки.

Первостепенное значение в новой системе имеет полноценный обоснованный расчет норматива образования ТКО и КГМ на одного человека в год по массе (а не по объему), так как это предусмотрено утвержденной Росстатом и используемой Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации для ведения отчетности в сфере обращения с отходами формы 2-ТП статистического наблюдения (отходы). Наполнение данной формы по обращению ТКО и КГМ в большинстве случаев не может считаться объективным, точным и обоснованным в силу использования в ряде расчетов показателя истинной плотности при пересчете объема в количество (массу), либо усредненной насыпной плотности по всему составу ТКО (например, в Московской области – $1/5,765 \text{ м}^3/\text{т} = 0,173 \text{ т}/\text{м}^3$) – вместо насыпной плотности (объемной массы) по каждому компоненту отходов. Вместе с тем показатели насыпной и истинной плотности составляющих ТКО имеют значительную разницу (табл. 1), а содержание каждого компонента по массе и объёму существенно различаются [5, 6, 14, 15].

Таблица 1

Усредненные данные насыпной и истинной плотности компонентов ТКО

Компонент ТКО	Насыпная плотность, кг/м ³	Истинная плотность, кг/м ³
Картон	30...70	600...700
Бумага	40...100	700...1150
Газеты в кипе	100...120	800
Пищевые отходы	370	400...600 (овощи, фрукты, крупа)
Дерево	200...250	600...800 (массивная)
Текстиль	120...160	180...650
Пленка полиэтиленовая	13...15	950
ПЭТФ-бутылки	18...38	1350
Пр. полимерные отходы	26...36	900...1250
Стеклобой тарный	250...1360	-
Стекло в виде тары	300...415	2500
Металл цветной (банки)	37...47	2700
Металл черный	80...100	7700
Резинотехнические	240...260	900...1200
Мелкий мусор, смёт	200...625	-
Итого, в среднем	173	-
КГМ (в среднем)	200...500	-

Усредненный морфологический состав ТКО, приведенный в территориальной схеме по обращению с отходами, в том числе с ТКО Московской области, выглядит следующим образом: пищевые отходы – 34 %, металл – 4 %, текстиль – 3 %, древесные – 6 %, стекло – 12 %, полимеры – 14 %, бумага, картон – 19 %, смет – 6 %, прочие – 2 %.

Представим, что даже если житель образует в день 2 кг твердых коммунальных отходов (по натурным замерам, проведенным авторами, это примерно килограмм пищевых остатков, очисток, пара стеклянных бутылок (или $\frac{3}{4}$ л банок), пустых консервных банок, алюминиевой тары, несколько единиц пищевой полистирольной тары, ПЭТФ (2; 1,5 и 0,5 л), десяток полиэтиленовых пакетов, салфеток, окурков, гигиенических средств (зубо-

чистки, вата, прокладки и пр.), картонная коробка, поролоновая губка, две единицы полимерной тары из-под бытовой химии, продуктов или средств гигиены, половина квадратного метра оберточной бумаги, фольги, полиэтилена, полрулона туалетной бумаги), то в год их количество составит не более 700...730 кг, но не 1,5...2 тонны в соответствии с региональными нормативами.

Особенно остро новые нормативы накопления затрагивают индивидуальных домовладельцев в сельской местности. В частных домовладениях с приусадебным участком в составе отходов, подлежащих вывозу, как правило, исключаются применяемые в собственном хозяйстве пищевые отходы, садовый смёт: листва, растительные остатки (используются для компостирования), незагрязненные: бумага, картон, древесные остатки (сжигаются), текстиль, стекло-, пластиковая и металлическая тара. В ряде случаев повторно в приусадебном хозяйстве и эксплуатационных целях используются бутылки ПЭТФ, некоторые части вышедших из употребления электробытовых приборов, устройств, мебели. Таким образом, жителями частного сектора реализуются важнейшие общемировые приоритеты и направления обращения с отходами: предотвращение, сокращение их образования и максимально возможное использование в источнике, месте, на объекте их возникновения, формирования, сбора.

Поэтому с учетом целесообразного использования в агрокультурных, хозяйственных нуждах пищевых, древесных отходов, макулатуры, смёта (растительные, минеральные частицы), КГМ (части мебели, стройматериалов), даже без учета повторного использования иных вторичных ресурсов (стеклотары, металла) определим близкое к реальности количество образования ТКО для жителей сельской местности.

