

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 2(5), 2018

Воронежский государственный технический университет



*Строительные конструкции,
здания и сооружения*

*Экология и безопасность
городской среды*

*Градостроительство.
Реконструкция, реставрация
и благоустройство*

*Экономика и организация
строительства*

*Инженерные системы
и коммуникации*

*Дорожно-транспортное
хозяйство
и строительная техника*

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 2(5), 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



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

Published 2017

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

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

Comes out 4 times per annum

Journal publishes materials on the following topics:

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

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

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

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)

Бараников 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, член-корреспондент жилищной академии РФ, заслуженный работник высшей школы, почетный работник высшего образования, почетный строитель России, почетный строитель Москвы, почетный работник ЖКХ РФ, НИУ МГСУ, г. Москва

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

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

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

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

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

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)

Слободушкин 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)

Шибалева 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* Каплиева А. Ю.

Дата выхода в свет __. __. 2018. Усл. печ. л. 14,1. Формат 60×84/8. Тираж 500 экз. Заказ № __

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 69631

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

Цена свободная

Адрес редакции: 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84, ком. 1326;

тел. (473) 271-28-92; e-mail: vstu.gkh@gmail.com.

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

EDITORIAL COUNCIL

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

Editor-in-Chief – Yaremenko Sergey Anatolevich, 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)

Eviev 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 Kaplieva A. Yu.

Date of publication _____.2018. Conventional printed sheets 14,1. Format 60×84/8. Circulation 500 copies. Order ____
Registration certificate ПИ № ФС 77 – 69631
issued by the Federal service for supervision of communications, information technology and mass communications
Price free

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

Printed: department operative polygraphy 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

Малышева А. Н., Кононова М. С., Воробьева Ю. А.

Анализ применимости различных систем естественного освещения для зданий гражданского назначения.....9

Ишков А. Н., Малева Н. А., Мальцев В. О., Чурсин А. Е.

Организация комфортного селективного сбора ТБО в жилых зданиях.....18

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

Фильчакина И. Н., Еремкин А. И.

Приточный воздухораспределитель локальной подачи воздуха в технологическую зону переработки текстильных материалов26

Замятина А. А., Жерлыкина М. Н.

Сравнительный анализ энергоэффективности традиционного и альтернативного способов кондиционирования воздуха офисных зданий38

Исанова А. В.

Обеспечение теплового комфорта в жилых комплексах повышенной этажности.....47

Лобанов Д. В., Шичкин В. В., Перцев А. Н., Каминская В. А.

О необходимости разработки нормируемых параметров микроклимата в помещениях умственного труда.....53

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

Воробьева Ю. А., Гашкова К. Н., Мишуров А. Л.

Применение информационных систем при планировании капитального ремонта зданий.....62

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Яременко С. А., Скрыпник А. И., Гармонов К. В.

Методика прогнозирования экологического ущерба объектам водного хозяйства городов при охране атмосферного воздуха.....69

Паршина А. П., Паршин М. В., Мурзинов В. Л.

Результаты экспериментального исследования температурного режима горения некоторых материалов на различной высоте помещения.....77

Попова И. В., Куропан С. А., Виноградов П. М.

Моделирование «городского острова тепла» средствами геоинформационного анализа.....87

Кузнецова Н. В., Шукина Т. В., Ходунов А. М., Прокопенко А. А., Ефимов В. А.

Повышение безопасности производства и хранения биогаза.....96

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Андрияшкин О. О., Жданова О. А., Хаустова П. М., Шеина Е. А.

Технико-экономические показатели энергосберегающих мероприятий для многоквартирного жилого дома.....104

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....112

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

Malysheva A. N., Kononova M. S., Vorob'eva Y. A.

Analysis of applicability of various natural lighting systems for civil design buildings.....9

Ishkov A. N., Maleva N. A., Mal'tsev V. O., Chursin A. E.

Comfortable organization of selective collection of solid waste in buildings.....18

ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

Filchakina I. N., Eremkin A. I.

Supply air distributor of local air supply to technological zone of processing of textile materials.....26

Zamyatina A. A., Zherlykina M. N.

Comparative analysis of energy efficiency of traditional and alternative methods of air conditioning38

Isanova A. V.

Ensuring thermal comfort in housing estates of the increased number of storeys.....47

Lobanov D. V., Shichkin V. V., Pertsev A. N., Kaminskaya V. A.

