ISSN 2541-9110

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО
и коммунальная инфраструктура

№ 1(4), 2018

Воронежский государственный технический университет

Строительные конструкции, здания и сооружения

Градостроительство. Реконструкция, реставрация и благоустройство

Инженерные системы и коммуникации

Экология и безопасность городской среды

Экономика и организация строительства

Дорожно-транспортное хозяйство и строительная техника

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО
и коммунальная инфраструктура

№ 1(4), 2018

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

ISSN 2541-9110

Scientific journal
Voronezh State Technical University

Housing and utilities infrastructure

Published 2017

Founder and publisher:
Federal state budgetary educational 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**, заведующий кафедрой жилищно-коммунального хозяйства (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)

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, чл.-корр. 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)

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

Зайцев О. Н., д-р техн. наук, профессор (ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь)

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)

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

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

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

Пушкарев А. Э., д-р техн. наук, профессор (Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова)

Сидоренко В. Ф., д-р техн. наук, профессор (Волгоградский государственный технический университет)

Синеева Н. В., канд. техн. наук, доцент, декан инженерно-экологического факультета (Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет)

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

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

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

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

Jorg Rainer Noenning, профессор, факультет архитектуры (Технический университет Дрездена, Германия)

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

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.

Подписано в печать 30.01.2018. Усл. печ. л. 14,00. Формат 60×84/8. Тираж 500 экз. Заказ № 9
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 69631

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

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной литературы и учебно-методических пособий ВГТУ
394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84

EDITORIAL COUNCIL

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

Editor-in-Chief – **Yaremenko Sergey Anatolevich**, head of the Department of housing and communal services (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)

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)

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)

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

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)

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

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.

Signed to print 30.01.2018. Conventional printed sheets 14,00. Format 60×84/8. Circulation 500 copies. Order 9
Registration certificate ПИ № ФС 77 – 69631

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

Printed: department operative polygraphy of publishing house of educational literature and teaching aids VSTU
84 20-letiya Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russian Federation

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Шмелев Г. Д., Ишков А. Н., Головина Н. В.
Оценка вероятности прогноза аварийного технического состояния строительных конструкций…….……..…….....9

Воробьева Ю. А., Бурак Е. Э., Новиков С. А., Гашкова К. Н.
Обеспечение сохранности и обновления типовой массовой застройки Воронежской области с применением системы мониторинга…….…….....18

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

Зиганшин М. Г., Шаймарданова А. И.
Эффективность сжигания газового топлива в двухконтурных настенных бытовых котлах.…….……...……...…27

Кольцов С. М., Жерлыкина М. Н.
К вопросу разработки инженерных систем для хранения сырья в свеклосахарном производстве……..……36

Лобанов Д. В., Шепс Р. А.
Анализ параметров микроклимата в помещениях умственного труда с применением ПЭВМ……..……..…….47

Щукина Т. В., Чудинов Д. М., Шичкин В. В., Потехин И. А., Шепс Р. А.
Оценка прогнозируемого энергозамещения зданий с использованием систем солнечного тепло- и холодоснабжения……..54

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

Михайлова Т. В., Паршин Д. С.
Архитектурно-градостроительные проблемы реконструкции исторически сложившейся застройки на примере городского округа город Воронеж.……...…..…….62

Бурак Е. Э., Воробьева Ю. А., Егорова С. П.
Анализ соответствия проектов планировки застроенных территорий градостроительным регламентам ……..…….……..…….72

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Попова И. В., Любимова Е. В., Куролап С. А.
Вычисление параметров шероховатости и оценка аэрационного потенциала городских территорий ….……....79

ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ХОЗЯЙСТВО И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Кононов А. А., Кононов А. Д.
Применение методов пространственной оптической фильтрации в системах дистанционного управления технологическими машинами дорожно-строительного комплекса ……..…….88

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Жерлыкина М. Н., Кононова М. С.
Технико-экономическое сравнение различных материалов труб, применяемых при поквартирной разводке системы отопления……..…….96

Андрияшкин О. О., Жданова О. А., Кононова М. С.
Сравнение технико-экономических показателей локальных устройств для очистки приточного воздуха ……..……104

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ……..…..111

© Воронежский государственный технический университет, 2018

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

Shmelev G. D., Ishkov A. N., Golovina N. V.
Estimation of probability of prediction of the emergency technical condition of construction structures……..……..……9

Vorob'eva Y. A., Burak E. E., Novikov S. A., Gashkova K. N.
Ensuring preservation and updates typical mass construction of the Voronezh region with the application of the monitoring system……..…….……18

ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

Ziganshin M. G., Shaymardanova A. I.
Efficiency of combustion of gas fuel in two-concrete walled household boilers..……..27

Koltsov S. M., Zherlykina M. N.
To the question of development of engineering systems for storage of raw materials in wine-siber production……...….36

Lobanov D. V., Sheps R. A.
Analysis of microclimate parameters in the premises of the mental labor with the use of a PC..….47

Schukina T. V., Chudinov D. M., Shichkin V. V., Potekhin I. A., Sheps R. A.
Assessment of forecasted energy substitution of buildings using solar heat and cold……...…54

CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

Mikhailova T. V., Parshin D. S.
Architectural and town-planning reconstruction problems of the historical center of Voronezh ……....…..…62

Burak E. E., Vorob'eva Y. A., Egorova S. P.
Analysis of conformity of the projects of planning the built-up territories to town planning regulations ……...…….……..…..…..72

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

Popova I. V., Luibimova E. V., Kurolap S. A.
Calculation of roughness parameters and evaluating the aeration capacity of urban areas….……79

ROAD TRANSPORT, AGRICULTURE AND CONSTRUCTION MACHINES

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 ……...…….88

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

Zherlykina M. N., Kononova M. S.
Techno-economic comparison of various materials of pipes used in the door-to-door layout of the heating system.…….. 96

Andriyashkin O. O., Zhdanova O. A., Kononova M. S.
The comparison of technical and economic parameters of local devices for clearing of inlet air …….……...…….104

WRITING RULES AND GUIDELINES……..……..……..111

© Voronezh State Technical University, 2018

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

УДК 519.2: 692

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ПРОГНОЗА АВАРИЙНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Г. Д. Шмелев, А. Н. Ишков, Н. В. Головина

Шмелев Геннадий Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: shmelev8@mail.ru
Ишков Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: ishkov1.78@mail.ru
Головина Наталья Валерьевна, эксперт-строитель, ООО «Воронежский центр экспертизы», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7 (473) 271-28-92; e-mail: natasha-golovina@mail.ru

Работа направлена на исследование и обоснование оценки вероятности наступления предельного или аварийного технического состояния строительных конструкций с использованием нескольких независимых методов прогнозирования. В ходе выполнения работы показана возможность принятия граничных значений сроков службы по каждому методу в качестве доверительных границ нормального распределения прогнозируемых сроков службы. Показана возможность оценки среднего и среднего квадратического отклонения по каждому из методов по граничным значениям с использованием правила «трех сигм». Методом наложения графиков нормального распределения прогнозируемых сроков службы по всем используемым методам прогнозирования получена гистограмма вероятностей. Доказана возможность оценки вероятности как по каждому временному интервалу прогнозирования, так и на суммарном временном участке. По результатам оценки вероятности на каждом временном интервале может быть сужен итоговый прогнозируемый интервал времени достижения конструкциями предельного или аварийного технического состояния.

Ключевые слова: прогнозирование; предельное состояние; строительные конструкции; границы нормального распределения; доверительная вероятность; аварийное техническое состояние.

Введение. Все строительные конструкции зданий и сооружений проектируются с определенным запасом по несущей способности и деформативности. Этот запас принято называть «первоначальным запасом надежности» конструкции [1]. В процессе длительной эксплуатации строительных конструкций в составе зданий и сооружений под воздействием различных нагрузок, природно-климатических факторов, температурных перепадов, химических реагентов и др. происходит неминуемый процесс старения конструкций. В процессе старения строительные конструкции теряют часть первоначальной несущей способности, заложенной при их проектировании и изготовлении. Одной из задач, стоящей перед инженерами, занимающимися вопросами проектирования, эксплуатации, обследования и мониторинга зданий и сооружений различного назначения, является задача оценки остаточных сроков службы строительных конструкций и всего здания (сооружения) в целом.

В настоящий момент эта задача решается разными исследователями [1…19] с использованием различных подходов. Краткий обзор указанных выше научных работ и двух нормативно-технических документов, проведен в работе [11]. Однако, использование одного метода прогноза, как предлагают многие авторы научных исследований [1…10, 13, 15, 16, 18, 19], не способно дать достоверный прогноз, так как в каждом из предложенных

© Г. Д. Шмелев, А. Н. Ишков, Н. В. Головина, 2018

авторами методов имеются различные изъяны и недочеты [11]. Решением проблемы точности и достоверности прогноза может стать использование сразу нескольких независимых методов, учитывающих изменения различных параметров конструкций.

В этом случае возникает сложность с оценкой достоверности прогноза. В рамки настоящей статьи входит рассмотрение процесса теоретического обоснования и практического исследования возможного варианта учета вероятности прогноза при использовании нескольких независимых методов прогнозирования остаточных сроков службы строительных конструкций.

Теоретический подход к оценке прогнозных границ предельного состояния строительных конструкций. В случае, если предположить, что сроки службы группы однотипных конструкций в здании по своим фактическим срокам службы подчиняются закону нормального распределения, то на прогнозируемом интервале предельных значений сроков службы до достижения конструкциями предельного состояния, от минимального до максимального значений, должны уместиться все значения скоков службы всех конструкций из исследуемой (прогнозируемой) группы однотипных конструкций (рис. 1). Нижняя граница заранее выбранного для прогнозирования предельного состояния конструкции на рис. 1 обозначена красной линией. На рис. 1 по вертикальной оси откладываются значения *D*, характеризующие состояние конструкции (поврежденность, физический износ, несущая способность и т. д.).

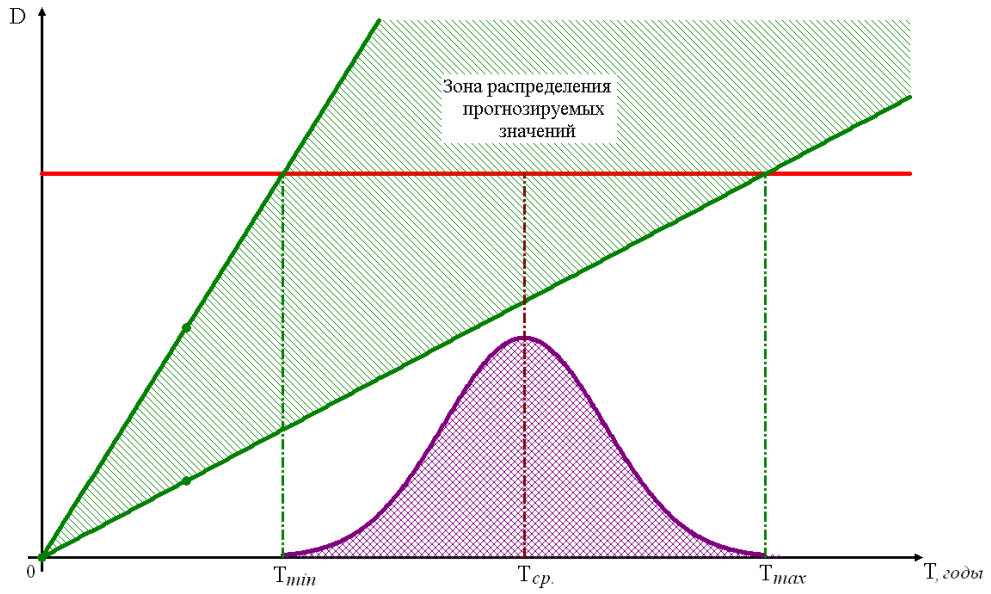

Рис. 1 – Границы прогноза и нормальное распределение предельных прогнозируемых значений сроков службы до предельного состояния

Достижение конструкцией предельного состояния, в качестве которого рекомендуется выбирать аварийное техническое состояние строительных конструкций [17, 20, 21], с определенной долей вероятности можно рассматривать как наступление отказа конструкции, так как дальнейшая ее эксплуатация в таком состоянии невозможна и требуется замена или усиление конструкции. Соответственно, плотность вероятности отказов для нормального распределения имеет вид, описываемой формулой:

$$f(T) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left[-\frac{(x - M_x)^2}{2 \cdot \sigma^2} \right],$$

где σ – среднее квадратическое отклонение случайной величины x, M_x – математическое ожидание случайной величины x.

Однако в случае возникновения в ходе эксплуатации маловероятных событий, связанных с запроектными воздействиями на конструкции, может сложиться ситуация преждевременного достижения одной или несколькими конструкциями предельного состояния. Для учета маловероятного появления таких случаев удобно использовать принятое в классической теории вероятностей правило «трех сигм».

В соответствии с этим правилом основная часть прогнозируемых значений сроков службы конструкций до достижения ими предельного состояния попадает в зону, ограниченную минимальным и максимальным значениями, отстоящими от среднего значения на расстояние $3\times\sigma$, где σ – среднее квадратическое отклонение прогнозируемых сроков службы до достижения конструкциями одной группы предельного состояния.

Сделаем допущение, что весь интервал прогнозируемых значений сроков службы до достижения группой однотипных конструкций предельного значения, по одному выбранному для прогноза методу, от минимального до максимального значения покрывается интервалом $6\times\sigma$. Тогда, зная значения крайних точек интервала, можно определить среднее значение интервала $T_{ср}$ и значение σ.

Зная эти параметры, можно построить график функции нормального распределения значений спрогнозированных остаточных сроков службы для исследуемой группы однотипных конструкций. Внутри этого интервала будут сосредоточены практически все значения, соответствующие срокам достижения конструкциями заранее выбранного предельного состояния. В качестве такого состояния может выступать, наравне с другими значениями, такая категория, как аварийное техническое состояние. Вероятность попадания прогнозируемых предельных сроков службы в полученный в результате прогноза интервал значений составит 0,9973.

Поскольку каждый из известных методов прогнозирования остаточных сроков службы строительных конструкций, ранее разработанных авторами [11…16], при построении прогноза будет давать свой интервал остаточных сроков службы, а каждый из рассматриваемых методов прогнозирования по сравнению с другими способами равнозначен (равновероятен), то все полученные интервалы прогнозных значений так же следует считать равновероятными. Фактически можно рассматривать каждый полученный интервал значений по каждому методу как ограниченную выборку из генеральной совокупности всех значений предельных сроков службы для исследуемой группы конструкций [17, 20]. Следовательно, при рассмотрении нескольких таких выборок, с большой долей вероятности можно предположить, что эти выборки будут частично накладываться друг на друга. На рис. 2 показаны возможные варианты случаев наложения плотностей вероятности интервалов прогноза по двум независимым методам прогнозирования.

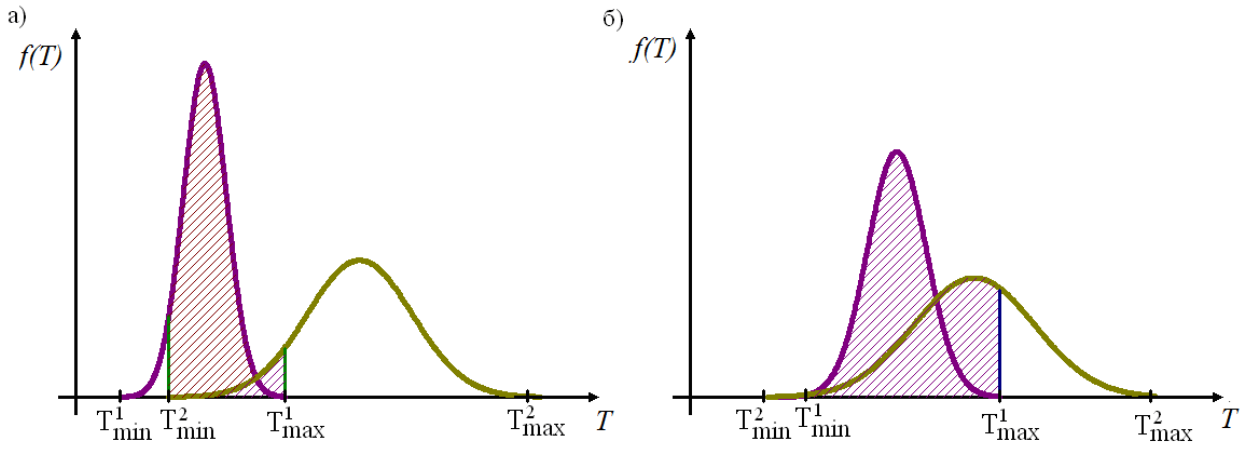

Рис. 2 – Возможные варианты наложения кривых нормального распределения прогнозируемых остаточных сроков службы

В обоих случаях, представленных на рис. 2, на участках наложения графиков нормального распределения двух прогнозируемых интервалов предельных сроков службы вероятности достижения предельного состояния (аварийного технического состояния) складываются.

Расчет вероятности наступления аварийного технического состояния. Рассмотрим пример. Для группы однотипных конструкций на объекте исследования с использованием двух независимых методик прогнозирования рассчитаны предельные сроки службы. Результаты прогнозирования и определения статистических характеристик приведены в табл.

Таблица

Результаты прогнозирования и статистической обработки

Наименование метода прогнозирования*	Значение прогнозируемых сроков службы, годы		Средний прогнозируемый срок службы, годы	Среднее квадратическое отклонение срока службы, годы
	минимальное	максимальное		
Метод 1	74	126	100	8,67
Метод 2	83	224	153,5	23,5
* Примечание – в качестве методов 1 и 2 могут выступать любые методы из описанных в работах [9…16].				

С использованием полученных значений прогнозируемых сроков службы строим графики функций нормального распределения. Результаты построения представлены на рис. 3.

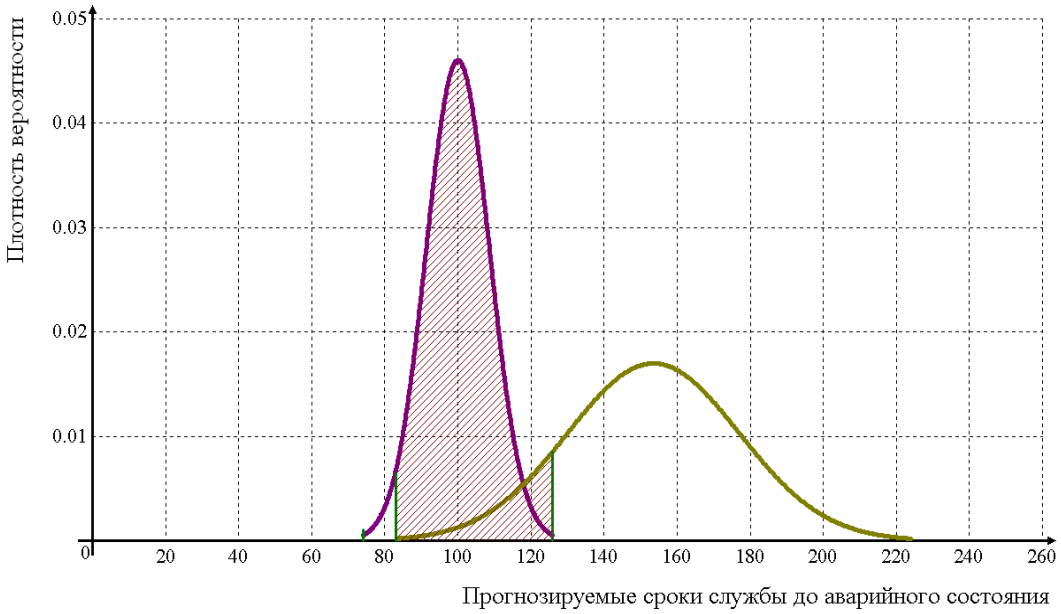

Рис. 3 – Кривые нормального распределения прогнозируемых предельных сроков службы

Результаты проведенного численного интегрирования по отдельным участкам кривых нормального распределения прогнозируемых сроков службы позволили получить следующие значения вероятностей распределения по каждому методу:

- по методу 1 на участке от 74 до 83 лет – 0,0235;
- по методу 1 на участке от 83 до 126 лет – 0,9740;
- по методу 2 на участке от 83 до 126 лет – 0,120;
- по методу 2 на участке от 126 до 224 лет – 0,8775.

После суммирования по участкам и дополнительного приведения к долям от 1,0 получаем приведенную доверительную вероятность по участкам:

- на участке от 74 до 83 лет – 0,001175;
- на участке от 83 до 126 лет – 0,547;
- на участке от 126 до 224 лет – 0,4388.

С учетом полученных значений построим гистограмму доверительных вероятностей (рис. 4).

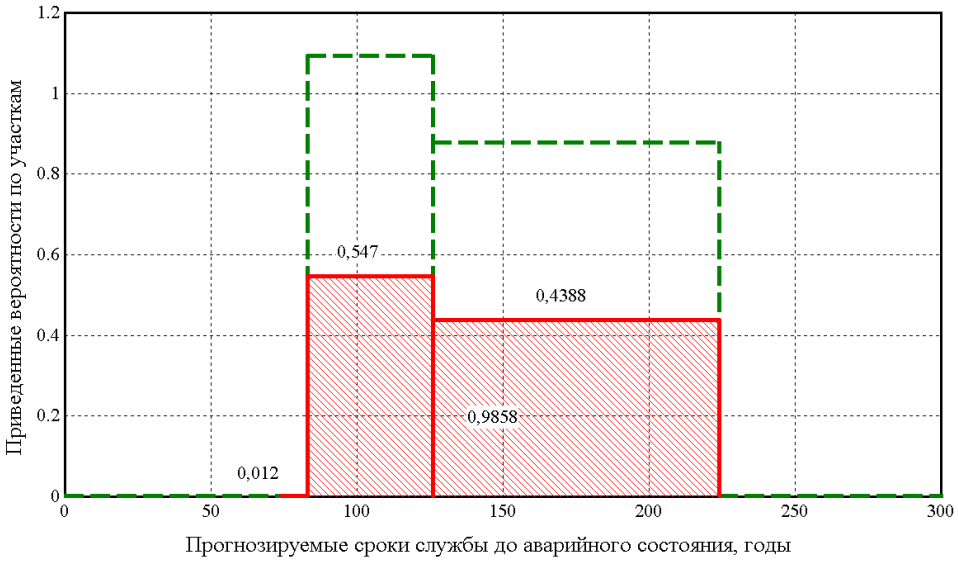

Рис. 4 – Приведенные вероятности прогнозируемых сроков службы по временным участкам:
– область с суммарной вероятностью попадания 0,9858

Пунктирными линиями на рис. 4 изображены суммарные вероятности по двум методикам прогнозирования, красными линиями – приведенные вероятности наступления аварийного технического состояния по отдельным временным отрезкам.

При выполнении прогноза с большим количеством методов прогнозирования автоматически возрастает количество временных отрезков, однако суть методики оценки вероятности предельных сроков службы до наступления аварийного технического состояния не изменяется.

В дальнейшем на основании полученных численных значений вероятности на каждом участке принимается решение о необходимости и возможности сужения прогнозного интервала. В приведенном выше примере, прогнозируемые сроки службы могут быть ограничены интервалом от 83 до 224 лет, так как вероятность попадания в этот суммарный участок составляет 0,9858 или 98,58 %.

Предложенный вариант оценки вероятностей наступления аварийного технического состояния может быть использован при оценке рисков, по методике, предложенной в работе [22], а также для обоснования точности прогноза в структуре экспертной системы прогнозирования остаточных сроков службы строительных конструкций, изложенной в работе [23].

Заключение.

В результате проведенной работы авторами изучена теоретическая возможность оценки вероятности полученных интервалов остаточных сроков службы до наступления предельного или аварийного технического состояния с использованием разных методов прогнозирования. Авторами установлено, что верхняя и нижняя границы прогнозируемых интервалов предельных остаточных сроков службы могут использоваться в качестве доверительных границы интервалов для различных методов прогноза сроков службы строительных конструкций. Для каждого метода прогноза с использованием правила «трех сигм» и доверительных границ интервала возможно определить среднее значение интервала и среднее квадратическое отклонение предельных сроков службы конструкций до наступления

аварийного технического состояния.

Построение графиков нормального распределения предельных сроков службы для каждого расчетного метода прогнозирования и их наложение позволяют выделить расчетные участки для проведения численного интегрирования с целью получения значений вероятности по каждому использованному методу на всех прогнозных участках. Суммирование и последующее приведение полученных по всем участкам сумм вероятностей позволяет определить приведенные значения вероятности наступления аварийного технического состояния на каждом временном участке. Приведенные численные значения по временным участкам прогнозных значений сроков службы строительных конструкций, найденных с использованием различных методов, позволяют уточнить итоговый интервал прогнозных значений предельных остаточных сроков службы до наступления аварийного состояния исследуемых конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Авиром, Л. С.** Надежность конструкций сборных зданий и сооружений / Л. С. Авиром. – Ленинград: Издательство литературы по строительству, 1971. – 216 с.

2. **Лычев, А. С.** Надежность строительных конструкций / А. С. Лычев. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 184 с.

3. **Мельчаков, А. П.** Прогноз, оценка и регулирование риска аварии зданий и сооружений / А. П. Мельчаков, Д. В. Чебоксаров. – Челябинск. Издательство ЮУрГУ, 2009. – 111 с.

4. Обследование и испытание зданий и сооружений / В. Г. Козачек, Н. В. Нечаев, С. Н. Нотенко, В. И. Римшин, А. Г. Ройтман. – М.: Высшая школа, 2004. – 447 с.

5. **Пухонто, Л. М.** Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений (силосов, бункеров, резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен): монография / Л. М. Пухонто. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 424 с.

6. **Самигуллин, Г. Х.** Определение остаточного ресурса производственных зданий и сооружений нефтеперерабатывающих предприятий / Г. Х. Самигуллин, М. М. Султанов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2011. – № 2. – С. 167-175. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Samigullin/Samigullin_3.pdf (дата обращения 25.04.2013)

7. **Селяев, В. П.** Долговечность строительных материалов, изделий, конструкций. Методы прогнозирования / В. П. Селяев // Электронное научно-периодическое издание. Строительство, архитектура, дизайн. – 2008. – Вып. 2. URL: http://marhdi.mrsu.ru/2008-2/pdf/69_seliaev.pdf (дата обращения 25.04.2013).

8. **Сущев, С. П.** Остаточный ресурс конструкций здания (сооружения) и возможные методы его оценки / С. П. Сущев, И. А. Адаменко, Н. А. Смолинов // Электронный журнал. Предотвращение аварий зданий и сооружений. – 2009. (дата публикации: 2009-06-22). URL: http://pamag.ru/pressa/ostatok-resurs (дата обращения 20.04.2013)

9. **Чирков, В. П.** Анализ динамического поведения конструкций при интенсивных многокомпонентных сейсмических воздействиях / В. П. Чирков // Информационный бюллетень РФФИ, Математика, информатика, механика. – 1998. – № 6. – С. 28-56.

10. **Шматков, С. Б.** Расчет остаточного ресурса строительных конструкций зданий и сооружений / С. Б. Шматков // Вестник ЮУрГУ. – 2007. – № 22. – С. 26-57.

11. **Шмелев, Г. Д.** Использование случайных функций и процессов в комбинированной методике прогнозирования остаточных сроков службы строительных конструкций / Г. Д. Шмелев, М. И. Федотова // Известия КГАСУ. – 2017. – № 1(39). – С. 128-137.

12. **Шмелев, Г. Д.** Метод интервального экспертного прогнозирования остаточного ресурса строительных конструкций с экстраполяцией контролируемых параметров поврежденности, физического износа и снижения несущей способности / Г. Д. Шмелев, Н. В. Головина // Сборник научных трудов SWorld. – Т. 8. – Вып. 4. – Одесса: КУПРИЕНКО

СВ, 2013. – С. 89-94.

13. **Шмелев, Г. Д.** Методика экспресс прогноза остаточного срока службы конструкций зданий и сооружений по их физическому износу / Г. Д. Шмелев, Е. Н. Савченко // Сборник тезисов докладов Первой международной научно-практической конференции «Оценка риска и безопасность строительных конструкций». Воронеж, ВГАСУ. – Т. 1. – 2006. – С. 87-89.

14. **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.

15. **Шмелев, Г. Д.** Прогнозирование надежности и остаточного ресурса строительных конструкций с использованием метода линеаризации в условиях ограниченной статистической информации / Г. Д. Шмелев, Н. В. Головина // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании, 2012». Технические науки. – Т. 6. – Вып. 4. – Одесса: КУПРИЕНКО. – 2012. – С. 100-107.

16. **Шмелев, Г. Д.** Техническая безопасность строительных конструкций / Г. Д. Шмелев // Безопасность жизнедеятельности, XXI век. Материалы международного научного симпозиума. Волгоград, ВолгГАСУ. – 2001. – С. 106-108.

17. **Alex, F. B.** Fundamentals of the Monte Carlo method for neutral and particle transport / Alex F Bielajew // The University of Michigan. – 1998. – 194 p.

18. **Bojidar, S. Y.** Bridge Management for New York City / S. Y. Bojidar // Structural Engineering International. – 1998. – № 3 – Pp. 21-215.

19. **Kala, Z.** Finite element method for sensitivity analysis of stability problems of steel plane frames / Z. Kala // In Proc. of Int. Conf. CMM-2009 – Computer Methods in Mechanics. - Zielona Gora (Poland). – 2009. – Pp. 49-52.

20. **Puklicky, L.** Random Analysis of Uncertainties of Standards Leading to Failure of Structures. / L. Puklicky, A. Omishore, Z. Kala // In CD prog. of Int. Conf. on Computational Method for Coupled Problems in Science and Engineering, COUPLED PROBLEMS, Ischia. – 2009. – Pp. 25-31.

21. **Rosovsky, D. V.** Structural Reliability. Part of publ. W.Chen. / D. V. Rosovsky // The Civil Engineering Handbook, CRC Press, W.F. Chen Ed., Clenson University. – 1995. - Pp. 5-8.

22. **Федотова, М. И.** Экспресс метод оценки технических рисков при проведении обследований зданий и сооружений / М. И. Федотова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 3(2). – С. 16-21.

23. **Шмелев, Г. Д.** Логическая структура экспертной системы прогнозирования остаточных сроков службы строительных конструкций / Г. Д. Шмелев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 1-2(1). – С. 9-17.

Поступила в редакцию 20 декабря 2017

ESTIMATION OF PROBABILITY OF PREDICTION OF THE EMERGENCY TECHNICAL CONDITION OF CONSTRUCTION STRUCTURES

G. D. Shmelev, A. N. Ishkov, N. V. Golovina

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) 271-52-49; e-mail: shmelev8@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) 271-28-92; e-mail: ishkov1.78@mail.ru
Golovina Nataliy Valerevna, expert-builder, LLC «Voronezh Center of Expertise», Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (473) 271-28-92; e-mail: natasha-golovina@mail.ru

The work is aimed at researching and substantiating the possibility of assessing the likelihood of an emergency or emergency technical condition of building structures using several independent forecasting methods. In the course of the work, it has been shown that it is possible to adopt the boundary values of the service life for each method as the confidence limits for the normal distribution of the projected lifetimes. The possibility of estimating the mean and average quadratic deviation for each of the methods from the boundary values using the «three sigma» rule is shown. By applying the graphs of the normal distribution of the predicted lifetimes for all forecasting methods used, a histogram of probabilities was obtained. The possibility of estimating the probability both for each time interval of forecasting and for the total time interval is proved. Based on the results of the probability estimation at each time interval, the final predicted time interval for reaching the limit or emergency technical state can be narrowed.

Keywords: forecasting; limiting state; building structures; boundaries of normal distribution; confidence probability; emergency technical condition.

REFERENCES

1. **Avirom L. S.** *Reliability of constructions of prefabricated buildings and structures*. Leningrad, Publishing House of Literature on Construction. 1971. 216 p. (in Russian)

2. **Lychev A. S.** *Reliability of building structures*. Moscow, Publishing house of the Association of Construction Universities. 2008. 184 p. (in Russian)

3. **Melchakov A. P.**, **Cheboksarov D. V.** *Forecast, assessment and regulation of the risk of an accident in buildings and structures*. Chelyabinsk, Publishing house SUSU. 2009. 111 p. (in Russian)

4. **Kozachek V. G., Nechaev N. V., Notenko S. N., Rimshin V. I., Roitman A. G.** *Inspection and testing of buildings and structures.* Moscow, Higher education. Shk. 2004. 447 p. (in Russian)

5. **Puhonto L. M.** *Durability of reinforced concrete structures of engineering structures (silos, bunkers, tanks, water towers, retaining walls)*. Monograph. Moscow, Publishing House of the DIA. 2004. 424 p. (in Russian)

6. **Samigullin G. Kh., Sultanov M. M.** *Determination of the residual resource of industrial buildings and structures of oil refining enterprises*. Electronic scientific journal «Oil and gas business». 2011. No. 2. Pp. 167-175. (in Russian)

7. **Selyaev V. P.** *Longevity of building materials, products, structures. Methods of forecasting*. Electronic Scientific and Periodical Publication. Construction, architecture, design. 2008. Issue 2. (in Russian)

8. **Suschev S. P., Adamenko I. A., Smolinov N. A.** *Residual resource of the structure of the building (construction) and possible methods for its evaluation.* Electronic Journal. Prevention of accidents of buildings and structures. (in Russian)

9. **Chirkov V. P.** *Analysis of the dynamic behavior of structures under intense multicomponent seismic effects.* Information Bulletin of the RFBR. Mathematics, computer science, mechanics. 1998. No. 6. Pp. 28-56. (in Russian)

10. **Shmatkov S. B.** *Calculation of the residual life of building structures and structures*. Vestnik of the South Ural State University. 2007. No. 22. Pp. 26-57. (in Russian)

11. **Shmelev G. D., Fedotova M. I.** *Use of random functions and processes in the combined method of prognostication of residual service life of building structures*. Izvestia of Kazan State

University of Architecture and Civil Engineering. 2017. No. 1(39). Pp. 128-137. (in Russian)

12. **Shmelev G. D., Golovina N. V.** *Method of interval expert forecasting of the residual life of building structures with extrapolation of controlled parameters of damage, physical wear and reduction of bearing capacity*. Proceedings of SWorld. Vol. 8. Issue 4. Odessa. 2013. Pp. 89-94. (in Russian)

13. **Shmelev G. D., Savchenko E. N.** *A technique for the rapid prediction of the residual service life of structures of buildings and structures for their physical deterioration*. Collected Works. Theses of the reports of the First international scientific-practical. Conf. Risk assessment and safety of building structures. Vol. 1. Voronezh. 2006. Pp. 87-89. (in Russian)

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

15. **Shmelev G. D., Golovina N. V.** *Forecasting the reliability and residual life of building structures using the linearization method in conditions of limited statistical information*. Collection of scientific papers SWorld. Materials of international scientific-practical. Conference «Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education, 2012». Vol. 6. Issue 4. Odessa. 2012. Pp. 100-107.

16. **Shmelev G. D**. *Technical safety of building structures*. Life Safety, XXI century. Materials of international scientific. Symposium, Volgograd. 2001. Pp. 106-108. (in Russian)

17. **Alex F. B.** *Fundamentals of the Monte Carlo method for neutral and particle transport*. The University of Michigan. 1998. p. 194.

18. **Bojidar S. Y.** *Bridge Management for New York City.* Structural Engineering International. 1998. No. 3. Pp. 21-215.

19. **Kala Z.** *Finite element method for sensitivity analysis of stability problems of steel plane frames.* In Proc. of Int. Conf. CMM-2009 – Computer Methods in Mechanics, Zielona Gora (Poland). 2009. Pp. 49-52.

20. **Puklicky L., Omishore A., Kala Z.** *Random Analysis of Uncertainties of Standards Leading to Failure of Structures.* In CD prog. of Int. Conf. on Computational Method for Coupled Problems in Science and Engineering, COUPLED PROBLEMS. Ischia. 2009. Pp. 25-31.

21. **Rosovsky D. V.** *Structural Reliability. Part of publ. W. Chen.* The Civil Engineering Handbook, CRC Press, W.F. Chen Ed.,1995. Clenson University. Pp. 5-8.

22. **Fedotova M. I.** *Express method for assessing technical risks in conducting surveys of buildings and structures.* Housing and communal infrastructure. 2017. No. 3(2). Pp. 16-21. (in Russian)

23. **Shmelev G. D.** *Logical structure of the expert system for prediction of residual service life of building structures.* Housing and communal infrastructure. 2017. No. 1-2(1). Pp. 9-17. (in Russian)

Received 20 December 2017

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Шмелев, Г. Д. Оценка вероятности прогноза аварийного технического состояния строительных конструкций / Г. Д. Шмелев, А. Н. Ишков, Н. В. Головина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 9-17.

FOR CITATION:

Shmelev G. D., Ishkov A. N., Golovina N. V. *Estimation of probability of prediction of the emergency technical condition of construction structures*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 9-17. (in Russian)

УДК 69.059.04

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ И ОБНОВЛЕНИЯ ТИПОВОЙ МАССОВОЙ ЗАСТРОЙКИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Ю. А. Воробьева, Е. Э. Бурак, С. А. Новиков, К. Н. Гашкова

Воробьева Юлия Александровна, 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: ссср38@yandex.ru

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

Новиков Станислав Алексеевич, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: pocha.dress@yandex.ru

Гашкова Кристина Николаевна, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: kngashkova@fkr36.ru

Одной их важнейших жилищных задач в нашей стране наряду с повышением доступности и качества жилья является обеспечение сохранности и обновления жилищного фонда 1950…1970-х годов постройки. Работа посвящена выявлению наиболее значимых факторов, влияющих на достижение ветхого и аварийного состояния зданий массовых серий с целью повышения эффективности их капитального ремонта или реконструкции. При этом экономические результаты должны выражаться в устранении физического износа и экономии эксплуатационных расходов, а при реконструкции – также в увеличении площади, объема предоставляемых услуг, пропускной способности, обеспечения безопасности объектов. Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой и построением системы информационно-диагностического обеспечения технического состояния многоквартирных жилых зданий, для определения очередности их включения в программу капитального ремонта. Приводятся результаты мониторинга состояния конструкций, инженерных систем и оборудования зданий типовых массовых серий с учетом их этажности, и материалов стен, проведенного в г. Воронеж, а также полученные зависимости физического износа зданий от различных факторов, выявленных в ходе практического исследования объектов. Выделен ряд проблем обеспечения сохранности и обновления жилищного фонда, в том числе связанных с отсутствием недостаточного финансирования мероприятий по расселению аварийного жилищного фонда и проведению капитального ремонта многоквартирных домов. Анализируя практический опыт применения системы информационно-диагностического обеспечения технического состояния зданий, предложен способ решения поставленной задачи.

Ключевые слова: массовая застройка; техническая диагностика; техническое состояние; аварийное состояние; физический износ; мониторинг; ремонты здания.