Ориентировочно среднегодовую массу образования ТКО в расчёте на одного жителя $M_{\text{ТКО}}$, т/год, можно рассчитать по зависимости:

$$M_{\text{ТКО}} = N_{\text{пл}} \cdot S(x_1 \cdot p_1 + \dots + x_n \cdot p_n), \quad (1)$$

где $N_{\text{пл}}$ – норматив образования ТКО на единицу общей площади жилья, $\text{м}^3/\text{м}^2$ в год; S – площадь жилья, м^2 ; $x_1, \dots, x_n$ – доля n -го компонента в составе ТКО; $p_1 \dots p_n$ – насыпная плотность n -го компонента в составе ТКО, т/ м^3 ;

Для частного дома площадью 100 м^2 и двумя жильцами образование ТКО составит: $M_{\text{ТКО}} = 0,087 \times 100 \times (0,04 \times 0,04 + 0,03 \times 0,15 + 0,12 \times 0,25 + 0,14 \times 0,03 + 0,02 \times 0,173) / 2 = 0,3807$ т/год.

Полученное значение порядка 381 кг на 1 чел. в год, т.е. примерно в 3-5 раз меньше установленных нормативов накопления, на основании которых взимается плата за вывоз и утилизацию мусора.

Экономическая и ресурсная целесообразность раздельного сбора ценных компонентов отходов не вызывает сомнения. Проведенный авторами анализ показателей территориальных схем и региональных программ по обращению с отходами, свидетельствуют о следующем. В Московской области при указанном составе отходов и смешанной системе их сбора на существующих сортировочных станциях возможно выделение до 15% вторичных ресурсов. Выделение большей доли вторичных ресурсов возможно либо в результате внедрения раздельного сбора отходов, либо дополнительных инвестиций в сортировочные станции.

По экспертным оценкам, в различных регионах России при раздельной системе сбора ТКО, средние значения извлечения ценных компонентов из отходов, пригодные для использования в качестве вторичных ресурсов существенно различаются (табл. 2).

Расчёты по оценке удельных инвестиций в технологии обработки на мусоросортировочных комплексах показывают, что для раздельно собранных и смешанных ТКО их величина соответственно составляет: 223 и 173 руб./ м^3 в год, т.е. различаются на 29 %. Годовые приведенные затраты на 1 м^3 отходов (даже без учета экономической оценки предотвращенного экологического вреда, разницы в стоимости выделенных вторичных ресурсов) при раздельной системе сбора ТКО составляют 61 руб., смешанной системе – 222 руб. [12...14], т.е. почти в 3,6 раз меньше за счет существенного снижения эксплуатационных

затрат на обработку вторичных ресурсов в целях их доведения до уровня востребованного вторичного сырья, уменьшения затрат на захоронение отходов.

Таблица 2

Средние значения доли отходов, пригодных для вторичного использования,
при различных способах сбора ТКО

Наименование отходов	Уровень возможного использования в качестве вторичных ресурсов	
	при смешанной схеме	при раздельной схеме
макулатура (бумага и картон)	10...15 %	85...90 %,
пластик	15 %	60...85 %,
стекло	40...60 %	70...90 %,
металл	50...60 %	80...90 %

В результате выявленных противоречий и с учетом постановки проблемы разрешению подлежат три задачи:

1. Оптимизация системы расчета норматива накопления с учетом всех факторов.
2. Снижение финансовой нагрузки на граждан в части тарифов на вывоз мусора.
3. Экономическое стимулирование населения к осуществлению раздельного сбора ТКО и КГМ с предварительной обработкой компонентов таких отходов.

Для решения этих задач выделим целевую функцию: обеспечение максимально организационно и технически возможного, экономически целесообразного, гигиенически и экологически безопасного извлечения ценных вторичных ресурсов из твердых коммунальных и крупногабаритных отходов для последующего использования в качестве вторичного сырья при минимизации затрат на их обработку на мусоросортировочных комплексах с одной стороны, и расходов населения на вывоз мусора по тарифам на основании установленных норм накопления – с другой.

Исходя из проведенного анализа факторов и условий, влияющих на величину норматива накопления ТКО предлагается следующий методический подход к определению данного показателя в тоннах на одного человека в год в виде расчетной зависимости:

$$M_{\text{НАК}} = V_{\text{НАК}} \times \left(\sum_{i=1}^n P_{Vi} \times D_i \times K_{i1} \right) \times K_{\text{Т}} \times K_{\text{Ж}} \times K_{\text{Сез}}, \quad (2)$$

где $M_{\text{НАК}}$ – норматив накопления ТКО на одного человека в год по массе (т/год); $V_{\text{НАК}}$ – объем накопления ТКО на одного проживающего в год, м^3 , рассчитанный на человека, а не на единицу площади проживания; D_i – содержание компонентов ($i=1, 2, 3...n$) в составе твердых коммунальных отходов, КГМ по массе (по перечню, принятому в территориальной схеме, усредненное по региону или детализированному в схемах санитарной очистки), долей (%/100); P_{Vi} – насыпная плотность i -го компонента ТКО, КГМ, $\text{т}/\text{м}^3$; K_{i1} – коэффициент, учитывающий использование i -го компонента ТКО для собственных хозяйственно-бытовых, агротехнических нужд (применяется для жителей индивидуальных домов в сельской местности с приусадебным хозяйством):