The need to develop normalized parameters of microclimate in the premises of mental labor.....53

CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

Vorob'eva Y. A., Gashkova K. N., Mishurov A. L.

Application of information systems at planning of capital repairs of buildings.....62

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

Yaremenko S. A., Skrypnik A. I., Garmonov K. V.

Forecasting of the prevented ecological damage to resources of intracity reservoirs at protection of atmospheric air.....69

Parshina A. P., Parshin M. V., Murzinov V. L.

Results of the experimental study of the temperature mode of combustion of different materials at the various height of the premise. Housing and utilities infrastructure.....77

Popova I. V., Kurolap S. A., Vinogradov P. M.

Modeling «urban heat islands» by tools of gis-analysis.....87

Kuznetsova N. V., Shchukina T. V., Khodunov A. M., Prokopenko A. A., Efimov V. A.

Increasing the security of production and storage of biogas.....96

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

Andriyashkin O. O., Zhdanova O. A., Khaustova P. M., Sheina E. A.

Techno-economic performances of energy saving activities for apartment building.....104

WRITING RULES AND GUIDELINES.....112

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

УДК 628.921/.928

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ЗДАНИЙ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. Н. Малышева, М. С. Кононова, Ю. А. Воробьева

Малышева Анастасия Николаевна, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-53-21; e-mail: malysheva-a2013@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

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: cccp38@yandex.ru

Проведен обзорный анализ существующих конструкций систем естественного освещения (СЕО) зданий. Предложено разделение этих устройств по принципу действия на две группы: пропускающие и отражающие. Составлен сводный перечень достоинств и недостатков СЕО, влияющих на возможность их применения в зданиях различного назначения. Изучены и систематизированы технические характеристики СЕО, предложена их классификация. Выделены несколько обобщенных групп технических характеристик рассматриваемых устройств: оптические, конструктивные, теплозащитные, эксплуатационные. В качестве объектов для исследования применимости СЕО рассмотрены три категории зданий: индивидуальные, многоквартирные жилые дома и общественные здания. Установлено, что определяющими факторами, влияющими на выбор СЕО, являются объемно-планировочное решение здания и его функциональное назначение. С учетом комплексного анализа различных групп технических характеристик разработана сводная таблица с указанием возможности применения СЕО при проектировании и реконструкции исследуемых типов зданий, а также описаны условия ограничения применимости СЕО для отдельных объектов.

Ключевые слова: системы естественного освещения; светопрозрачные конструкции; световая полка; световая шахта; световой фонарь; полый трубчатый световод.

Естественное освещение имеет важное гигиеническое значение для жизни и деятельности человека. Результаты многочисленных исследований подтверждают, что недостаточное освещение снижает работоспособность и производительность труда, вызывает утомление глаз, способствует развитию близорукости, увеличению производственного травматизма, приводит к транспортным авариям на улицах и дорогах [1...6]. Нельзя не отметить и огромного психологического действия естественного освещения на человека. Наличие окон в помещении позволяет человеку получать информацию из внешней среды, избежать ощущения замкнутого пространства.

Недостаточность естественного освещения в помещениях приходится восполнять искусственным светом, решая единую проблему освещения помещений. Однако только высокоорганизованное освещение с рациональным использованием естественного света может создать наиболее благоприятные санитарно-гигиенические условия для высокопроизводительного труда [2].

Стратегии внедрения естественного освещения можно разделить на две основные категории: боковое освещение, которое поступает через окна, расположенные по периметру здания, и верхнее освещение, которое поступает через светопрозрачные конструкции, расположенные в верхней части здания. Выбор стратегии естественного освещения зависит от назначения здания, его планировки, ориентации по сторонам света, а также от климатических условий [4].

Обзорный анализ существующих систем естественного освещения позволил разделить их на две группы: пропускающие и отражающие (рис. 1).