Совершенствование системы управления и содержания многоквартирных домов, поддержание технического состояния и проведение своевременного ремонта, в том числе и капитального, существующего жилищного фонда с целью повышения уровня безопасности, комфортности, энергоэффективности и экологичности стало в последние годы важнейшей задачей социально-экономического развития государства.

Состояние жилищного фонда на настоящий момент времени квалифицируется высоким уровнем физического износа, как в Воронежской области, так и в России в целом.

© Ю. А. Воробьева, Е. Э. Бурак, С. А. Новиков, К. Н. Гашкова, 2018

На сегодняшний день согласно официальной статистике[1] общая площадь жилищного фонда в Воронежской области составляет 67272,1 тыс. м^2, из которых общая площадь ветхого и аварийного жилищного фонда 405,4 тыс. м^2. Жилищный фонд на 50,5 % расположен в многоэтажной застройке. Техническое состояние жилых домов городского округа г. Воронеж характеризуется показателями из общего объема жилищного фонда, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Распределение жилищного фонда г. Воронеж по техническому состоянию[2]

Распределение жилого фонда по районам г. Воронеж	Общая площадь жилого фонда	Распределение жилого фонда по проценту износа							
		от 0 до 30 %		от 31 до 65 %		Свыше 65 % – деревянные (ветхое жилье)		Свыше 70 % – каменные (ветхое жилье)	
	тыс. м^2	тыс. м^2 общей площади	%	тыс. м^2 общей площади	%	тыс. м^2 общей площади	%	тыс. м^2 общей площади	%
В целом по городу *в том числе по районам:*	18152,40	14041,20	77,35	4051,80	22,32	31,80	0,18	27,60	0,15
Центральный	2034,50	1406,30	69,20	617,40	30,30	10,80	0,50	-	-
Ленинский	2580,00	1517,40	58,80	1046,70	40,60	4,60	0,20	11,30	0,40
Советский	2759,90	2511,30	90,99	248,30	9,00	0,30	0,01	-	-
Коминтерновский	5411,30	4638,80	85,72	768,00	14,20	0,60	0,01	3,90	0,07
Железнодорожный	1989,60	1537,10	77,30	428,90	21,60	14,80	0,70	8,80	0,40
Левобережный	3377,10	2430,30	71,96	942,50	27,91	0,70	0,02	3,60	0,11

Повышению уровня комфорта и качества жилья способствуют проведение капитального ремонта в многоквартирных домах (МКД) и переселение граждан из ветхого и аварийного жилья. Аварийное жилье – это здания и сооружения, в которых имеется грубые нарушения норм и стандартов проживания. Порядок признания многоквартирных домов аварийными и подлежащими сносу или реконструкции регулируется на уровне федерального законодательства[3]. Вопросами по признанию объекта непригодным для проживания занимается специальная межведомственная комиссия. Она должна учитывать объективные показатели изношенности или повреждения здания. Стоит также отметить и тот факт, что ветхим считается жилье, процент износа которого составляет более 70 %. Основаниями для признания аварийным жилого дома могут быть:

- размещение дома в опасных зонах (селевых потоков, схода оползней, снежных лавин), а также на территориях, ежегодно затапливающихся паводковыми водами;
- резкое ухудшение эксплуатационных показателей здания или отдельных его частей, связанное с физическим износом в процессе использования;
- наличие у здания серьезных повреждений, образовавшихся в результате аварий, взрывов, землетрясений, пожаров, неравномерной просадки грунта и прочих геологических явлений;
- наличие у дома значительной деформации фундамента, несущих конструкций, стен и серьезного биологического повреждения отдельных элементов деревянных конструкций в кирпичных, полносборных и каменных сооружениях, а также в деревянных домах;

[1] Федеральная служба государственной статистики/ http://voronezhstat.gks.ru/

[2] Решение Воронежской городской думы от 19.12.2008 № 422-II. Об утверждении Генерального плана городского округа город Воронеж/ http://www.voronezh-city.ru

[3] Постановление Правительства РФ № 47 от 28.01.2006 г.

- расположение дома в зоне вероятных разрушений, в случае возникновения техногенных аварий. Эти участки должны определяться уполномоченными федеральными органами исполнительной власти.

В случае признания многоквартирного дома аварийным и подлежащим сносу в соответствии с программой обеспечения доступным и комфортным жильем[4] предлагается несколько способов реализации граждан права на жилище. Собственникам предлагают благоустроенное жилое помещение согласно региональной или муниципальной программе с финансированием из соответствующего субъекта или денежную компенсацию, выделяемую консолидированным бюджетом.

С каждым годом растет процент зданий, находящихся в аварийном и ветхом состоянии. В список аварийных многоквартирных домов Воронежской области, признанных таковыми в связи с физическим износом в процессе эксплуатации после 01.01.2012 г. включены 210 ед., площадью 69, 24 тыс. м^2 с количеством граждан, проживающих в них 4067 чел. В основном это дома послевоенного периода постройки, характеризующиеся как шлакоблочные 2…3 этажные. Статистика ветхого жилищного фонда Воронежской области приведена в табл. 2.

Таблица 2

Распределение жилищного фонда Воронежской области по годам[5]

Наименование параметра	2000	2012	2013	2014	2015	2016
Площадь жилищного фонда – всего, тыс. м^2	51798,0	62104,6	63469,4	64665,6	66000,2	67272,1
Площадь ветхого жилищного фонд, тыс. м^2	404,2	456,1	457,2	442,4	411,1	405,4
Удельный вес ветхого жилищного фонда в общей площади всего жилищного фонда, %	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6

В ближайшее время в Воронежской области предстоит решать задачу по реновации жилой застройки первых массовых серий 1950-1960-х годов XX века, имеющей на сегодня износ 30…40 % [1]. Жилищное строительство велось по типовым проектам индустриальных серий (серии К-7, II-32, II-35, 1МГ-300, 1-464, 1-468, 1-335) и было рассчитано на срок эксплуатации до 50 лет, при условии соблюдения сроков капитальных ремонтов.

Немного лучше техническое состояние построек 1963-1970 годов (серии 1-464А и Д; 1-468А, Б, Д; 1-510; 1605А; 1-515/9; 1-467А и Д; 1-447; 1-511; 1-510; 1-335Д и др.) – 20…30 %. Большая часть зданий эксплуатируется без осуществления каких-либо поддерживающих их состояние мероприятий и это может продолжаться примерно до 2025 г. [2, 3]. В дальнейшем проживание в них может стать небезопасным и привести к ситуациям с экстренным отселением жителей. Эксплуатировать жилой фонд массовых серий в Воронежской области, в отличие от некоторых городов, где запущена программа реновации со сносом подобной застройки, собственникам предстоит еще многие годы. Снести все исчерпавшие срок жизни жилые здания одновременно невозможно, так как это связано как со сложностью демонтажа зданий, а также проблемами расселения жителей, проживающих в данной застройке, число которых в Воронежской области около 200 тыс. чел. Соответственно, требуется разработка мероприятий по повышению уровня комфорта и качества данного жилья, решения финансовых проблем по обеспечению сохранности и обновления застройки.

[4] Постановление Администрации городского округа город Воронеж от 24.12.2013 N 1274 (ред. от 09.08.2017) «Об утверждении муниципальной программы городского округа город Воронеж "Обеспечение доступным и комфортным жильем населения городского округа город Воронеж»

[5] Федеральная служба государственной статистики/ http://voronezhstat.gks.ru/

Сохранение и надлежащее техническое состояние жилищного фонда обеспечивает не только капитальный ремонт, но и техническое обслуживание с ежегодными профилактическими осмотрами, текущим ремонтом зданий. Действующая система управления существенно отличается от требований, предъявляемых к ней действующими нормативными документами. Осмотры зданий и мониторинг технического состояния на практике, как правило, отсутствуют, поэтому невозможно достоверно оценить техническое состояние конструкций и зданий в целом. Вследствие этого значительное количество денежных средств поступает на устранение аварий и неисправностей, например, при подготовке зданий к отопительному периоду, а на полноценный капитальный ремонт не хватает средств. Кроме того, очередность проведения капитального ремонта на практике в большей степени зависит от года постройки зданий, а не от его технического состояния.

Для выявления изменения фактических эксплуатационных свойств зданий необходима актуальная информация о состоянии его элементов, т.е. внедрение системы мониторинга технического состояния жилищного фонда [4, 5, 6].

Система мониторинга подразделяется на локальную (наблюдение за состоянием отдельно выделенных элементов зданий), общую (всего здания), окружную, охватывающую жилой фонд района, городскую и т.п. Объектами мониторинга могут быть конструктивные элементы здания, инженерные системы, инженерное оборудование или параметры внутренней среды жилых помещений, рис. 1 [1, 7].

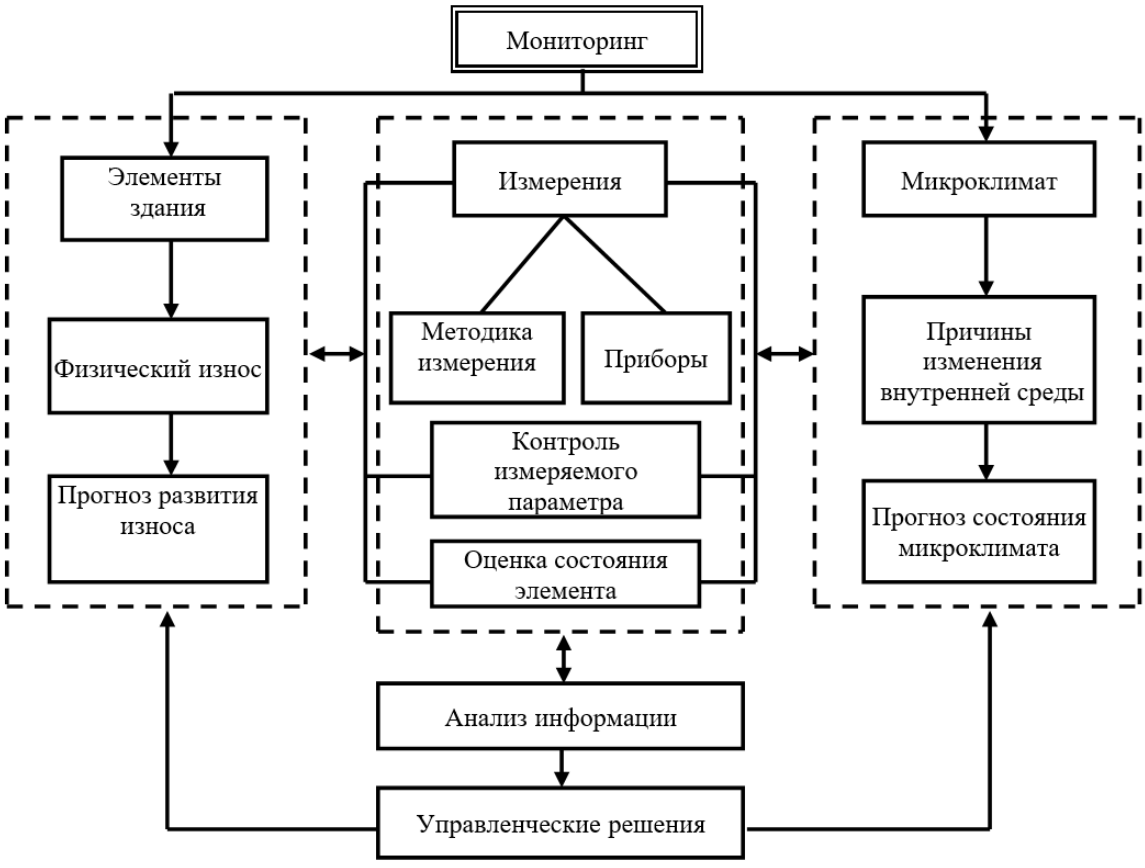

Рис. 1 – Структура информационно-диагностического обеспечения технического состояния здания

Основными задачами информационно-диагностического обеспечения жилых зданий являются:

- постоянное слежение за изменением технического состояния жилищного фонда и сравнение его с нормативными показателями;

- разработка перспективных планов и различных оптимизационных моделей управления техническим состоянием объектов для обеспечения их надлежащего содержания на основе достоверных данных о техническом состоянии объектов и, тем самым, повышение экономической и социальной эффективности капитальных ремонтов.

Авторами в 2017 г. был проведен анализ технического состояния 12 домов массовой застройки г. Воронеж, выполненных из кирпича и стеновых панелей. Обследование проводилось по специальной методике, изложенной в ведомственных строительных нормах, что обеспечивает единство диагностики и системы показателей. В результате обследования определялся физический и моральный износ каждого здания, состояние микроклимата помещений. После проведения обследования был выполнен анализ технического состояния его конструктивных элементов и инженерного оборудования и проведено сравнение текущего состояния с нормативными показателями (стандартами эксплуатации). На основе анализа полученных результатов сделан вывод о качестве эксплуатации и прогноз изменения технического состояния при различных вариантах эксплуатации. На рис. 2 представлены результаты натурных обследований жилых домов г. Воронежа по техническому состоянию основных элементов.

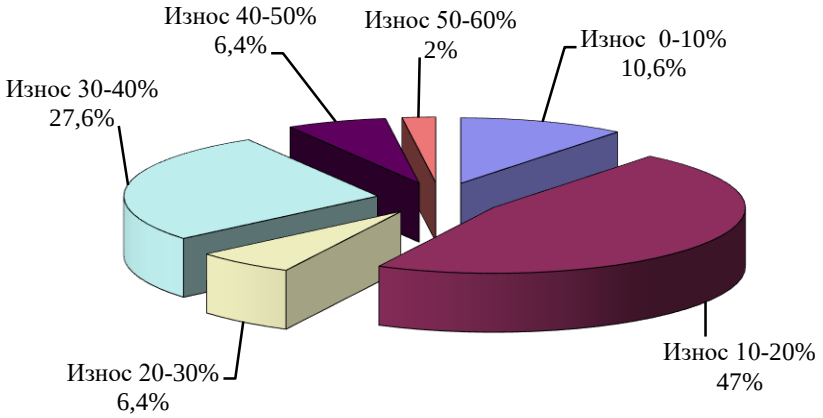

Рис. 2 – Распределение исследуемых жилых домов г. Воронежа по степени износа

Доля объектов, находящихся в работоспособном техническом состоянии составляет 57,6 %, в ограниченно-работоспособном состоянии составляет 34 %; в недопустимом состоянии (снижена несущая способность строительных конструкций) – 8,4 %[6]. При обследовании жилых домов наблюдались следующие признаки физического износа ограждающих конструкций: дефекты в перекрытиях подвалов, цокольных этажей, в стропильных конструкциях, нарушения при производстве ремонтных работ, недостаточный воздухообмен подвальных помещений, различные дефекты конструкций фундаментов и подвалов, наружных стен, перекрытий и лестниц первых этажей за счет капиллярного поднятия влаги, неравномерная осадка (трещины в наружных и внутренних стенах здания) [8, 9].

Борьба собственников с дефектами и повреждениями, как правило, ограничивается проведением косметических ремонтов, не устраняющих основных причин или устраняющих их частично. В худшем варианте ремонтно-восстановительные работы только усугубляют сложившуюся картину состояния здания. Развитие повреждений зданий происходит вследствие воздействия многих факторов:

- неблагоприятные климатические условия (продолжительное воздействие колебаний температуры и влажности окружающей среды и внутреннего температурно-влажностного режима помещений);

[6] СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений

- нарушение режима эксплуатации зданий (протечки с кровли, утечки из внутренних и наружных систем водоснабжения, изменение функционального назначения здания и отдельных помещений без дополнительных мероприятий по защите конструкций, нарушение воздухообмена и вентиляции);

- отсутствие защитных покрытий, а также систем организованного водоотведения ливневых и талых вод и пр.

При анализе данных было выявлено, что соотношение количества трещин в кирпичных и панельных зданиях при среднем износе ограждающих конструкций 25 % имеет соответственно значения 40 % и 60 %. В кирпичных домах встречается растрескивание и расслоение кладки под окнами, у карнизов, множественные трещины по всему зданию. В панельных зданиях происходит в основном разгерметизация швов стыковых элементов, составляющая 20 % от суммарного количества трещин. Значительное повышение инфильтрации воздуха в холодный период года происходит через подоконные стыки – до 30 % от всех щелей.

Одной из задач при проведении натурных обследований было определение влияния физического износа монтажных швов, стыков панелей и оконных блоков на температуру внутренних поверхностей стен и внутреннего воздуха, а также на теплозащитные характеристики ограждающих конструкций.

Для оценки теплового баланса зданий с учетом влияния трещин и щелей на температуру внутреннего воздуха производились обследования конструкций пятиэтажных жилых домов серии 1-447С, 1-335 с износом ограждающих конструкций 15 % и 35 %, оборудованных различными системами отопления. При этом учитывались фактические параметры температуры внутреннего воздуха, замеренные на первом, третьем, четвертом и пятом этажах при температуре наружного воздуха в холодный период года от -10 ºС до -15 ºС. Полученные результаты сравнивались с нормативными значениями, согласно которым перепад температуры воздуха в различных точках обслуживаемой зоны жилых зданий не должен превышать более 2 °С для оптимальных показателей и 3 °С – для допустимых.

После обработки полученной базовой информации, на втором этапе мониторинга была поставлена цель по разработке генеральной стратегии управления техническим состоянием жилищного фонда города. Для выполнения этой задачи должен разрабатываться план управления техническим состоянием каждого жилого дома отдельно.

Достижение поставленной цели возможно с помощью построения различных оптимизационных моделей управления техническим состоянием жилищного фонда, взяв за основу период оптимизации и финансовые средства для ее осуществления. Финансовую составляющую оптимизационной модели необходимо сопоставлять с существующими тарифами на содержание, текущий и капитальный ремонт жилищного фонда, и поиском альтернативных источников и дополнительных средств на ее реализацию.

Заключение.

Проведенные авторами исследования доказывают целесообразность и эффективность использования системы мониторинга, а также ее необходимость для долгосрочной и масштабной деятельности по обеспечению сохранности и обновления типовой массовой застройки Воронежской области.

Внедрение системы мониторинга позволит эксплуатационным службам накапливать и обрабатывать информацию об эксплуатационном износе жилых зданий и инженерных систем, а также выявить связи, характеризующие изменение технического состояния жилого фонда в результате износа и старения основных элементов. Это позволит разрабатывать планы управления техническим состоянием каждого жилого дома отдельно и более точно составлять региональные программы капитального ремонта и реконструкции зданий.

Таким образом, информационно-диагностический анализ технического состояния зданий способствует устойчивому развитию Воронежской области и позволит в дальнейшей перспективе производить постепенное плановое переселение граждан из ветхого жилья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Воробьева, Ю. А.** Влияние процесса старения ограждающих конструкций и инженерных систем жилых зданий на микроклимат помещений: автореферат диссертации на соискание степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 / Ю. А. Воробьева. – Воронеж, 2006. – 18 с.

2. **Виноградов, А. И.** Реконструкция районов массовой жилой застройки крупных и крупнейших городов как важнейшее условие успешного решения жилищной проблемы в России на современном этапе ее развития / А. И. Виноградов, В. В. Леонтьев // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2015. – № 1(9). – С. 39-51.

3. **Шмелев, Г. Д.** Ретроспективное прогнозирование технического состояния строительных конструкций / Г. Д. Шмелев, Н. В. Головина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 3(2). – С. 93-108.

4. **Стражников, А. М.** Научные основы, разработка и реализация системы мониторинга жилищного фонда в мегаполисах: автореферат диссертации на соискание степени доктора технических наук по специальности 05.02.22 / А. М. Стражников. – М.: Московский институт коммунального хозяйства и строительства, 2003. – 41 с.

5. **Воробьева, Ю. А.** Информационно-диагностическое обеспечение программы капитального ремонта / Ю. А. Воробьева, Д. В. Зайцев // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2016. – № 1(22). – С. 159-163.

6. **Сазонов, Э. В.** Информационно-диагностический анализ развития износа гражданских зданий / Э. В. Сазонов, Ю. А. Воробьева // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2005. – № 5. – С. 118.

7. **Шеина, С. Г.** Стратегическое управление техническим состоянием жилищного фонда муниципального образования: монография, Издание 2-е / С. Г. Шеина. – Ростов-на-Дону, 2012. – 204с.

8. **Воробьева, Ю. А.** Анализ снижения тепловой эффективности ограждающих конструкций здания в процессе эксплуатации / Ю. А. Воробьева, Т. А. Васильева, А. В. Лунина, Д. М. Совпель // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 3(2). – С. 77-83.

9. **Абакумов, Р. Г.** Аналитический обзор дефектов, влияющих на аварийность зданий / Р. Г. Абакумов, А. А. Мирзоев // Международный научный журнал «Инновационная наука». – №12-2. – 2016. – С. 85-87.

Поступила в редакцию 10 января 2018

ENSURING PRESERVATION AND UPDATES TYPICAL MASS CONSTRUCTION OF THE VORONEZH REGION WITH THE APPLICATION OF THE MONITORING SYSTEM

Y. A. Vorob'eva, E. E. Burak, S. A. Novikov, K. N. Gashkova

Vorob'eva Yulia Aleksandrovna, 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: cccp38@yandex.ru

Burak Ekaterina Eduardovna, Cand. tech. Sciences, 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: burak.e@mail.ru
Novikov Stanislav Alekseevich, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (473) 271-28-92; e-mail: pocha.dress@yandex.ru
Gashkova Kristina Nikolaevna, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (473) 271-28-92; e-mail: kngashkova@fkr36.ru

One of the most important housing tasks in our country, along with increasing accessibility and quality of housing, is to ensure the preservation and renovation of the housing stock of the 1950s and 1970s. The work is devoted to the identification of the most significant factors affecting the attainment of the dilapidated and emergency state of the mass series buildings in order to increase the efficiency of their major overhaul or reconstruction. At the same time, economic results should be expressed in eliminating physical depreciation and saving operational costs, and during reconstruction - also in increasing the area, the volume of services provided, throughput, and security of facilities. Issues related to the development and construction of an information and diagnostic system for the technical condition of multi-apartment residential buildings are considered, to determine the order of their inclusion in the capital repair program. The results of monitoring the condition of structures, engineering systems and equipment of buildings of typical mass series, taking into account their number of storeys and wall materials, carried out in Voronezh, as well as the obtained dependences of physical deterioration of buildings against various factors revealed in the course of practical study of objects are presented. A number of problems have been identified to ensure the preservation and renovation of the housing stock, including those related to the lack of insufficient funding for resettlement of emergency housing stock and capital repairs of apartment buildings. Analyzing the practical experience of using the system of information and diagnostic support of the technical condition of buildings, a method for solving the task is proposed.

Keywords: mass building; technical condition; emergency condition; physical wear; monitoring; building repairs.

REFERENCES

1. **Vorob'eva Y. A.** *Influence of the aging process of enclosing structures and engineering systems of residential buildings on the microclimate of premises.* Voronezh. 2006. 18 p. (in Russian)

2. **Vinogradov A. I., Leontiev V. V.** *Reconstruction of the areas of mass residential development of large and major cities as the most important condition for the successful solution of the housing problem in Russia at the present stage of its development.* Biosphere compatibility: man, region, technology. 2015. No. 1(9). Pp. 39-51. (in Russian)

3. **Shmelev G. D., Golovin N. V.** *Retrospective prediction of technical condition of building structures.* Housing and communal infrastructure. 2017. No. 3(2). Pp. 93-108. (in Russian)

4. **Strazhnikov A. M.** *Scientific foundations, development and implementation of a monitoring system for housing in megacities*. Moscow. 2003. 41 p.

5. **Vorob'eva Y.A., Zaitsev D. V.** *Information and diagnostic support of the capital repair program*. Scientific journal. Engineering systems and facilities. 2016. No. 1(22). Pp. 159-163.

6. **Sazonov E. V., Vorob'eva Y. A.** *Informational and diagnostic analysis of the development of the wear and tear of civil buildings*. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Building. 2005. No 5. p. 118. (in Russian)

7. **Sheina S. G.** *Strategic management of the technical condition of the housing stock of the municipal entity*. Rostov-on-Don. 2012. – p. 204. (in Russian)

8. **Vorob'eva Y. A., Vasilyeva T. A., Lunin A. V., Sovpel D. M.** *Analysis of the reduction in thermal efficiency of building enveloping structures during operation*. Housing and communal infrastructure. 2017. No. 3(2). Pp. 77-83. (in Russian)

9. **Abakumov R. G., Mirzoev A. A.** *Analytical review of defects affecting buildings accidents.* International Scientific Journal «Innovative Science. No. 12-2. 2016. Pp 85-87. (in Russian)

Received 10 January 2018

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Воробьева, Ю. А. Обеспечение сохранности и обновления типовой массовой застройки воронежской области с применением системы мониторинга / Ю. А. Воробьева, Е. Э. Бурак, С. А. Новиков, К. Н. Гашкова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 18-26.

FOR CITATION:

Vorob'eva Y. A., Burak E. E., Novikov S. A., Gashkova K. N. *Ensuring preservation and updates typical mass construction of the Voronezh region with the application of the monitoring system*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 18-26. (in Russian)

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ
ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

УДК 697.245.76

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЖИГАНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА В ДВУХКОНТУРНЫХ НАСТЕННЫХ БЫТОВЫХ КОТЛАХ

М. Г. Зиганшин, А. И. Шаймарданова

Зиганшин Малик Гарифович, д-р техн. наук, доцент кафедры теплоэнергетики, газоснабжения и вентиляции, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» (КазГАСУ), Казань, Российская Федерация, тел.: +84351004735; e-mail: mjihan@mail.ru
Шаймарданова Айзиря Ильнуровна, студент 4 курса Института строительных технологий и инженерно-экологических систем, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» (КазГАСУ), Казань, Российская Федерация, тел.: +79178716162; e-mail: azalia_95@mail.ru

Совершенствование систем отопления на основе индивидуальных отопительных котлов в настоящее время является актуальной задачей. На современном рынке отопительного оборудования присутствует множество видов бытовых котлов, отвечающих различным требованиям, которые классифицируются по соответствующим признакам. В качестве ключевых среди них, сообразно с темой данной работы, рассматриваются: область использования котлов, место их размещения, способ организации удаления продуктов сгорания, агрегатное состояние воды в удаляемых продуктах сгорания. Один из путей заметного повышения энергоэффективности настенных котлов заключается в разработке способов, позволяющих максимально интенсифицировать топочные процессы при любых режимах работы котла и подачи газа. Перспективным направлением в решении этой задачи является использование конденсационных котлов, главное преимущество которых перед традиционной технологией генерирования тепловой энергии заключается в использовании теплоты, выделяющейся при конденсации водяных паров из продуктов сгорания. Проведено исследование эффективности работы газовых настенных бытовых котлов. Изучена возможность оптимизации энергозатрат при работе двухконтурных настенных бытовых котлов. Проведен сравнительный анализ характеристик традиционных и конденсационных бытовых котлов отечественных и зарубежных производителей, эффективности их использования при различных температурных режимах теплоносителя. Установлено, что для максимальной экономии топлива необходимо обеспечить возможно более низкую температуру стенки хвостовых поверхностей нагрева котла. В предложенных условиях наиболее рациональным решением является переход на низкотемпературную систему отопления, температурный график которой гарантирует возможность конденсации даже при максимальной нагрузке системы.

Ключевые слова: двухконтурный котел; конденсационный котел; принудительная и естественная тяга; модуляционная горелка; детектор пламени; точка росы; высшая и низшая теплота сгорания.

Введение. Различные системы теплоснабжения жилищ человека известны с давних пор, ещё в городах Римской империи существовали сети тепло- и водоснабжения. Однако современный прототипсистемы отопления появился только с началом индустриализации: в период бурного развития промышленности в Европе и Америке стали появляться дома с паровым и водяным отоплением от местных теплоисточников –котлов. С тех пор системы индивидуального отопления вместе с бытовыми котлами постоянно совершенствуются, в основном, в направлениях безопасности, эргономичности, дизайна и экономичности. К настоящему времени создано множество видов бытовых котлов, отвечающих этим

© М. Г. Зиганшин, А. И. Шаймарданова, 2018

направлениям, которые классифицируются по соответствующим признакам. В качестве ключевых среди них, сообразно с темой данной работы, рассматриваются: область использования котлов (только для отопления – одноконтурные, или для отопления и горячего водоснабжения – двухконтурные), место их размещения (настенные и напольные), способ организации удаления продуктов сгорания (с естественной тягой и открытой камерой сгорания, или с принудительной тягой и закрытой камерой сгорания), агрегатное состояние воды в удаляемых продуктах сгорания (обычные, иногда называемые конвекционными, продукты сгорания из которых удаляются температурой, предотвращающей конденсацию водяных паров, и конденсационные, с конденсацией водяных паров в пределах котла).

Более половины обогревательных котлов, которые создаются во всем мире – газовые. Основным преимуществом отопительных газовых котлов настенного типа является их компактность, и, как следствие, простота установки, дешевизна монтажа, возможность органично вписать газовый котел в интерьер. В угоду этому в небольшом корпусе настенного котла стараются разместить все оборудование, необходимое для функционирования системы отопления, вплоть до циркуляционных насосов, систем автоматики и расширительного бака, с чем и связано их расхожее рекламное представление как «мини-котельная». Вдобавок, у настенных котлов с принудительной тягой и закрытой камерой сгорания в корпус встраивается и вентилятор. В таких моделях воздух для горения поступает не из помещения, а с улицы, через коаксиальный дымоход в наружной стене, который служит и для удаления продуктов сгорания.

Настенные газовые котлы применяются в двух направлениях: для создания индивидуальной отопительной системы в небольших коттеджах и загородных домах, и для поквартирного отопления в многоэтажных домах. В первом случае мощность устройств варьируется в основном от 12 до 42 кВт, хотя может доходить и до 100 кВт. Во втором случае достаточно, как правило, мощности 25 кВт. Для частных домов среднего размера более применим напольный вариант теплогенератора. Однако там, где возможен выбор по теплопроизводительности, нередко он оказывается в пользу настенных котлов, так как их стоимость ниже напольных аналогов [1, 2].

Простейшее из энергосберегающих мероприятий для настенного газового котла – переход с пьезорозжигана автоматический электророзжиг. Такие котлы экономичнее котлов с пьезорозжигом в ручном режиме, так как отпадает необходимость непрерывного поддержания пламени на запальнике, что позволяет снизить расход газа. Однако электророзжиг требует подключения котла к электросети, а экономия газа невелика.

Один из путей заметного повышения энергоэффективности настенных котлов заключается в разработке способов, позволяющих максимально интенсифицировать топочные процессы в непосредственной близости от газогорелочного устройства при любых режимах работы котла и подачи газа. В первую очередь это связано с тем, что вследствие компактности настенных котлов топки также малогабаритные, и полное развитие факела с догоранием газа до конечных продуктов сгорания – диоксида углерода и водяных паров – достигается не при всех режимах подачи газа. Здесь особо обращают на себя внимание топки с современными модуляционными горелками. Модуляция пламени предполагает автоматическое изменение мощности горелки в зависимости от потребности в тепловой энергии. К примеру, в системах горячего водоснабжения (ГВС) модуляционная горелка позволяет удерживать температуру горячей воды на заданном уровне независимо от изменения ее расхода потребителем. Горелка управляется автоматикой регулирования котла, настроенной на обеспечение оптимальной мощности посредством оптимизации подачи газового топлива, что приводит к снижению его расхода в целом за год. Вместе с тем, вследствие модуляции термические и аэродинамические характеристики топки, и в особенности двухконтурных котлов, меняются часто и стохастическим образом, что приводит к нарушению стационарности процесса горения топлива [3, 4].

В соответствии с современными требованиями (ГОСТ Р 54826-2011 (ЕН 483:1999) Котлы газовые центрального отопления, Котлы типа «С» с номинальной тепловой мощностью не более 70 кВт), все газовые настенные котлы оснащаются автоматикой безопасности, элементы которой обеспечивают безопасность их эксплуатации. Обязательными элементами являются датчики контроля пламени и тяги, предохранительные запорные и сбросные клапаны газовые,

устройства контроля температуры и уровня воды в котле, наличия электропитания в системе. Наличие автоматики заметно влияет на стоимость котла в целом, причем для отечественных и импортных изделий цены на автоматику сопоставимы.

Настенный вариант размещения котла накладывает определенные требования к его массе. Поэтому настенное оборудование изготавливается из облегченных материалов, вследствие чего может быть не долговечным. Это приводит к необходимости более частых ремонтов по сравнению с напольным вариантом, но такой недостаток не характерен для брендовых марок настенных котлов. Среди европейских производителей первую ступень в рейтинге качества занимают фирмы Германии, Швеции, Австрии, Франции, однако они имеют высокую стоимость (например, котел CTC SILVER, страна-производитель Швеция, КПД 92 %, относительная стоимость 11,88 тыс. руб./(л/мин)). Котлы хорошего качества по более низким ценам производят Италия, Испания, Бельгия, Англия, Словакия (например, котел PROTHERM, страна производитель Словакия, КПД 90,2 %, относительная стоимость 3,56 тыс. руб./(л/мин)). Отечественные фирмы лишь ненамного уступают зарубежным производителям в качестве, зато более адаптированы к климату территории Российской Федерации и обладают сравнительно невысокой ценой. Например, КПД котлов фирмы NEVALUX (Россия) и CTC SILVER равны, а по производительности отечественный котел даже превосходит шведский (NEVALUX 14 л/мин, CTC SILVER 12,50 л/мин). При этом цена котла фирмы NEVALUX в 4,5 раза ниже. Также котел NEVALUX превосходит по КПД котел фирмы PROTHERM (Словакия) (92 % против 90,2 %), производительности у них одинаковые, а цена отечественного котла в 1,3 раза меньше (рис. 1).

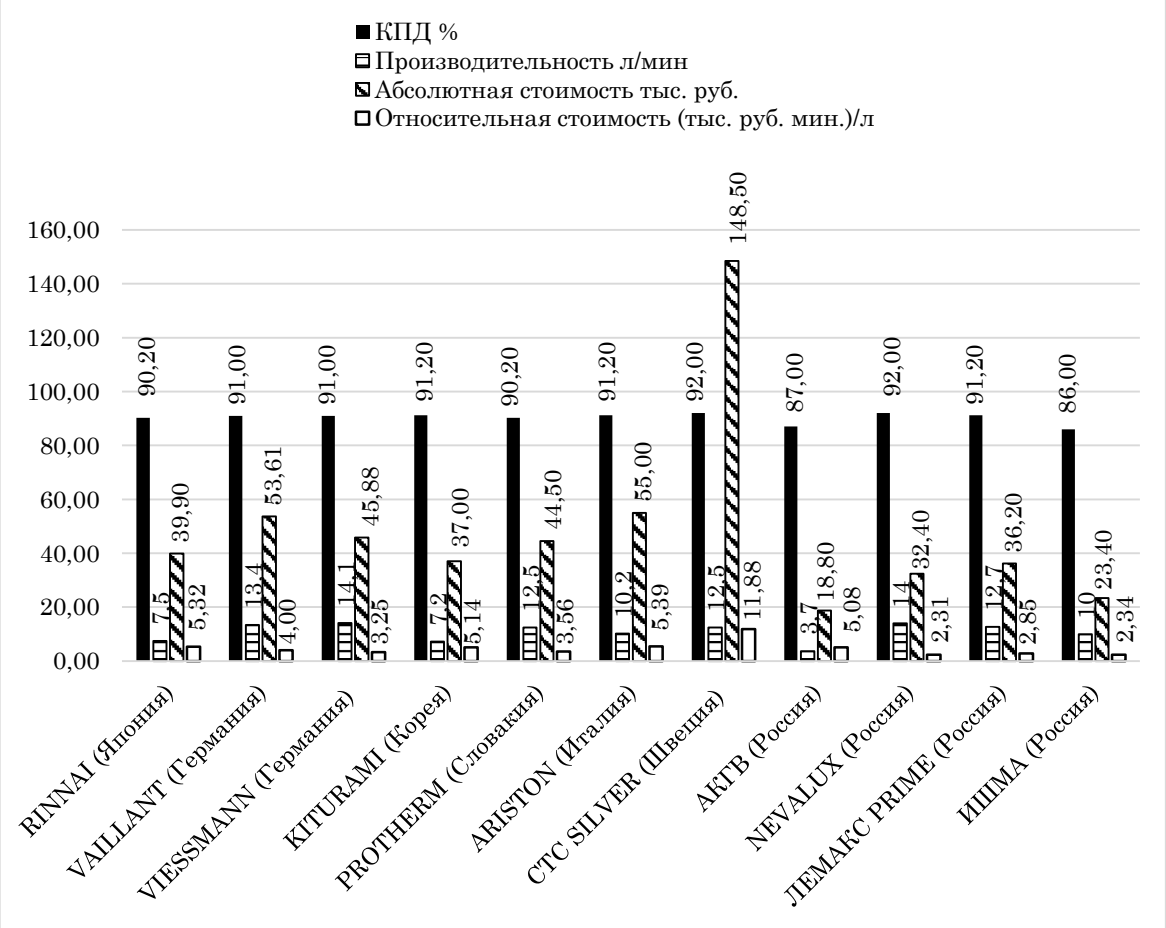

Рис. 1 – Сравнение зарубежных и отечественных двухконтурных настенных бытовых котлов по КПД (%), производительности (л/мин), абсолютной стоимости (тыс. руб.), относительной стоимости (тыс. руб./(л./мин.))

В последнее десятилетие в России помимо традиционных начали распространяться конденсационные настенные газовые котлы. В ряде европейских стран конденсационные котлы, хотя и значительно медленнее, чем, по первоначальным прогнозам, 90-ых годов прошлого века, но заняли лидирующие позиции среди оборудования для отопления, а в Великобритании и Бельгии их применение даже обрело обязательный статус. Распространению конденсационной техники в них поспособствовал финансовый кризис 2008 г., вследствие обеспечения экономии импортируемого из России газового топлива. Главная особенность конденсационных котлов перед традиционной технологией генерирования тепловой энергии заключается в использовании теплоты, выделяющейся при конденсации водяных паров из продуктов сгорания. Это позволяет экономить в соответствующих климатических условиях свыше 5 % газового топлива, затрачиваемого на отопление помещений.

На диаграммах (рис. 2 а, б) показаны характеристики двухконтурных (а) и одноконтурных (б) конденсационных котлов.