✓ для пищевых отходов – 0,1 (90 % пищевых отходов употребляется для агротехнических целей - компостирование),

✓ для макулатуры и древесных отходов (куски, стружка, опилки, древесно-кустарниковые остатки) – 0,05 (95 % данных отходов используются для собственных нужд (агротехнические (опилки, стружка, пыль), получение тепловой энергии);

✓ для садового смета, мелкого мусора – 0,1 (90 % листы, травяных остатков применяются для компостирования или сжигаются на садовом участке, в составе данного вида отхода остаются мелкие полимерные остатки, камни, бой стекла, обрезки тканей, окурки);

✓ для пр. отходов и КГМ (остатки стройматериалов: кирпича, плиток, керамики, древесные) после уточнения их перечней может устанавливаться – в пределах 0,2...0,5;
Кт – коэффициент, учитывающий фактическое время проживания в домовладении, квартире с учетом отпусков, дачного сезона (в случае получения жителями справок в органах местного самоуправления о месте и сроках проживания в данной местности, определяется отношением $n_{отс}/365$; где $n_{отс}$ – количество дней отсутствия по месту проживания); Кж – коэффициент, учитывающий тип жилья, степень благоустроенности жилищного фонда (квартира в многоквартирном доме, индивидуальное частное домовладение), численность городского и сельского населения, уровень развития социальной инфраструктуры [6, 15], для определения интервалов значения коэффициента по регионам требуются углубленные научные исследования взаимозависимости данных факторов; Ксез – коэффициент, учитывающий сезонное образование ТКО, (по данным [6], а также «Методических рекомендаций по определению и установлению норм накопления ТБО в муниципальных образованиях» (М.ЦМЭП.2010 г.), на основании многолетних исследований объектов санитарной очистки различных категорий в городах России, выявивших тенденцию изменения среднесезонных норм накопления ТКО, значение Ксез можно принимать: летом – 0,2 от годового количества, осенью – 0,3; весной – 0,27; зимой – 0,23).

Исходя из проведенного авторами анализа территориальных схем по обращению с отходами, в перечень ТКО по различным регионам включаются: пищевые отходы, макулатура (картон, бумага, газеты), древесные отходы (куски, стружка), металлолом (черный и цветной), стекло (тара и стеклобой), полимеры (с дифференциацией на ПЭТФ, пластмассу, пластик различных видов, оберточный полиэтилен), резина, текстильные отходы, мелкий мусор, смёт, прочие (позиция подлежит уточнению для применения показателя насыпной плотности); аналогичный перечень необходим и по КГМ (тара и упаковка, вышедшие из эксплуатации мебель, электронная техника и электротехнические приборы, устройства, строительные материалы и конструкции, сантехника, инвентарь).

Для обеспечения результативности вышеуказанного подхода к расчету годового норматива накопления ТКО и КГМ, в процессе осуществления деятельности по обращению этих отходов в сельских и городских поселениях в районах с преимущественно 1-2 этажной застройкой численностью до 5 тысяч проживающих (данная величина может уточняться, исходя из территориальных условий), предлагается перейти на используемый во многих регионах мобильный способ сбора и транспортирования данных отходов. Он не предусматривает установление в поселках, деревнях, СНТ контейнеров и контейнерных площадок. Эти объекты зачастую являются как источником повышенной экологической, гигиенической опасности для населения и окружающей среды из-за захламления прилегающей территории в связи с несоблюдением графиков вывоза мусора, правил эксплуатации, разворыванием контейнеров и оборудования на металлолом и по другим причинам, так и затратной статьей для жителей и организации, вывозящей мусор.

Мобильный способ сбора ТКО и КГМ у населения предусматривает:

✓ сбор предварительно сортированных отходов в оборотные пакеты для мусора различного цвета вместимостью до 10 кг и, по возможности, обработанных (очищенных, вымытых от содержимого, в т.ч. остатков пищи, иных загрязнений) составляющих ТКО (пластика, стекла, черного и цветного металла, текстиля), а также мелкого мусора, смёта, пищевых, древесных отходов, макулатуры - при отсутствии возможности их использования в хозяйстве) и отдельно без пакетов – КГМ;

✓ передача отходов в сортированном виде в соответствии с согласованным графиком сбора (один-два раза в неделю) представителям мусоровывозящей компании, принимающей отходы посредством объезда домовладений на специальной автомобильной технике (с бункерами для раздельного сбора различных компонентов ТКО и возвратом пакетов для мусора или общим бункером для сбора пакетов с различным содержимым и выдачей новых оборотных пакетов);

✓ сбор КГМ производится по индивидуальному графику по заявкам жителей.