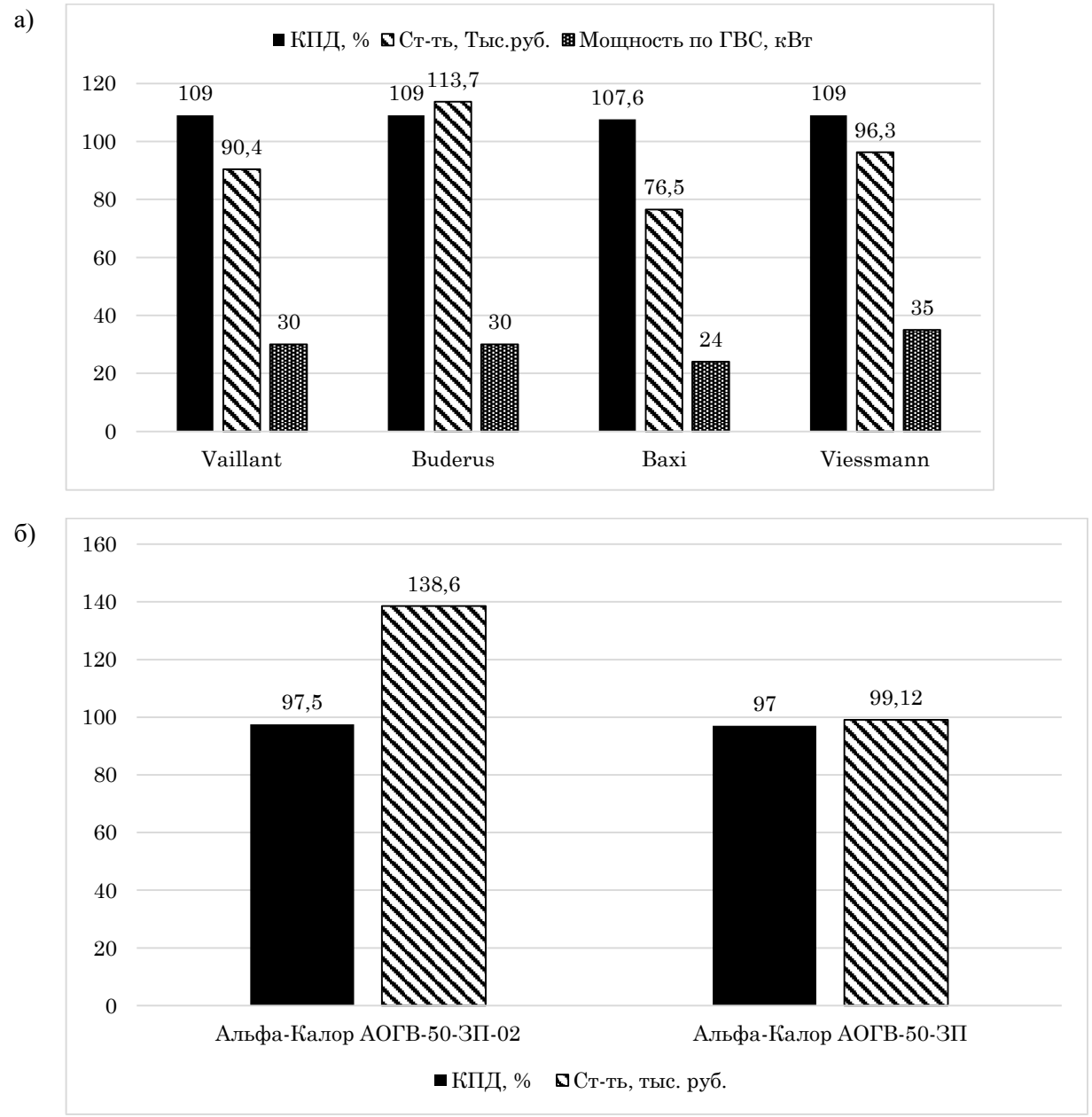

Рис. 2 – Сравнительные характеристики конденсационных котлов по КПД (%), стоимости (тыс. руб.) и заявленной мощности по ГВС (кВт): а – двухконтурные, б – одноконтурные

На первой диаграмме (рис. 2) представлены четыре производителя стран ЕС –Vaillant (Германия), Buderus (Германия), Baxi (Италия) и Viessmann (Германия). Среди них наилучшим вариантом по КПД, стоимости и заявленной тепловой мощности на ГВС является конденсационный котел фирмы Viessmann. Необходимо отметить, что конденсационные настенные котлы не только премиум и среднего, но и эконом класса, существенно дороже обычных [5, 6].

Основное преимущество конденсационных котлов заключается в более полном использовании теплоты продуктов сгорания топлива. При использовании обычных («конвекционных») котлов конденсация водяных паров из продуктов сгорания не допускается, так как это приводит к кислотной коррозии поверхностей нагрева и разрушению дымоходов от постоянного намокания. За счет частичного растворения диоксида углерода, содержащегося в продуктах сгорания, конденсат является, как правило, слабокислым. Водородный показатель конденсата зависит от вида топлива, конструкции теплообменника, коэффициента избытка воздуха, конечной температуры конденсата и составляет для газа 4…6, для жидкого топлива 3…4 и менее. Следует заметить, что в конденсате частично растворяются и другие вредные ингредиенты продуктов горения. И именно по этой причине, а не за счет совершенства техники сжигания, концентрации оксидов азота в дымовых газах конденсационных котлов несколько ниже, чем в дымовых газах традиционных.

Содержание водяного пара в продуктах сгорания зависит, главным образом, от элементного состава и влажности топлива, а также – правда, в значительно меньшей степени – от влажности воздуха, подаваемого для горения (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики различных видов топлива

Топливо	Теплота сгорания нетто (H_u) [кДж/кг]	Теплота сгорания брутто (H_o) [кДж/кг]	Соотношение H_o/H_u [%]	Точка росы продуктов сгорания [°C]	Конденсат теоретический [кг/кДж]	Значение pH
Природный газ «H»	37260	41256	110,7	55,6	576	2,8…4,9
Природный газ «L»	31788	35208	110,8	55,1	576	2,8…4,9
Пропан	93204	101232	108,6	51,4	468	2,8…4,9
Бутан	123804	134064	108,3	50,7	432	2,8…4,9
Жидкое топливо EL*	42840	45792	106,9	47,0	360	1,8…3,7**
* топливоEL «экстра легкое», максимальное содержание серы в топливе 0,2 % по весу Жидкое топливо с низким содержанием серы: макс. содержание серы в топливе 50 ‰=0,005 % по весу ** Значение pH конденсата малосернистого жидкого топлива: 2,3…4,5						

При сжигании сетевого природного газа, не содержащего сернистых соединений, конденсация водяных паров из продуктов сгорания начинается при 59…57 °C. Следовательно, конденсации не будет, если температура дымовых газов и конвективных поверхностей нагрева выше 60 °C. Поверхности нагрева конденсационных котлов выполняются из нержавеющих материалов, а дымоходы – из пластика. Поэтому они рассчитаны на утилизацию теплоты парообразования водяных паров при их конденсации на поверхностях нагрева конвективной части котла. Для гарантированной конденсации водяных паров из продуктов сгорания температура дымовых газов и конвективных поверхностей нагрева должна быть ниже 55…57 °C. Вследствие конденсации продуктов сгорания в границах поверхностей нагрева конденсационные котлы частично используют высшую теплоту сгорания топлива.

За счет этого можно добиться увеличения КПД котла максимально на 8…10 %. Полная конденсация водяного пара из продуктов сгорания в реальных газовых котлах не происходит. Но за счет конденсации водяного пара и более глубокого охлаждения продуктов сгорания коэффициент использования топлива у специализированного конденсационного котла, работающего в конденсационном режиме, например, Vaillant, может быть доведен до 109 % (в расчете по низшей теплоте сгорания). Однако для полноценной реализации эффекта конденсации необходимо поддерживать температуру воды обратной линии, поступающей в котел, не выше 30 °С. При поддержании температуры воды обратной линии системы отопления до 50 °С, увеличение КПД составит не более 5 %, а при более высокой температуре обратной воды эффект сходит на нет. Поэтому в средней климатической зоне идеальным объектом обогрева с использованием конденсационных котлов служит низкотемпературное отопление типа «тёплый пол» с устройством, понижающим температуру обратной линии, например, использование обратного теплоносителя радиаторного контура в качестве подающего теплоносителя для контура «тёплый пол».

При конденсации пара выделяется теплота конденсации, равная теплоте парообразования и зависящая от давления (температуры насыщения): для водяного пара в диапазоне температур 40…60 °С она составляет 2405,8…2355,6 кДж на 1 кг водяного пара. Парциальное давление водяного пара в продуктах сгорания зависит от коэффициента избытка воздуха; увеличение коэффициента избытка воздуха (разбавление дымовых газов) ведет к уменьшению влагосодержания и парциального давления водяного пара и снижению температуры точки росы.

При сгорании 1 м^3 природного газа образуется примерно 2,15 м^3, или 1,72 кг, водяного пара, при полной конденсации которого выделяется около 4184 кДж теплоты, что составляет около 12 % низшей теплоты сгорания.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что в любых установках, работающих на углеводородном топливе, при охлаждении продуктов сгорания до температуры ниже точки росы возможна экономия топлива за счет использования теплоты, выделяющейся при конденсации водяного пара. Однако при этом необходимо решить проблемы, связанные с охлаждением продуктов сгорания до требуемой температуры, обеспечивающей максимальный КПД. Главная сложность состоит в том, что нагрузкой котла в этом случае является только система отопления и горячего водоснабжения жилого дома, для температуры воды в системе отопления которой типичным, общепринятым в отечественных условиях является график 95…70 °С (средняя температура воды составляет 82,5 °С). Для этого графика проектом определяется поверхность теплообмена отопительных приборов, труб и других элементов системы отопления, тепловой поток от которых компенсирует теплопотери здания при расчетной для отопления температуре наружного воздуха. В режиме «лето», то есть при работе котла на водоподогреватель системы ГВС, температура воды в котле существенно зависит от типа (проточный, емкостной), конструкции водоподогревателя, его размеров, принятой схемы регулирования мощности горелки и других факторов. Можно считать, что температура котловой воды в режиме «лето» такая же, как в режиме отопления в средней части отопительного графика (рис. 3).

Котел в обычной системе отопления в холодное время года не работает в конденсационном режиме, так как температура стенки существенно превосходит точку росы. По температурному графику (рис. 3) можно видеть, что минимальное условие для начала конденсации (температура обратной воды ниже точки росы) соблюдается в части отопительного графика, где температура наружного воздуха выше -13 °С. Однако условие конденсации составляет лишь часть графика, для работы в которой без коррозии требуется специальный тип котла. Использование конденсационного котла ведет к удорожанию системы, при этом использование принципа конденсации с целью экономии топливных ресурсов реализуется не в полном объеме. При подключении многих типов котлов (главным образом, стальных)

в соответствии с инструкциями изготовителя применяют линию рециркуляции с терморегулятором, поддерживающим температуру воды на входе в котел на уровне 55…60 °С, что практически исключает возможность конденсации при любых нагрузках [7].

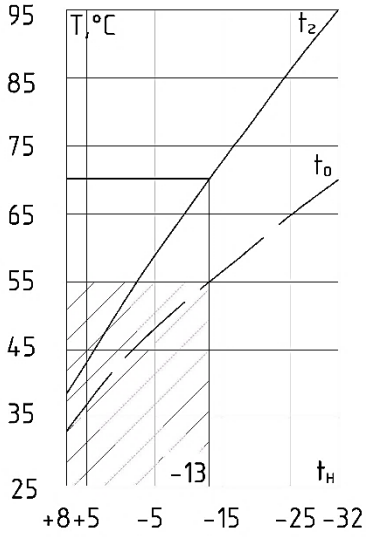

Рис. 3 – Температурный график 95…70 °С для климатической зоны с расчетной температурой системы отопления -32 °С: $t_н$ – температура наружного воздуха, °С, $t_г$ – температура в подающем трупопроводе, °С, $t_о$ – температура в обратном трупопроводе, °С

Заключение.

Установлено, что для максимальной экономии топлива необходимо обеспечить возможно более низкую температуру стенки хвостовых поверхностей нагрева котла. В предложенных условиях наиболее рациональным решением является переход на низкотемпературную систему отопления, температурный график которой гарантирует возможность конденсации даже при максимальной нагрузке системы.

Таким образом, оценку экономической эффективности применения бытовых конденсационных котлов следует проводить с учетом затрат не только на котел и его вспомогательное оборудование, но и иные компоненты системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Семенов, В. Г.** 100 лет теплофикации и централизованному теплоснабжению в России: сборник статей / под ред. В. Г. Семенова. – М.: Новости теплоснабжения, 2003. – 348 с.

2. **Шустов, Я.** Газ. Прошлое и будущее / Я. Шустов // Коммунальный комплекс России. – 2008. – № 9. – С. 3-7.

3. **Локтев, А. В.** Технические решения модернизации газогорелочных устройств отопительных котлов / А. В. Локтев, А. В. Малахов // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2014. – № 2. – С. 148-153.

4. **Tian-Hu Zhang.** Optimization of gas mixing system of premixed burner based on CFD analysis / Tian-Hu Zhang , Feng-Guo Liu, Xue-Yi You // Energy Conversion and Management. 2014. Vol. 85. Pp. 131-139.

5. **Милова, Л.** Настенные двухконтурные газовые котлы. Обзор рынка / Л. Милова // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2012. – № 9(129). – С. 38-55.

6. **Милова, Л.** Настенные двухконтурные газовые котлы / Л. Милова // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2010. – № 6. – С. 34-44.

7. **Лапковский, В. М.** Двухконтурный водогрейный котел с тепловыми трубами в первом контуре / В. М. Лапковский, А. Ф. Пешкин // Теплоэнергетика. – 2000. – № 4. – С. 44-47.

Поступила в редакцию 23 декабря 2017

EFFICIENCY OF COMBUSTION OF GAS FUEL IN TWO-CONCRETE WALLED HOUSEHOLD BOILERS

M. G. Ziganshin, A. I. Shaymardanova

Ziganshin Malik Garifovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Chair of Heat and Power Engineering, Gas Supply and Ventilation, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation, phone: +784351040735; e-mail: mjihan@mail.ru.
Shaymardanova Ayzirya Ilnurovna, 4th year student of the Institute of Building Technologies and Engineering Ecological Systems, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation, Russian Federation, phone: +79178716162; e-mail: azalia_95@mail.ru

Improvement of heating systems based on individual boilers is currently an urgent task. In the modern market of heating equipment there are many types of domestic boilers, corresponding to different requirements. Boilers are classified on various parameters. As the main classification parameters are considered: the use of boilers, the accommodation, the way of organizing the removal of products of combustion, state of aggregation of water in the removed combustion products. One of the ways to improve the efficiency wall-hung boiler is to develop ways that intensifitsiruetsa combustion processes under all modes of operation of the boiler and gas supply. A promising direction in solving this problem is the use of condensing boilers. The main advantage compared to conventional technology for generating thermal energy is to use the heat released during condensation of water vapour from combustion products. A study of the effectiveness of the gas domestic wall boilers. Studied the possibility of optimizing energy consumption when the work of wall Combi domestic boilers. A comparative analysis of the characteristics of traditional and condensing domestic boilers domestic and foreign manufacturers. Studied the efficiency at different temperatures of coolant. It was found that for maximum fuel economy it is necessary to provide a low wall temperature of the final heating surfaces of the boiler. The most rational solution is the transition to a low-temperature heating system, temperature chart which guarantees the possibility of condensation of vapors even at maximum system load.

Keywords: double-circuit boiler; condensing boiler; forced and natural draft; modulation burner; flame detector; dew point; higher and lower heat of combustion.

REFERENCES

1**. Semenov V. G.** *100 years of district heating and district heating in Russia*. Novosti teplosnabzheniya. 2003. 348 p. (in Russian)

2. **Shustov J.** *Gas. Past and future*. The municipal complex of Russia. 2008. No. 9. Pp. 3-7. (in Russian)

3. **Loktev A. V., Malakhov A. V.** *Technical solutions modernization of gas-burning devices for heating boilers*. Proceedings of NSTU them. R. E. Alekseev. 2014. No. 2. – Pp. 148-153. (in Russian)

4. **Tian-Hu Zhang, Feng-Guo Liu, Xue-Yi You.** *Optimization of gas mixing system of premixed burner based on CFD analysis.* Energy Conversion and Management. 2014. Vol. 85. Pp. 131-139.

5. **Milova L.** *Wall-mounted Combi boilers. An overview of the market*. Plumbing, heating, air conditioning. 2012. No 9 (129). Pp. 38-55. (in Russian)

6. **Milova L.** *Wall-mounted Combi boilers*. Plumbing, heating, air conditioning. 2010. No. 6. – Pp. 34-44. (in Russian)

7. **Lapkowski W. M., Pawnstein A. F.** *Combi boiler with heat pipes in the primary circuit*. Teploenergetika. 2000. No. 4. Pp. 44-47. (in Russian)

Received 23 December 2017

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Зиганшин, М. Г. Эффективность сжигания газового топлива в двухконтурных настенных бытовых котлах / М. Г. Зиганшин, А. И. Шаймарданова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 27-35.

FOR CITATION:

Ziganshin M. G., Shaymardanova A. I. *Efficiency of combustion of gas fuel in two-concrete walled household boilers*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 27-35. (in Russian)

УДК 697.921:633.63; 631.243.4

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЫРЬЯ В СВЕКЛОСАХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

С. М. Кольцов, М. Н. Жерлыкина

Кольцов Семен Михайлович, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(473)271-52-49; e-mail: smkoltsov@yandex.ru
Жерлыкина Мария Николаевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(473)271-28-92; e-mail: zherlykina@yandex.ru

Период продолжительности хранения свеклосахарного сырья завит от эффективности инженерных систем, предназначенных для отведения избыточной теплоты от корнеплодов. Приведен обзор технических решений, применяемых для хранения сахарной свёклы. Акцентировано внимание на работе инженерных систем, предназначенных для создания условий хранения сырья навалом без ограждающих конструкций. Установлено, что в решении задач обеспечения потребностей производства важная роль принадлежит инженерным системам активной вентиляции насыпи корнеплодов. Выявлены особенности хранения сахарной свёклы и представлены задачи, решение которых способствует повышению эффективности хранения сырья. Проведен анализ величин аэродинамического сопротивления насыпи для свёклы из нормативных документов, который подтвердил недостаточность справочных данных для проектирования систем активной вентиляции. Предложен диапазон допустимых скоростей воздуха в межкорневом пространстве сахарной свёклы с учетом влияния окружающей среды и отсутствия ограждающих конструкций. Представлены рекомендации для конструирования систем активной вентиляции. Рассмотрены типы ограждающих конструкций сооружений для хранения корнеплодов, получившие наибольшее распространение в свеклосахарном производстве в настоящее время. Предложен принцип работы инженерных систем охлаждения насыпи для овощехранилищ, основанный на среднесуточном колебании температур. Систематизированы существующие решения и представлены задачи, требующие решения при проектировании инженерных систем свеклохранилищ.

Ключевые слова: инженерная система; вентиляция насыпи; хранение сырья; сахарная свекла; система активной вентиляции; овощехранилище.

В сахарной промышленности актуальны задачи увеличения продолжительности цикла работы сахарного завода и повышения эффективности переработки свеклосахарного сырья.

Период продолжительности работы сахарного завода в Российской Федерации составляет 110…140 дней в год, при этом в ряде государств продолжительность работы заводов составляет 170…200 дней. Разрыв образовался в двадцатом веке из-за того, что для советского свеклосахарного производства первостепенной задачей являлось увеличение мощности завода, а хранение сырья являлось второстепенной, поэтому данный вопрос и сейчас недостаточно изучен. Сегодня основным направлением исследований является разработка химических веществ для обработки корнеплодов и изучение их влияния на свёклу. При этом эффективность обработки насыпи во многом завит от аппаратной части системы активной вентиляции сырья, которая является слабым звеном всей технологической цепочки хранения корнеплодов [1]. Под активным вентилированием подразумевается принудительная подача атмосферного воздуха через неподвижную насыпь сырья в овощехранилищах и на открытых площадках [2].

© С. М. Кольцов, М. Н. Жерлыкина, 2018

Ограниченность периода хранения заготовленного сырья не позволяет увеличить цикл работы завода, а нарушение условий хранения способствует уменьшению периода сохранности и снижению качества сырья. При переработке качественного сырья из ста тонн получают от четырнадцати до семнадцати тонн сахара, а при нарушении режимов хранения корнеплодов – от шести тонн сахара. Таким образом, в сахарной промышленности актуальной задачей является увеличение продолжительности цикла работы сахарного завода и повышение эффективности переработки свеклосахарного сырья.

Исходя из вышесказанного, необходимо систематизировать знания для разработки алгоритма проектирования инженерных систем, учитывающих рекомендации хранения овощей валовым способом, с учетом равномерного тепломассообмена по всему объему насыпи при минимизации энергозатрат.

Период поступления сельскохозяйственного сырья на площадки хранения начинается с сентября. Во время хранения в сахарной свёкле протекают химические реакции, сопровождающиеся выделением теплоты, влаги, приводящие к потере сахаристости. Интенсивность биохимических реакций зависит от температуры внутри корнеплодов, а также температуры, скорости и газового состава воздуха в межкорневом пространстве [3]. На рис. 1 приведен график зависимости суточных потерь сахара свёклой от температуры насыпи [2].

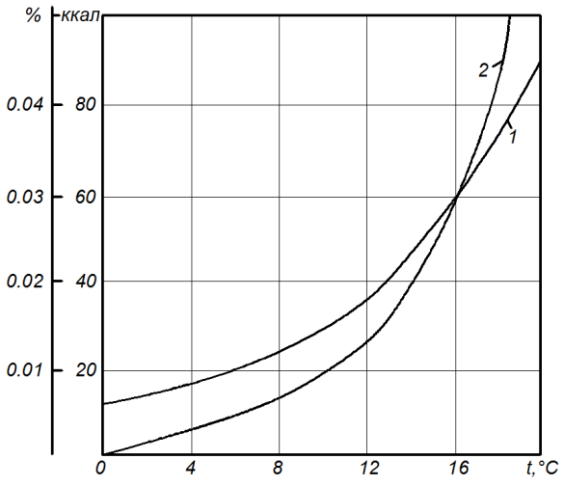

Рис. 1 – Зависимость от температуры в насыпи: 1 – суточных потерь сахара свёклой, % от массы свеклы; 2 – количества выделяемого тепла на 1 т свёклы, ккал

При хранении овощей учитывают три основных параметра воздуха: температура, влажность, скорость движения воздуха в насыпи. Диапазон изменения температуры и влажности для каждой культуры берется из справочников теплофизических характеристик пищевых продуктов [4]. Скорость движения воздуха в овощехранилищах составляет 0,12… 0,5 м/с. Оптимальная температура хранения сахарной свёклы – 0...+2 °С при относительной влажности 85…95 %.

Межкорневое пространство занимает 30…40 % объема насыпи сахарной свёклы. За счет разности температур окружающего воздуха и воздуха внутри слоя насыпи возникает конвективное движение воздуха. По данным, приведенным в [2], скорость воздуха находится в диапазоне 0,005…0,05 м/с. Температура сырья, поступающего на хранение, составляет +10...+12°С. Установлено, что данной скорости воздуха недостаточно для отведения избыточной теплоты от сырья. На рис. 2 показан процесс испарения влаги, образованной в ходе химической реакции, сопровождающейся выделением теплоты внутри насыпи. Наоборот, процессы, проходящие внутри сахарной свёклы, способствуют возникновению эффекта «горения». «Горение» сырья – это локальное возрастание температуры с образованием «очага горения», приводящее к ускоренной порче сырья. Для снижения и поддержания температуры в заданном диапазоне применяют систему принудительной вентиляции.

Рис. 2 – Внешний вид насыпи для краткосрочного хранения без использования инженерных систем: 1 – насыпь сахарной свёклы, 2 – водяной пар

Проведен обзор конструктивных решений современных инженерных систем [5] для овощехранилищ компаний ООО «ЗИПо» (г. Липецк), ООО «АБОНО» (г. Москва), ООО «Агрохолод» (г. Котовск).

Компания «ЗИПо» предлагает собственную запатентованную разработку вентиляционных каналов для хранения сырья навалом (рис. 3, а). Отличительной особенностью каналов являются ребра жесткости, которые позволяют использовать меньшую толщину стенки (1,2…2,2 мм). При изготовлении вентиляционных каналов использует конвейерное производство, что значительно снижает время и затраты на изготовление продукта. В то же время выпускные отверстия воздуховода располагаются на одном расстоянии друг от друга, имеют одну форму и площадь, что снижает эффективность равномерного распределения воздуха по всей длине. Также компания «ЗИПо» занимается разработкой и изготовлением высоконапорных осевых вентиляторов (рис. 3, б), которые ориентированы для применения в системах вентиляции с большим сопротивлением воздушному потоку.

а)

б)

Рис. 3 – Внешний вид вентиляционного оборудования: а) вентиляционных каналов для картофелехранилища; б) вентиляционных агрегатов для сахарной свёклы

ООО «АБОНО» предлагает инженерную систему воздухоподготовки для картофелехранилищ (рис. 4). Принцип работы основан на вытесняющей вентиляции «сверху – вниз» для стеллажного овощехранилища. За счет того, что между штабелями имеется воздушное пространство, возникновение эффектов самосогревания сырья и «горения» снижено. Схема подачи воздуха «сверху – вниз» в данной конструкции овощехранилища наиболее эффективна. Также особенностью этой конструкции является минимальное использование воздуховодов. Инженерное решение компании ООО «АБОНО» применяется для хранения овощей, картофеля, лука, моркови в ящиках, решетчатых контейнерах на стеллажах. Система применима и для долгосрочного хранения (до 6 месяцев) сахарной свёклы, однако в этой отрасли не применяется. Причиной отсутствия спроса является высокая стоимость капитальных затрат, обусловленная низкой ценой на сахарную свёклу и большими объемами хранения сырья. Сахарный завод перерабатывает сырья от 1,5 до 4 тысяч тонн в сутки. Вместительность типового овощехранилища для сахарной свёклы составляет от 2 до 10 тысяч тонн [6].

а) б)

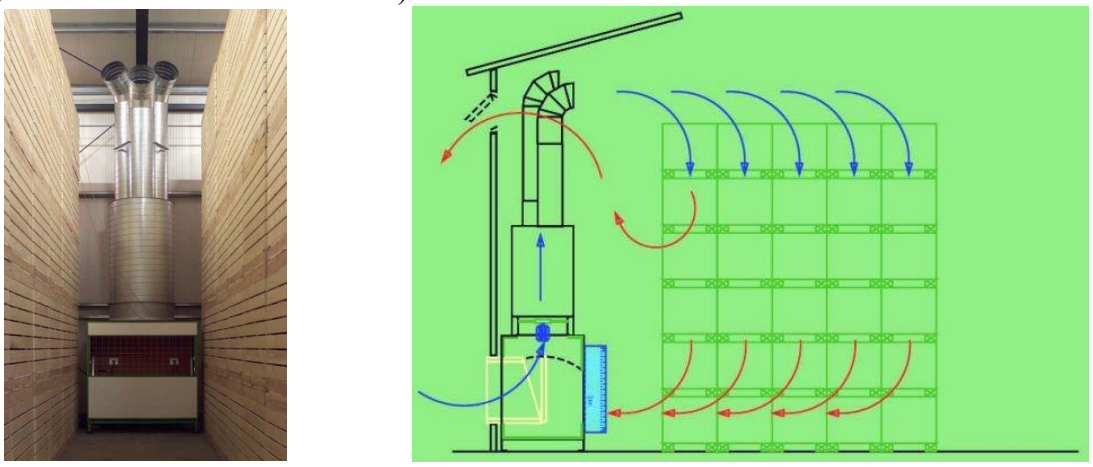

Рис. 4 – Система вентиляции и охлаждения сельскохозяйственного сырья компании «АБОНО»: а) внешний вид системы подготовки воздуха; б) принципиальная схема работы

Компания «Агрохолод» разработала комплексную систему активной вентиляции для хранения сахарной свёклы в насыпи, которая включает в себя вентиляционный агрегат, воздуховоды, систему автоматизации и контроля температуры сырья, а также систему диспетчеризации, оснастку для транспортировки воздуховодов и другое вспомогательное оборудование. Особенностью конструкции является модульная рама вентиляционного агрегата (рис. 5), которая позволяет увеличить полезную длину воздуховода за счет того, что она частично находится в насыпи сырья. Используются воздуховоды диаметром 820 мм и толщиной стенки 9 мм. Толщина подобрана для нагрузки, которую создают сахарная свекла и (с учетом запаса прочности) механические воздействия во время демонтажа системы.

Несмотря на имеющиеся предложения на рынке по организации хранения сырья с помощью инженерных систем, спрос на них невысок из-за того, что он только начал формироваться, и на данный момент менее 10 % сахарных заводов осваивают технологию хранения с принудительной вентиляцией. Получили распространение системы активной вентиляции насыпи сахарной свёклы, предполагающие хранение сырья без ограждающих конструкций. Наиболее комплексное предложение у компании «Агрохолод». Преимуществами этой системы является низкая стоимость, окупаемость за один-два года эксплуатации. Недостатками является незащищенность сырья от воздействий окружающей среды. Воздуховоды системы активной вентиляции устанавливаются на площадку и засыпаются сырьем. Воздух, забираемый из окружающей среды, равномерно поступает снизу по всему объему

насыпи через распределительные щели для охлаждения сырья. Хранение сырья без ограждающих конструкций ориентировано на среднемесячную температуру окружающего воздуха около 0 °С или ниже [2].

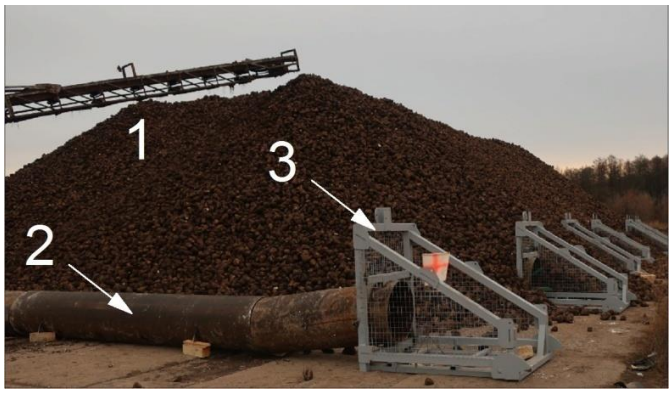

Рис. 5 – Хранение сырья без ограждающих конструкций:
1 – насыпь сахарной свёклы, 2 – воздуховод, 3 – рама вентиляционного агрегата

Таким образом, установлено, что при проектировании инженерных систем необходимо решить следующие задачи:

- рассчитать расход подаваемого воздуха для охлаждения насыпи при допустимой скорости воздушного потока;
- подобрать диаметр трубы и толщины стенки для воздуховода;
- выбрать форму выпускных отверстий;
- рассчитать шаг между выпускными отверстиями для достижения равномерного распределения воздуха по всей длине воздуховода;
- подобрать вентилятор;
- подготовить площадку для хранения сырья;
- подобрать технику для транспортировки воздуховодов и вентиляционных агрегатов;
- выбрать способ укладки воздуховодов и установки вентиляционных агрегатов;
- установить систему автоматизации и контроля температуры внутри насыпи.

Скорость воздуха на выходе из воздухораздающих отверстий в объем хранимой продукции авторами рекомендуется принимать 1…2 м/с. Эта скорость выше, чем в справочной литературе [4], вследствие увеличения высоты насыпи сырья, которая составляет от 6 до 8 метров, а также для уменьшения периода охлаждения сырья. На сегодняшний день имеются исследования, посвященные потерям веса корнеплодов от скорости воздуха в межкорневом пространстве. В справочной литературе [2] предлагается использовать диапазон скоростей воздуха, рекомендованный для овощехранилищ, который составляет от 0,1 до 0,5 м/с. При этом не учитывается отсутствие ограждающих конструкций и влияние окружающей среды при хранении на открытых площадках, а также отсутствуют исследования экономической эффективности скорости охлаждения при изменении климатических условий. Наличие ограждающих конструкций позволяет снизить влияние суточных колебаний температур и атмосферных осадков.

Расход воздуха принимается равным 35…70 $м^3$/ч на одну тонну в зависимости от сорта корнеплодов. Воздуховоды располагаются параллельно друг другу и перпендикулярно длине насыпи. Расстояние между соседними воздуховодами составляет 6 метров при высоте насыпи 6,5 метров. При скважности сырья 40 % [4] насыпная плотность которого составляет $\rho_н$ = 600 кг/$м^3$, вес, приходящий на погонный метр воздуховода, составляет 25,2 тонны. При расходе воздуха 50 $м^3$/(ч·т) требуется подать не менее 1300 $м^3$/ч воздуха на один метр воздуховода. В НТП АПК 1.10.12.001-02 «Нормы технологического проектирования предприятий по хранению и обработке картофеля и плодоовощной продукции» приведены

значения аэродинамического сопротивления для свёклы высотой насыпи до 4 метров и расходом воздуха до 500 м^3/ч (табл.), что не отвечает реальным условиям хранения сырья.

Таблица

Аэродинамическое сопротивление насыпи свеклы, Па

Толщина слоя, м	Интенсивность подачи воздуха на 1 м^2 сечения насыпи, перпендикулярной воздушному потоку					
	50 м^3/ч	100 м^3/ч	200 м^3/ч	300 м^3/ч	400 м^3/ч	500м^3/ч
1	0,85	2,12	5,93	11,4	18,6	27,5
2	1,7	4,24	11,86	22,8	37,2	55,0
3	2,55	6,36	17,79	34,2	55,8	82,5
4	3,4	8,48	23,72	45,6	74,4	110,0

Данные в табл. приведены для свёклы обыкновенной (столовой), которая имеет меньший размер, чем сахарная. При проведении лабораторного опыта для определения аэродинамического сопротивления насыпи автором были получены результаты, которые отличаются от приведенных в табл. Чтобы подтвердить достоверность проведенного опыта, требуется проведение дополнительных исследований. Наличие спроса на хранение описанной выше конфигурации насыпи (высотой 6…7 метров) и отсутствие справочных данных приводит к необходимости проведения соответствующих исследований и разработки рекомендаций для расчета активной вентиляции.

Подбор диаметра воздуховода должен производиться из расчета необходимой подачи воздуха. Толщина стенки воздуховода должна быть достаточной для восприятия нагрузки, создаваемой сахарной свёклой, а также иметь прочностной запас на воздействие механических воздействий при монтаже и демонтаже системы. Рекомендуемая расчетная скорость движения воздуха в поперечном сечении воздуховода не должна превышать 10 м/с во избежание повышенного аэродинамического сопротивления.

Шаг выпускных отверстий рассчитывается из условия сегментного распределения воздуха по длине насыпи [7, 8]. Необходимо учитывать, что слой, находящийся вблизи сторон насыпи, меньше подвержен эффекту самосогревания. Форма выпускных отверстий подбирается из условия необходимой пропускной способности сечения и сохранения прочностных свойств воздуховода.

С учетом натурных исследований авторами предлагаются следующие рекомендации по конструированию вентиляционной системы:

- для выпускных отверстий использовать форму ромба, овала, линзы и др.;
- длина выпускного отверстия должна быть перпендикулярна центральной оси воздуховода;
- отверстия размещаются с обеих сторон относительно центральной оси воздуховода вблизи поверхности соприкосновения вентиляционного канала с площадкой;
- минимальное расстояние между соседними отверстиями не должно быть меньше 4-х размеров, равных ширине выпускного отверстия. При необходимости большего количества отверстий на участке воздуховода необходимо расположить следующий ряд выше предыдущего на расстояние, равное не менее одной длины выпускного отверстия (ряды располагаются в шахматном порядке) (рис. 6).

Вентилятор подбирается по результатам аэродинамического расчета воздуховода с учетом сопротивления насыпи сахарной свёклы. Следует учитывать рабочее положение вентилятора. Несмотря на заявление производителей, что вентиляторы возможно эксплуатировать вертикально, оборудование не имеет упорного подшипника на валу, что приводит к быстрому износу и выходу из строя. При заказе вентиляторов для вертикального рабочего положения необходимо требовать у завода-изготовителя вносить соответствующие дополнения в конструкцию электродвигателя.

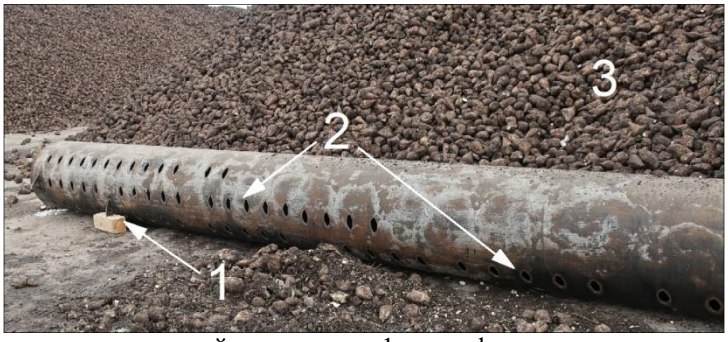

Рис. 6 – Воздуховод системы активной вентиляции: 1 – платформа регулировки высоты воздуховода, 2 – выпускное отверстие, 3 – насыпь сахарной свёклы

Для монтажа системы активной вентиляции необходимо иметь подготовленную бетонную или асфальтированную площадку. На данный момент появились разработки, позволяющие формировать насыпь на грунтовой поверхности, что расширяет возможности внедрения системы активной вентиляции. Монтаж инженерной системы на площадке производится на период хранения сырья. Отсутствие оснастки для транспортировки и монтажа системы вентиляции приводит к удорожанию проекта, так как помимо закупки аппаратной части требуется приобретение боковых погрузчиков типа Combilift (Ирландия). Разработка шасси для транспортировки воздуховодов позволяет работать на штатном оборудовании завода: вилочные погрузчики, ковшовые погрузчики и др.

Для обеспечения минимальных энергозатрат управление работой вентиляционных установок должно осуществляться с помощью систем автоматизации. Контроль за температурой корнеплодов при этом производится в режиме реального времени и каждый час производится запись в журнал.

Авторами предлагаются следующие условия включения системы активной вентиляции в автоматическом режиме:

– температура сырья выше уставки, задаваемой оператором ($t_{\text{с}} > t_{\text{уст}}$);

– температура окружающего воздуха ниже температуры сырья ($t_{\text{окр}} < t_{\text{с}}$);

– температура окружающего воздуха выше -3 °С ($t_{\text{окр}} > -3$).

Последнее условие включения системы необходимо для снижения воздействия негативного влияния на продукцию, а именно предотвращения образования трещин на корнеплодах вследствие большой разницы между температурой окружающего воздуха и температурой сырья. Уставка выбирается в пределах от 0 до +3 °С. Вышеприведенные условия включения вентиляции можно представить в виде системы:

$$\begin{cases} t_{\text{с}} > t_{\text{уст}}; \\ (t_{\text{окр}} < t_{\text{с}}; \\ t_{\text{окр}} > -3. \end{cases} \quad (1)$$

Измерение температуры внутри насыпи производится с помощью термоштанг. Это устройство представляет из себя штангу, на одном конце которой установлен датчик измерения температуры среды, а на другом конце – блок с передающим устройством. Датчик устанавливают сверху насыпи на глубину 1,5 м. Применяют проводные и беспроводные термоштанги. Проводные термоштанги имеют простую конструкцию и вместе с этим недостаток, связанный с возможностью обрыва проводов. Недостатком беспроводных термоштанг является необходимость зарядки аккумуляторов, однако они удобны в эксплуатации. Вопрос зарядки аккумуляторов можно решить с помощью модульной конструкции термоштанг. Если термоштанга не передает сигнал, то заменяется аккумуляторный блок.

В настоящее время производительность системы вентиляции регулируется за счет включения и отключения вентиляционной установки. Отсутствуют результаты изучения влияния непосредственного вентилирования через неподвижную насыпь при различных режимах работы вентилятора. При изучении следует рассмотреть постоянное, периодичное

вентилирование, а также со ступенчатым регулированием производительности электродвигателя вентилятора для определения наиболее экономичного режима в период эксплуатации.

Объемы сырья ограничиваются сроком хранения, который, в свою очередь, зависит от способа хранения (с инженерными системами или без них) и климатических условий. Чтобы минимизировать влияние последних, необходимо перейти от способа хранения открытого типа к хранению с использованием ограждающих конструкций. Хранение на открытых площадках обладает рядом недостатков в связи с незащищенностью от атмосферных осадков. Наибольший ущерб наносит дождь в период оттепелей, «вымывая холод» из насыпи. Специфика разработки овощехранилища для сахарной свёклы заключается в том, что объем сырья, предназначенный для хранения, довольно большой. Например, чтобы обеспечить потребности сахарного завода производительностью 3 тысячи тонны в день на 90 дней, необходимо поместить на хранение в овощехранилищах порядка 270 тысяч тонн сахарной свёклы, при этом требуется обеспечить свободный доступ для забора сырья на нужды производства. Решение задач для хранения сырья навалом без ограждающих конструкций и усовершенствование описанной выше системы позволит детальнее подойти к разработке овощехранилищ.

Существует два направления ограждающих конструкций для овощехранилищ, которые получили развитие в свеклосахарном производстве. Первым направлением является типовое овощехранилище, применяемое для хранения картофеля, свёклы обыкновенной (столовой), лука, моркови и др. В настоящее время активно развиваются быстровозводимые хранилища ангарного типа с утеплением стен [6]. Утепление производится с помощью крепления теплоизоляционных материалов на стенках и потолке здания или с помощью напыления теплоизоляции. Монтаж теплоизоляционных рулонов или плит имеет ряд недостатков, так как не всегда достигается плотная стыковка [7], вследствие чего увеличиваются теплопритоки через неизолированные части металлоконструкций. Наиболее эффективным и простым является напыление пенополиуретана на внутреннюю поверхность ограждающей конструкции. Пенополиуретановое напыление проводится на поверхностях любой формы и в труднодоступных местах, позволяет получить бесшовную поверхность любой толщины.

Вторым направлением минимизации воздействий окружающей среды на сырье является использование укрывных материалов для насыпи [9, 10]. Данный способ укрытия значительно дешевле, защищает от осадков, но обладает недостатками. Накрывные маты усложняют забор сырья из насыпи, создают дополнительное аэродинамическое сопротивление для вентиляции. При применении укрывного материала к неохлажденной насыпи сырья теплота, удерживаемая внутри насыпи, не удаляется, что приводит к усилению эффекта самосогревания [11].

Если рассматривать период хранения сырья 180…200 дней, цикл работы сахарного завода завершается в марте. В центральной части Российской Федерации среднемесячная температура в марте ниже 0 °С, при этом амплитуда колебаний температуры окружающего воздуха в течении дня составляет 5…10 °С. Количество тепловыделений в период охлаждения составляет 34 Вт на тонну [4], в период хранения – 10,5 Вт на тонну. Например, теплопритоки от 270 тысяч тонн сырья в период охлаждения составляют 9,18 МВт, в период хранения – 2,84 МВт. При росте температуры хранения и увеличении интенсивности химических реакций внутри свёклы, количество теплопритоков от сырья увеличивается. Использование только искусственного холода нецелесообразно, поэтому при проектировании необходимо предусматривать систему охлаждения естественным холодом как основную, а холодильную установку использовать как вспомогательную для удаления теплопритоков от окружающей среды в период суточных колебаний температуры.

С учетом вышеописанных особенностей сезонной работы хранилищ свеклы, следует обеспечить различную логику работы инженерной системы зимой и в начале весны:

- при температуре окружающей среды ниже 0 °С использовать только естественный холод;

- при температуре окружающей среды выше 0 °С в течение светового дня отключать систему активной вентиляции и использовать холодильную машину. При отрицательных температурах ночью включать систему активной вентиляции и охлаждать сырье.

Подаваемый в слой насыпи воздух не должен быть холоднее сырья более чем на 5 °С, так как при большой разнице температур приточного воздуха и насыпи возможно образование трещин на плодах, что негативно сказывается на сроке хранения. Необходимо предусматривать камеру смешения уличного воздуха и воздуха из овощехранилища.

Помимо температуры необходимо поддерживать в овощехранилище оптимальную влажность воздуха, а также учитывать эффект осушения воздуха при работе холодильной машины. Соответственно в овощехранилищах должна предусматриваться система увлажнения воздуха. Следует учитывать, что в период охлаждения сырья в корнеплодах протекают интенсивные химические реакции и помимо выделяющейся теплоты также образуется водяной пар, поэтому необходимо предусматривать систему осушения воздуха.

Таким образом, для создания комплекса по хранению сахарной свёклы необходимо выделить задачи, которые требуют системного подхода в решении:

- выбор конструктивного исполнения и способа утепления ограждающих конструкций;

- разработка схемного решения системы активной вентиляции насыпи и режимов её работы;

- разработка системы воздухоподготовки, включающая охлаждение искусственным холодом, подогрев, осушение, увлажнение;

- разработка схемного решения равномерного распределения подготовленного воздуха по вентиляционным каналам;

- автоматизация работы инженерных систем, а также обеспечение контроля температуры сырья для минимизации энергозатрат.

Заключение.

Выявлены основные проблемы, решение которых будет способствовать развитию хранилищ для свеклосахарного производства, повышению технологических и экономических показателей хранения сахарной свёклы навалом без ограждающих конструкций.

Авторами предложены рекомендации для разработки схемных решений систем активной вентиляции насыпи без ограждающих конструкций. Предложена логика работы инженерных систем хранилищ свеклы с учетом сезонных особенностей работы. Определены граничные условия включения системы активной вентиляции в автоматическом режиме, базирующиеся на основе мониторинга температуры сырья внутри насыпи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кульнева, Н. Г.** Повышение эффективности хранения и переработки сахарной свеклы / Н. Г. Кульнева, А. И. Шматова // сборник материалов Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образования и производство». – 2013. – С. 560-562.

2. **Бородянский, Н. А.** Вентиляция кагатов сахарной свёклы / Н.А. Бородянский. – М.: Издательство «Пищевая промышленность», 1972. – 163 с.

3. **Волков, М. А.** Тепло- и массообменные процессы при хранении пищевых продуктов / В.А. Волков. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. − 272 с.

4. **Гинзбург, А. С.** Теплофизические характеристики пищевых продуктов / А. С. Гинзбург, М. А. Громов, Г. И. Красовская. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 288 с.

5. **Современные технологии хранения картофеля** / К. А. Пшеченков [и др.]; под общ. ред. Б.В. Анисимова. – Чебоксары, 2017. – 25 с.

6. **Топчий, Д. Н.** Сельскохозяйственные здания и сооружения / Д. Н. Топчий [и др.]. – М.: ВО «Агропромиздат», 1985. – 480 с.

7. **Свистунов, В. М.** Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства: учебник для вузов / В. М. Свистунов, Н. К. Пушников. – Санкт-Петербург: Политехника, 2001. – 428 с.

8. **Донин, Л. С.** Справочник по вентиляции в пищевой промышленности / Л.С. Донин. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 352 с.

9. **Теплоизоляционные материалы и конструкции**: учебник для средних профессионально-технических учебных заведений / Ю. Л. Бобров [и др.]; под ред. Е.Г. Овчаренко. – М.: Инфра-М. – 2003. − 268 с.

10. **Сапронов, Н. М.** Оптимизация физической среды в кагатах сахарной свёклы с применением экспериментального укрытия / Н. М. Сапронов [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции», Краснодар. – 2015. – С. 338-341.

11. **Аксенов, Д. М.** Изучение температурного режима в кагате сахарной свёклы под полимерным укрытием с антимикробными свойствами / Д. М. Аксенов, Н. М. Сапронов, А. Н. Морозов // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и аспирантов «Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции». – 2014. – С. 35-38.

Поступила в редакцию 12 декабря 2017

TO THE QUESTION OF DEVELOPMENT OF ENGINEERING SYSTEMS FOR STORAGE OF RAW MATERIALS IN WINE-SIBER PRODUCTION

S. M. Koltsov, M. N. Zherlykina

Koltsov Semen Mikhaylovich, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-5249; e-mail: smkoltsov@yandex.ru
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

The period of storage time of the sugar beet raw material is affected by the efficiency of engineering systems designed to divert excess heat from the roots. The review of technical solutions used to store sugar beets is given. Attention is focused on the work of engineering systems designed to create conditions for storage of raw materials in bulk without enclosing structures. It is established that the engineering systems of active ventilation of the root embankment play an important role in solving the problems of supplying production needs. The peculiarities of storage of sugar beet are revealed and the tasks are presented, the solution of which contributes to the increase of the efficiency of storage of raw materials. The analysis of the values of the aerodynamic resistance of the embankment for beets from regulatory documents, which confirmed the inadequacy of reference data for the design of active ventilation systems. The range of permissible air velocities in the inter-root space of sugar beet is proposed taking into account the influence of the environment and the absence of enclosing structures. Recommendations for the design of active ventilation systems are presented. The types of enclosing constructions of structures for the storage of root crops, which have received the greatest distribution in the sugar beet production at present, are considered. The principle of operation of engineering systems for cooling the embankment for vegetable stores based on the average daily temperature fluctuation is proposed. The existing solutions are systematized and the tasks that need to be solved when designing the engineering systems of the storage facilities are presented.

Keywords: storage of beet; sugar beet; ventilation of the mound; active ventilation; vegetable store.

REFERENCES

1. **Kulneva N. G., Shmatov A. I.** *Improving the efficiency of storing and processing of sugar beet.* The collection of materials of the International scientific and technical conference «Innovative technologies in the food industry: science, education and production». 2013. – Pp. 560-562. (in Russian)

2. **Volkov M. A.** *Heat and mass transfer processes during storage of food products*. Moscow. Light and food industry. 1982. 272 p. (in Russian)

3. **Borodyansky N. A.** *Ventilation of the sugar beet mound*. Moscow. Food industry. 1972. 163 p. (in Russian)

4. **Ginzburg A. S., Gromov M. A., Krasovskaya G. I.** *Thermophysical characteristics of food products*. Moscow. Food industry. 1980. 288 p. (in Russian)

5. **Pshechenkov K. A.** *Modern technology of storage of potatoes.* Cheboksary. 2017. 25 p. (in Russian)

6. **Topchy D. N.** *Agricultural buildings and structures*. Moscow. VO «Agropromizdat». 1985. 480 p. (in Russian)

7. **Svistunov V. M., Pushnikov N. K.** *Heating, ventilation and air conditioning of objects of agrarian and industrial complex and housing and communal services*: Textbook for high schools. SPb. Polytechnic. 2001. 428 p. (in Russian)

8. **Donin L. S.** *Handbook of ventilation in the food industry*. Moscow. Food industry, 1977. 352 p. (in Russian)

9. **Bobrov Yu. L.** *Thermal insulation materials and structures*. Textbook for secondary vocational schools. Moscow. Infra-M. 2003. 268 p. (in Russian)

10. **Sapronov N. M.** *Optimization of the physical environment in clamps of sugar beet with application of the experimental shelters*. Materials of the International Scientific and Practical Conference «Innovative Research and Development for Scientific Support of Production and Storage of Environmentally Safe Agricultural and Food Products». Краснодар. 2015. Pp. 338-341. (in Russian)

11. **Aksenov D. M., Sapronov N. M., Morozov A. N.** *Study the temperature in karate sugar beet under a polymer cover with antimicrobial properties*. Collection of materials of the II All-Russian scientific-practical conference of young scientists and graduate students «Scientific support of innovative technologies for the production and storage of agricultural and food products». 2014. Pp. 35-38. (in Russian)

Received 12 December 2017

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Кольцов, С. М. К вопросу разработки инженерных систем для хранения сырья в свеклосахарном производстве / С. М. Кольцов, М. Н. Жерлыкина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 36-46.

FOR CITATION:

Koltsov S. M., Zherlykina M. N. *To the question of development of engineering systems for storage of raw materials in wine-siber production*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 36-46. (in Russian)

УДК 628.83

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ УМСТВЕННОГО ТРУДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЭВМ

Д. В. Лобанов, Р. А. Шепс

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

Выполнен анализ режимов работы систем обеспечения микроклимата для офисного помещения (кабинет проектировщиков). Исследуемое помещение относится ко второй категории (помещения умственного труда), для которого нормативными документами регламентированы параметры внутреннего микроклимата и определено качество воздуха. Для исследуемого помещения были выполнены экспериментальные исследования по определению основных параметров микроклимата и концентрации углекислого газа. Замеры выполнялись каждый рабочий день, на протяжении двух календарных лет. Исследования проводились для пяти режимов работы вентиляции, различающихся комбинациями одновременной работы устройств, влияющих на качество воздуха: механическая система вентиляции, система охлаждения воздуха (сплит–система), естественная вентиляция с различным режимом открытия оконных проемов. Проведен анализ полученных результатов измерений, на основе которых для каждого из исследуемых режимов была определена продолжительность периодов с различным качеством воздуха. Установлено, что ни один из рассмотренных режимов или их комбинаций не способен обеспечить в помещении одновременно температурный и газовый комфорт.

Ключевые слова: вентиляция офисного помещения; системы обеспечения микроклимата; режимы работы систем вентиляции; персональная вентиляция; анализ работы вентиляционных систем.

Проектирование и создание эффективных вентиляционных систем является важной и очень сложной задачей. Зачастую фактически реализованные системы значительно отличаются от проектных предложений. Эффективно работающая система вентиляции с подобающим контролем качества необходима для выполнения следующих задач:

- обеспечение здоровья находящихся в помещении людей;
- повышенная производительность труда персонала;
- больший комфорт людей на постоянных рабочих местах.

Концентрация и распределение загрязняющих веществ тесно связаны с движением воздуха в помещении. Достаточность воздухообмена может в основном оцениваться его способностью поддерживать низкую концентрацию загрязняющих веществ в заданной точке.

В статье авторами выполнен анализ различных режимов работы систем обеспечения микроклимата в офисном помещении. Для измерения параметров воздушной среды (относительной влажности, температуры, содержания углекислого газа CO_2) использовался комбинированный прибор оценки качества воздуха в помещении PCE-GA 70 (рис. 1). Он используется в офисных, производственных и учебных помещениях для оценки эффективности работы системы вентиляции. Прибор позволяет проводить все измерения с помощью только одного универсального зонда.

Помещение, в котором проводились экспериментальные исследования по определению эффективности работы вентиляционных систем, расположено в г. Воронеже, на втором этаже многоэтажного административного здания (рис. 2).

© Д. В. Лобанов, Р. А. Шепс, 2018

Диапазон измерений концентрации CO_2	0 … 6000 ppm CO_2
Точность	±3% vom Messwert oder ±50 ppm
Разрешение	1ppm
Температура	-20 … +60 °C
Точность	±0,5 °C
Разрешение	0,1 °C
Влажность воздуха	10 … 95% отн. влажн.
Точность	±3% отн. влажн.
Разрешение	0,1% отн. влажн.
Ручное сохранение данных	99 значений
Память автоматическая	20000 значений
Условия эксплуатации	5 … +50 °C / 10 … 95% отн. влажн.
Питание	6 x 1,5 В батареи типа AA
Размеры	148 x 72×35 мм
Вес	255 гр.

Рис. 1 – Внешний вид и технические характеристики комбинированного прибора оценки качества воздуха в помещении PCE-GA 70

Ориентация окон – юг. Помещение площадью S=73,26 м^2 и высотой h=2,7 м оборудовано 10 постоянными рабочими местами (8 – со стационарными ПЭВМ, 2 – с ноутбуками) [1]. Помещение оснащено системой общеобменной вентиляции (схема «сверху-вверх») и кондиционирования воздуха (сплит-система). Рабочий день с 9.00 до 18.00 часов.

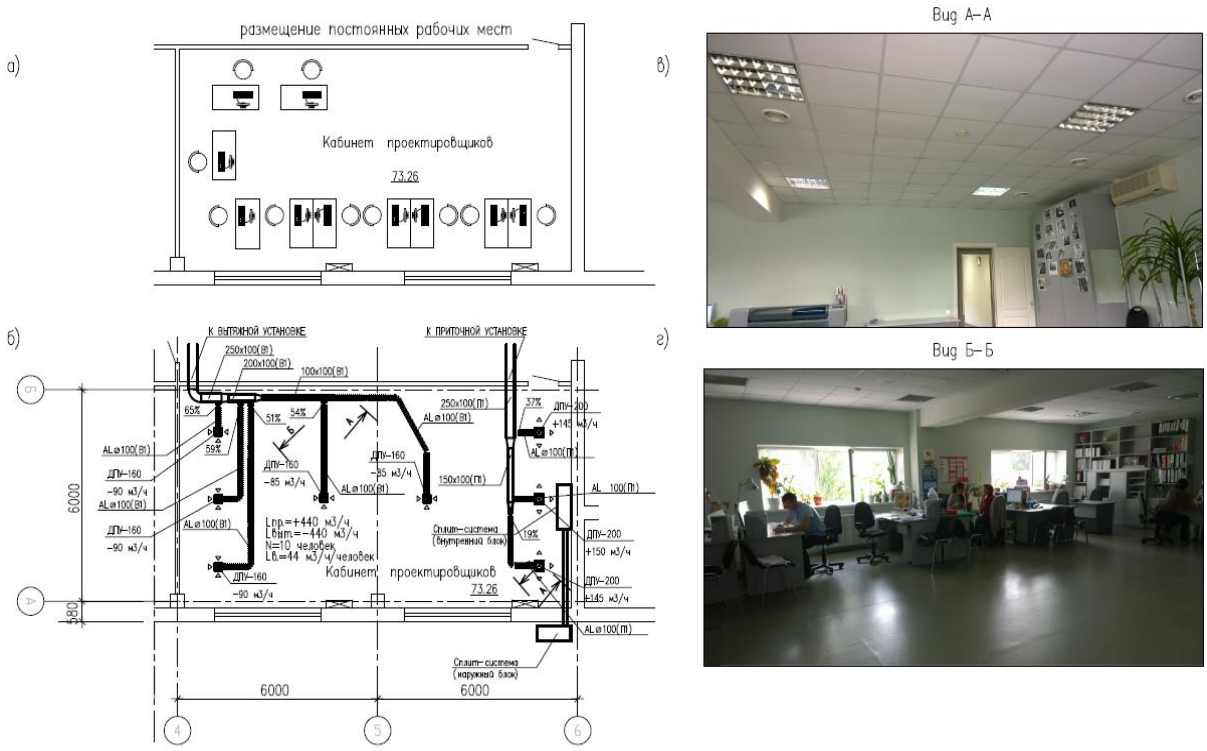

Рис. 2 – Схема исследуемого помещения: а – размещение постоянных рабочих мест, оборудованных ПЭВМ; б – план помещения с системами вентиляции и кондиционирования воздуха; в, г – фотографии исследуемого помещения

Для помещений умственного труда принимают параметры внутреннего микроклимата и качество воздуха, приведенные в табл. 1 и табл. 2, которые соответствуют требованиям действующих нормативных документов:

- ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»;

- ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
- СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;
- ГОСТ Р ЕН 13779-2007 «Вентиляция в нежилых зданиях. Требования к системам вентиляции и кондиционирования».

Таблица 1

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне общественных зданий

Период года	Наименование помещения или	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	категория	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
Холодный	2 категория	19…21	18…23	18…20	17…22	45…30	60	0,2	0,3
Теплый	Помещения с постоянным пребыванием людей	23…25	18…28	22…24	19…27	60…30	65	0,3	0,5

Таблица 2

Классификация качества воздуха в помещениях

Класс	Качество воздуха в помещении		Допустимое содержание CO_2*, ppm
	Оптимальное	Допустимое	
1	Высокое	—	400 и менее
2	Среднее	—	400…600
3	—	Допустимое	600…1000
4	—	Низкое	1000 и более
* Допустимое содержание CO_2 в помещениях принимают сверх содержания CO_2 в наружном воздухе.			

При обосновании выбора требуемого качества воздуха в помещении следует учитывать его влияние на здоровье и работоспособность людей, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

Влияние концентрации углекислого газа в помещении на здоровье и работоспособность человека

Уровень CO_2 (ppm)	Качество воздуха и его влияние на человека
Атмосферный воздух 300…400 ppm	Идеальный для здоровья человека
400…600 ppm	Нормальное качество воздуха
До 600 ppm	Уровень, рекомендованный для спален, детских садов и школ
600…800 ppm	Появляются единичные жалобы на качество воздуха
800…1000 ppm	Более частые жалобы на качество воздуха.
1000 ppm	Максимальный уровень стандартов ASHRAE и OSHA
Выше 1000 ppm	Общий дискомфорт, слабость, головная боль, проблемы с концентрацией внимания. Растет число ошибок в работе. Начинаются негативные изменения в ДНК.
Выше 2000 ppm	Может вызвать серьезные отклонения в здоровье людей. Количество ошибок в работе сильно возрастает. 70 % сотрудников не могут сосредоточиться на работе
5000 ppm	Максимально допустимая концентрация в течение 8 часового рабочего дня

Для исследуемого помещения были выполнены экспериментальные исследования по определению распределения в помещении и изменения во времени основных параметров

микроклимата и концентрации углекислого газа, являющегося индикатором качества воздуха [2], для разных периодов года. Замеры выполнялись каждый рабочий день, на протяжении двух календарных лет. Исследовали следующие режимы работы систем микроклимата:

Первый режим – механическая система вентиляции выключена, естественная работает (настежь открыты окна), система кондиционирования / охлаждения воздуха (сплит-система) выключена;

Второй режим – механическая и естественная системы вентиляции выключены, включена система кондиционирования / охлаждения воздуха (сплит-система);

Третий режим – естественная вентиляция не работает, работает механическая вентиляция и сплит-система;

Четвертый режим – естественная вентиляция и сплит-система не работает, работает механическая вентиляция;

Пятый режим – системы вентиляции и охлаждения (сплит-система) отключены.

По результатам проведения замеров была определена продолжительность периодов с различным качеством воздуха и параметров воздушной среды в исследуемом помещении (табл. 4, 5, 6).

Таблица 4

Изменения качества воздуха в течение рабочего дня

Режим работы	Продолжительность периодов с различным качеством воздуха, часов, и указанием времени суток			
	высокое*	среднее*	допустимое*	низкое*
1	-	9 (9.00 – 18.00)	-	-
2	-	1 час 15 мин. (9.00 – 10.15)	2 часа (10.15 – 12.15)	5 час. 45 мин. (12.15 – 18.00)
3	-	1 час 20 мин. (9.00 – 10.20)	7 час. 40 мин. (10.20 – 18.00)	-
4	-	1 час (9.00 – 10.00)	8 часов (10.00 – 18.00)	-
5	-	1 час 15 мин. (9.00 – 10.15)	2 час 45 мин. (10.15 – 13.00)	5 часов (13.00 – 18.00)

** - в соответствии с табл. 2*

Таблица 5

Изменения температуры внутреннего воздуха в течение рабочего дня

Режим работы	Продолжительность периодов с различной температурой, час, и указанием времени суток			
	Холодный период года (ХПГ)		Теплый период года (ТПГ)	
	Оптимальная*	Допустимая*	Оптимальная*	Допустимая*
1	Не реализуется	Не реализуется	-	6 час** (9-00 – 15-00)
2	Не реализуется	Не реализуется	-	9 часов (9-00 – 18-00)
3	Не реализуется	Не реализуется	-	9 часов (9-00 – 18-00)
4	1 час (9-00 – 10-00)	3,5 часа** (10-00 – 13-30)	Не реализуется	Не реализуется
5	-	3 часа** (9-00 – 12-00)	Не реализуется	Не реализуется

** – в соответствии с табл. 1*

*** – в оставшееся время рабочего дня отслеживаемый параметр находится выше или ниже допустимых значений*

Таблица 6

Изменения относительной влажности во времени в течение рабочего дня

Режим работы / Относительная влажность	Продолжительность периодов, часов, с указанием времени суток			
	Холодный период года (ХПГ)		Теплый период года (ТПГ)	
	Оптимальная*	Допустимая*	Оптимальная*	Допустимая*
1	Не реализуется	Не реализуется	9 часов (9.00 – 18.00)	9 часов (9.00 – 18.00)
2	Не реализуется	Не реализуется	9 часов (9.00 – 18.00)	9 часов (9.00 – 18.00)
3	Не реализуется	Не реализуется	9 часов (9.00 – 18.00)	9 часов (9.00 – 18.00)
4	9 часов** (9.00 – 18.00)	9 часов** (9.00 – 18.00)	Не реализуется	Не реализуется
5	9 часов** (9.00 – 18.00)	9 часов** (9.00 – 18.00)	Не реализуется	Не реализуется

* - в соответствии с табл. 1

** - отслеживаемый параметр $\varphi_в$ менее 30 %

Для наглядности и возможности сравнения полученных экспериментальных данных с нормативными значениями, сведем результаты в табл. 7.

Таблица 7

Значения параметров микроклимата и концентрации CO_2 в течение рабочего дня

Режим работы	Период года	Фактическое значение			примечание
		CO_2, ppm	$t_в$, ^{0}C	φ, %	
1	ТПГ	500	26…28,7	35,5…36,5	Приведены средние величины за указанный период года
2		510…1600	26,6	37…35	
3		430…1000	26,8	36…35	
4	ХПГ	400…950	19,7…23,5	31,5…22	
5		450…1350	21…23,5	24,5…28,5	

В табл. 7 указан диапазон или среднее значение измеряемых величин в зависимости от величины изменения в течение проведения эксперимента (рабочий день).

Наиболее благоприятным (с точки зрения обеспечения качества воздушной среды) климатическим режимом помещения в теплый период года является совмещение чередования работы естественной вентиляции и работы охладителя (сплит-системы), что нерационально, т.к. охладив помещение, приходится нагревать его наружным необработанным воздухом (в районах с сильно загрязненным воздухом это практически невозможно).

Одним из возможных решений задачи обеспечения требуемого качества воздуха может быть разработанная авторами схема создания и обеспечения комфортных параметров воздушной среды в помещениях умственного труда с постоянными рабочими местами, оборудованными ПЭВМ, на базе персональной системы вентиляции и комплексной очистки воздуха [3, 4, 5]. Созданию и развитию энергосберегающих комфортных систем климатизации зданий в последнее время уделяется пристальное внимание не только в России [6, 7], но и за рубежом [8].

Заключение.

В результате проведенных исследований сделан вывод, что ни один из рассмотренных климатических режимов или их комбинаций не способен обеспечить в помещении одновременно температурный и газовый комфорт. Установлено, что применение механической системы вентиляции с охлаждением воздуха зачастую не решает поставленной задачи обеспечения в помещении одновременно всех нормируемых параметров микроклимата. Это связано с повсеместным применением схемы организации воздухообмена «сверху-вверх»,

которая не способна «бороться» со всеми вредностями (тепло-, влагоизбытки, углекислый газ).

Проведенные исследования доказывают актуальность и необходимость разработки и внедрения эффективных персональных систем вентиляции, позволяющих создавать нормируемые параметры микроклимата непосредственно на рабочих местах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Лобанов, Д. В.** Исследование теплопоступлений от ПЭВМ в помещение / Д. В. Лобанов, И. И. Полосин // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2013. – № 10(142). – С. 54-57.

2. **Лобанов, Д. В.** Углекислый газ как показатель качества внутреннего воздуха и эффективности работы системы вентиляции / Д. В. Лобанов, И. И. Полосин // Материалы 15-ой межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии. Экология». Воронеж, ВГАСУ. – 2013. – С.21-27.

3. **Лобанов, Д. В.** Схема создания комфортных климатических параметров в офисах / Д. В. Лобанов, И. И. Полосин // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2015. – № 2(158). – С. 58-61.

4. **Лобанов Д. В., Полосин И. И.** Устройство для создания комфортных параметров микроклимата на постоянном рабочем месте**.** пат. №151597 (Российская Федерация), МПК F24F 9/00 патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет». – № 2014119003/12; заявл. 12.05.2014; – опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10. – 2 с.

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

6. **Наумов А. Л.** Локальные системы кондиционирования воздуха в офисных зданиях / А. Л. Наумов**,** Д. В. Капко // АВОК. – 2012. – № 2. – С. 14-19.

7. **Наумов А. Л.** Вентиляция с переменным расходом воздуха для офисных зданий / А. Л. Наумов**,** Д. В. Капко // АВОК. – 2012. – №8. – С. 16-21.

8. **J. Dieckmann.** Персональная вентиляция: комфорт и энергосбережение / J. Dieckmann, A. Cooper**,** J. Brodrick // АВОК. – 2011. – № 4. – С. 46-49.

Поступила в редакцию 15 января 2018

ANALYSIS OF MICROCLIMATE PARAMETERS IN THE PREMISES OF THE MENTAL LABOR WITH THE USE OF A PC

D. V. Lobanov, R. A. Sheps

Lobanov Dmitry Valeryevich, 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
Sheps Roman Aleksandrovich, 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: romansheps@yandex.ru

The analysis of the system modes provide for the microclimate of office premises (office designers). The study room is in the second category (facilities mental work) for which the normative documents regulated parameters of the internal microclimate and determined the air quality. For the studied facilities were experimental researches by definition of key parameters of a microclimate and carbon dioxide concentration. Measurements were performed every working day, for two calendar years. The studies were carried out for the five operating modes

of ventilation, different combinations of simultaneous operation of devices that affect air quality: ventilation system, cooling system (split system), natural ventilation with different regime of open Windows. The analysis of the obtained results of measurements on the basis of which for each of the studied regimes were determined for the periods with different air quality. It is established that none of the considered modes or their combinations are not able to provide the room at the same time the temperature and gas facilities.

Keywords: ventilation of office spaces; systems of microclimate; modes of ventilation; personal ventilation analysis of operation of ventilation systems.

REFERENCES

1. **Lobanov D. V., Polosin I. I.** *Investigation of the heat input from the PC into the room.* Plumbing, heating, air conditioning. 2013. No. 10(142). Pp. 54-57. (in Russian)

2. **Lobanov D. V., Polosin I. I.** *Carbon dioxide as an indicator of indoor air quality and the efficiency of the ventilation system.* Proceedings of 15-th interregional scientific-practical conference «High technologies. Ecology». Voronezh. 2013. Pp. 21-27. (in Russian)

3. **Lobanov D. V., Polosin I. I.** *The Scheme of creating comfortable climatic parameters in the office*. Plumbing, heating, air conditioning. 2015. No. 2(158). Pp. 58-61. (in Russian)

4. **Lobanov D.V. Polosin I. I.** *Device for creating a comfortable microclimate parameters at a constant workplace*. Pat. No. 151597 (Russian Federation), IPC F24F 9/00 patentee Federal state educational institution of higher professional education «Voronezh State University of Architecture and Construction». No 2014119003/12; Appl. 12.05.2014 ; publ. 10.04.2015, bull. No. 10. 2 p. (in Russian)

5. **Lobanov D.V. Polosin I. I.** *The calculation of the required ventilation in the office space at the organization of personal ventilation system.* Privolzhsky scientific journal. 2014. No. 1(29). Pp. 56-60. (in Russian)

6. **Naumov A. L., Kapko D. V.** *Local air-conditioning system in office buildings.* AVOK. - 2012. No. 2. Pp. 14-19. (in Russian)

7. **Naumov A. L., Kapko D. V.** *Ventilation with Vav for office buildings*. AVOK. 2012. No. 8. Pp. 16-21. (in Russian)

8**. Dieckmann J., Sooreh A., Brodrick J.** *Personalized ventilation: comfort and energy efficiency*. 2011. No. 4. Pp. 46-49. (in Russian)

Received 15 January 2018

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Лобанов Д. В Анализ параметров микроклимата в помещениях умственного труда с применением ПЭВМ / *Д. В. Лобанов, Р. Р. Шепс* // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 47-53.

FOR CITATION:

Lobanov D. V., Sheps R. A. *Analysis of microclimate parameters in the premises of the mental labor with the use of a PC*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 47-53. (in Russian)

УДК 697.7

ОЦЕНКА ПРОГНОЗИРУЕМОГО ЭНЕРГОЗАМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛО- И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ

Т. В. Щукина, Д. М. Чудинов, В. В. Шичкин, И. А. Потехин, Р. А. Шепс

Щукина Татьяна Васильевна, 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: schukina.niki@yandex.ru

Чудинов Дмитрий Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(903)859-15-73; e-mail: dmch@mail.ru

Шичкин Виталий Владимирович, лаборант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: adiadi23@mail.ru

Потехин Игорь Алексеевич, менеджер инновационного бизнес-инкубатора им. проф. Ю. М. Борисова, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(919)241-00-96; e-mail: potehin300587@mail.ru

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

Рассматривается возможность использования солнечной энергии для тепло- и холодоснабжения зданий в климатической зоне Центрального Черноземного региона. Приводятся основные принципы инженерного расчета активных систем утилизации солнечного излучения для отопления помещений в холодный период года и их охлаждения в летний сезон. Полученные результаты расчетов для среднемесячных показателей суточного потребления тепла зданием позволили сравнить коэффициенты замещения традиционного энергообеспечения для двух возможных проектных решений. Первый вариант гелиосистемы предполагает утилизацию солнечной радиации только для целей отопления, второй - для холодоснабжения в теплый период года и последующего использования массива поглощающих излучение панелей в отопительный сезон. Рассчитана величина энергозамещения при установке массива коллекторов с различной общей площадью, подобрано необходимое количество солнечных коллекторов, обоснован выбор типа применяемых коллекторов. В результате расчетов выявлено, что дополнительные расходы, связанные с обустройством абсорбционной холодильной установки и увеличением количества устройств, поглощающих солнечное излучение, в конечном итоге позволят не только обеспечить круглогодичную эксплуатацию сооружаемой гелиосистемы, но и значительно сократить потребление традиционных ресурсов.

Ключевые слова: солнечная энергия; расчет количества солнечных коллекторов; солнечное теплоснабжение; солнечное холодоснабжение; замещение традиционных энергоресурсов.

Возобновляемая энергетика, эффективно снижающая экологические риски, становиться все более востребованной, особенно в районах, где отсутствует надежная система транспортировки и доставки ресурсов. При имеющемся выборе в возможных способах альтернативного энергообеспечения солнечная радиация, в качестве повсеместно доступного и неисчерпаемого источника, остается на лидирующих позициях, как в области теплоснабжения, так и в электроснабжении зданий и сооружений.

Не смотря на достаточно обширный общемировой опыт успешной утилизации солнечного излучения [1, 2, 3], в РФ, как правило, отдается предпочтение традиционным ресурсам по причине существующей нестабильности в воспроизводстве возобновляемой

© Т. В. Щукина, Д. М. Чудинов, В. В. Шичкин, И. А. Потехин, Р. А. Шепс, 2018

энергии, часто возникающей из-за сложных климатических условий. Если для большинства территорий РФ сохраняется обозначенная тенденция, то в южных регионах широкую популярностью пользуются установки солнечного горячего водоснабжения [4, 5]. Их часто применяют для объектов сезонной эксплуатации, так как обеспечивается полная автономность в получении тепловой энергии. Учитывая это обстоятельство, рассмотрим перспективы утилизации солнечной энергии для систем тепло- и холодоснабжения зданий, расположенных в климатической зоне Центрального федерального округа.

Для возможности анализа результатов расчетов гелиосистем разного назначения принят базовый вариант планировки одноэтажного жилого дома, изображенного на рис. 1 и условно размещенного в климатических условиях Воронежской области. Его размеры (рис. 1) позволяют получить удельное количество солнечных коллекторов, требуемых для тепло- и холодоснабжения помещений, общей площадью пола 100 м^2.

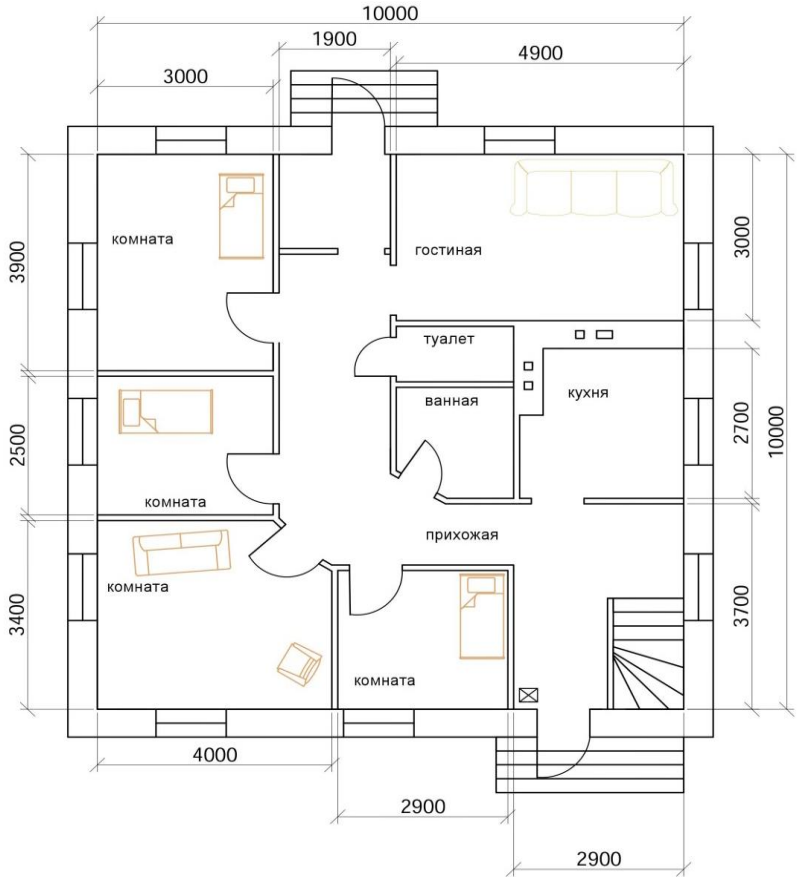

Рис. 1 – План одноэтажного здания площадью 100 м^2 с неотапливаемым подвалом для размещения инженерного оборудования проектируемых гелиосистем

Выполненные в соответствии со строительными нормами и правилами расчеты наружных ограждений, теплопотерь и теплопоступлений в помещениях, позволили определить нагрузку на системы отопления и холодоснабжения. Учитывая, что отопительный период, как правило, начинается в октябре, а заканчивается в апреле, следует при проектировании гелиоустановок для режима теплоснабжения здания предварительно сравнить актинометрические данные этих двух месяцев и выбрать из них в качестве расчетного с преобладающим поступлением солнечной энергии. Подбирать оборудование на достигаемую энергооблученность в другие месяцы не целесообразно по причине возникновения избыточной теплоты в начале и в конце отопительного периода, для сохранения которой с целью последующего использования потребуются дорогостоящие сезонные аккумуляторы. В Воронежской области поступления солнечной радиации в апреле превышают достигаемую облученность в октябре, поэтому за расчетный период нетрадиционной системы отопления

принят октябрь. Нагрузку на альтернативное холодоснабжение зданий и ресурсы солнечной энергии следует определять для самого жаркого месяца, то есть для июля. Тогда для других летних месяцев будет обеспечено полное покрытие потребностей при незначительных избытках, которые могут быть востребованы при превышении температурой среднестатистических климатических показателей.