Повсеместное внедрение такой системы сбора даст возможность региональным операторам по обращению с отходами:

✓ осуществлять мониторинг состава сдаваемых ТКО и КГМ по компонентам, представляющим ресурсную ценность в разрезе населенных пунктов, сельских поселений, муниципальных, городских округов;

✓ контролировать уровень использования вторичных ресурсов конкретным домовладельцем для собственных нужд, что повлияет на определение норматива накопления, соответственно, тарифа на вывоз, утилизацию отходов;

✓ наладить раздельный сбор ТКО и КГМ;

✓ организовать полноценный объективный обоснованный учет обращения вторичных ресурсов и не утилизируемых отходов;

✓ снизить затраты на организацию контейнерных площадок, покупку, замену, ремонт, эксплуатацию (обработку, мойку, дезинфекцию) контейнеров, очистку от захламления прилегающих территорий к контейнерным площадкам.

Данная система, учитывающая социально-экономические факторы и условия жизнедеятельности российского гражданина будет стимулировать жителей индивидуальных домов к максимально технически возможному и гигиенически безопасному использованию вторичных ресурсов для нужд домашнего и приусадебного хозяйства, раздельному сбору и предварительной обработке компонентов ТКО и КГМ.

Вместе с тем, возрастной и социальный состав населения, уровень его обеспеченности, культуры, уклад жизни, объёмы и структура потребления в крупных городах коренным образом отличаются от аналогичных показателей в сельских поселениях и районных центрах. Динамичность и высокий уровень жизни, занятость, отсутствие желания и времени задумываться об экологических проблемах никак не способствуют и тем более не стимулируют граждан к раздельному сбору коммунальных отходов и тем более - их предварительной обработке.

Несмотря на это, экономические рычаги такого процесса уже начали обозначаться после введения высоких тарифов на вывоз отходов. Не у всех обеспеченных граждан, а тем более малоимущих слоев, инвалидов, пенсионеров, студентов, рядовых служащих, рабочих и научных работников имеется желание и возможности выделять из собственного бюджета от 10 до 30 тысяч в год на вывоз ТКО. Еще большее волнение вызывает идея мусоросжигания несортированных отходов, повсеместно отвергаемая гражданами по результатам общественных слушаний. Степень опасности для здоровья населения и будущих поколений эксплуатации таких объектов в России малоизучена и не может не вызывать справедливых опасений.

Ситуацию может изменить предлагаемый авторами методический подход, позволяющий комплексно подойти к решению системы: оптимизации расчета норматива накопления в коммунальном комплексе с учетом различных факторов, снижению финансовой нагрузки на граждан в части тарифов на вывоз мусора, экономического стимулирования населения к осуществлению раздельного сбора ТКО с предварительной обработкой компонентов данных отходов до уровня востребованных вторичных ресурсов.

Стратегия данного научно-методического подхода состоит в предоставлении гражданам права и возможностей самим выбирать форму личного организационно-финансового участия в решении проблемы обращения с отходами в нашей стране.

Предлагаемый авторами альтернативный вариант дает возможность гражданам самим непосредственно участвовать в организационно-экономических процессах обращения с данными видами отходов потребления, получая при этом в виде экономического стимулирования скидку по оплате вывоза и утилизации мусора в системе коммунальных платежей ЖКХ. Базовой составляющей расчета такой скидки в расчете на одного человека будет являться разница между установленным годовым нормативом накопления этих отходов по

массе и суммарной годовой массы отдельно собранных, предварительно обработанных и принятых на пунктах сбора вторсырья компонентов ТКО и КГМ в виде вторичных ресурсов:

$$M_{\text{тариф}} = M_{\text{н.н.}} - M_{\text{вмр}}, \quad (3)$$

где $M_{\text{тариф}}$ – итоговый расчетный норматив накопления с учетом сдачи вторичных ресурсов, т (кг) /год; $M_{\text{н.н.}}$ – установленный годовой норматив накопления ТКО и КГМ по массе, т (кг) /год; $M_{\text{вмр}}$ – суммарная годовая величина массы отдельно собранных, предварительно обработанных и принятых на пунктах сбора вторсырья компонентов ТКО и КГМ в виде вторичных ресурсов, т (кг) /год.

В ряде случаев, для малоимущих семей, пенсионеров, студентов, в целях минимизации итогового расчетного норматива накопления, данная система будет стимулировать не только к сдаче своих образовавшихся вторичных ресурсов, но и к поиску и сбору таковых в общественных местах, природных зонах, что, в свою очередь, приведет к предупреждению и снижению уровня загрязнения территорий данными видами отходов.