Определив нагрузку на систему отопления при среднемесячной температуре наружного воздуха в апреле, следует рассчитать суточное количество потребляемого тепла, МДж/сут. Используя актинометрические сведения, не сложно найти для климатических условий района строительства количество поступающей суммарной солнечной радиации на 1 м^2 горизонтальной поверхности в апреле $\overline{E}$, МДж/(м^2·день), за один световой день $\overline{E}$, МДж/(м^2·день) и определить отношение диффузионной солнечной энергии к прямой $\overline{E_Д}/\overline{E}$.

Массив коллекторов можно установить на крыше или на предварительно смонтированном основании, позволяющем расположить поглощающие поверхности с южной ориентацией и с азимутом равным $\alpha_П = 0$. Тогда коэффициент пересчета поступления прямой солнечной радиации с горизонтальной поверхности на наклонную $R_П$ при $\alpha_П = 0$ можно определить либо по данным [6], либо по формуле [6]:

$$R_П = \frac{\cos(\varphi - \beta)\cos\delta\cos\delta\sin_3 + \frac{\pi}{180}\omega'_3 \sin(\varphi - \beta)\sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta\cos\delta s_3 + \sin\varphi\sin\delta\frac{\pi}{180}\omega_3}, \quad (1)$$

где φ – широта местности, град; δ – склонение солнца, град; ω_3 и ω'_3 – часовые углы захода солнца на горизонтальной и наклонной поверхностях, град.

Отношение среднемесячных дневных количеств солнечной радиации, поступающих на наклонную и горизонтальную поверхности, можно рассчитать по формуле [6]:

$$R = \left(1 - \frac{\overline{E_Д}}{\overline{E}}\right)R_П + \frac{1+\cos\beta}{2}\cdot\frac{\overline{E_Д}}{\overline{E}} + \rho\frac{1-\cos\beta}{2}, \quad (2)$$

где $\overline{E_Д}/\overline{E}$ – отношение рассеянной солнечной энергии к прямой, поступающей на горизонтальную поверхность, МДж/(м^2·день); β – угол наклона плоского солнечного коллектора к горизонту, принимаемый равным широте местности, град; ρ – коэффициент отражения для подстилающей поверхности Земли, который принимается для теплого периода $\rho = 0{,}2$, в том числе и для расчетного в рассматриваемой задаче, а для холодного при наличии снежного покрова $\rho = 0{,}7$.

Полученное значение R позволит найти среднемесячное дневное количество суммарной солнечной энергии, МДж/(м^2·день), поступающей на наклонную поверхность в соответствии с выражением:

$$\overline{E_K} = R\cdot\overline{E}. \quad (3)$$

Учитывая продолжительность светового дня расчетного периода, то есть в апреле, необходимо найти среднюю плотность потока солнечной радиации, Вт/м^2, поступающей на остекление солнечного коллектора:

$$I_K = \frac{\overline{E_K}}{60(n\cdot 60 + m)}, \quad (4)$$

где n, m – продолжительность светового дня, соответственно, в часах и мин.

Для определения потока полезной теплоты, уловленной и преобразованной в коллекторах, следует рассчитать их КПД для нескольких возможных температурных режимов по зависимости [7, 8]:

$$\eta_t = \eta_0 - k_1 \frac{\Delta T}{I_K} - k_2 \frac{\Delta T^2}{I_K}, \quad (5)$$

где η_t – температурно-градиентный КПД коллектора; ΔT – перепад между средней температурой теплоносителя в коллекторе и температурой окружающей среды $\Delta T = 0{,}5(T_{T.H} + T_{T.K}) - T_B$, °С; $T_{T.H}$, $T_{T.K}$ – температура на входе и выходе из коллектора, °С; k_1, k_2 – коэффициенты, характеризующие возможные потери теплоты в окружающую среду.

Для расчетов значения параметров в формуле (5) принимают равными [8]:

- для плоских коллекторов $\eta_0 = 0{,}779$, $k_1 = 3{,}56$, $k_2 = 0{,}0146$;

- для вакуумных коллекторов $\eta_0 = 0{,}7$, $k_1 = 1{,}33$, $k_2 = 0{,}0071$.

Из зависимости (5) следует, что чем больше разница температур, тем меньше действительный КПД устройств, поэтому гелиосистемы необходимо эксплуатировать в режимах, обеспечивающих $\Delta T < 40$ °С. Определив η_t для нескольких возможных температурных перепадов целесообразно использовать среднее значение КПД, так как погодные условия часто меняются и могут не соответствовать прогнозируемым показателям. Зная средний ориентировочный КПД можно определить требуемую площадь коллекторов:

$$A_K^{TP} = \frac{Q_{H.i}}{\eta \cdot \overline{E_K}}, \quad (6)$$

где $Q_{H.i}$ – суточная нагрузка на систему отопления в расчетный период или на систему холодоснабжения в июле, МДж/(м^2·сут.).

Для поставленной задачи поддержания температуры внутреннего воздуха в жилом доме посредством солнечной энергии выберем из широкого диапазона, представленного на рынке оборудования плоский коллектор российского производства «Сокол», который пользуется большой популярностью и имеет различные модификации в зависимости от мощности и эффективности. Качественное исполнение устройств и селективное покрытие абсорберов повышают конкурентную способность выпускаемых серий, а низкая цена по сравнению западноевропейскими аналогами делает привлекательным для российского потребителя.

Выбор именно плоских коллекторов обусловлен следующими причинами. Они просты в эксплуатации и ремонте, последнее особенно важно для районов с обильными осадками, часто сопровождающимися выпадением града, а, кроме того, вакуумные коллекторы со временем теряют свои высокие показатели КПД в результате постепенного заполнения воздухом.

В соответствии с выражением (6) для альтернативного энергообеспечения здания (рис. 1) требуется 11 коллекторов, общей площадью поглощающих панелей 22 м^2, для отопления помещений, а для холодоснабжения при дополнительном учете КПД абсорбционной установки в формуле (6) – 15 шт. (30 м^2).

Для определения тепловых потоков, поступающих в отопительный период от гелиосистем с принятым количеством коллекторов, следует преобразовать выражение (6) до вида:

$$Q_N^K = A_K \cdot \eta \cdot \overline{E_K}, \quad (7)$$

где Q_N^K – среднесуточные тепло- и холодопоступления от гелиосистемы для конкретного месяца года, МДж/(м^2·сут.); N – порядковый номер месяца.

Определить коэффициент замещения традиционного ресурсопотребления можно по соотношению:

$$K_з = \frac{Q_N^K}{Q_{H,N}}, \quad (8)$$

где $Q_{H,N}$ – среднесуточная нагрузка на систему отопления для конкретного месяца отопительного периода, МДж/(м^2·сут.).

Результаты расчетов, представленные на рис. 2, 3, 4, показывают, что дополнительные расходы, связанные с обустройством абсорбционной холодильной установкой и увеличением количества поглощающих излучение устройств, в конечном итоге позволят не только обеспечить круглогодичную эксплуатацию сооружаемой гелиосистемы, но и значительно сократить потребление традиционных ресурсов.

Рис. 2 – Энергозамещение, МДж/(м^2·сут.), при установке массива коллекторов общей площадью 22 м^2

Рис. 3 – Энергозамещение, МДж/(м^2·сут.), при установке массива коллекторов общей площадью 30 м^2

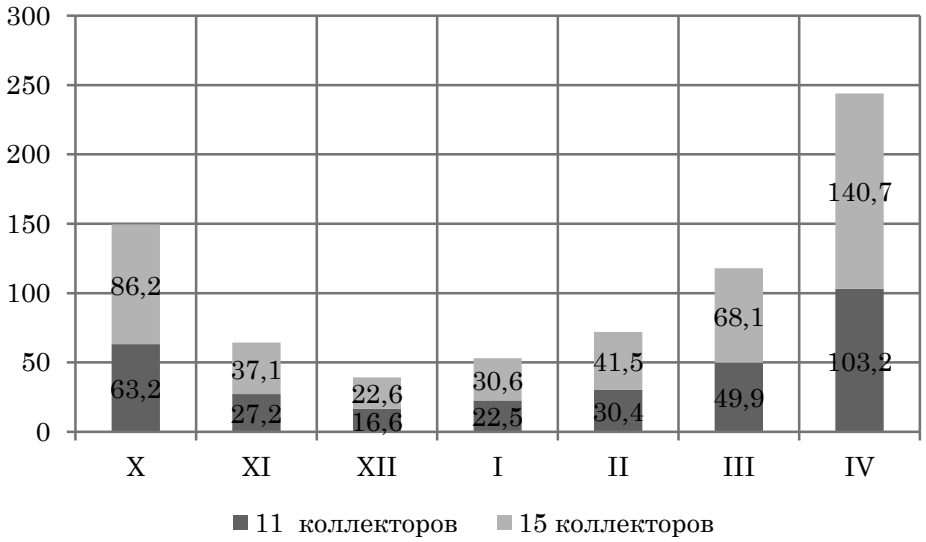

Рис. 4 – Коэффициент замещения, %, потребления традиционных ресурсов утилизированной солнечной энергией при установке 11 и 15 коллекторов

При этом избыток утилизированной солнечной энергии в апреле и октябре может быть направлен на нужды горячего водоснабжения. В летний сезон потребности в горячем водоснабжении будут полностью удовлетворены за счет требуемого по техническим условиям охлаждения абсорбционной установки.

Учитывая результаты расчетов (рис. 2, 3, 4), наиболее перспективным является многофункциональная утилизация солнечной радиации [9], которая при неизбежности повышения затрат на обустройство альтернативных систем, в конечном итоге при разработке модульных адаптированных устройств займет лидирующие позиции.

Заключение.

Выполненные расчеты по использованию систем солнечного теплоснабжения на основе предложенной планировки одноэтажного здания, позволяют получить удельный показатель количества солнечных коллекторов, рекомендуемых к установке при площади отапливаемых помещений в 100 м^2. Этот показатель при известной общей площади пола помещений позволит предварительно определить требуемое количество коллекторов для последующей оценки возможных финансовых расходов при обустройстве здания гелиосистемой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Fathi, N. Y.** View factors of flat solar collectors array in flat, inclined, and step-like solar fields / **N. Y. Fathi, A**. **Samer** // Trans. ASME. J. Sol. Energy Eng. – 2016. – 138. – № 6. – Pp. 061005/1-061005/8.

2. **Щукина, Т. В.** Солнечное отопление зданий. Основы проектирования при условии сокращения периода потребления традиционных ресурсов / Т. В. Щукина, Р. С. Шевченко // С.О.К. – 2017. – № 4. – С. 58-60.

3. **Новичихин, А. Ю.** Альтернативное электроснабжение малоэтажных зданий: перспективы и возможности использования фотоэлектрических преобразователей / А. Ю. Новичихин, Т. В. Щукина, С. А. Иванов, А. В. Полуказаков, Р. С. Шевченко // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, Серия «Высокие технологии. Экология». – 2017. – С. 132-139.

4. **Белоусов, А. В.** Повышение энергоэффективности гелиоустановок горячего водоснабжения путем оптимизации теплообменных процессов / А. В. Белоусов, Ю. А. Кошлич, В. К. Стан // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии (ИНФО-

2016): Сборник трудов 13 научно-практической конференции, Сочи, 1-10 октября. – 2016. – С. 485-488.

5. **Шишкин, Н. Д.** Повышение эффективности водонагревательных установок / Н. Д. Шишкин, Р. А. Ильин // Вестник АГТУ. – 2016. – № 2016. – С. 52-60.

6. **Богословский, В. Н.** Внутренние санитарно-технические устройства. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканави. – Ч. I. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.

7. **Даффни, Дж.** Основы солнечной теплоэнергетики / Дж. Даффни, У. Бекман. – Долгопрудный: Изд. Дом. «Интеллект», 2013. – 888 с.

8. **Земсков, В. И.** Возобновляемые источники энергии в АПК / В. И. Земсков. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 368 с.

9. **Beccali, Marco.** Solar heating and cooling systems versus conventional systems assisted by photovoltaic: Application of a simplified LCA tool / Beccali Marco, Cellura Maurizio, Longo Sonia, Guarino Francesco // Sol. Energy Mater. and Sol. Cells. – 2016. – 156. – Pp. 92-100.

Поступила в редакцию 18 января 2018

ASSESSMENT OF FORECASTED ENERGY SUBSTITUTION OF BUILDINGS USING SOLAR HEAT AND COLD

T. V. Schukina, D. M. Chudinov, V. V. Shichkin, I. A. Potekhin, R. A. Sheps

Shchukuna Tatiana Vasilievna, 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: schukina.niki@yandex.ru

Chudinov Dmitry Mikhailovich, Cand. tech. Sciences, associate Professor of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(903)859-15-73; e-mail: dmch@mail.ru

Shichkin Vitaliy Vladimirovich, laboratory assistant of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: adiadi23@mail.ru

Potekhin Igor Alekseevich, Manager of Innovative Business Incubator named after Prof. Yu.M. Borisova, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(919)241-00-96; e-mail: potehin300587@mail.ru

Sheps Roman Aleksandrovich, Head of the Laboratory of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: romansheps@yandex.ru

The possibility of using solar energy for heat and cold supply of buildings in the climatic zone of the Central Black Earth region is considered. The main principles of engineering calculation of active systems for utilization of solar radiation for heating premises during the cold season and their cooling in the summer season are given. The results of calculations for the average monthly values of the daily heat consumption of the building allowed us to compare the replacement rates of traditional power supply for two possible design solutions. The first version of the solar system involves the disposal of solar radiation only for heating purposes, and the second - for cooling in the warm season and the subsequent use of an array of radiation-absorbing panels in the heating season. The calculated value of the energy substitution during the installation of an array of collectors with different total area, picked up the required number of solar collectors, justified the choice of the type of the used collectors. The calculations revealed that the additional costs associated with the arrangement of the absorption chiller and an increase in the number of devices that absorb solar radiation, will eventually provide year-round operation built solar system, but also significantly reduce the consumption of traditional resources.

Keywords: solar energy; calculate the number of solar collectors; solar heating; solar cooling; replacement of traditional energy.

REFERENCES

1. **Fathi Nassar Yasser, Samer Alsadi.** *View factors of flat solar collectors, array in flat, inclined, and step-like solar fields*. Trans. ASME. J. Sol. Energy Eng. 2016. 138. No. 6. Pp. 061005 / 1-061005 / 8.

2. **Shchukina T. V, Shevchenko R. S.** *Solar heating of buildings. Fundamentals of design, subject to a reduction in the period of consumption of traditional resources*. S.O.K. August 2017. No. 4. Pp. 58-60. (in Russian)

3. **Novichikhin A. Yu., Shchukina T. V., Ivanov S. A., Polukazakov A. V., Shevchenko R. S.** *Alternative power supply of low-rise buildings: prospects and possibilities of using photoelectric converters*. Scientific herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. High Technologies. Ecology. 2017. Pp. 132-139. (in Russian)

4. **Belousov A. V., Koshlich Yu. A., Stan V. K**. *Increase of energy efficiency of solar hot water supply by optimization of heat exchange processes.* Innovative, information and communication technologies (INFO-2016). Proceedings of the 13th scientific-practical conference. Sochi. October 1-10, 20-16. Pp. 485-488. (in Russian)

5. **Shishkin N. D., Il'in R. A.** *Increase of efficiency of water heating installations*. Vestnik ASTU. 2016. No. 2016. Pp. 52-60. (in Russian)

6. **Bogoslovsky V. N., Krupnov B. A., Skanavi A. N.** *Internal sanitary-technical devices*. Ed. IG Staroverova and Yu. I. Schiller. At 3 o'clock Part I. Heating - 4th ed. Pererab. and additional. Moscow. Stroiizdat. 1990. 344 p. (in Russian)

7. **Duffney J., Beckmann W.** *Fundamentals of solar thermal power*. Dolgoprudny. Ed. House. Intellect. 2013. 888 p. (in Russian)

8. **Zemskov V. I.** *Renewable energy sources in the agroindustrial complex*. SPb. Publishing House Lan. 2014. 368 p. (in Russian)

9. **Beccali Marco, Cellura Maurizio, Longo Sonia, Guarino Francesco.** *Solar heating and cooling systems: Application of a simplified LCA tool.* Sol. Energy Mater. and Sol. Cells. 2016. 156. Pp. 92-100.

Received 18 January 2018

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Щукина, Т. В. Оценка прогнозируемого энергозамещения зданий с использованием систем солнечного тепло- и холодоснабжения / Т. В. Щукина, Д. М. Чудинов, В. В. Шичкин, И. А. Потехин, Р. А. Шепс // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 54-61.

FOR CITATION:

Schukina T. V., Chudinov D. M., Shichkin V. V., Potekhin I. A., Sheps R. A. *Assessment of forecasted energy substitution of buildings using solar heat and cold*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 54-61. (in Russian)

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

УДК 719:711.163

АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКИ СЛОЖИВШЕЙСЯ ЗАСТРОЙКИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ГОРОД ВОРОНЕЖ

Т. В. Михайлова, Д. С. Паршин

Михайлова Татьяна Витальевна, канд. архитектуры, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(476)-950-766-25-55; e-mail: mtvit.1955@ mail.ru

Паршин Дмитрий Сергеевич, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(900)945-83-62; e-mail: Parshin.Dmitry.S@gmail.com

В ходе анализа состояния исторически сложившейся застройки городского округа город Воронеж были выявлены основные проблемы реконструкции городских территорий с исторической застройкой: уязвимость в документах об охране объектов культурного наследия; нехватка бюджетных средств на содержание объектов культурного наследия; несоответствие архитектурного облика возводимых зданий и сооружений проекту утвержденной документации; отсутствие стилевой и композиционной целостности городских территорий; отсутствие градостроительных документов, направленных на создание единой архитектурно-художественной композиции улиц, кварталов и районов города. Предложенные пути решения выявленных архитектурно-градостроительных проблем реконструкции городских территорий направлены на создание и восстановление архитектурной выразительности города, решение вопроса о привлечении инвестиций на восстановление и эксплуатацию объектов культурного наследия, а также на их защиту от несогласованных изменений. Представленная концепция реконструкции территории с исторической застройкой по улице Вайцеховского направлена на обновление жилого фонда, создание комфортной среды для проживания и ознакомления с памятниками архитектуры, а также на создание единой архитектурно-художественной композиции.

Ключевые слова: градостроительство; городская среда; реконструкция жилых территорий; историческая застройка; объекты культурного наследия.

Введение. В настоящее время, наряду с проблемой сохранения и восстановления исторически значимых зданий и памятников архитектуры, количество которых не только в Воронеже, но и по всей России неуклонно сокращается, существует и другая, не менее серьезная проблема – утрата городом своего уникального архитектурного облика.

Ситуацию с каждым годом осложняет прагматичный подход к застройке, при котором не только новые районы, но и исторический центр застраиваются типовыми жилыми многоэтажными зданиями и офисными центрами, характеризующимися отсутствием индивидуальности и разрушающими архитектурно-художественный облик улиц и города в целом. В то же время, темпы строительства в настоящее время превышают потребности, как в жилье, так и в офисных помещениях.

1. Проблемы реконструкции исторически сложившейся застройки.

Для анализа состояния исторически сложившейся застройки городского округа город Воронеж произведено непосредственное визуальное обследование анализируемой территории, а также изучены местный опыт осуществления нового строительства, реконструкции

© Т. В. Михайлова, Д. С. Паршин, 2018

и реставрации существующей застройки и документация, регулирующая градостроительную деятельность на территории города Воронежа.

В процессе исследования и анализа проектных решений по сохранившейся исторической части города Воронежа, были выделены две условные зоны – центральная часть города и ее периферийная застройка на склонах Воронежского водохранилища (рис. 1).

Рис. 1 – Схема расположения исторических зон города Воронеж

При реконструкции существующей застройки нередко попадают под снос значимые здания и памятники архитектуры, статус которых не был вовремя отнесен к объектам культурного наследия. В то же время, выявленные объекты культурного наследия находятся не в меньшей опасности быть ликвидированными и застроенными.

Существующие положения в документах об охране объектов культурного наследия, изложенные в федеральном законе «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 N 73-ФЗ, не всегда способны защитить исторические памятники от застройки и ликвидации. В частности, опасность для объектов культурного наследия представляет выделение какой-либо одной отдельной части здания как предмета охраны, например, фасада. Такой подход может допустить возможность ликвидации остальной неохраняемой части здания, что приведет к полной утрате его архитектурной и исторической ценности.

Практически все объекты, представляющие историческую и архитектурную ценность, находятся на балансе городов и регионов, и привлечение внешних средств на их содержание маловероятно ввиду особенностей, связанных с их эксплуатацией и экономической нерентабельностью.

В виду своего возраста, состояние большинства исторически значимых зданий требует немедленного проведения капитального ремонта и реставрационных работ. Инженер-

ные системы в таких зданиях либо подлежат полной замене, либо отсутствуют, а существующее планировочное решение внутренних помещений не соответствует современным требованиям [1].

Приспособление таких зданий под коммерческое использование требует проведения работ по перепланировке или выполнению надстройки дополнительных этажей [2]. Однако, возможность осуществления таких работ ограничена в связи с запретом на изменение основных несущих элементов и внешнего облика здания в целом.

Таким образом, объекты культурного наследия не представляют интереса для частных инвесторов, ведь экономическая целесообразность их эксплуатации несопоставима со строительством нового многоэтажного здания. При этом только бюджетных средств на поддержание таких сооружений в должном состоянии недостаточно, что приводит к их постепенному обветшанию и разрушению.

Стоит отметить, что главной ценностью исторического центра города является не только его историческое прошлое, но и его архитектурное наследие [3]. В условиях современного города, сохранившаяся историческая застройка привлекательна своим колоритом, декоративностью, оформлением фасадов, сомасштабностью застройки и человека. Именно поэтому реконструкция исторического центра должна предполагать модернизацию существующей застройки и формирование новой, повторяющей стилистику памятников архитектуры.

В целях сохранения и формирования целостного архитектурно-эстетического облика города, требование о соответствии архитектурного облика возводимых зданий и сооружений проекту утвержденной документации было закреплено на законодательном уровне в таких документах, как: дизайн-регламент «Внешний вид фасадов зданий и сооружений в городском округе город Воронеж»; решение Воронежской городской думы от 19.06.2008 №190-II «Об утверждении правил благоустройства территорий городского округа город Воронеж». Соблюдение настоящих требований должно контролироваться представителями специальной мониторинговой службы на всех этапах строительства.

В реальности же, законченные строительством проекты могут значительно отличаться от утвержденных эскизов, исключая возможность достижения стилистического единства новых зданий с существующей застройкой. Одним из примеров несоответствия законченного строительством проекта утвержденному эскизу является жилой комплекс «Сердце Города» (рис. 2, 3), расположенный по адресу: г. Воронеж, ул. Куколкина, 11.

Рис. 2 – Утвержденный эскиз жилого комплекса «Сердце Города»

Рис. 3 – Фактический внешний облик жилого комплекса «Сердце Города»

2. Предлагаемые пути решения выявленных архитектурно-градостроительных проблем реконструкции исторически сложившейся застройки.

В качестве мер по созданию и восстановлению архитектурной выразительности города, наряду с действующим постановлением правительства Воронежской области «Об утверждении границ зон охраны объектов культурного наследия федерального значения, расположенных на территории городского округа город Воронеж, режимов использования земель и требований к градостроительным регламентам в границах указанных зон», следует разработать предложения по разделению городской территории на зоны, в пределах которых строительство новых и реставрация существующих зданий и сооружений будет выполняться в едином архитектурном стиле. Такое решение позволит установить единую архитектурно-художественную композицию улиц, кварталов и районов. Необходимым условием также является обеспечение контроля за соответствием внешнего облика зданий и сооружений установленным архитектурно-композиционным требованиям при утверждении эскизов, а также на этапах строительства и эксплуатации.

Для привлечения внешних инвестиций на восстановление и эксплуатацию объектов культурного наследия следует применять систему государственных и муниципальных преференций, снижающих величину арендной платы, налогов или предоставляющих иные выгодные для частных инвесторов условия взамен на реставрацию объектов охраны.

В целях исключения возможности демонтажа отдельных элементов объектов культурного наследия, в процессе эксплуатации или реставрации, следует отказаться от использования термина «предмет охраны» в законах, закрепляющих данный термин, в связи с возможной неверной интерпретацией настоящего термина, допускающей изменение или ликвидацию остальных конструкций, не вошедших в категорию охраняемых объектов. Возможным вариантом решения сложившейся проблемы является ведение инвентарной описи с указанием всех элементов и частей, из которых состоит объект культурного наследия, в целях правомерного применения штрафных санкций к их владельцам и арендаторам в случае утраты отдельных элементов охраняемых объектов или несогласованных изменений, вносимых в их конструкцию.

3. Предлагаемая концепция реконструкции территории с исторической застройкой по улице Вайцеховского

В концепции реконструкции зоны с исторической застройкой, разработанной в рамках выпускной квалификационной работы на кафедре жилищно-коммунального хозяйства,

предложено проведение комплекса реконструктивных работ по улице Вайцеховского (рис. 4).

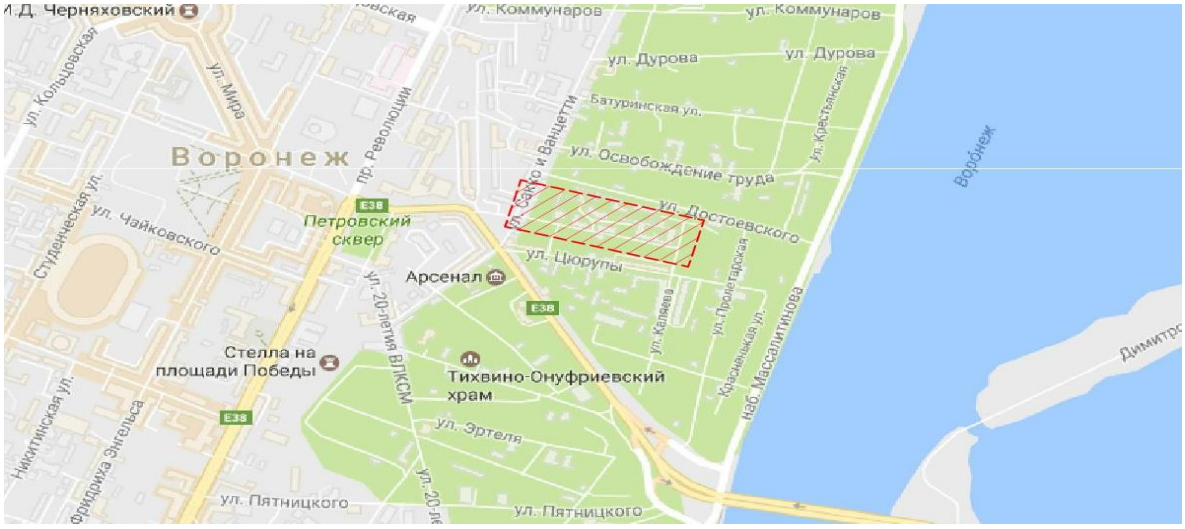

Рис. 4 – Расположение реконструируемой застройки (улица Вайцеховского) на карте города Воронеж

Согласно приложению № 2 к решению Воронежской городской думы от 24.12.2014 №1694-III «Карта функциональных зон городского округа город Воронеж» участок улицы Вайцеховского, относится к зоне застройки среднеэтажными жилыми домами с максимально разрешенной этажностью до 3-х этажей. На данном участке расположены каменные, деревянные жилые и административные здания, этажностью от 1 до 3 этажей (рис. 5).

Рис. 5 – Схема функционального зонирования улицы Вайцеховского

В соответствии с перечнем объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) Воронежской области на территории улицы располагается 4 объекта культурного наследия регионального значения, среди которых:

- «Флигель мещанина Пименова» (административное здание) 1913 года постройки по адресу: улица Вайцеховского, 6а;
- «Дом Щукиной» (жилой дом с административными помещениями) 1899 года постройки по адресу: улица Вайцеховского, 9;

- «Здание бывшего земского приюта» (Медицинское учреждение), 1911 года постройки по адресу: Вайцеховского, 2/5;

- производственный комплекс «Усадьба Тулиновых», «дом Вигеля» (рис.6), 18 век, территория в квартале ул. Вайцеховского – Каляева – Достоевского.

Кроме того, на рассматриваемой территории находится также один объект культурного наследия федерального значения – Воронежский областной клинический онкологический диспансер – Дом, в котором в 1905 году заседал Совет рабочих депутатов по адресу: Вайцеховского 2/4.

Рис. 6 – Современное состояние дома Вигеля (усадьбы Тулиновых)

Улица Вайцеховского имеет большое историческое значение, как для города Воронеж, так и для всего Воронежского региона, а ее историческое и архитектурное наследие должно быть восстановлено и сохранено для будущих поколений. В связи с этим, первым этапом реконструкции территории по улице Вайцеховского предлагается реставрация объектов культурного наследия, с восстановлением несущей способности конструктивных элементов.

В целях создания более комфортной среды и выразительного архитектурного фона предлагается присвоить улице Вайцеховского статус пешеходной зоны. Данное решение позволит не только улучшить условия как для ознакомления с памятниками архитектуры, так и для проживания, но и позволит создать единство окружающей застройки с уличным пространством.

В то же время, проведение лишь реставрационных работ в рамках реконструкции рассматриваемой зоны позволит решить только вопросы архитектурного оформления объектов культурного наследия, при этом вопросы обновления жилого фонда и благоустройства территории останутся нерешенными.

Преобладающая часть жилого фонда на этом участке имеет срок эксплуатации более полувека, что предполагает наличие высоких показателей физического и морального износа как самих зданий, так и инженерных сетей.

Рассматриваемый участок исторической застройки характеризуется неэффективным использованием городской территории в виду преобладания малоэтажной индивидуальной застройки и использованием значительных площадей под индивидуальные гаражи (рис. 7).

Рис. 7 – Схема современного использования улицы Вайцеховского

В целях соблюдения архитектурно-планировочных и экономических требований предлагается замена малоэтажной индивидуальной застройки на многоквартирные трехэтажные дома блокированного типа [4]. При реконструкции городских территорий с историческими сооружениями важно не только восстановление сохранившихся объектов культурного наследия, но также создание единой архитектурно-художественной композиции окружающей застройки с объектами охраны [5]. В связи с чем архитектурное решение предлагаемых блок-секций жилых домов выполняется с учетом стилистических особенностей исторически сложившейся застройки (рис. 8). Данное решение позволит получить дополнительную жилую площадь в границах реконструируемой территории, выровнять общую этажность застройки и достичь стилистического единства с сохранившимися памятниками архитектуры.

Рис. 8 – Уличный и дворовой фасад разработанной блок-секции жилого дома

Следует учитывать, что присвоение улице Вайцеховского статуса пешеходной зоны, реставрация объектов культурного наследия, а также обновление и увеличение жилого фонда в рамках ее реконструкции вызовут необходимость обеспечения транспортно-пешеходной доступности, а именно: расширения пешеходной зоны, создания туристическо-пешеходных маршрутов и обеспечения их связи с основными магистралями, прогулочными и рекреационными зонами города.

Для решения перечисленных задач и улучшения общей транспортной связи реконструируемой территории, предлагается соединение улиц Цюрупы и Достоевского посредством продления улицы Каляева, а также продление улицы Вайцеховского с выходом на набережную Массалитинова (рис. 9).

Рис. 9 – Проектное предложение схемы планировочной организации улицы Вайцеховского

Такое решение позволит создать новый туристический маршрут по улице Вайцеховского, соединяя предложенные ранее туристические маршруты по улице Сакко и Вацнетти [6], набережной Массалитинова [7], и Севастьяновскому спуску [8], в единый туристический маршрут «Старый Воронеж» на основании постановления правительства Воронежа и разработки программы «Воронеж-туристический», делая город Воронеж более привлекательным и исторически ценным, как для горожан, так и для туристов, посещающих центр Черноземья и один из старейших городов в центре России.

Заключение.

В результате анализа состояния исторически сложившейся застройки городского округа города Воронеж была выявлена необходимость совершенствования нормативно-правовой базы, регулирующей градостроительную деятельность, а также обоснована необходимость сохранения сложившегося архитектурного образа города при разработке проектов его реконструкции.

Предложены пути решения выявленных архитектурно-градостроительных проблем реконструкции исторически сложившейся застройки, направленные на создание и восстановление архитектурной выразительности города, сохранение и восстановление культурного наследия Российских городов.

Предложенная концепция реконструкции территории с исторической застройкой по улице Вайцеховского направлена на обновление жилого фонда, создание комфортной среды для проживания и ознакомления с памятниками архитектуры, а также на достижение стилистического единства с сохранившимися памятниками архитектуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Федоров, В. Б**. Реконструкция зданий, сооружений и городской застройки / В. Б. Федоров // М.: ИНФРА-М. – 2008. – 224 с.

2. **Kincaid, D.** Adapting building to changing uses, Guidelines for change of use refurbishment / D. Kincaid // (2002) London; Routledge. – 136 p.

3. **Bradecki, T.** Preservation, Reconstruction or Conversion – Contemporary Challenge for Historic Urban Areas and Historic Buildings / T. Bradecki, B. Uherek-Bradecka // Advanced Engineering Forum. – 2014. – Vol. 12. – Pp. 115-121.

4. **Черешнев, И. В.** Экологичные жилые дома для малоэтажной высокоплотной застройки / И. В. Черешнев // Жилищное строительство. – 2007. – №11. – С. 14.

5. **Шерешевский, А. Л.** Подходы к реконструкции архитектурно-градостроительной среды на примере послевоенных восстановлений исторических городов / А. Л. Шерешевский // Известия Самарского научного центра РАН. – 2015. – № 1-2. – С. 511-516.

6. **Гузева, А. Е.** История формирования улицы Сакко и Ванцетти городского округа город Воронеж, как исторически ценного градоформирующего объекта города / Т. В. Михайлова, А. Е. Гузева // Градостроительство, инфраструктура, коммуникации. – 2016. – № 3. – С. 9-14.

7. **Михайлова, Т. В.** Архитектурно-градостроительная концепция развития территории воронежского водохранилища как рекреационной зоны города / Т. В. Михайлова, Е. Ю. Гриева, В. Д. Фернюк // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 4(3). – С. 49-54.

8. **Комплексное развитие инженерной инфраструктуры туристического маршрута «Старый Воронеж» в городском округе город Воронеж** / В. Н. Семенов, Т. В. Михайлова, О. Н. Ермоленко // Научный журнал «Градостроительство». – 2014. – № 5(33). – С. 37-42.

Поступила в редакцию 14 декабря 2017

ARCHITECTURAL AND TOWN-PLANNING RECONSTRUCTION PROBLEMS OF THE HISTORICAL CENTER OF VORONEZH

T. V. Mikhaylova, D. S. Parshin

Mikhaylova Tat'yana Vital'evna, Candidate of Architecture, Associate Professor of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: 7(476)-950-766-25-55; e-mail: mtvit.1955@ mail.ru

Parshin Dmitriy Sergeevich, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(900)945-83-62; e-mail: Parshin.Dmitry.S@gmail.com

During the analysis of the historical city district development Voronezh were the main problems of reconstruction of urban areas with historical buildings: the vulnerability of the documents on the protection of cultural heritage; the lack of budgetary funds for the maintenance of cultural heritage; mismatch architectural appearance erected buildings and structures approved project documentation; lack of stylistic and compositional integrity of the urban areas; lack of urban planning documents, aimed at creating a unified architectural and artistic composition of streets, neighborhoods and areas of the city. The proposed solutions to the identified problems of architectural and urban planning urban redevelopment focused on the creation and restoration of architectural expression of the city, the question of attracting investments for the restoration and maintenance of cultural heritage, as well as to protect them from uncoordinated changes. Introduced the concept of reconstruction of the territory from the historic buildings along the street Vaytsehovsky aims to upgrade the housing stock, creating a

comfortable environment for living and get acquainted with architectural monuments, as well as the creation of a single architectural and artistic composition.

Keywords: town-planning; urban environment; reconstruction of residential areas; historical buildings; objects of cultural heritage.

REFERENCES

1. **Fedorov V. B.** *Reconstruction of buildings, structures and urban buildings*. Moscow. INFRA-M. 2008. Pp. 224. (in Russian)

2. **Kincaid D.** *Adapting building to changing uses, Guidelines for change of use refurbishment*. (2002) London, Routledge. 136 p.

3. **Bradecki T., Uherek-Bradecka B.** *Preservation, Reconstruction or Conversion - Contemporary Challenge for Historic Urban Areas and Historic Buildings*. Advanced Engineering Forum. 2014. Vol. 12. Pp. 115-121.

4. **Chereshnev I. V**. *Environmentally friendly residential buildings for low-rise high-density buildings*. Housing construction. 2007. No 11. Pp. 14. (in Russian)

5. **Shereshevsky A. L.** *Approaches to the reconstruction of the architectural and urban environment on the example of post-war restoration of historical cities*. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2015. No 1-2. Pp. 511-516. (in Russian)

6. **Mikhailova T. V., Guzeva A. E.** *History of the formation of Sacco and Vanzetti streets of the urban district of the city of Voronezh, as a historically valuable city-forming city facility.* Scientific journal «Urban planning, infrastructure, communications». 2016. No 3. Pp. 39-14. (in Russian)

7. **Mikhailova T. V., Grieva E. Yu., Fernyuk V. D.** *Town-planning concept for the development of the territory of the Voronezh reservoir, as a recreational zone of the city.* Housing and utilities infrastructure. 2017. No. 4(3). Pp. 49-54. (in Russian)

8. **Semenov V. N., Mikhailova T. V., Ermolenko O. N.** *Integrated development of the engineering infrastructure of the tourist route «Old Voronezh» in the city district Voronezh*. Scientific journal «Urban Development». 2014. No. 5(33). Pp. 37-42. (in Russian)

Received 14 December 2017

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Михайлова, Т. В. Архитектурно-градостроительные проблемы реконструкции исторически сложившейся застройки на примере городского округа город Воронеж / Т. В. Михайлова, Д. С. Паршин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 62-71.