Для практической реализации предлагаемой системы региональным и местным властям необходимо решить следующие организационно-управленческие, правовые задачи:

- ✓ определить оптимальное количество стационарных и передвижных пунктов сбора вторсырья, исходя из расчета количества охватываемого населения, удобства пользования гражданами, особенностей территориального размещения объектов сбора, экономически целесообразного расстояния перевозки вторичных ресурсов и не утилизируемых отходов;
- ✓ разработать типовой комплекс сбора вторсырья, определить состав оборудования (весы, бункеры, тара, погрузочно-разгрузочная техника), технических, санитарно-гигиенических устройств, обслуживающего персонала для обеспечения эффективной работы;
- ✓ обеспечить размещение таких объектов с учетом экологических, санитарно-гигиенических, технических, градостроительных требований, правил, норм;
- ✓ утвердить состав ТКО и КГМ по муниципальным районам, сельским поселениям, городским округам, муниципалитетам в мегаполисах, определить насыпную плотность (объемные веса) составляющих этих отходов, установить массовое содержание компонентов в общем количестве отходов потребления с учетом сезонности, вида жилфонда и иных факторов;
- ✓ установить требования к принимаемым вторичным ресурсам (состав, форма и вид при сдаче, необходимость уплотнения, отсутствие твердых и жидких загрязнений, неприятных запахов, предварительная сортировка стекла по цвету, удаление этикеток с тары, запрет на прием компонентов, частей, составляющих отходов 1...3 класса опасности);
- ✓ оборудовать измерительными приборами (весами) специальную автотехнику, осуществляющую мобильный сбор ТКО и КГМ у сельского населения;
- ✓ регламентировать и оптимизировать виды оборотной тары для раздельного сбора вторичных ресурсов и не утилизируемых отходов (цвет, вместимость, материал, сроки использования по гигиеническим требованиям);
- ✓ определить формы бумажного и электронного учета обращающихся вторичных ресурсов как для населения (для расчета окончательного индивидуального норматива накопления), так и для регионального оператора;
- ✓ актуализировать принятый в различных регионах порядок определения норматива накопления с учетом обозначенных и проанализированных в статье факторов, и условий, приоритетности организации и стимулирования раздельного сбора выделяемых из этих отходов вторичных ресурсов;
- ✓ определить порядок информирования населения об экономических, экологических результатах деятельности региональных операторов в сфере обращения с отходами.

По результатам научных исследований настоящей работы:

- ✓ выявлены значительные несоответствия между реальным количеством накопления

ТКО и КГМ на одного жителя и установленными нормативными значениями в территориальных схемах по обращению с отходами, закрепленных в нормативно-правовых документах органов исполнительной власти, сформулированы причины такого несоответствия;

✓ систематизированы факторы и условия, влияющие на величину норматива накопления твердых коммунальных и крупногабаритных отходов;

✓ предложены методические подходы к расчету норматива накопления ТКО и КГМ с учетом различных факторов и условий;

✓ определены варианты оптимальной организации системы сбора и вывоза ТКО и КГМ в городах и сельской местности с учетом раздельного сбора и предварительной обработки таких отходов в местах образования;

✓ обоснованы и предложены меры экономического стимулирования населения к раздельному сбору и предварительной обработке ТКО и КГМ.

✓

Заключение.

Полученные результаты при их внедрении органами местного самоуправления, региональными операторами в муниципальных образованиях, городских округах, сельских поселениях позволяют достичь:

✓ экономического эффекта, связанного с увеличением количества и стоимости выделенных вторичных ресурсов, доведенных до уровня вторичного сырья, снижения себестоимости обработки собранных ТКО и КГМ;

✓ экологического эффекта, вызванного уменьшением в 3...7 раз поступления не утилизируемых коммунальных отходов на полигонное захоронение;

✓ природноресурсного эффекта, определенного экономией невозобновляемых природных ресурсов в производственных процессах в результате замещения вторичными ресурсами, выделенными из ТКО и КГМ;

✓ социально-экономического эффекта, вызванного снижением тарифов для населения на вывоз и утилизацию мусора, а также осознанием гражданами необходимости раздельного сбора этих отходов, их обработки, максимального использования для собственных хозяйственных нужд, эффективным экономическим стимулированием данных процессов;

✓ организационно-управленческого эффекта, связанного с налаживанием полноценной объективной системы учета, мониторинга обращения ТКО и КГМ, вторичных ресурсов;

✓ политического эффекта, связанного со снижением напряженности в обществе и протестных настроений из-за нерешаемой «мусорной проблемы», угрозы экологической опасности, роста тарифов для населения в системе коммунальной инфраструктуры России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Садов, А. В.** Пути решения проблемы обращения с отходами на уровне региона / А.В. Садов, Э.С. Цховребов // Вестник РАЕН. – 2011. – № 5. – С. 29-31.