FOR CITATION:

Mikhaylova T. V., Parshin D. S. *Architectural and town-planning reconstruction problems of the historical center of Voronezh*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 62-71. (in Russian)

УДК 711.585:711.4-16

АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ ПРОЕКТОВ ПЛАНИРОВКИ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫМ РЕГЛАМЕНТАМ

Е. Э. Бурак, Ю. А. Воробьева, С. П. Егорова

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

Воробьева Юлия Александровна, 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: cccp38@yandex.ru

Егорова Светлана Петровна, 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: burak.e@mail.ru

Рассмотрены особенности реновации городской застройки методом уплотнения на примере утвержденного проекта планировки жилого квартала городского округа город Воронеж. Показано, что проекты не учитывают в полной мере нормативные требования по организации дворовой территорий, ущемляя права граждан на комфортное проживание. Проверочный расчет минимальной площади земельного участка рассматриваемого в качестве примера строящегося жилого дома показал наличие значительных нарушений параметров застройки жилой зоны при разработке проекта реновации сложившейся застройки. Выявлены основные нарушения при размещении элементов дворовой планировочной структуры: недостаточное количество площадок для временного хранения автомобилей, несоблюдение нормируемых размеров площадок различного назначения. Отсутствуют также предложения по обеспечению населения местами в дошкольных образовательных учреждениях. Результаты проведенного исследования приводят к выводу о необходимости корректировки действующей нормативно-правовой базы с целью разработки критериев оценки размещения «точечной» застройки в сложившейся планировочной структуре жилых кварталов.

Ключевые слова: градостроительство; реновация; развитие застроенных территорий; «точечная» застройка.

Возникновение и формирование индивидуальных обликов городов являются длительным историческим процессом. По мере развития городов застройка видоизменялась, что привело к разнообразию планировочной структуры жилых территорий, и сегодня одной из проблем градостроительства является реновация и развитие сложившихся районов жилой застройки [1].

Под реновацией территории подразумевается процесс обновления застройки, включающий санацию застройки, капитальный ремонт, реконструкцию, модернизацию и новое строительство [2].

Территории, подлежащие реновации – это, в основном, жилая застройка 1950…1970-х годов, сложившаяся в период послевоенной индустриализации на основе типового проектирования [3]. Общий объем построенных в эти годы жилых пятиэтажных домов на территории России составил более 250 млн. кв. м. Однако, стремление как можно скорее предоставить населению жилье не обошлось без строжайшего режима экономии ресурсов, что привело к невыразительному архитектурному облику первых индустриальных жилых зданий и их преждевременному физическому и моральному старению.

Современные экономические условия не позволяют решить вопрос расселения аварийного и ветхого жилого фонда полностью за счет средств бюджета, поэтому Градостроительным кодексом Российской Федерации предусмотрена возможность привлечения внебюджетных средств через механизм развития застроенных территорий.

© Е. Э. Бурак, Ю. А. Воробьева, С. П. Егорова, 2018

Комплексный подход к развитию застроенных территорий даст возможность массово решить проблему расселения ветхих и аварийных жилых домов без привлечения средств бюджета, улучшить социальные и экономические параметры жилищного фонда, повысить эффективность и комфортность использования территорий [4], реконструировать системы инженерной и социальной инфраструктур, снизить затраты на эксплуатацию жилищного фонда [5].

Для решения этих задач выполняются проекты по развитию застроенных территорий (проекты планировки территорий). С целью проверки соответствия разрабатываемых проектов действующим градостроительным и санитарным нормам жилой застройки, выполнен анализ проекта планировки территории, расположенной в Левобережном районе городского округа г. Воронежа (рис. 1). Застройка представлена жилыми домами этажностью от 3 до 7 этажей, детским дошкольным учреждением, административным зданием и хозяйственными постройками.

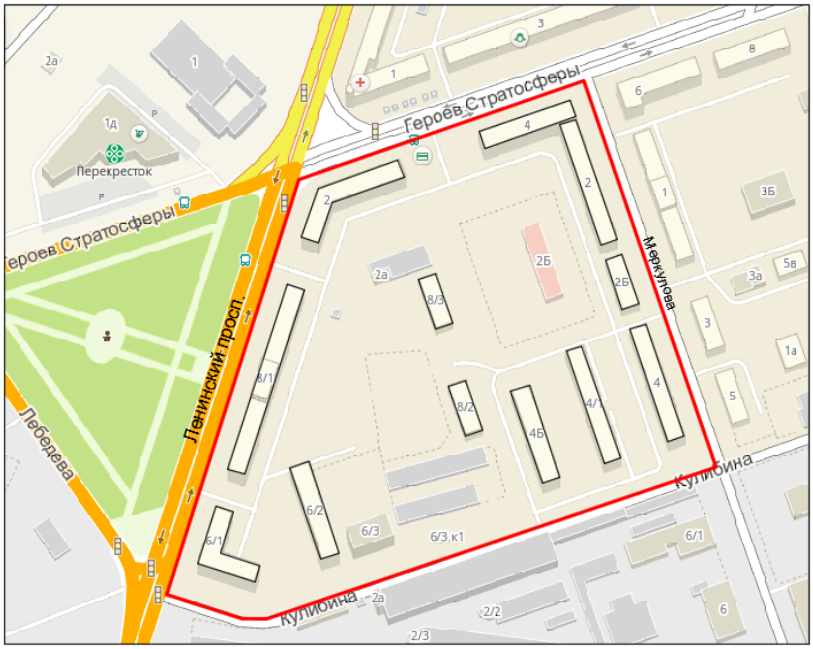

Рис. 1 – Расположение анализируемого квартала в планировочной структуре города

Согласно карте градостроительного зонирования городского округа город Воронеж, рассматриваемая территория находится в территориальной зоне Ж9 – зона среднеэтажной застройки, которая подлежит реконструкции и модернизации. Общая площадь осваиваемой под жилищное строительство территории, высвободившейся за счет сноса ветхого жилого фонда, составит 1,5 га. На рис. 2 приведен проект планировки территории, утвержденный постановлением администрации городского округа город Воронеж № 140 от 18.02.2013 г.

На земельном участке планируется так называемая «точечная» застройка – многоквартирной жилой дом этажностью 12 этажей. С учетом жилищной обеспеченности 30 м^2/чел население нового жилого фонда составит 937 человек, количество квартир – 284. На первом этаже жилого здания планируется размещение помещений общественного назначения, которые имеют входы, изолированные от жилой части здания. Согласно проекту планировки, плотность населения всего квартала составит 324 чел./га., что не превышает предельно допустимого значения 450 чел/га.

При определении минимальной площади земельного участка нового жилого дома должны учитываться требования СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*», СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения по-

жара на объектах защиты, требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям», а также региональных нормативов градостроительного проектирования Воронежской области.

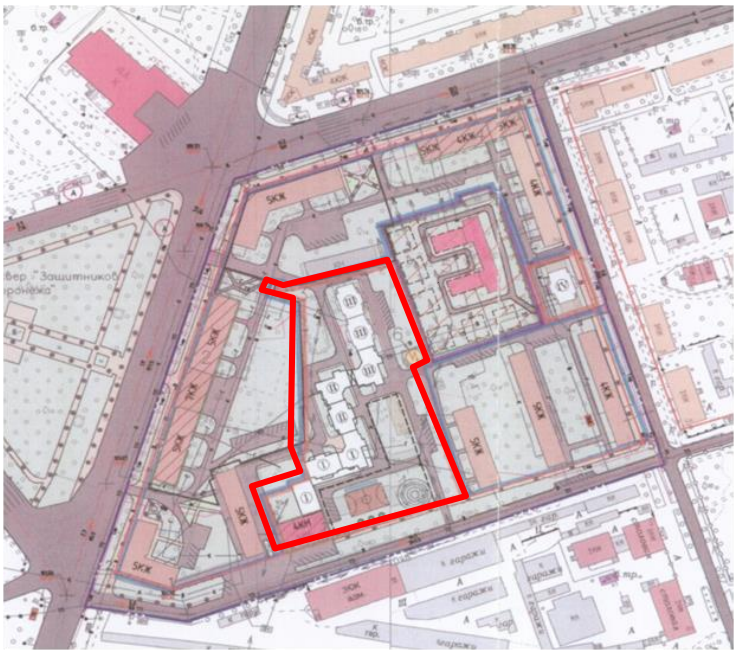

Рис. 2 – Проект планировки территории квартала с уплотнением сложившейся застройки

В соответствии с вышеперечисленными документами, требуемая площадь земельного участка под застройку $S_{терр}$, м^2, может быть определена по формуле:

$$S_{терр} = S_{застр} + S_{приоб.автост} + S_{озел} + S_{проезд} + S_{стоянок} + S_{физ.площ}, \quad (1)$$

где $S_{терр}$ – требуемая площадь дворовой территории, м^2; $S_{застр}$ – площадь застройки жилыми домами, м^2; $S_{приоб.автост}$ – площадь территории, необходимой под приобъектные автостоянки для встроенных нежилых помещений, м^2; $S_{озел.}$ – площадь озеленения дворовой территории, м^2; $S_{проезд}$ – площадь проездов с учетом минимально допустимых расстояний от края проезда до здания, м^2; $S_{стоянок}$ – площадь автостоянок, м^2; $S_{физ.площ}$ – площадь физкультурных площадок, м^2.

Площадь застройки жилого дома, в соответствии с проектом, составляет 3409 м^2.

Согласно региональным нормативам, необходимо предусмотреть приобъектные автостоянки для встроенных нежилых помещений. Ввиду отсутствия в проекте информации о профиле деятельности учреждений, размещаемых в этих помещениях, невозможно рассчитать необходимое количество машино-мест.

Площадь озеленённых территорий в кварталах многоквартирной жилой застройки $S_{озел}$ принимается из расчета 6 м^2/чел (без учета озеленения на участках школ, детских дошкольных и других общественных учреждений). В площадь озеленённых территорий включается вся территория квартала, кроме площади застройки жилых домов, участков общественных учреждений, а также проездов, стоянок и физкультурных площадок [6]. Проектом планировки не предусмотрен расчет зеленых насаждений, кроме этого отсутствует информация об обеспеченности жителей существующих на территории жилых домов минимальным процентом озелененной территории при реализации рассматриваемого проекта планировки.

Для нового жилого дома необходимо предусмотреть подъезд пожарных автомобилей с двух продольных сторон в соответствии с СП 4.13130.2013, поэтому в расчете учитывается площадь проездов и палисадников между зданием и проездами, равная 5490 м^2, с учетом их минимально допустимой ширины.

Минимальный уровень обеспеченности гостевыми автостоянками – 0,8 м^2/чел в соответствии с региональными нормативами. Открытые стоянки для временного хранения легковых автомобилей рассчитываются не менее чем для 70 % расчетного парка индивидуальных легковых автомобилей, в том числе в жилых районах – 25 %.

На селитебных территориях следует предусматривать гаражи и открытые стоянки для постоянного хранения не менее 90 % расчетного числа индивидуальных легковых автомобилей при пешеходной доступности не более 800 м. Автостоянки для долговременного (постоянного) хранения автомобилей допускается размещать на отдельном земельном участке, правообладателем которого является застройщик, осуществляющий строительство основного строения [7, 8]. Застройщик должен предоставить информацию о размещении автостоянок для постоянного хранения автомобилей: либо на отведенном участке, либо на отдельном. По расчету в рассматриваемом проекте необходимо предусмотреть 295 машино-мест, а фактически предусмотрено только 142 машино-места постоянного хранения в подземной парковке. Отсутствие информации о дополнительном участке обуславливает необходимость размещения оставшихся парковочных мест на дворовой территории.

При определении площади территории под расчетные автостоянки размер машиноместа принимался 5,3 х 2,5 м в соответствии с требованиями СП 113.13330.2012 «Стоянки автомобилей».

В соответствии с СП 42.13330.2011 в кварталах (микрорайонах) жилых зон необходимо предусматривать размещение площадок общего пользования различного назначения, но в проекте планировки не предусмотрен расчет указанных площадок.

Результаты расчетов площади дворовой территории для проектируемого многоквартирного жилого дома представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета площади дворовой территории

Наименование площадок	Нормативные значения	По проекту планировки территории	Расчетные значения в соответствии с нормативами
Для игр детей дошкольного и младшего школьного возраста	0,7 м^2/чел	-	655,9 м^2
Для отдыха взрослого населения	0,1 м^2/чел	-	93,7 м^2
Для занятий физической культурой	2,0 м^2/чел	-	1874 м^2
Для хозяйственных целей и выгула собак	0,3 м^2/чел	-	281,1 м^2
Для временных автостоянок	25 % расчетного парка автомобилей	-	57 машино-мест
Для гостевых автостоянок	0,8 м^2/чел	68 маш-мест	57 машино-мест
Для приобъектных автостоянок	В зависимости от типа учреждения	-	-
Для автостоянок постоянного хранения	90% расчетного парка автомобилей	142 машино-места в подземной парковке	295 машино-мест
Озеленение*	6 м^2/чел	-	5622 м^2
Площадь проездов	См. в тексте	-	5490 м^2
Итого		1,5 га	2 га

* - в площадь озеленения при расчете минимальной площади дворовой территории включены площадки для игр детей, отдыха взрослых, хозяйственных целей и выгула собак.

Расчетная площадь дворовой территории нового жилого дома определена без учета размещения приобъектных автостоянок и санитарных разрывов от окон до площадок. В связи с этим можно сделать вывод о том, что минимальная площадь участка строящегося жилого дома должна быть больше площади отведенного под застройку участка как минимум в 1,5 раза. Кроме этого, в проекте отсутствует информация о выполнении требований к инсоляции существующей пятиэтажной застройки в связи с появлением 12-ти этажного многоквартирного жилого дома.

В соответствии с региональными нормативами градостроительного проектирования, для нового населения необходимо предоставить 40 мест в дошкольной образовательной организации. На территории рассматриваемого квартала находится учреждение такого типа, но оно не рассчитано на увеличение мест, соответственно нормативные требования не выполняются.

Проверочный расчет минимальной площади земельного участка рассматриваемого в качестве примера строящегося жилого дома показал наличие грубых нарушений параметров застройки жилой зоны при разработке проекта реновации сложившейся застройки. Анализ различных проектов планировки другими авторами [9, 10, 11] также показывает, что утверждаемые проекты развития территорий не учитывают в полной мере нормативные требования по организации дворовой территорий при попытке разместить на отведенном участке новые жилые здания.

Заключение.

Проведенные расчеты показали, что рассматриваемый проект планировки территории не соответствует современным требованиям. Сравнение полученных результатов с аналогичными исследованиями других авторов позволяет сделать вывод о систематическом нарушении существующих нормативов при так называемой «точечной» застройке.

Результаты проведенного исследования приводят к выводу о необходимости корректировки действующей нормативно-правовой базы с целью разработки критериев оценки размещения «точечной» застройки в сложившейся планировочной структуре жилых кварталов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Смольянинов, В. В.** Концептуальные основы пространственного развития Воронежской городской агломерации / В. В. Смольянинов, Э. В. Сазонов, А. О. Гундарева // Градостроительство. – 2014. – № 5(33). – С. 65-72.

2. **Смольянинов, В. В.** Зонирование территорий при градостроительном проектировании с позиции обеспечения экологической безопасности / В. В. Смольянинов, Э. В. Сазонов // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2010. – № 3. – С. 120-130.

3. **Касьянов, В. Ф.** Реконструкция жилой застройки городов / В. Ф. Касьянов. – М.: АСВ, 2002. – 208 с.

4. **Бурак, Е. Э.** Проблемы благоустройства районов города Воронежа // «Концептуальные вопросы современного градостроительства»: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции / отв. ред. И. С. Суровцев. – Воронеж. гос. арх. – строит. ун-т. – Воронеж, 2007. – С. 160-162.

5. **Воробьева, Ю. А.** Анализ снижения эффективности ограждающих конструкций здания в процессе эксплуатации / Ю. А. Воробьева, Т. А. Васильева, А. В. Лунина, Д. М. Совпель // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 3(2). – С. 77-83.

6. **Бурак, Е. Э**. Эволюция системы озеленения в г. Воронеж / Е. Э. Бурак, Е. Ю. Гриева, В. Д. Фернюк // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 2(7). – С. 9-14.

7. **Бурак, Е. Э.** Проблема парковок в административно-деловом центре города Воронежа / Е. Э. Бурак, С. П. Егорова // Актуальные проблемы городского строительства (Материалы международной научно-технической конференции). – Пенза: ПГУАС, 2013. – С. 15-22.

8. **Кононова, М. С.** Варианты размещения нормируемого количества парковочных мест при проектировании жилой застройки / М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 1-2(1). – С. 42-47.

9. **Воробьева, Ю. А.** Экологический аспект реконструкции исторически сложившейся застройки по улице Сакко и Ванцетти городского округа г. Воронеж / Ю. А. Воробьева, Е. Г. Мизилина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2017. – № 1. – С. 80-83.

10. **Мерщиев, А. А.** Технические и правовые аспекты возведения зданий в условиях плотной городской среды / А. А. Мерщиев, Д. В. Лобанов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 4(3). – С. 55-60.

11. **Теличенко, В. И.** Градостроительные проблемы и перспективы точечной (уплотнительной) застройки / В. И. Теличенко, Ю. А. Сумеркин // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 2. – С. 12-16.

Поступила в редакцию 17 января 2018

ANALYSIS OF CONFORMITY OF THE PROJECTS OF PLANNING THE BUILT-UP TERRITORIES TO TOWN PLANNING REGULATIONS

E. E. Burak, Y. A. Vorob'eva, S. P. Egorova

Burak Ekaterina Eduardovna, Cand. tech. Sciences, associate Professor of the Department of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-52-49; e-mail: burak.e@mail.ru

Vorob'eva Yulia Aleksandrovna, 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: cccp38@yandex.ru

Egorova Svetlana Petrovna, Cand. tech. Sciences, associate Professor, associate of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-52-49; e-mail: burak.e@mail.ru

The peculiarities of the renovation of the city building compression method on the example of the approved draft plan of residential district city district city of Voronezh. It is shown that the projects do not include full regulatory requirements for the establishment of a domestic territories, infringing the rights of citizens to have a comfortable stay. Checking calculation of the minimum area of land considered as an example constructed homes showed the presence of significant violations of the construction parameters of a residential zone in the development of the project of renovation of the existing building. The main disorders to place elements of a domestic structure planning: insufficient number of sites for temporary storage of cars, failure to comply with the standardized size of fields for various purposes. There are also no proposals for the provision of the population with places in preschool educational institutions. The results of the study lead to the conclusion about necessity of updating of the existing regulatory framework with the aim of developing criteria for evaluating the placement of «point» building in the existing planning structure of residential areas.

Keywords: town planning; renovation; development of built-up areas; infill development.

REFERENCES

1. **Smoljaninov V. V., Sazonov E. V., Gundareva A. O.** *Conceptual basys of a spatial development of the Voronezh urban agglomerations*. Town planning. 2014. No. 5(33). Pp.65-72. (in Russian)

2. **Smoljaninov V. V., Sazonov E. V.** *Territory zoning in town-planning in the context of ecological safety*. Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2010. No 3. Pp. 120-130. (in Russian)

3. **Kasyanov V. F.** *Reconstruction of residential buildings of cities*. Moscow, ACU. 2002. 208 p. (in Russian)

4. **Burak E. E.** *Problems of accomplishment of districts of the city of Voronezh.* Conceptual issues of modern urban planning: collection of articles on the materials of the international scientific-practical conference. Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Voronezh. 2007. Pp.160-162. (in Russian)

5. **Vorob'eva Y. A., Vasilyeva T. A., Lunina A. V., Sovpel D. M.** *Analysis of reducing thermal efficiency of observers constructions building in the operation process*. Housing and utilities infrastructure. 2017. No. 3(2). Pp. 77-83. (in Russian)

6. **Burak E. E., Gryeva E. Y., Ferniuk V. D.** *Evolution of the gardening system in Voronezh*. Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. 2017. No. 2(7). Pp. 9-14. (in Russian)

7. **Burak E. E., Egorova S. P.** *The problem of parking in the administrative and business center of the city of Voronezh*. Urgent problems of urban construction (Materials of the International Scientific and Technical Conference). Penza, PSUAC. 2013. Pp. 15-22. (in Russian)

8. **Kononova M. S**. *Variants of arrangement of normed quantity of parking places at designing by a core of building*. Housing and utilities infrastructure. 2017. No. 1-2(1). Pp. 42-47. (in Russian)

9. **Vorob'eva Y. A., Mizilina E. G.** *The environmental aspect of the reconstruction of the historical buildings along the street Sacco and Vanzetti City district the city of Voronezh.* Scientific Newsletter of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering High-tech solutions. Ecology. 2017. No. 1. Pp. 80-83. (in Russian)

10. **Mershchiyev A. A., Lobanov D. V.** *Technical and legal aspects of construction of buildings in dense urban environment*. Housing and utilities infrastructure. 2017. No. 4(3). Pp. 55-60. (in Russian)

11. **Telichenko V. I., Sumerkin Yu. A.** *Town-planning problems and prospects of infill development.* Industrial and Civil Engineering. 2015. No. 2. Pp. 12-16. (In Russian).

Received 17 January 2018

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Бурак, Е. Э. Анализ соответствия проектов планировки застроенных территорий градостроительным регламентам / Е. Э. Бурак, Ю. А. Воробьева, С. П. Егорова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 72-78.

FOR CITATION:

Burak E. E., Vorob'eva Y. A., Egorova S. P. *Analysis of conformity of the projects of planning the built-up territories to town planning regulations*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 72-78. (in Russian)

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

УДК 551.581.1:711-1

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ И ОЦЕНКА АЭРАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

И. В. Попова, Е. В. Любимова, С. А. Куролап

Попова Ирина Владимировна, старший преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: iradobr@yandex.ru
Любимова Екатерина Викторовна, специалист по ГИС, ООО «Управляющая компания «АГРО-Инвест», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(920)401-54-42; e-mail: baranka-06@mail.ru
Куролап Семён Александрович, доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», тел.: +7(473)266-56-54; e-mail: skurolap@mail.ru

Городская застройка существенно меняет направление и силу воздушного потока. В настоящей работе на примере крупного города Воронежа представлен метод морфометрического вычисления параметров шероховатости городской застройки, базирующийся на решении уравнения шероховатости с помощью оценки площади фронтально ориентированных поверхностей к основному направлению ветра в нерегулярной сетке полигонов Тиссена, образованных относительно центроидов зданий. Приведены необходимые переменные для решения уравнения шероховатости. На основании полученных результатов расчета уровня шероховатости z_0 и по имеющимся классификациям определены возможные аэродинамические коридоры, играющие значительную роль в аэрации городских территорий и способствующие уменьшению загрязнения воздуха в центральных районах города. Рассчитаны также уровень смещения нулевой плоскости z_d и пористость городской ткани P_{h-var}, являющиеся косвенными показателями аэрационного потенциала городской застройки. Комплексная оценка аэрационного потенциала выполнена с помощью методов пространственного анализа в ArcGIS по трём основным параметрам шероховатости: z_0, z_d, P_{h-var}. Основываясь на полученных результатах, можно выделить области, для которых необходима разработка градостроительных рекомендаций по сохранению и обеспечению достаточного уровня аэрации.

Ключевые слова: городская застройка; ветер; слой шероховатости; параметры шероховатости; аэрационный потенциал; аэродинамический коридор; геоинформационный анализ.

Ветровой режим территории определяется двумя факторами: термической неоднородностью и характером подстилающей поверхности. Ветер, распространяясь из области повышенного давления в область более низкого атмосферного давления, вызванного разностью температур в двух точках земной поверхности, и встречая на своем пути различные естественные и искусственные преграды, неровности и шероховатости, изменяет не только скорость, но и направление потока. Значительное влияние на поле скорости ветра у поверхности Земли оказывает урбанизация. Еще в конце 19 века [1] было отмечено уменьшение средней скорости ветра с расширением и ростом городов. В городе больше безветренных дней, чем в сельской местности, а максимальная скорость ветра в среднем на 10…20 % меньше [2]. Антропогенные изменения ветрового режима происходят в результате изменения шероховатости поверхности вследствие вырубки леса и строительства жилых и промышленных зданий, изменения термического режима атмосферы.

С градостроительной точки зрения ветровой режим определяет ширину и направление

© И. В. Попова, Е. В. Любимова, С. А. Куролап, 2018

улиц, взаиморасположение функциональных зон относительно друг друга, размещение предприятий относительно жилых районов и мест организованного отдыха и так далее.
Обеспечение ветрового комфорта городской территории является одной из основных задач архитектурно-климатического анализа и проектной деятельности. Из всех метеорологических элементов ветер подвержен наиболее сильному воздействию со стороны рельефа и различного рода препятствий [3].

Силы трения, возникающие при взаимодействии потока с шероховатой поверхностью, определяют поле ветра в пограничном слое. При отсутствии сильных термических воздействий толщина слоя, где сказывается сила трения, определяется шероховатостью поверхности. Профиль ветра в приземном слое воздуха достаточно точно может быть описан с помощью логарифмического уравнения [4]:

$$u_z = \frac{u^*}{\varkappa} \ln\left(\frac{z - z_d}{z_0}\right), \quad (1)$$

где u_z – средняя скорость ветра, м/с, на высоте z, м; u^*– скорость трения, м/с; z_0 – параметр шероховатости, м; z_d – высота смещения нулевой плоскости,м; $\varkappa$ - константа Кармана (обычно принимают равной 0,4).

Направление движения воздушных масс в результате динамической (вынужденной) конвекции зависит от направления фонового (регионального) ветра. Скорость ветра зависит от условий подстилающей поверхности. Городское строительство меняет параметр шероховатости подстилающей поверхности, что приводит к изменению скорости и вертикального профиля ветра в зависимости от конфигурации и пространственной ориентации различных препятствий в виде зданий и сооружений по отношению к основному направлению ветра.

Параметр шероховатости z_0 – характеристика неровностей подстилающей поверхности, влияющих на движение воздуха в приземном слое атмосферы, имеет размерность длины, иначе называется уровнем шероховатости. На уровне шероховатости средняя скорость ветра обращается в нуль; ниже этого уровня имеют место только турбулентные пульсации. Высота смещения нулевой скорости z_d характеризует вертикальное смещение профиля скорости ветра из-за наличия на поверхности элементов шероховатости (рис. 1). Параметр шероховатости и высота смещения нулевой плоскости в вертикальном профиле скорости ветра над городом выше, чем в пригородных районах и на открытых участках с преобладанием луговой или сельскохозяйственной растительности.

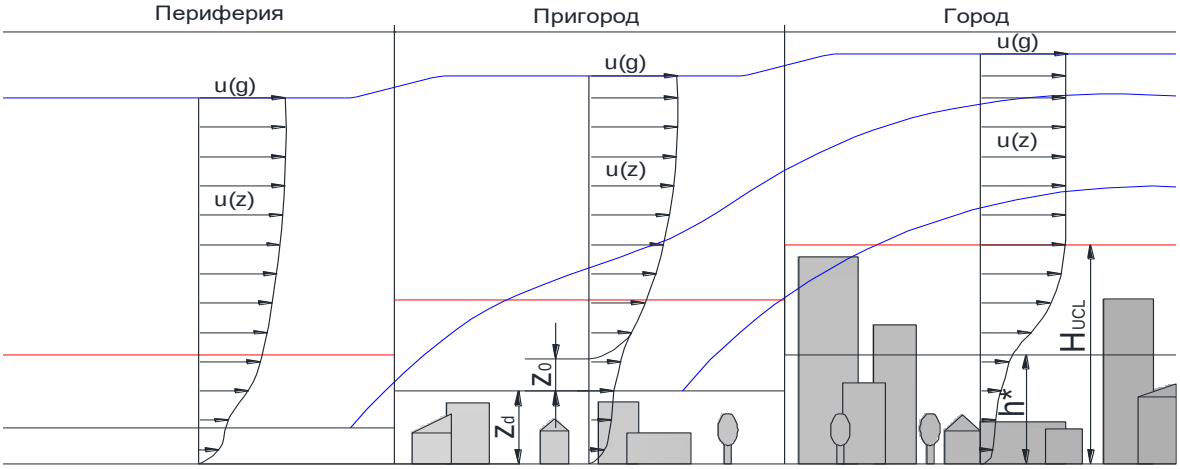

Рис. 1 – Схематичное представление вертикального профиля скорости ветра над группой элементов шероховатости подстилающей поверхности над городом, его периферией и в пригороде:
u(g)–геострофический ветер; *u(z)* – вертикальный профиль ветра в слое шероховатости; H_{UCL} – высота городского пограничного слоя атмосферы; *h**– средневзвешенная высота препятствий

Для участка городской застройки параметры z_0 и z_d могут быть определены с использованием справочной литературы и имеющихся таблиц, с помощью морфометрических и анемометрических методов. Анемометрические методы используют результаты измерений скорости ветра непосредственно в исследуемом участке застройки, причем для определения z_d требуется измерить скорость ветра на двух или более высотах. С помощью морфометрических методов возможно определение z_0 и z_d на основе вычисления поверхностной морфометрии элементов шероховатости по заданному направлению ветра. Параметры, необходимые для расчетов представлены на рис. 2.

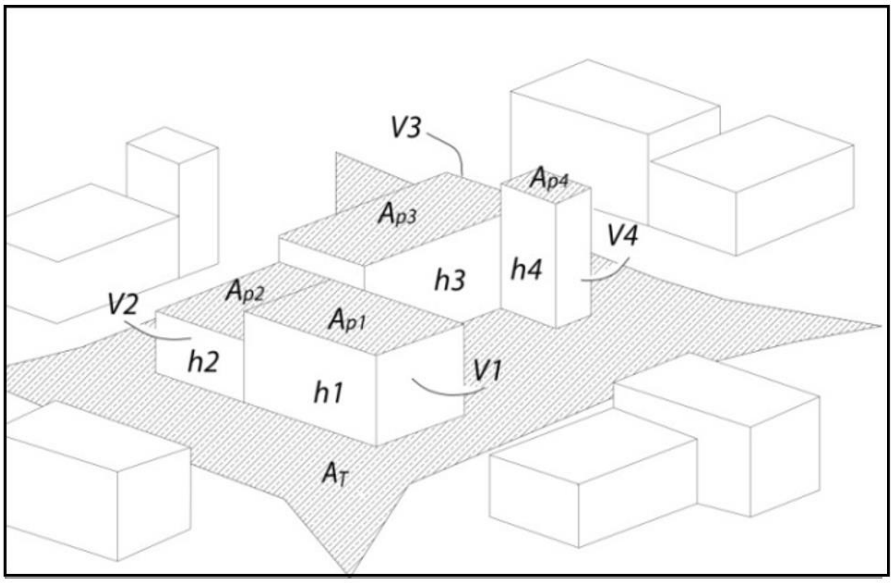

Рис. 2 – Параметры, необходимые для решения уравнения шероховатости для группы зданий; A_{P1} … A_{P4} – общая площадь препятствий; h_1… h_4 – высота препятствий; V_1… V_4 – объём препятствий; A_T – площадь полигона Тиссена

Метод, применяемый авторами для расчёта параметров шероховатости поверхности города z_0, основан на базовом уравнении M. Bottema [5…7], разработанном для параметризации шероховатости застройки с регулярной планировкой:

$$z_0 = (h^* - z_d)exp(-\frac{\varkappa}{\sqrt{0{,}5C_{Dh}\lambda_F}}), \quad (2)$$

где h^* – средневзвешенная высота препятствий, м; z_d – высота смещения нулевой плоскости, м; $\varkappa$ – постоянная Кармана (0,4); C_{Dh} – осредненный по объёму безразмерный коэффициент сопротивления застройки, пропорциональный аналогичному коэффициенту сопротивления препятствий типа параллелепипеда, равен 0,8; λ_F – доля площади фронтально-ориентированных поверхностей, определяемая по формуле:

$$\lambda_F = \frac{A_F}{A_T}, \quad (3)$$

где A_F – площадь фронтально ориентированных поверхностей к основному направлению ветра, м^2; A_T – площадь полигона Тиссена, образованного относительно центроида здания или группы зданий, м^2 (см. обозначения к рис. 2).

Средневзвешенная высота h^*, м, определяется по формуле:

$$h^* = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i h_i}{\sum_{i=1}^{n} V_i}, \quad (4)$$

где V_i – объем *i*-го здания, м^3; h_i – высота *i*-го здания, м, (см. обозначения к рис. 2).

Высота смещения нулевой плоскости z_d, м, рассчитывается по формуле:

$$z_d = h^*(\lambda_p)^{0,6}, \quad (5)$$

где h^* – то же, что и в формуле (2); λ_P – доля площади зданий в исследуемом участке, определяется по формуле:

$$\lambda_P = \frac{A_P}{A_T}, \quad (6)$$

где A_P – общая площадь зданий в полигоне, м , (см. обозначения к рис. 2); A_T – то же, что в формуле (3).

Уравнение (2) путем аппроксимации было упрощено [8] и представлено в следующем виде:

$$z_0 = (h^* - z_d) exp\left(-\sqrt{\frac{0{,}4}{\lambda_F}}\right), \quad (7)$$

где h^*, z_d, λ_F – то же, что в формуле (2).

Пористость P_{h-var} представляет собой косвенное выражение проницаемости приземного слоя воздуха для регионального ветра и может быть выражено соотношением объема открытых воздушных масс в слое шероховатости городской атмосферы [9]:

$$P_{h-var} = \frac{A_T H_{UCL} - V}{A_T H_{UCL}}, \quad (8)$$

где A_T, V – см. обозначения к рис.2.; H_{UCL} – высота городского пограничного слоя атмосферы, принимается равным высоте наиболее высокого здания в исследуемом участке застройки, м.

Вычисление параметров шероховатости и оценка аэрационного потенциала выполнено авторами на примере города Воронежа. Территорию города с севера на юг разделяет Воронежское водохранилище. Правобережная часть города представляет собой высокое холмистое плато с абсолютными отметками от 100 до 160 м и крутым коренным склоном около 35 м, обрывающимся к водохранилищу. Левобережная часть имеет более спокойный рельеф и возвышается над урезом водохранилища на 10…20 м [10, 11].

Расчет проводился в среде ArcGIS инструментами пространственного анализа. В качестве операционно-территориальной единицы использовалась нерегулярная сетка, основанная на полигонах Тиссена, образованных относительно центроидов зданий (рис. 3), в которых были рассчитаны параметры z_d, z_0, P_{h-var}. Значения параметров шероховатости зависит от направления ветра. Для оценки фактора динамической конвекции используется основное направление ветра для города Воронеж (западное).

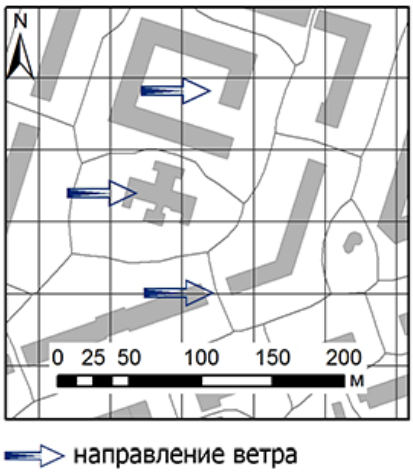

Рис. 3 – Нерегулярная сетка полигонов Тиссена с указанием расчетного направления ветра

Для выявления всех фронтально-ориентированных вертикальных поверхностей зданий и сооружений авторами был создан вспомогательный слой (см. рис. 4), представляющий собой параллельные линии, ориентированные согласно основному направлению ветра.

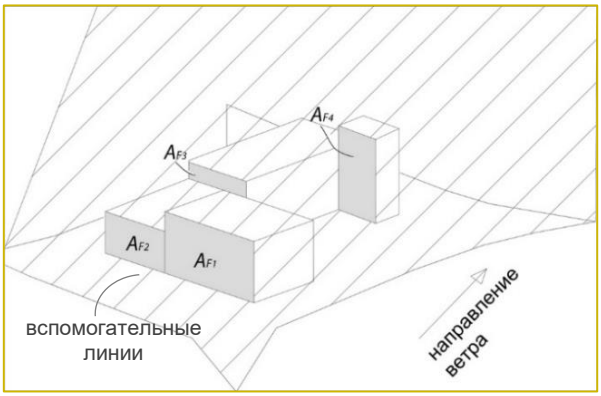

Рис. 4 – Схема расположения вспомогательных линий для определения площади фронтально-ориентированных вертикальных поверхностей зданий (A_{F1} - A_{F4}) по отношению к расчётному направлению ветра

На рис. 5, а и 5, б представлены карты характеристик шероховатости.

а) б)

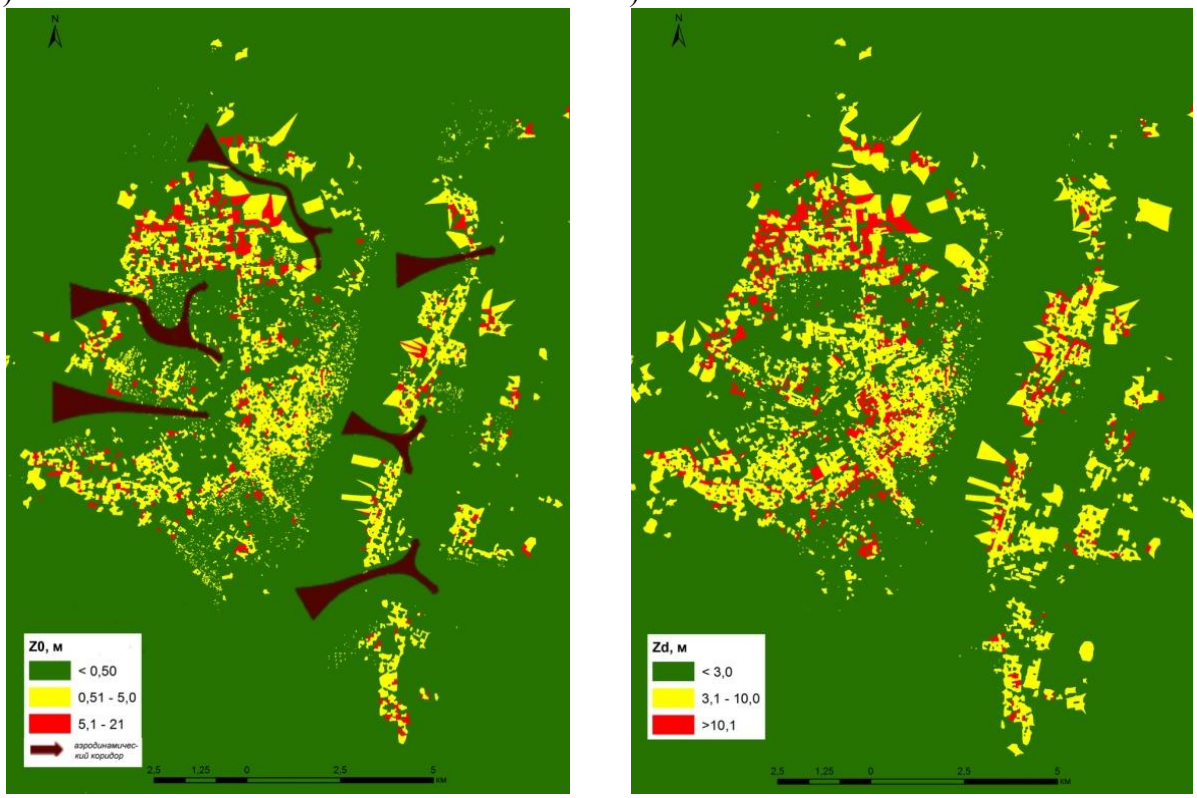

Рис. 5 – Картографические слои г. Воронежа с результатами расчетов:
а) – карта распределения уровня шероховатости и предполагаемых аэродинамических коридоров;
б) – карта распределения высоты смещения нулевой скорости

Полученные карты характеристик шероховатости (рис. 5, а и 5, б) послужили основой для выявления в городском пространстве аэродинамических коридоров, которые согласно классификации [12, 13] должны отвечать следующим требованиям одновременно:

1) значение параметра z_0 менее 0,5 м;

2) величина параметра z_d менее 3 м;

3) длина аэродинамического коридора более 1 км;

4) аэродинамический коридор имеет достаточную ширину, равную 2…4 высотам объектов, ориентированных перпендикулярно основному направлению ветра, минимум 50 м;

5) линии застройки и других неровностей вдоль аэродинамического коридора должны быть относительно гладкими;

6) ширина препятствия на пути не должна превышать 10 % ширины аэродинамического коридора;

7) препятствия, встречаемые на пути, должны быть ориентированы таким образом, чтобы их наибольшая высота была параллельной оси аэродинамического коридора;

8) встречаемые одиночные препятствия на пути имеют отношение высоты к горизонтальному расстоянию между двумя рядом расположенными препятствиями равным 0,1 для зданий и 0,2 для деревьев.

Дальнейшая комплексная оценка аэрационного потенциала территории города Воронежа по результатам вычисленных параметров шероховатости и пористости (см. рис. 6, *а*) проводилась в регулярной сетке с размером ячейки 50 м × 50 м. Выбранный размер сетки установлен исходя из вышеперечисленного перечня требований для аэродинамических коридоров (см. п. 4).

Снижение скорости ветра наблюдается в плотной многоэтажной застройке Северного микрорайона, а также в центральной исторической части города. Высокий аэрационный потенциал сохраняется в районе улиц 9 Января и Южно-Моравская, бульвар Победы в правобережной части города и по улицам Остужева, Брусилова и Г. Стратосферы на левом берегу. На рис. 6, б представлено распределение на исследуемой территории областей высокого, среднего и низкого аэрационного потенциала.

а) б)

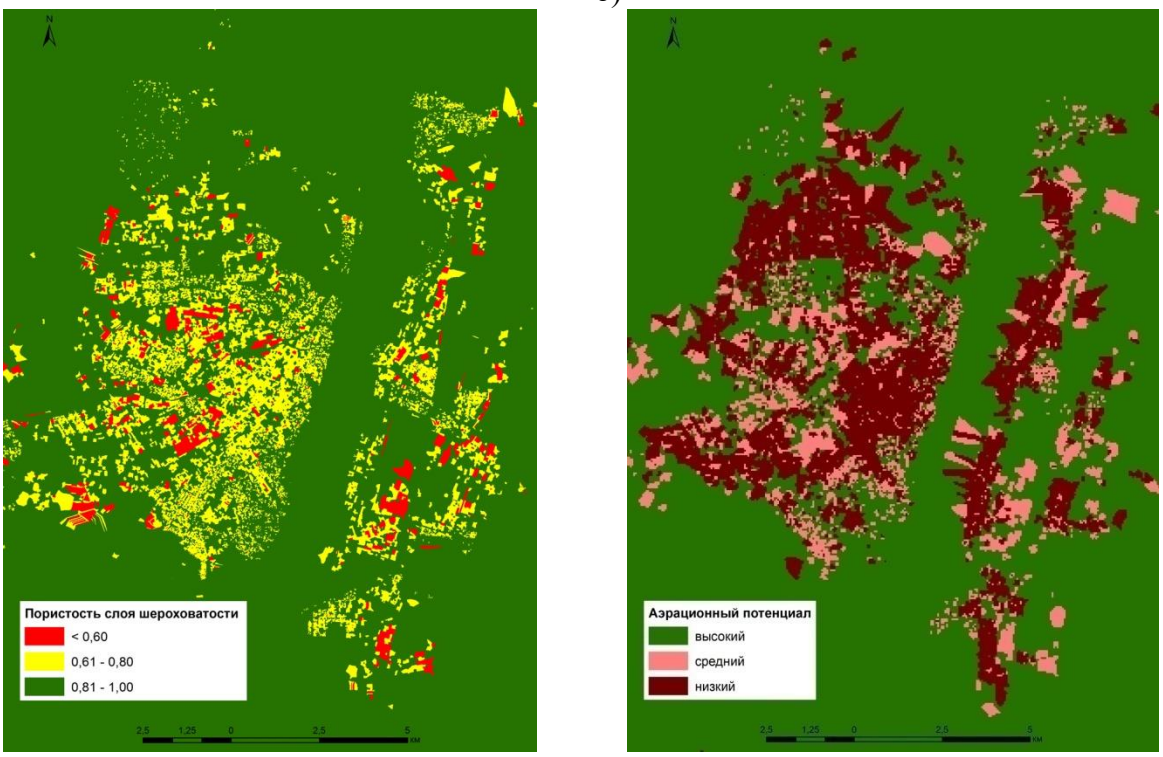

Рис. 6 – Картографические слои г. Воронежа с результатами расчетов:
а) – карта распределения пористости слоя шероховатости;
б) – карта распределения аэрационного потенциала

Заключение.

Рассчитаны наиболее важные параметры шероховатости для исследуемой территории г. Воронежа на основе метода морфометрического вычисления фронтально ориентирован-

ных поверхностей городской застройки. Исследования производились с помощью инструментов геоинформационного анализа в нерегулярной сетке, основанной на полигонах Тиссена, образованных вокруг центроидов зданий.

В результате исследования пространственного распределения рассчитанных параметров авторами были выявлены потенциальные аэродинамические коридоры на территории города Воронежа, играющие важную роль в аэрации городских пространств и уменьшении загрязнения воздуха в центральной плотно застроенной части города.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке правил землепользования и застройки, а также других градостроительных регламентов, направленных на создание устойчивой и комфортной городской среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Kremser, V. F. K.** Die Veränderlichkeitder Lufttemperaturin Norddeutschland. – Berlin: Asher, 1888. – 32 p.

2. **Город, архитектура, человек и климат**/ М. С. Мягков, Ю. Д. Губернский, Л. И. Конова и др. // под ред. М. С. Мягкова. – М.: «Архитектура-С», 2007. – 344 с.

3. **Мягков, М. С.** Особенности ветрового режима типовых форм городской застройки [Электронный ресурс] / М. С. Мягков, Л. И. Алексеева // Международный электронный научно-образовательный журнал «Architecture and Modern Information Technologies» («Архитектура и современные информационные технологии»). – 2014. – № 1(26). URL: http://www.marhi.ru/AMIT/2013/4kvart13/petushkova/petushkova.pdf

4. **Oke, T. R.** Boundary layer climates / T. R. Oke, G. Mills, A. Christen, J. A. Voogt. – London and New York: Routledge, 2017. – 405 p.

5. **Bottema, M.** Urban roughness mapping—validation techniques and some first results / M. Bottema, P. G. Mestayer // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 1998. № 74. – Pp. 163-173.

6. **Bottema, M.** Urban roughness modelling in relation to pollutant dispersion / M. Bottema // Atmospheric Environment. – 1997. – № 31. – Pp. 59-75.

7. **Bottema, M.** Aerodynamic roughness parameters for homogeneousbuilding groups – part 2: results. Document SUB-MESO 23, EcoleCentrale De Nantes, France, 1995. – 80 p.

8. **Burian, S. J.** Morphological analysis using 3Dbuilding databases, Los Angeles / S. J. Burian, M. J. Brown, S. P. Linger // Los AlamosNational Laboratory. – 2002. – 64 p.

9. **Gal, T.** Detection of ventilation paths using high-resolution roughness parameter mapping in a large urban area / T. Gal, J. Unger // Building and Environment. – 2009. – Vol. 44. – Pp. 198-206.

10. **Попова, И. В.** Экологическая оценка комфортности микроклимата урбанизированной среды в условиях ветроохлаждения (на примере города Воронежа) / И. В. Попова, С. А. Куролап // Проблемы региональной экологии. – 2017. – № 5. – С. 128-133.

11. **Сазонов, Э. В.** Архитектурно-климатический анализ городской среды (на примере г. Воронежа) / Э. В. Сазонов, И. В. Попова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 4(3). – С. 61-69.

12. **Mayer, H.** Bestimmung von stadtklimarelevanten Luftleitbahnen / H. Mayer, W. Beckröge, A. Matzarakis // UVP report. – 1994. – vol. 5. – Pp. 265-268.

13. **Matzarakis, A.** Mapping of urban air paths for planning inMunchen / A. Matzarais, H. Mayer // Wissenschaftlichte Berichte Institut for Meteorologie und Klimaforschung, Univ. Karlsruhe. – 1992. – № 16. – Pp. 22.

Поступила в редакцию 20 января 2018

CALCULATION OF ROUGHNESS PARAMETERS AND EVALUATING THE AERATION CAPACITY OF URBAN AREAS

I. V. Popova, E. V. Luibimova, S. A. Kurolap

Popova Irina Vladimirovna, senior lecturer of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-52-49; e-mail: iradobr@yandex.ru
Luibimova Ekaterina Viktorovna, a GIS specialist, Managing company «AGRO-invest», Voronezh, Russian Federation, phone: +7(920)401-54-42; e-mail: baranka-06@mail.ru
Kurolap Semen Alexandrovich, doctor of geographical Sciences, Professor, head of the Department Geoecology and environmental monitoring, Voronezh State University, phone: +7(473)266-56-54; e-mail: skurolap@mail.ru

Urban development substantially changes the direction and force of the air flow. In this paper, on the example of large cities of Voronezh method is presented for morphometric calculations of the roughness parameters of urban development, based on the solution of the equation roughness by evaluating the square front surfaces oriented to the main wind direction in an irregular grid of Thiessen polygons formed relative to the centroids of buildings. Given the necessary variables to solve equation roughness. Based on the results of the calculation of the roughness $z_0$and the existing classifications of the possible aerodynamic corridors of urban areas, play a significant role in aeration of urban areas and reducing air pollution in the Central areas of the city. Also calculated bias level zero plane $z_d$and porosity of the urban fabric P_{h-var}, which are indirect indicators of the aeration potential of the city. A comprehensive assessment of the aeration capacity was performed using methods of spatial analysis in ArcGIS on three main roughness parameters: z_0, z_d,P_{h-var}. Based on these results, we can highlight areas that require development of planning recommendations on preservation and provide adequate aeration.

Keywords: urban development; the wind; the layer roughness; roughness parameters; aeration capacity; ventilation path; GIS analysis.

REFERENCES

1. **Kremser V. F. K.** *Die Veränderlichkeit der Lufttemperatur in Norddeutschland*. Berlin: Asher. 1888. 32 p.

2. ***City, architecture and climate*** / M. S. Myagkov, J.D. Gubernsky, L.I. Konova and oth. // under the editorship of M. S. Myagkov. Moscow, Architetura-S. 2007. 344 p. (in Russian)

3. **Myagkov M. S., Alekseeva L. I.** *Wind pattern Features in typical city for build*ings. International electronic scientific-educational journal «Architecture and Modern Information Technologies» («Architecture and modern information technologies»). 2014. No. 1(26). URL: http://www.marhi.ru/AMIT/2013/4kvart13/petushkova/petushkova.pdf (in Russian)

4. **Oke T. R.** *Boundary layer climates* / T. R. Oke, G. Mills, A. Christen, J. A. Voogt. London and New York: Routledge. 2017. 405 p.

5. **Bottema M., Mestayer P. G.** *Urban roughness mapping-validation techniques and some first results*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 1998. No. 74. Pp. 163-173.

6. **Bottema M.** *Urban roughness modelling in relation to pollutant dispersion*. Atmospheric Environment. 1997. No. 31. Pp. 59-75.

7. **Bottema M.** *Aerodynamic roughness parameters for homogeneous building groups*-part 2: results. Document SUB-MESO 23, Ecole Centrale De Nantes, France. 1995. 80 p.

8. **Burian S. J., Brown M. J., Linger S. P.** *Morphological analysis using 3Dbuilding databases.* Los Angeles Los Alamos National Laboratory. 2002. 64 p.

9. **Gal T., Unger J.** *Detection of ventilation paths using high-resolution roughness parameter mapping in a large urban area*. Building and Environment. 2009. Vol. 44. Pp. 198-206.

10. **Popova I. V., Kurolap S. A.** *Environmental assessment of comfort of the microclimate of the urban environment in terms of wind cooling (for example, the city of Voronezh)*. Problems of regional ecology. 2017. No. 5. Pp. 128-133. (in Russian)

11. **Sazonov V. E., Popova I. V.** *Architectural climatic analysis of the urban environment (on the example of Voronezh city).* Housing and communal infrastructure. 2017. No. 4(3). Pp. 61-69. (in Russian)

12. **Mayer H., Beckröge W., Matzarakis A.** *Bestimmung von stadtklimarelevanten Luftleitbahnen*. UVP report. 1994. Vol. 5. Pp. 265-268.

13. **Matzarakis A., Mayer H.** *Mapping of urban air paths for planning in Munchen.* Wissenschaftlichte Berichte Institut for Meteorologie und Klimaforschung, Univ. Karlsruhe 1992. No. 16. Pp. 22.

Received 20 January 2018

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Попова, И. В. Вычисление параметров шероховатости и оценка аэрационного потенциала городских территорий / И. В. Попова, Е. В. Любимова, С. А. Куролап // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 79-87.

FOR CITATION:

Popova I. V., Luibimova E. V., Kurolap S. A. *Calculation of roughness parameters and evaluating the aeration capacity of urban areas*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 79-87. (in Russian)

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

УДК 621.878.2: 621.396

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МАШИНАМИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

А. А. Кононов, А. Д. Кононов

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

Повышение результативности функционирования дорожно-строительного комплекса связано с решением проблем эффективности и точности автоматического управления группой работающих технологических машин. В целях улучшения систем дистанционного управления движущимися дорожными и строительными машинами на основе анализа и сравнения применяемых в настоящее время устройств определения положения мобильного объекта и его рабочего оборудования средствами ультразвукового и лазерного копирования предлагается использовать оптическую систему, обеспечивающую высокую точность отслеживания границы раздела с помощью анализа перепада контраста обработанной и необработанной поверхностей. Рассматриваются возможности построения оптического устройства и предлагаются конкретные варианты его реализации с помощью «объектива» и цилиндрической линзы. Анализируется возможность появления «перспективных искажений» и предлагаются методы их компенсации. Приведены результаты оптической фильтрации таких «искажений» и рекомендации по перспективной совместной работе оптической системы отслеживания предыдущих траекторий с устройствами оперативной оценки физико-механических свойств грунта. Акцентируется внимание на «сглаживающих» свойствах предлагаемого устройства по отношению к флуктуациям предыдущей рабочей траектории.

Ключевые слова: дорожно-строительный комплекс; технологические машины; пространственная фильтрация; граница раздела.

Существенное увеличение объемов строительства автомобильных дорог требует значительного повышения производительности работ всего дорожно-строительного комплекса при снижении экономических затрат и выполнении требований к качеству дорожного полотна. Решение этой многоцелевой задачи может быть связано с улучшением конструктивных параметров и характеристик строительных и дорожных машин, повышением качества материалов дорожного покрытия, а главное – с совершенствованием управления технологическими машинами.

Важным направлением повышения эффективности использования технологических машин дорожно-строительного комплекса (часто функционирующих в сложных производственных условиях) и безопасности жизнедеятельности операторов является развитие

© А. А. Кононов, А. Д. Кононов, 2018

систем дистанционного управления [1]. При строительстве автомобильных дорог, аэродромов и временных взлетных полос достаточно часто требуется обеспечить режим автоматического управления [2, 3] строительными и дорожными машинами (СДМ), выполняющими работы, при которых необходимо ориентироваться вдоль траекторий предыдущих проходов. В общем случае, система отслеживания предыдущих траекторий должна при отклонении объекта от заданной траектории вырабатывать сигналы для автоматической коррекции направления движения [4, 5].

Применяемые в настоящее время системы используют, как правило, средства ультразвукового или лазерного копирования линии движения, позволяющие определять положение рабочего органа машины и формировать поверхность в соответствии с заранее заданной цифровой моделью проекта, то есть являются современной интерпретацией достаточно несовершенных систем, работающих с «лыжой», копирной струной и так далее [6].

В данной работе предлагается использовать автономную фоторегистрирующую систему, обеспечивающую высокую точность отслеживания границы раздела обрабатываемой рабочей поверхности.

Рассмотрим возможность построения оптического устройства для систем автоматического управления движением технологических машин дорожно-строительного комплекса, когда необходимо выделить линии, проходящие в горизонтальной плоскости в направлении оси *OX*, расположенные на плоскости P_0, перпендикулярной оси оптической системы (ОС) и находящейся на расстоянии *L* (рис. 1).

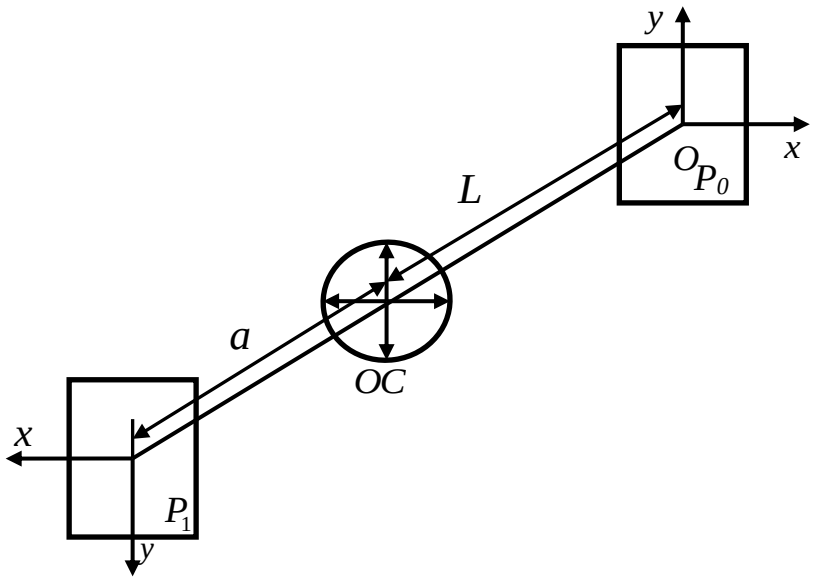

Рис. 1 – Схема позиционирования оптической системы

Для решения поставленной задачи с помощью оптической системы типа «объектив» необходимо создать в плоскости фоторегистрирующего устройства P_1 резкое изображение плоскости P_0, то есть выполнить условие

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{L}=\frac{1}{f}, \tag{1}$$

где *a* – расстояние от ОС до P_1, м; *f* – фокусное расстояние линзы, м.

Для того чтобы контраст линий заданного направления оставался неизменным, импульсный отклик h_y ОС в направлении оси *OY* должен иметь вид δ – функции, тогда

$$a_{1Y}(x,y)=\int a_0(x_0,y_0)h_y dy_0=\int a_0(x_0,y_0)\delta(y-y_0)dy_0=a_0(x_0,y). \tag{2}$$

Следует отметить, что для реализации автоматического отслеживания предыдущих траекторий необходимо выделить только линии по оси *OX*, то есть анализировать только

перепад контраста по оси *OУ*. Если импульсный отклик системы в направлении *OX* постоянен $h_x = C_0$, то

$$a_{1X}(x,y) = \int a_0(x_0, y_0) h_x dx_0 = C_0 \int a_0(x_0, y_0) dx_0 = const \quad (3)$$

и контраст линии и фона в направлении оси *OX* равен нулю.

Импульсным откликом указанного вида обладает, например, комбинация объектива с цилиндрической линзой. Цилиндрическая линза в направлении образующих цилиндра не изменяет свойства объектива, имеющего импульсный отклик типа δ – функции по двум координатам. В направлении, перпендикулярном образующим, цилиндрическая линза обладает оптической силой *D*, поэтому в этом направлении не будет соблюдаться условие фокусировки (1), так как фокусное расстояние f' системы будет равно

$$f' = \frac{1}{D + D_1}, \quad (4)$$

где $D_1 = \frac{1}{f}$ – оптическая сила объектива.

В связи с этим для решения поставленной задачи целесообразно применять оптическую систему, состоящую из «объектива» и цилиндрической линзы, установленную так, что образующие цилиндра параллельны оси *OУ*.

Учитывая, что оптическая система производит усреднение контраста (резкости) на интервале Δ, сложный характер зависимости *h(x)* от величины оптической силы цилиндрической линзы заменим эквивалентным прямоугольником шириной Δ в плоскости P_0 (рис. 2). При этом следует иметь в виду, что величина Δ может быть выбрана любой, вплоть до бесконечности.

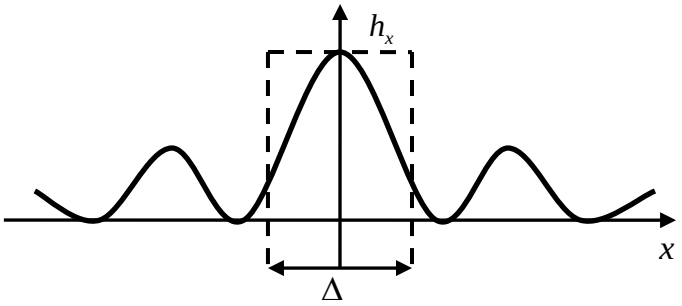

Рис. 2 – Импульсный отклик ОС «объектив + цилиндрическая линза»

В реальном рабочем процессе на плоскости P_0 может быть «задана» линия шириной $\Delta_0 << \Delta$ с контрастом границы раздела

$$k = \left| \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2} \right|, \quad (5)$$

где k_1 и k_2 – оптические контрасты относительно воздуха необработанной и обработанной поверхности соответственно.

Рассмотрим возможные варианты. В случае параллельности линии оси *OX*, ее контраст меняться не будет. В случае перпендикулярности линии оси *OX*, контраст изображения определяется следующим образом

$$k = \left| \frac{\frac{k_1\Delta_0 + k_2\Delta}{\Delta} - k_2}{k_1 + k_2} \right| = \left| \frac{k_1 \cdot \frac{\Delta_0}{\Delta}}{k_1 + k_2} \right| \approx 0, \quad (6)$$

то есть граница раздела не определяется.

В случае, если у линии имеется наклон к оси OY под произвольным углом Θ, то результирующий контраст изображения может быть описан как

$$k_\Theta = \frac{k_1}{k_1 + k_2} \cdot \frac{\Delta_0}{\Delta \cdot \cos\Theta} \quad (\Theta \neq 90^\circ). \quad (7)$$

Формула (7) не может применяться при углах около 90^0, так как в ней отсутствует учет конечности h_y импульсного отклика. Однако в реальном технологическом процессе механизированной обработки поверхности такая ситуация не возникает.

Если углы отклонения от оси OX малы, то контраст линии выглядит как

$$k_y \cong k\left(1 - y\frac{\Delta x}{\Delta y}\right), \quad (8)$$

где $\frac{\Delta x}{\Delta y}$ – характеризует чувствительность оптической системы к повороту линии относительно заданного направления; Δx, Δy – характеризуют интервалы усреднения вдоль двух направлений.

В случае, если линия на местности не строго прямолинейна, изображение будет иметь различный вид в зависимости от соотношения между средним периодом колебаний направления линий D и интервала усреднения Δ (рис.3).

Например, когда $D < \Delta$ изображение будет представлять собой размытую прямую линию со средним контрастом

$$k = k_0 \cdot \frac{\Delta_0}{d}, \quad (9)$$

где d – средняя амплитуда отклонений линии от направления; k_0 – контраст в резкости.

В варианте $D > \Delta$ изображение будет состоять из участков резкого изображения с контрастом k_0 в тех местах, где направление участка линии совпадает с «генеральным», и участков с контрастом, вычисляемым по формуле (7) в тех ситуациях, когда линии отклоняются от требуемого направления.

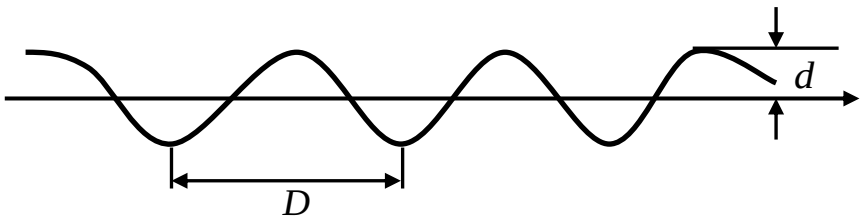

Рис. 3 – Возможная траектория маркерной линии на местности

Необходимо учитывать, что для движущихся строительно-дорожных машин плоскость, на которой заданы ориентиры, вполне вероятно будет находиться под наклоном к оптической оси ОС на какой то угол η, например, как показано на рис. 4, а. Это приводит к возникновению «перспективных искажений», которые заключаются в том, что сетка параллельных линий на местности будет представляться в виде веерообразного семейства линий (рис. 4, б). Однако применение специальных конических линз (оксиконов) позволяет

(без изменения принципа работы и основных свойств системы) компенсировать такие искажения. На рис. 5 приведены, в качестве примера, результаты оптической фильтрации траекторий предыдущих проходов строительной машины (слева оригинал траекторий, справа их изображение).

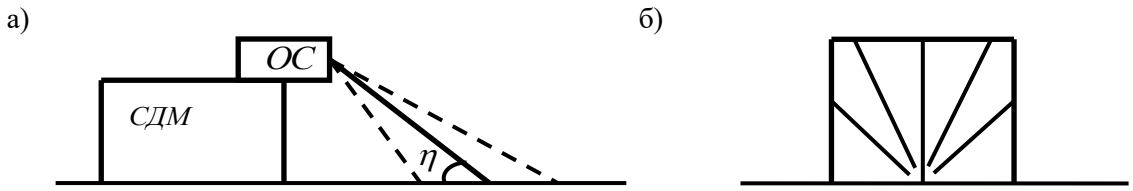

Рис. 4 – Возникновение «перспективных искажений»:
а – наклон оптической оси системы к плоскости ориентиров; б – изображение линий

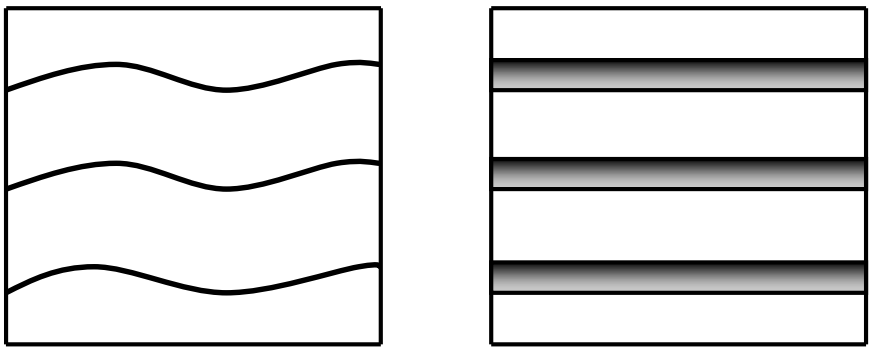

Рис. 5 – Оптическая фильтрация траекторий

Кроме того, следует иметь в виду, что для рациональной установки и использования системы на конкретной строительной и дорожной машине необходимо учитывать особенности рабочего процесса, и, соответственно, свойства обрабатываемой поверхности. В оптимальном варианте система определения траекторий движения машин может использоваться совместно с устройствами оперативной оценки свойств [7…9] обрабатываемой поверхности.

Заключение.

Для технологических машин дорожно-строительного комплекса система автоматического управления движением с ориентацией по предыдущим проходам должна содержать систему оптической фильтрации, настроенную на требуемый интервал усреднения и чувствительность к повороту.

Для эффективной работы без усложнения аппаратуры необходим точный вывод машины в начальную точку, так как иначе все повторные проходы будут неточными относительно заданных параметров производства работ.

Предложенная система характеризуется «сглаживающими» свойствами к флуктуациям предыдущей трассы и в результате определяет направление без накопления ошибок.

Приведенные результаты могут быть полезны для повышения эффективности и точности обеспечения дистанционного управления технологическими машинами 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 государ-

ственного университета, серия Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж. – 2015. – № 1. – С. 9-13.

2. **Авдеев, Ю. В**. Устройство цифровой обработки выходных сигналов координатомерной 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.

3. **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.

4. **Кононов, А. Д.** Алгоритм формирования сигналов управления в системах следящего дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / А. Д. Кононов, Ю. В. Авдеев, А. А. Кононов // Известия вузов. Строительство. – 2010. – № 1. – С. 81-86.

5. **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». – Воронеж. – 2015. – Т. 1. – С. 99-102.

6. **Пластун, А. В.** Анализ тенденций совершенствования автогрейдеров с целью повышения производительности на отделочных работах / А. В. Пластун // Альманах современной науки и образования Тамбов: Грамота. – 2009. – № 12(31): в 2-х ч. Ч. I. – С. 83-85.

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. **Mouazen, A. M.** Two-dimensional prediction of spatial variation in topsoil compaction of a sandy loam field-based on measured horizontal force of compaction sensor, cutting depth and moisture content // A. M. Mouazen, K. Dumont, K. Maertens, H. Ramon // Soil & Tillage Research. – 2003. – Т. 74. – № 1. – Pp. 91-102.

Поступила в редакцию 9 января 2018

APPLICATION OF METHODS OF SPATIAL OPTICAL FILTRATION SYSTEMS IN THE SYSTEMS OF REMOTE CONTROL OF TECHNOLOGICAL MACHINES OF ROAD-BUILDING COMPLEX

A. A. Kononov, A. D. Kononov

Kononov Andrey Alexandrovich, Dr. Techn. Sciences, Professor of the Department of Informatics and graphics, 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 Informatics and graphics, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473) 271-52-70; e-mail: kniga126@mail.ru

Improving the performance of road-building complex is connected with the solution of problems of increase of efficiency and accuracy provide automatic control of the working group of technological machines. To improve remote control systems moving and road construction

machines on the basis of the analysis and comparison of the currently used devices determine the position of the mobile object and its operating equipment by means of ultrasonic and laser copying, it is proposed to use an optical system that provides high precision tracking of the boundary by analyzing the differential contrast of treated and untreated surfaces. Examines the possibility of building optical devices, and suggests specific variants of its implementation with the objective and cylindrical lenses. Examines the possibility of «perspective distortion» and suggests methods of their compensation. The results of optical filter such «distortion» and recommendations for the future joint work of the optical system of tracking trajectories with previous devices for rapid assessment of physico-mechanical properties of soil. Focuses on the «smoothing» properties of the proposed device in relation to the fluctuations of the previous working path.

Keywords: road-building complex; technological machines; spatial filtering; the boundary separating.

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. **Avdeev Yu. V., Kononov D. A., Kononov A. A., Vardanyan N. A.** *Digital processing of output signals coordinatearray system for remote control earth-moving machines*. News of Higher Educational Institutions. Construction. 2011. No. 10(648). Pp. 74-79. (in Russian)

3. **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)

4. **Kononov A. D., Avdeev Yu. V., Kononov A. A.** *The algorithm of formation of control signals in servo remote-control earth-moving machines*. News of Higher Educational Institutions. Construction. 2010. No. 1. Pp. 81-86. (in Russian)

5. **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.* Materials of XV International scientific conference «Informatics: problems, methodology, technologies». Voronezh. 2015. Vol. 1. Pp. 99-102. (in Russian)

6. **Plastun A. V.** *Analysis of trends in the improvement of graders with the aim of improving performance on finishing works.* Almanac of modern science and education. Tambov, Gramota. 2009. No. 12(31): in 2 hours p. I. Pp. 83-85. (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. **Mouazen A. M., Dumont K., Maertens K., Ramon H.** *Two-dimensional prediction of spatial variation in topsoil compaction of a sandy loam field-based on measured horizontal force of compaction sensor, cutting depth and moisture content*. Soil & Tillage Research. 2003. T. 74. No. 1. Pp. 91-102.

Received 9 January 2018

© Публикуется в авторской редакции

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

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.

FOR CITATION:

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)

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

УДК 697.433.4

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТРУБ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПОКВАРТИРНОЙ РАЗВОДКЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

М. Н. Жерлыкина, М. С. Кононова

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
Кононова Марина Сергеевна, 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: kniga18@mail.ru

Рассмотрены шесть вариантов выполнения поквартирной разводки системы отопления жилого многоквартирного дома из разных материалов труб: стальные с хромированным покрытием, полипропиленовые, металлопластиковые, трубы из сшитого полиэтилена (PEX), гофрированные трубы из нержавеющей стали, медные. Приведены некоторые технические характеристики сравниваемых вариантов: нормативный срок службы, допустимые значения температур и давлений, а также некоторые особенности, существенные для проведения монтажных работ и дальнейшей эксплуатации системы отопления. Сравнение материалов труб проводилось на основе поквартирной разводки системы отопления одного этажа. Посчитана стоимость материалов труб и монтажных работ для каждого варианта с учетом особенностей их соединения. При проведении расчетов не учитывалась стоимость отопительных приборов и отделочных работ, так как они приняты одинаковыми в рассматриваемых вариантах. Так как срок службы сравниваемых материалов труб значительно отличается, то в качестве критерия сравнения были выбраны дисконтированные затраты за 50 лет, при расчете которых учитывалось количество замен в соответствии с нормативным сроком службы каждого варианта трубы. В результате расчетов выявлено, что наименьшие первоначальные и дисконтированные затраты соответствуют полипропиленовым трубам. Установлено, что приблизительно одинаковые дисконтированные затраты у гофрированных труб из нержавеющей стали и сальных хромированных труб, однако срок службы стальных труб в три раза меньше, то есть за расчетный период потребуется два капитальных ремонта. Трубы из сшитого полиэтилена и металлопластика имеют одинаковую стоимость, срок службы и схожие эксплуатационные характеристики. При выборе между этими материалами нужно учитывать режим работы системы отопления. Следует учитывать, что при применении другого типа разводки системы отопления результаты могут отличаться от приведенных в данной статье. Кроме того, существенно может отличаться стоимость монтажных работ в зависимости от расценок организаций, занимающихся монтажом систем отопления.

Ключевые слова: поквартирная система отопления; материал труб; сравнение вариантов; дисконтированные затраты.

На сегодняшний день для отопительных систем предлагается множество видов труб, которые отличаются друг от друга способами монтажа, материалом, ценой и сроком эксплуатации [1…8]. Выбор правильного материала труб должен быть обоснован не только с позиций наименьших затрат при монтаже системы, но должен учитывать и предполагаемый срок службы. Целью проведенной научно-исследовательской работы было сравнение

© М. Н. Жерлыкина, М. С. Кононова, 2018

различных материалов труб применительно к поквартирной горизонтальной разводке системы отопления. В результате предварительной оценки технических характеристик различных труб были выбраны материалы, подходящие для рассматриваемой задачи. При этом учитывались допустимые значения температур и давлений для использования в системах отопления [9…11].

Для дальнейшего сравнения были выбраны шесть вариантов материалов труб:

- стальные трубы с хромированным покрытием;
- полипропиленовые трубы;
- металлопластиковые трубы;
- трубы из сшитого полиэтилена (PEX);
- гофрированные трубы из нержавеющей стали;
- медные трубы.

Внешний вид труб и их соединительных фасонных частей приведен на рис. 1. Некоторые технические характеристики рассматриваемых материалов труб приведены в табл. 1.

Рис. 1 – Внешний вид сравниваемых вариантов труб: а – стальные с хромированным покрытием; б – полипропиленовые; в – металлопластиковые; г – из сшитого полиэтилена (PEX); д – гофрированные из нержавеющей стали; е – медные

Таблица 1

Некоторые технические характеристики сравниваемых материалов труб

Наименование материала трубы	**Нормативный срок службы, лет**	**Допустимые значения температуры и давления**	**Краткая характеристика**
Стальные трубы с хромированным покрытием	10…15	130 °С 30 бар	Устойчивость к механическим повреждениям; большая масса; неустойчивость к коррозии и различным отложениям; высокая теплопроводность; высокая внутренняя шероховатость
Полипропиленовые трубы	20…25	95 °С 20 бар	Малая плотность; высокая коррозионная стойкость; высокий коэффициент теплового расширения; плохая ремонтопригодность.
Металлопластиковые трубы	50	95 °С 10 бар	Стойкость к заиливанию, зарастанию и к коррозии; высокая пропускная способность; незначительный вес и высокая пластичность; антистатичность (непроводимость блуждающих токов); отличная ремонтопригодность; возможно расслоение материала труб в процессе эксплуатации.
Трубы из сшитого полиэтилена (PEX)	50	95 °С 10 бар	Высокая механическая и химическая прочность; отличная гибкость и пластичность, сохранение гладкой внутренней поверхности в процессе эксплуатации
Гофрированные трубы из нержавеющей стали	50	150 °С 15 бар	Простота монтажа; небольшая масса; хорошая гибкость; необходима периодическая замена уплотнительных прокладок в местах соединения труб; повышенное гидравлическое сопротивление; требуется заземление системы, чтобы предотвратить электрохимическую коррозию металла.
Медные	50	300 °С 40 бар	Непроницаемость для кислорода; незначительный коэффициент температурного линейного расширения; сочетание меди с сантехническими изделиями из алюминия может вызвать электрохимическую коррозию; относительно сложный монтаж.

Расчеты проводились на примере поквартирной горизонтальной разводки одного этажа, схема приведена на рис. 2. Следует отметить, что поквартирная разводка системы отопления в наибольшей степени соответствует современным требованиям по обеспечению эффективного регулирования теплопотребления и способствует экономии энергоресурсов [12…14].

Для каждого варианта были разработаны монтажные схемы с учетом особенностей соединения труб, составлены спецификации и посчитана стоимость по данным фирм-производителей. Кроме того, на основе изучения рынка предложений специализированных организаций, занимающихся монтажом систем отопления, была оценена примерная стоимость монтажных работ для каждого из сравниваемых вариантов. Результаты расчетов приведены табл. 2. Следует отметить, что при проведении расчетов не учитывалась стоимость отопительных приборов и отделочных работ, так как они приняты одинаковыми в рассматриваемых вариантах.