2. **Цховребов, Э. С.** Экономические и правовые вопросы оценки экологического ущерба (вреда) / Э.С. Цховребов, С.В. Садова // Вестник РАЕН. – 2014. – № 2. – С. 57-59.

3. **Куприн, Р. Г.** Правовое обеспечение и экономическое регулирование обращения с отходами и вторичными ресурсами / Р. Г. Куприн, Э. С. Цховребов, У. Д. Ниязгулов // Качество. Инновации. Образование. – 2018. – № 2. – С. 62-70.

4. **Алексеев, А. А.** Развитие региональной системы управления вторичными материальными ресурсами: опыт проекта SE500 / А. А. Алексеев, А. Е. Карлик, Л. П. Махатадзе // Экономика и управление. – 2013. – № 4(90). – С. 12-18.

5. **Голубин, А. К.** Концепция управления твердыми бытовыми отходами / А. К. Голубин, В. В. Девяткин, Л. Я. Шубов. – М.: ГУ НИЦПУРО, 2000. – 72 с.

6. **Мирный, А. Н.** Санитарная очистка и уборка населенных мест: справочник. / А. Н. Мирный, Н. Ф. Абрамов. – М.: АКХ им. К. Д. Памфилова, 1997. – 609 с.
7. **Vehlow, J.** Municipal solid waste management in Germany. Waste Manage / J. Vehlow. – 1996. – Vol. 16. – Issue 5/6. – Pp. 367-374.
8. **Mothi, G.** Urban solid waste management: a micro analysis: Dissertation thesis / G. Mothi. The University of Kerala, Thiruvananthapuram, 2012. – 199 p.
9. **Sornil, W.** Solid waste management planning using multi-objective genetic algorithm / W. Sornil // Journal of Solid Waste Technology & Management. – 2014. – Vol. 40. – Pp. 33.
10. **Mazzanti, M.** Waste generation, waste disposal and policy effectiveness. Evidence on decoupling from the European Union / M. Mazzanti, R. Zoboli // Resources, Conservation and Recycling. – 2008. – Vol. 52. – Issue. 10. – Pp. 1221-1234.
11. **Abeliotis, K.** Life Cycle Assessment in Municipal Solid Waste Management / K. Abeliotis // Integrated Waste Management; Ed.: Mr. Sunil Kumar. – 2011. – Vol. I. – Pp. 24.
12. **Robin Murray.** Zero waste. Greenpeace Environmental Trust, 2002. – 211 p.
13. **Material Recycling - Trends and Perspectives** / ed. S. Dimitris, D.S. Achilias (ed.). – InTech, 2012. – 420 p.
14. **Бабанин, И.** Мусорная революция: как решить проблему бытовых отходов с минимальными затратами / И. Бабанин. – М.: ОМННО «Совет Гринпис», 2008. – 21 с.
15. **Шубов, Л. Я.** Технология отходов мегаполиса. Технологические процессы в сервисе / Л. Я. Шубов, М. Е. Ставровский, Д. В. Шехирев. – М.: Известия, 2002. – 376 с.

Поступила в редакцию 30 января 2019

ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL ASPECTS OF SEPARATE COLLECTION OF SOLID COMMUNAL AND LARGE-SIZED WASTE

**F. F. Gaev, M. L. Rakhmanov, S. I. Shkanov, A. M. Yakushina,
E. S. Tskhovrebov, E. G. Velichko**

Gaev Fedor Fedorovich, Cand. tech. Sciences, Senior Researcher, Federal State Autonomous Body Research Institute Environmental Industrial Policy Centre, Mytishchi, Russian Federation, phone: +7(916)879-72-70; e-mail: info@fgunitspuro.ru

Rakhmanov Mikhail Lvovich, Doctor of Technical Sciences, professor, Moscow Aviation Institute, Senior Researcher, Federal State Autonomous Body Research Institute Environmental Industrial Policy Centre, Mytishchi, Russian Federation, phone: +7(985)922-68-39; e-mail: domrml@yandex.ru

Shkanov Sergey Ivanovich, engineer, Federal State Autonomous Body Research Institute Environmental Industrial Policy Centre, Mytishchi, Russian Federation, phone: +7(926)654-41-35; e-mail: Shkanov1@mail.ru

Anastasia Yakushina Mikhailovna, engineer, Federal State Autonomous Body Research Institute Environmental Industrial Policy Centre, Mytishchi, Russian Federation, phone: +7 (495)240-00-00 (ext. 1905); e-mail: a.yakushina@eipc.center

Tskhovrebov Eduard Stanislavovich, Cand. Econ. Sci., Senior Researcher, Federal State Autonomous Body Research Institute Environmental Industrial Policy Centre, Mytishchi, Russian Federation, phone: +7(985)892-28-91; e-mail: e.tskhovrebov@eipc.center

Velichko Yevgeniy Georgievich, Doctor of Technical Sciences, professor, Moscow state university of civil engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation, phone: +7(929)651-70-61; e-mail: pct44@yandex.ru

Currently, our country is lagging far behind in terms of utilization of solid municipal waste (MSW) and bulky waste (KGM), extraction of valuable components from such waste and the use of secondary material resources from the leading countries of the EU, the USA, and Japan. One of the main reasons is the lack of a cost-effective system for managing waste and secondary resources. There is a deterioration in the environmental situation associated with the closure of landfills for municipal solid waste, the growth of unauthorized landfills. This problem determines the need to find new scientific and methodological approaches and practical solutions not only in the planning of waste disposal infrastructure facilities, but also in creating an

economically efficient system for separate collection and pretreatment of MSW and KGM in the sources of their formation, justification and optimization of the standards for the accumulation of these wastes for citizens. The existing system of organizing the collection of useful components of MSW does not stimulate the residents to separate the collection of secondary resources. Taking into account the urgency and significance of the problem, this article presents reasonable proposals, methodological approaches to the organization and planning of measures for the creation and development of an integrated system of separate collection and preprocessing of waste data in the municipal infrastructure system of Russia. In the work, based on the results of the conducted research and surveys, approaches to the organizational, technical and economic rationale of solving the actual problem affecting all layers of Russian society are proposed: optimization of the system for calculating the accumulation rate taking into account various factors and conditions; reducing the financial burden on the population in terms of tariffs for the removal and disposal of garbage; economic incentives for the population to carry out separate collection and pre-treatment of components of solid municipal and large-sized waste to the level of demanded secondary material resources for the production of products, services, energy.

Keywords: communal infrastructure; economic regulation and incentives; secondary material resources; municipal solid waste; bulky waste; waste accumulation rate; separate collection and treatment of waste.

REFERENCES

1. **Sadov A. V., Tskhovrebov E. S.** *Ways of solving the problem of waste management at the regional level.* Herald RANS. 2011. No. 5. Pp. 29-31 (in Russian).
2. **Tskhovrebov E. S., Sadova S. V.** *Economic and legal issues of environmental damage (harm) assessment.* Herald RANS. 2014. No. 2. Pp. 57-59 (in Russian).
3. **Kuprin R. G., Tskhovrebov E. S., Niyazgulov U. D.** *Legal support and economic regulation of waste management and secondary resources.* Quality. Innovation. Education. 2018. No. 2. Pp. 62-70 (in Russian).
4. **Alekseev A. A., Dwarf A. E., Makhatadze L. P.** *Development of a regional management system for secondary material resources: project experience SE500.* Economics and Management. 2013. No. 4(90). Pp. 12-18 (in Russian).
5. **Golubin, A. K., Devyatkin V. V., Shubov L. Ya.** *The concept of municipal solid waste management.* Moscow, GU NITSPURO. 2000. 72 p. (in Russian).
6. **Mirny A. N., Abramov N. F.** *Sanitary cleaning and cleaning of populated areas. Directory.* Moscow, AKH them. K. D. Pamfilova. 1997. 609 p. (in Russian).
7. **Vehlow J.** *Municipal solid waste management in Germany.* Waste Manage. 1996. Vol. 16. Issue 5/6. Pp. 367-374.
8. **Mothi G.** *Urban solid waste management.* The University of Kerala, Thiruvananthapuram. 2012. 199 p.
9. **Sornil W.** *Solid waste management planning using multi-objective genetic algorithm.* Journal of Solid Waste Technology & Management. 2014. Vol. 40. Pp. 33.
10. **Mazzanti M.** *Waste generation, waste disposal and policy effectiveness. Evidence on decoupling from the European Union.* Resources, Conservation and Recycling. 2008. Vol. 52. Issue. 10. Pp. 1221-1234.
11. **Abeliotis K.** *Life Cycle Assessment in Municipal Solid Waste Management.* Integrated Waste Management. Ed.: Mr. Sunil Kumar. 2011. Vol. I. Pp. 24.
12. **Robin Murray.** *Zero waste.* Greenpeace Environmental Trust. 2002. 211 p.
13. **S. Dimitris** *Material Recycling - Trends and Perspectives.* InTech. 2012. 420 p.
14. **Babanin I.** *The garbage revolution: how to solve the problem of household waste with minimal costs.* Moscow, OMNNO Greenpeace Council. 2008. 21 p. (in Russian).

15. **Shubov L. Ya., Stavrovsky M. E., Shehirev D. V.** *Technology waste metropolis. Technological processes in service.* Moscow, Izvestia. 2002. 376 p. (in Russian).