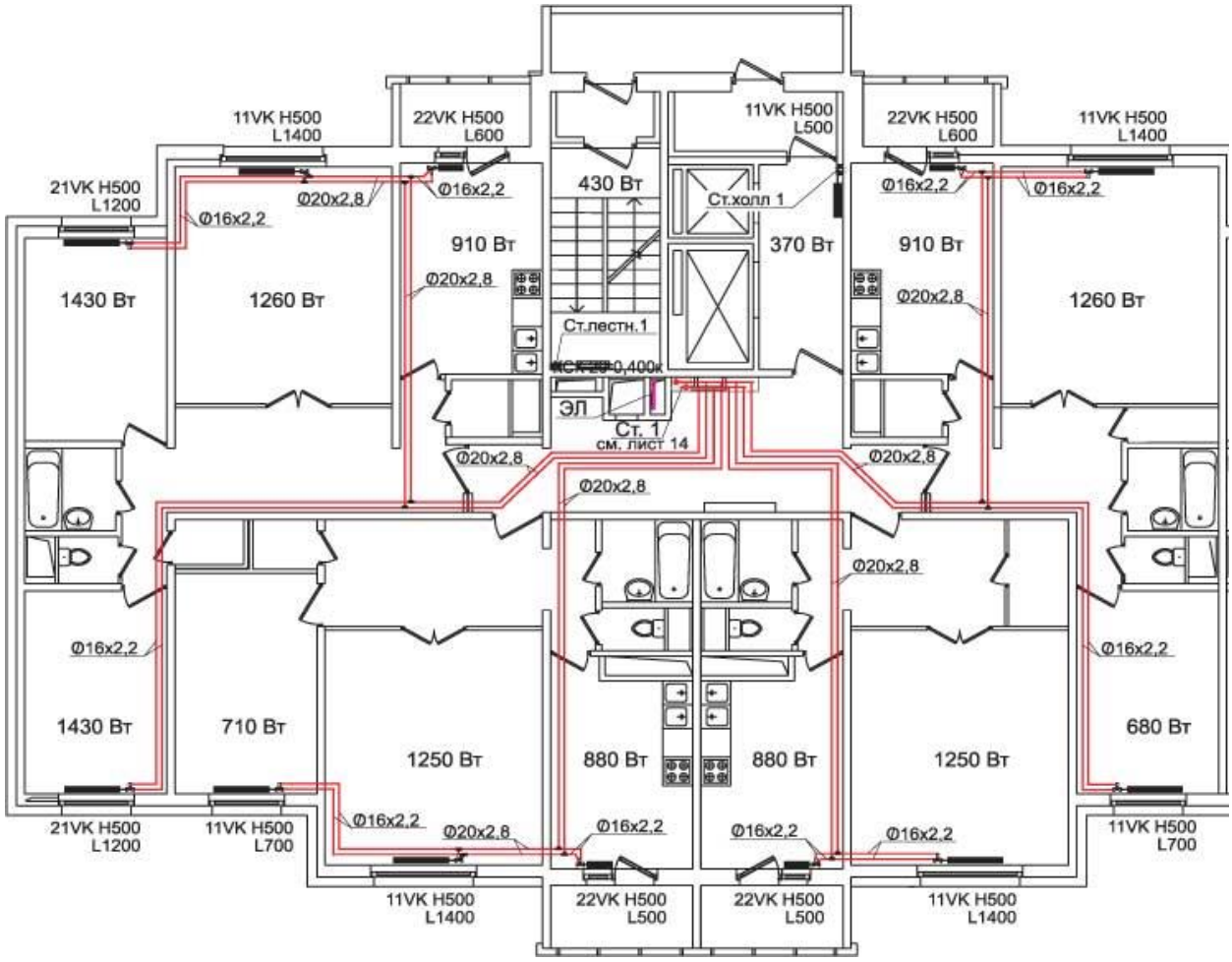

Рис. 2 – Схема поквартирной системы отопления

Таблица 2

Стоимость материалов для монтажа системы отопления из различных материалов труб

Наименование материала трубы	Стоимость материалов, руб.	Стоимость монтажа, руб.	Общая стоимость, руб.
Стальные трубы с хромированным покрытием	19954	26750	46704
Полипропиленовые трубы	8183	20880	29063
Металлопластиковые трубы	30753	54950	85703
Трубы из сшитого полиэтилена (PEX)	35560	45760	81320
Гофрированные трубы из нержавеющей стали	31758	23850	55608
Медные	41529	69800	111329

Итоговое сравнение вариантов проводилось по Р НП АВОК 5-2005 «Рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционного проекта теплоснабжения. Общие положения», в соответствии с которыми для «затратных» инвестиционных проектов задача сводится к выбору такого варианта, который будет сопряжен с наименьшими дисконтированными затратами за расчетный период.

Дисконтированные затраты, ДЗ, руб., при постоянстве годовых издержек по сравниваемым вариантам можно рассчитать по формуле:

$$ДЗ_i = K_i \beta_{Ti}, \quad (1)$$

где K_i – капитальные затраты на реализацию i-того варианта, руб.; β_{Ti} – коэффициент аннуитета для расчетного варианта, определяется как величина, обратная коэффициенту дисконтирования α_T, рассчитываемому по формуле:

$$\alpha_T = \sum_{t=1}^{T_{СЛ}} \frac{1}{(1+r)^t}, \quad (2)$$

где $T_{СЛ}$ – продолжительность расчетного срока службы, лет; r – расчетная норма дисконта (в расчетах принято: r = 0,1); t – шаг расчетного периода, год.

Расчет дисконтированных затрат по формулам (1), (2) проводился за период 50 лет с учетом нормируемого срока службы и соответствующего количества замен труб. Для стальных хромированных предполагается две замены, для полипропиленовых – одна, остальные трубы имеют срок службы не менее расчетного периода, поэтому замены не требуют. Результаты расчета дисконтированных затрат сравниваемых вариантов представлены в виде гистограммы на рис. 3.

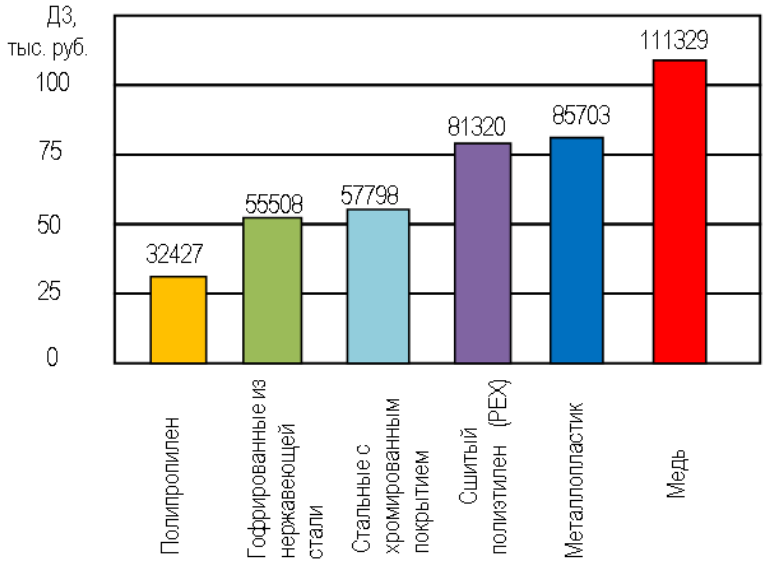

Рис. 3 – Дисконтированные затраты на монтаж труб поквартирной системы отопления из различных материалов труб

Заключение.

Наименьшие первоначальные вложения и дисконтированные затраты соответствуют системам отопления, выполненным из полипропилена, что делает это материал привлекательным для фирм-застройщиков.

При выборе между гофрированными трубами из нержавеющей стали и стальными хромированными трубами при практически одинаковых дисконтированных затратах предпочтение следует отдать гофрированным трубам, так как они обладают в три раза большим сроком службы.

При выборе между трубами из сшитого полиэтилена и металлопластика определяющим фактором служит температурный и гидравлический режим работы системы отопления, так как в научно-технической литературе существуют сведения о том, что металлопластиковые трубы могут при определённых условиях «расслаиваться». Кроме того, существенно может отличаться стоимость монтажных работ в зависимости от расценок организаций, занимающихся монтажом систем отопления.

Полученные результаты могут быть полезны специалистам, занимающимся проектированием современных поквартирных систем отопления. При этом следует учитывать, что

при применении другого типа разводки системы отопления (например, так называемой «лучевого»), результаты могут отличаться от приведенных в данной статье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Жилин, И. В.** Анализ материалов трубопроводов для систем отопления / И. В. Жилин, А. А. Гладилин // Научный альманах. – 2016. – № 4-3(18). – С. 78-81.

2. **Гайнулин, А. В.** Трубопроводы из сшитого полиэтилена / А. В. Гайнулин, А. Р. Шагидуллин // Вестник науки и образования.– 2015. – № 4(6). – С. 71-73.

3. **Жданов, А. С.** Еще раз о стальных и металлополимерных трубопроводах / А. С. Жданов // Сантехника. – 2016. – Т. 3. – № 3. – С. 48-53.

4. **Самойлович, А.** Трубы из благородной меди / А. Самойлович // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2011. – № 5(113). – С. 26-27.

5. **Новосельцев, Б. П.** Некоторые аспекты улучшения качества теплоснабжения зданий / Б. П. Новосельцев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 3(2). – С. 22-26

6. **Струпинский, М. Л.** Гофрированные трубы из нержавеющей стали NEPTUN IWS - новые возможности импортозамещения / М. Л., Струпинский, С. В. Николаев // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2016. – № 3(55). – С. 14-17.

7. **Смирнова, Н. Н.** Сравнение вариантов трассировки тепловых сетей из гибких длинномерных труб / Н. Н. Смирнова, М. С. Кононова // European Scientific Conference: сборник статей победителей IV Международной научно-практической конференции: в 3 ч. – 2017. – С. 149-152.

8. **Козлов, О. В.** Пластиковые трубы PE-RT для внутридомовых систем отопления и водоснабжения / О. В. Козлов. // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2014. – № 7(151). – С. 24-26.

9. **Кононова, М. С.** Алгоритм определения оптимальных параметров транспортировки теплоносителя в тепловой сети / М. С., Кононова, Т. С. Дунаева // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XVI международной научно-методической конференции. – Воронеж, 2016. – С. 267-271.

10. **Кононова, М. С.** Алгоритм выбора оптимальной схемы централизованного теплоснабжения жилой застройки // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2016. – № 1(7). – С. 125-129.

11. **Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений**: учеб. пособие / М. Н., Жерлыкина, С. А. Яременко. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2013. – 160 с.

12. **Кононова, М. С.** К вопросу оценки экономии теплоты при автоматическом регулировании температуры теплоносителя в системах централизованного теплоснабжения // Известия вузов. Строительство. – 2016. – № 7. – С. 46-52.

13. **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.

14. **Кононова, М. С.** Алгоритм расчета энергосберегающего потенциала зданий при автоматическом регулировании систем отопления // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2015. – № 2(6). – С. 71-74.

Поступила в редакцию 8 января 2018

TECHNO-ECONOMIC COMPARISON OF VARIOUS MATERIALS OF PIPES USED IN THE DOOR-TO-DOOR LAYOUT OF THE HEATING SYSTEM

M. N. Zherlykina, M. S. Kononova

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
Kononova Marina Sergeevna, 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, Russian Federation; e-mail: kniga18@mail.ru

We considered six options for the implementation of the door-to-door layout of heating system from different pipe materials: chrome plated steel, polypropylene, metal plastic, cross-linked polyethylene (PEX), corrugated stainless steel tube, copper. Some of the technical characteristics of the compared materials are given, such as: the standard period of service, the acceptable values of temperature and pressure and also some characteristics that affect the installation and operation of the heating system. Comparison of the pipe materials was conducted for the door-to-door layout of the heating system for one floor. The cost of the pipe materials and installation work for each option was counted. The calculations take into account the specifics of the connection pipes. In the calculations the cost of heating appliances and finishing works was not counted, as they are taken as equal in the considered variants. The lifetime of the compared pipe materials are significantly different, so for the comparison there were selected the discounted costs over 50 years. Calculations included the number showing how many times during this period the pipes will be replaced, regarding their normative service life. The calculations revealed that the lowest costs correspond to the pipes made of polypropylene. Almost equal discounted costs are demonstrated by corrugated pipes and chrome plated pipes. But the service life of steel pipes is three times less, so during the calculation period it will be required to replace them two times. Pipes from the sewed polyethylene and metal plastic have the same cost, service life and similar operating characteristics. When choosing between these materials, it is necessary to consider the mode of operation of the heating system. Note that results may vary from the ones shown in this article, when using other type of heating system. Additionally, there may be different installation costs depending on prices of the organizations involved in the installation of heating systems.

Keywords: door-to-door heating system; pipe material; comparison of the options; discounted costs.

REFERENCES

1. **Zhilin I. V., Gladilin A. A.** *Analysis of materials of pipelines for heating systems*. Scientific almanac. 2016. No. 4-3(18). Pp. 78-81. (in Russian)

2. **Gajnulin A. V., Shagidullin A. R.** *Pipelines from the sewed polyethylene.* Journal of science and education. 2015. No. 4(6). Pp. 71-73. (in Russian)

3. **Zhdanov A. S.** *Once More about steel and metal pipes*. Sanitary engineering. 2016. Vol. 3. No. 3. Pp. 48-53. (in Russian)

4. **Samoylovich, A.** *Pipes of precious copper*. Sanitary engineering, heating, air conditioning. 2011. No. 5(113). Pp. 26-27. (in Russian)

5. **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)

6. **Strupinsky M. L., Nikolayev S. V.** *Corrugated pipes made of Neptun IWS stainless steel - new opportunities for import substitution*. Pipeline transport: theory and practice. 2016. No. 3(55). Pp. 14-17. (in Russian)

7. **Smirnova N. N., Kononova M. S.** *Comparison of variants of tracing of thermal nets of*

pliable long-sized pipes. European Scientific Conference: collection of articles by winners of the IV International scientific-practical conference: in 3 hours. 2017. Pp. 149-152. (in Russian)

8. **Kozlov O. V.** *Plastic PE-RT pipes for domestic heating systems and water supply*. Sanitary engineering, heating, air conditioning. 2014. No. 7(151). Pp. 24-26. (in Russian)

9. **Kononova M. S., Dunaeva T. S.** *The algorithm for determining the optimal parameters of transportation of the heat carrier in a heating system*. Informatics: problems, methodology, technology: collection of articles of the XVI international scientific-methodical conference. Voronezh. 2016. Pp. 267-271. (in Russian)

10. **Kononova M. S.** *The algorithm for choosing the optimal scheme of the centralized heat supply of residential buildings*. The scientific bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Information techniques in building, social and economical systems. 2016. No. 1(7). Pp. 125-129. (in Russian)

11. **Zherlykina M. N., Yaremenko S. A.** *System for microclimate of buildings and structures*. Voronezh. 2013. 160 p. (in Russian)

12. **Kononova M. S.** *To the problem of estimation of saving of heat at auto control of temperature of the heat transfer in systems of the centralized heat supply*. News of Higher Educational Institutions. Construction. 2016. No. 7. Pp. 46-52. (in Russian)

13. **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)

14. **Kononova M. S.** *Algorithm of calculation saving means of potential of buildings at auto control of heater systems*. The scientific bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Information techniques in building, social and economical systems. 2015. No. 2(6). Pp. 71-74. (in Russian)

Received 8 January 2018

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Жерлыкина, М. Н. Технико-экономическое сравнение различных материалов труб, применяемых при поквартирной разводке системы отопления / М. Н. Жерлыкина, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 96-103.

FOR CITATION:

Zherlykina M. N., Kononova M. S. *Techno-economic comparison of various materials of pipes used in the door-to-door layout of the heating system*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 96-103. (in Russian)

УДК 697.92:697.941

СРАВНЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛОКАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА

О. О. Андрияшкин, О. А. Жданова, М. С. Кононова

Андрияшкин Олег Олегович, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(473)271-5249; e-mail: aooaoo2013@mail.ru

Жданова Ольга Андреевна, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(473)271-5249; e-mail: jdanowa.olia@yandex.ru

Кононова Марина Сергеевна, 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: kniga18@mail.ru

Рассмотрены причины ухудшения качества воздушной среды внутри зданий. В качестве возможного решения задачи обеспечения нормируемых параметров микроклимата рассмотрены локальные устройства очистки воздуха (механические проветриватели и бризеры). На основе проведенного обзора российского рынка рассматриваемых устройств предложена их классификация. Основными параметрами разработанной классификации являются: наличие функции нагрева; тип и количество применяемых фильтров; возможность регулирования параметров подаваемого воздуха. Выполнен анализ конструктивных исполнений и функциональных возможностей локальных очистных устройств, составлена сводная таблица аналогов с ценами, характеристиками и марками применяемых фильтров. В результате проведенных исследований разработаны рекомендации по выбору проветривателей с учетом их технико-экономических показателей.

Ключевые слова: механический проветриватель; бризер; очистка приточного воздуха; вентиляция жилых помещений.

Ухудшение качества воздушной среды в помещениях может быть связано с несколькими факторами. Одна из основных причин – установка в зданиях герметичных энергосберегающих окон, которые ограничивают поступление воздуха в помещения. Но даже если эта проблема решается (например, за счет установки приточного клапана в стене), то качество поступающего в помещения воздуха может быть неудовлетворительным за счет содержания в нем различных загрязняющих веществ [1, 2].

Традиционным вариантом решения задачи обеспечения качества воздуха, подаваемого в помещения, является оборудование зданий системами механической приточной вентиляции с оборудованием для очистки и подогрева. Однако в жилых многоэтажных зданиях такие системы практически не применяются по причине высоких капитальных и эксплуатационных затрат [3, 4].

Одним из возможных решений на сегодня является установка в наружных стенах специальных локальных очистных устройств (ЛОУ) (механических проветривателей или бризеров), которые могут обеспечивать требуемый воздухообмен в помещении и осуществлять его очистку и нагрев [5]. Основным отличием механических проветривателей от бризеров является наличие у последних режима рециркуляции (с очисткой воздуха), а также возможности автоматического управления (например, с подключением к системе «умный дом» [6]).

Для установки ЛОУ необходимо в наружной стене просверлить отверстие диаметром 10…15 см (в зависимости от модели), через которое будет подаваться воздух. Комплект оборудования для локальной очистки воздуха скомпонован в виде единого блока.

© О. О. Андрияшкин, О. А. Жданова, М. С. Кононова, 2018

Основными функциональными элементами рассматриваемых устройств являются: встроенный вентилятор (подает наружный воздух в помещение); сменный фильтр (один или несколько); воздухонагреватель (в некоторых моделях).

На основе анализа существующих моделей механических проветривателей [5, 6, 7] авторами разработана классификация этих устройств, представленная на рис. 1. Отличия между моделями заключаются в основном в наличии или отсутствии функции нагрева, а также в количестве и типе установленных фильтров.

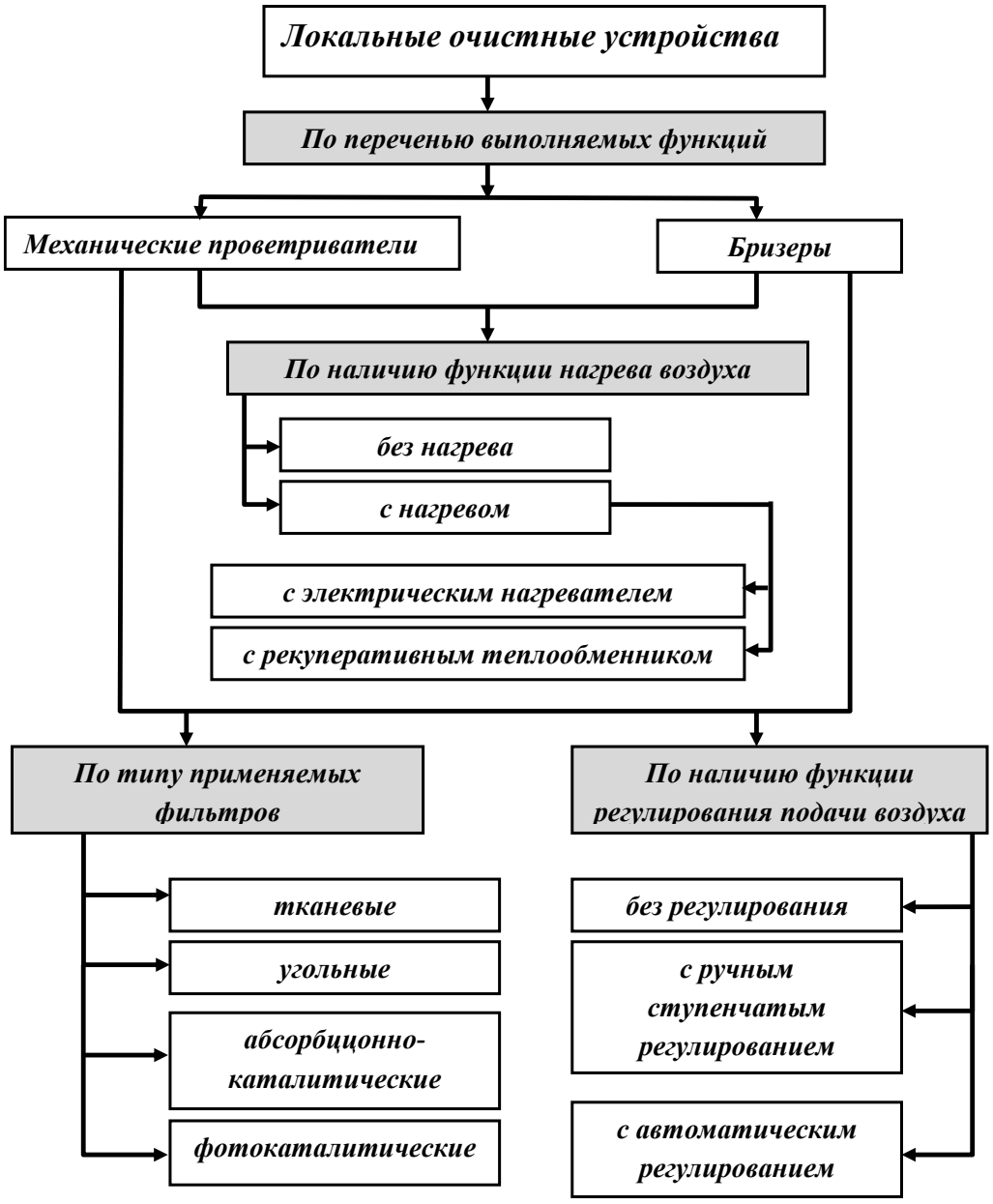

Рис. 1 – Классификация локальных очистных устройств

Для рядового потребителя одним из основных факторов, определяющих выбор устройства для очистки воздуха, является его стоимость. Однако, при выборе ЛОУ нужно принимать во внимание не только стоимость основного комплекта оборудования, но и стоимость его сменных фильтров. В табл. 1 приведены результаты мониторинга ЛОУ, представленных на российском рынке с указанием их стоимости и некоторых технических характеристик.

Таблица 1

Основные характеристики механических проветривателей

Наименование	Стоимость, руб.	Стоимость фильтров, руб.	Общая стоимость, руб.	Подача воздуха, $м^3/ч$	Максимальное потребление электроэнергии, Вт
Модели без подогрева воздуха					
Тион O_2Lite	19800	1650	25800	До 130	40
Aeropac SN	19100	1350…2550	23600…24500	До 180	30
Blizzard A+	55000	1300…2600	60900…62500	До 225	43
BMAC – 200 BASE	27000	4500…5300	36700…37200	До 200	30
BMAC – 200 WARM CO_2	40000	4700	48800…49300	До 200	30
Селенга ЕС ФКО	43200	4700	52300	До 155	83
Модели с подогревом воздуха					
Тион O_2Standart	23900	5200…7100	33100…35000	До 120	1200
Тион O_2Base	21900	1600…7100	27500…33000	До 120	1450
Lufter Jet Helix	35000	1000…2500	40000…41500	До 160	350
Селенга ЕС	38000	1500	44500	До 160	1200
ПВУ – 350 ZentecФКО	133000	16200	161200	До 110	2000
V Stat FKO 4A	83000	4300	94300	До 230	3000
LF4 iFresh	29800	1200…2700	35000…36500	До 120	840

Стоит отметить, что в дополнение к затратам на приобретение самого оборудования, потребуются расходы на монтаж оборудования, которые в среднем для большинства моделей составляют 4000…5000 руб.

Проведено разделение локальных очистных устройств по типу фильтров. В табл. 2 представлена информация о стоимостных характеристиках аналогов с указанием степени очистки фильтра и периодичности его замены.

С учетом выявленных функциональных и конструктивных особенностей авторами предлагаются следующие рекомендации при выборе модели локального очистного устройства:

- в первую очередь нужно определиться с типом фильтра (с учетом уровня и состава загрязнений);
- выбрать для сравнения модели проветривателей, имеющих в комплекте нужный фильтрующий элемент;
- при выборе модели нужно учитывать расчетный расход воздуха, подаваемый прибором;
- сравнить ценовые характеристики проветривателей с учетом стоимости и периодичности замены фильтров.

Таблица 2

Технико-экономические характеристики фильтров, применяемых в проветривателях

Марка или класс фильтра	Краткая характеристика	Стоимость прибора с фильтром, руб.	Марка проветривателя
Фильтр грубой очистки			
G1(EU1), G2(EU2), G3(EU3), G4(EU4)	Основа – полиэстер. Препятствует попаданию насекомых, пуха, крупной пыли. Периодичность замены – 1 раз в 2…6 месяцев.	32900	BMAC – 200 BASE
		44900	BMAC – 200 WARM CO_2
		40000	Lufter Jet Helix
		60700	Blizzard A+
		23800	Aeropac SN
Фильтр тонкой очистки			
F5(EU5), F6(EU6), F7(EU7), F8(EU8), F9(EU9) F9(EU9)	Основа – тканевая. Задерживает крупные и средние частицы размером менее 1 мкм. Периодичность замены – 1 раз в год.	33500	BMAC – 200 BASE
		45500	BMAC – 200 WARMCO_2
		25300	ТионO_2Lite
		29500	ТионO_2Standart
		29500	ТионO_2Base
		147000	ПВУ – 350 ZentecФКО
		41500	LufterJetHelix
		44500	СеленгаЕС
		49500	СеленгаЕСФКО
		91500	VStatFKO 4A
		35000	LF4 iFresh
		60600	BlizzardA+
		24200	Aeropac SN
Фильтр с антибактериальной пропиткой			
H11 (E11)	Тканевая основа. Задерживает пыльцу растений, пыль, микроорганизмы, споры плесени. Периодичность замены - 1 раз в 2 года.	25700	ТионO_2Standart
		27900	ТионO_2Base
		33900	BMAC – 200 BASE
		45900	BMAC – 200 WARM CO_2
Адсорбционно-каталитический фильтр			
АК-фильтр	Основа – экстросорб. Задерживает вредные газообразные выбросы, запахи. Периодичность замены – 1 раз в год.	29500	Тион O_2Standart
		27500	Тион O_2Base
АК-XXL-фильтр	Основа – сорбент (1см). Задерживает газообразные выбросы. Периодичность замены – 1 раз в год.	31400	Тион O_2Standart
		29400	Тион O_2Base
-	Основа - фильтрационный угольный материал. Поглощает запахи и органические загрязнители. Периодичность замены – 1 раз в год.	33500	BMAC – 200 BASE
		45500	BMAC – 200 WARMCO_2
Фотокаталитический фильтр			
-	Основа – пористый носитель с фотокатализатором. Разлагает вирусы и токсины **Периодичность замены – 1 раз в 1…1,5 года.**	51100	Селенга ЕС ФКО
		159200	ПВУ – 350 ZentecФКО
		92800	VStatFKO 4A

Следует отметить, что установка механических проветривателей, особенно имеющих

подогреватели воздуха, может существенно повлиять на тепловой баланс помещения [8], что необходимо учитывать при расчетах энергопотребления зданий и оценкой их энергосберегающего потенциала [9, 10, 11].

Заключение.

Обзор российского рынка локальных устройств для очистки приточного воздуха показал наличие большого разнообразия моделей с различными функциональными возможностями и конструктивными особенностями.

Установлено, что при выборе модели механического проветривателя следует обязательно учитывать не только тип фильтра, но и периодичность его замены, стоимость, а также наличие дополнительной функции подогрева воздуха.

Разработанная авторами классификация локальных очистных устройств систематизирует имеющуюся информацию об этих устройствах и позволит потенциальным пользователям сделать их обоснованный выбор.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Одокиенко, Е. В.** Проблема качества микроклимата жилых помещений / Е. В. Одокиенко, Н. В. Маслова // Материалы XIII международной научно-практической конференция «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России», Пенза, 28-30 января 2015. – 2015. – С. 78-80.

2. **Щербинская, И. П.** Гигиенические и экологические аспекты вентиляции жилых зданий / И. П. Щербинская, В. П. Филонов, И. П. Семенов, С. В. Мараховская, З. В. Кулеша, И. В. Жевняк // Здоровье и окружающая среда. – 2012. – № 21. – С. 280-285.

3. **Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений**: учеб. пособие / М. Н., Жерлыкина, С. А. Яременко. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2013. – 160 с.

4. **Музалевская, Г. Н.** Выбор системы вентиляции в современных жилых зданиях с учетом экологической безопасности / Г. Н. Музалевская, А. А. Музалевский, М. В. Соболев // Сборник материалов X Международной научно-практической интернет-конференции «Энерго- и ресурсосбережение XXI век».– 2012. – С. 20-23.

5. **Титанов, И. М.** О проветривателях, рекуператорах и компактных приточных установках в вентиляции / И. М. Титанов, А. С. Свинцова // Вестник магистратуры. – 2016. – № 2-2. – С. 140-144.

6. **Mazzei, P.** HVAC dehumidification systems for thermal comfort: A critical review / P. Mazzei, F. Minichiello, D. Palma // Applied Thermal Engineering. – Vol. 25. – 2005. – Pp. 677-707.

7. **Губина, И. А.** АВК-система автономной вентиляции и кондиционирования / И. А. Губина, К. Ю. Курочкина, С. Г. Колбая, Т. А. Жук // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 5(32). – С. 7-17.

8. **Кононова, М. С**. Алгоритм выбора оптимальной схемы централизованного теплоснабжения жилой застройки / М. С. Кононова // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2016. – № 1(7). – С. 125-129.

9. **Кононова, М. С.** К вопросу оценки экономии теплоты при автоматическом регулировании температуры теплоносителя в системах централизованного теплоснабжения / М. С. Кононова // Известия вузов. Строительство. – 2016. – № 7. – С. 46-52.

10. **Кононова, М. С**. Алгоритм расчета энергосберегающего потенциала зданий при автоматическом регулировании систем отопления / М. С. Кононова // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2015. – № 2(6). – С. 71-74.

11. **Laverge, J.** Energy saving potential and repercussions on indoor air quality of demand controlled residential ventilation strategies / J. Laverge, Van Den Bossche, N. N. Heijmans,

A. Janssens // Building and Environment. – Vol. 46. – 2011. – Pp. 1497-1503.

Поступила в редакцию 11 января 2018

THE COMPARISON OF TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS OF LOCAL DEVICES FOR CLEARING OF INLET AIR

O. O. Andriyashkin, O. A. Zhdanova, M. S. Kononova

Andriyashkin Oleg Olegovich, student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: aooaoo2013@mail.ru
Zhdanova Olga Andreevna, student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: jdanowa.olia@yandex.ru
Kononova Marina Sergeevna, 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: kniga18@mail.ru

Examines the causes of the deterioration of the air environment inside buildings. As a possible solution to the problem of providing normalized parameters of microclimate describes the local of the air purifying device (mechanical ventilator and breather). Based on the review of the Russian market of the considered devices, their classification. The main parameters of the developed classification are: availability of heating; the type and number of used filters; the ability to control the parameters of the supplied air The analysis of designs and functionalities of local treatment devices, compiled a summary table of the analogues with the prices, characteristics and brands of filters you can apply. As a result of the research recommendations on the choice of the local cleaning device with regard to their technical and economic indicators.

Keywords: breather; clearing of inlet air; ventilating of living locations.

REFERENCES

1. **Odokienko E. V., Maslova N.V.** ***The*** *problem of quality of microclimate of premises*. XIII international scientific-practical conference «Natural-resource potential, ecology and sustainable development of Russian regions», Penza, 28-30 January 2015. 2015. Pp. 78-80. (in Russian)

2. **Shcherbinskaja I. P., Filonov V. P., Semenov I. P., Marachovskaja S. V., Kulesha Z. V., Zhevnjak I. V.** *Hygienic and ecological aspects of ventilation in residential buildings.* Health and the environment. 2012. No. 21. Pp. 280-285. (in Russian)

3. **Zherlykina M. N., Yaremenko S. A.** *System for microclimate of buildings and structures*. Voronezh. 2013. 160 p. (in Russian)

4. **Mozalevskaya G. N., Muzalevsky A. A., Sobolev M. V.** *The choice of system of ventilation in modern residential buildings with consideration of environmental safety.* The collection of materials of X International scientific-practical Internet conference «Energy and resource efficiency XXI century» . 2012. Pp. 20-23. (in Russian)

5. **Titanov I. M., Svintsova A. S.** *Ventilators, heat exchangers and equipment for air flow in the installations of ventilation.* Bulletin of the magistracy. 2016. No. 2-2(53). Pp. 140-144. (in Russian)

6. **Mazzei P., Minichiello F., Palma D.** *HVAC dehumidification systems for thermal comfort: A critical review*. Applied Thermal Engineering. Vol. 25. 2005. Pp. 677-707.

7. **Gubina I. A., Kurochkina K. Yu., Kolbaya S. G., Zhuk T. A.** *AVC-system of the autonomous ventilation and air-conditioning*. Construction of Unique Buildings and Structures. 2015. No. 5(32). Pp. 7-17. (in Russian)

8. **Kononova M. S.** *The algorithm for choosing the optimal scheme of the centralized heat*

supply of residential buildings. The scientific bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Information techniques in building, social and economical systems. 2016. No. 1. Pp. 125-129. (in Russian)

9. **Kononova M. S**. *To the problem of estimation of saving of heat at autocontrol of temperature of the heat transfer in systems of the centralized heat supply*. News of Higher Educational Institutions. Construction. 2016. No. 7. Pp. 46-52. (in Russian)

10. **Kononova M. S.** *To the problem of estimation of saving of heat at autocontrol of temperature of the heat transfer in systems of the centralized heat supply*. News of Higher Educational Institutions. Construction. 2016. No. 2(6). Pp. 71-74 (in Russian)

11. **Laverge J., Van Den Bossche, Heijmans N. N., Janssens A.** *Energy saving potential and repercussions on indoor air quality of demand controlled residential ventilation strategies.* Building and Environment. Vol. 46. 2011. Pp. 1497-1503.

Received 11 January 2018

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Андрияшкин, О. О. Сравнение технико-экономических показателей локальных устройств для очистки приточного воздуха / О. О. Андрияшкин, О. А. Жданова, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – с. 104-110.

FOR CITATION:

Andriyashkin O. O., Zhdanova O. A., Kononova M. S. *The comparison of technical and economic parameters of local devices for clearing of inlet air*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 104-110. (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:

русскоязычная часть:

- ✓ **индекс УДК** – в левом верхнем углу, прописными буквами (шрифт 12 пт, обычный);
- ✓ **название статьи** – прописными буквами с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **инициалы, фамилии авторов**, выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **сведения об авторах**: последовательно для каждого – фамилия, имя, отчество, ученая степень, звания (звания в негосударственных академиях наук и почётные звания не указывать), должность, наименование учреждения, в котором работает автор, город, страна, контактный телефон; e-mail автора; выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
- ✓ **аннотация** объёмом от 200 до 250 слов, выравнивание по ширине, отступ слева и справа 1 см (шрифт 11 пт, обычный);
- ✓ **ключевые слова** от 5 до 12 слов, указывающие на принципиально важные объекты и особенности исследования, отделяются друг от друга точкой с запятой, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
- ✓ **текст статьи** (в тексте статьи должны быть отражены: актуальность проблемы, оценка степени ее разработанности, цели, задачи и методы решения научной задачи, полученные результаты). В конце статьи обязательно приводится **заключение.**

При оформлении текста статьи следует придерживаться следующих требований:

- ✓ русские и греческие буквы и индексы, а также цифры, аббревиатуры и стандартные функции (Re, cos и др.) в тексте, формулах, подписях к рисункам и в таблицах набираются прямым шрифтом; латинские буквы – курсивом;
- ✓ в статье должен быть необходимый минимум формул, которые:
  - ❖ следует набирать шрифтом Times New Roman в редакторе формул MS Equation или MathType;
  - ❖ начинать с красной строки;
  - ❖ располагать по центру и нумеровать арабскими цифрами в скобках у правого края страницы;
  - ❖ ссылки на формулы в тексте – арабскими цифрами в скобках;
- ✓ рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и добавлены в текст после первого упоминания;
- ✓ до и после рисунка и таблицы необходимо сделать пробел (шрифт 12 пт);
- ✓ иллюстрации представляются в редакцию
  - ❖ в виде отдельных файлов (рисунков и фотографий), записанных с расширением .TIFF или .JPEG; линии чертежа – не тоньше 1 пт; иллюстрации, в том числе фотографии, должны иметь хорошую проработку деталей;
  - ❖ подписи к рисункам нумеруются и располагаются под ними, выравнивание текста по центру (шрифт 10 пт, обычный), в конце точка не ставится;
- ✓ таблицы оформляются следующим образом:
  - ❖ шрифт выбирается автором самостоятельно с учетом возможности качественного чтения текста;
  - ❖ наименования в таблицах даются полностью, без сокращения слов;
  - ❖ номер таблицы располагается отдельно, выравнивание текста по правому краю (шрифт 10 пт, обычный);
  - ❖ название таблицы размещается над таблицей, выравнивание текста по центру (шрифт 11 пт, обычный), в конце точка не ставится;
- ✓ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК, составляемый по следующим правилам;
  - ❖ список используемой литературы должен включать не менее 10 источников;
  - ❖ шрифт 12 пт, выравнивание текста по ширине, абзацный отступ 1 см;
  - ❖ в список включаются *только опубликованные работы*, в порядке упоминания в статье; ссылки на них в тексте статьи даются арабскими цифрами в квадратных скобках;
  - ❖ в списке не должно быть нормативных документов (ГОСТ, СП, технических регламентов, правовых актов и т.п. неавторизованных источников) – ссылки на них даются в тексте статьи в развернутом виде или в форме подстраничных сносок;
  - ❖ библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003; включенные в текст статьи или подстраничные библиографические ссылки следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5-2008;
  - ❖ ссылки на интернет-сайты не допускаются; для статей из зарегистрированных *электронных журналов* указываются фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, выходные данные выпуска, адрес сайта журнала и дата обращения к электронному ресурсу;

<u>англоязычная часть</u>:

- ✓ **название статьи**;
- ✓ **инициалы, фамилии авторов**, выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **сведения об авторах** – последовательно для каждого: **фамилия, имя, отчество** полностью, **ученая степень**, **ученые звания, должность, название организации** (учреждения), **города**, **страны, контактный телефон**; **e-mail** автора; выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
- ✓ **аннотация**: перевод, идентичный русскому варианту;
- ✓ **ключевые слова** (Keywords);
- ✓ **библиографический список** (REFERENCES).

ISSN 2541-9110
18001
9 772541 911008 >