Received 30 Jan 2019

Для цитирования:

Гаев, Ф. Ф. Экономические и организационные аспекты раздельного сбора твердых коммунальных и крупногабаритных отходов / Ф. Ф. Гаев, М. Л. Рахманов, С. И. Шканов, А. М. Якушина, Э. С. Цховребов, Е. Г. Величко // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 96-108.

FOR CITATION:

Gaev F. F., Rakhmanov M. L., Shkanov S. I., Yakushina A. M., Tskhovrebov E. S., Velichko E. G. *Economic and organizational aspects of separate collection of solid communal and large-sized waste.* Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 96-108. (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. Статьи в журнале публикуются бесплатно.

Подписка на журнал «Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура» в настоящее время не осуществляется. 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).

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:

русскаяязычная 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, звание (звания в негосударственных академиях наук и почётные звания не указывать), должность, наименование учреждения, в котором работает автор, город, страна, контактный телефон; e-mail автора, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
- ✓ **аннотация** объёмом от 200 до 250 слов, выравнивание по ширине, отступ слева и справа 1 см (шрифт 11 пт, обычный);
- ✓ **ключевые слова** от 5 до 12 слов, указывающие на принципиально важные объекты и особенности исследования, отделяются друг от друга точкой с запятой, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
- ✓ **текст статьи** (в тексте статьи должны быть отражены: актуальность проблемы, оценка степени ее разработанности, цели, задачи и методы решения научной задачи, полученные результаты). В конце статьи обязательно приводится **заключение**.

При оформлении текста статьи следует придерживаться следующих требований:

- ✓ русские и греческие буквы и индексы, а также цифры, аббревиатуры и стандартные функции (Re, cos и др.) в тексте, формулах, подписях к рисункам и в таблицах набираются прямым шрифтом; латинские буквы – курсивом;
- ✓ в статье должен быть необходимый минимум формул, которые:
 - ❖ следует набирать шрифтом Times New Roman в редакторе формул MS Equation или MathType;
 - ❖ начинать с красной строки;
 - ❖ располагать по центру и нумеровать арабскими цифрами в скобках у правого края страницы;
 - ❖ ссылки на формулы в тексте – арабскими цифрами в скобках;
- ✓ рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и добавлены в текст после первого упоминания;
- ✓ до и после рисунка и таблицы необходимо сделать пробел (шрифт 12 пт);
- ✓ иллюстрации представляются в редакцию
 - ❖ в виде отдельных файлов (рисунков и фотографий), записанных с расширением .TIFF или .JPEG; линии чертежа – не тоньше 1 пт; иллюстрации, в том числе фотографии, должны иметь хорошую проработку деталей;
 - ❖ подписи к рисункам нумеруются и располагаются под ними, выравнивание текста по центру (шрифт 10 пт, обычный), в конце точка не ставится;
- ✓ таблицы оформляются следующим образом:
 - ❖ шрифт выбирается автором самостоятельно с учетом возможности качественного чтения текста;
 - ❖ наименования в таблицах даются полностью, без сокращения слов;
 - ❖ номер таблицы располагается отдельно, выравнивание текста по правому краю (шрифт 10 пт, обычный);
 - ❖ название таблицы размещается над таблицей, выравнивание текста по центру (шрифт 11 пт, обычный), в конце точка не ставится;
- ✓ **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**, составляемый по следующим правилам:
 - ❖ список используемой литературы должен включать не менее 10 источников;
 - ❖ шрифт 12 пт, выравнивание текста по ширине, абзацный отступ 1 см;
 - ❖ в список включаются *только опубликованные работы*, в порядке упоминания в статье; ссылки на них в тексте статьи даются арабскими цифрами в квадратных скобках;
 - ❖ в списке не должно быть нормативных документов (ГОСТ, СП, технических регламентов, правовых актов и т.п. неавторизованных источников) – ссылки на них даются в тексте статьи в развернутом виде или в форме подстраничных сносок;
 - ❖ библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003; включенные в текст статьи или подстраничные библиографические ссылки следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5-2008;
 - ❖ ссылки на интернет-сайты не допускаются; для статей из зарегистрированных *электронных журналов* указываются фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, выходные данные выпуска, адрес сайта журнала и дата обращения к электронному ресурсу;

англоязычная часть:

- ✓ **название статьи;**
- ✓ **инициалы, фамилии авторов**, выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **сведения об авторах** – последовательно для каждого: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученые звания, должность, название организации (учреждения), города, страны, контактный телефон; e-mail автора; выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
- ✓ **аннотация:** перевод, идентичный русскому варианту;
- ✓ **ключевые слова** (Keywords);
- ✓ **библиографический список** (REFERENCES).

ISSN 2541-9110



9 772541 911015