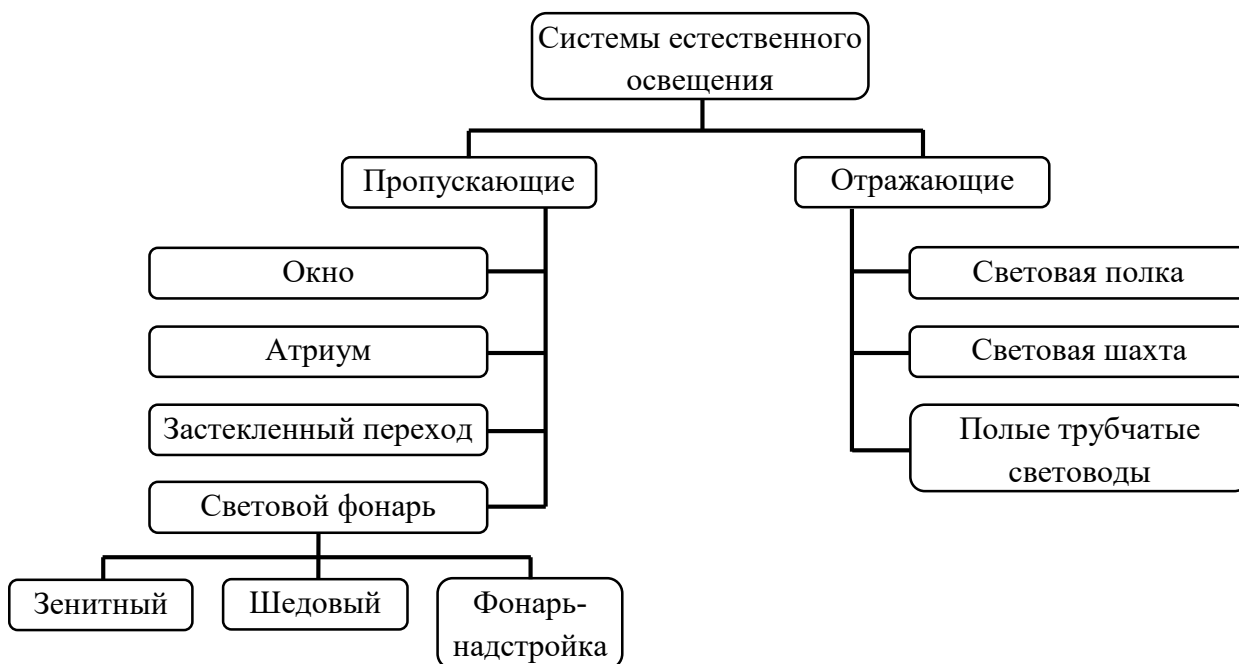
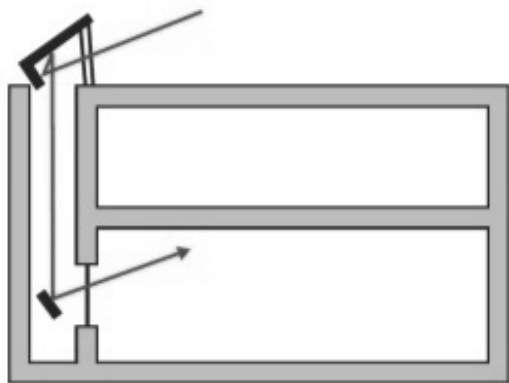


Рис. 1 – Виды систем естественного освещения

Окно является самым простым способом обеспечения естественной освещенности. Однако в этом случае освещенность в глубине помещений будет недостаточна, а увеличение площади остекления ухудшает энергетические показатели здания, так как приводит к повышенным теплопотерям зимой и значительным теплопоступлениям летом [7...11].

Некоторые виды систем естественного освещения приведены на рис. 2, 3. Как видно из приведенных рисунков, возможность применения большинства СЕО определяется объемно-планировочным решением здания.

а)



б)

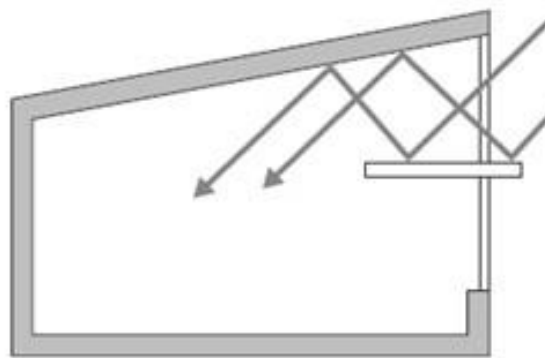


Рис. 2 – Схема устройства некоторых отражающих систем естественного освещения зданий:
а – световая шахта; б – световая полка

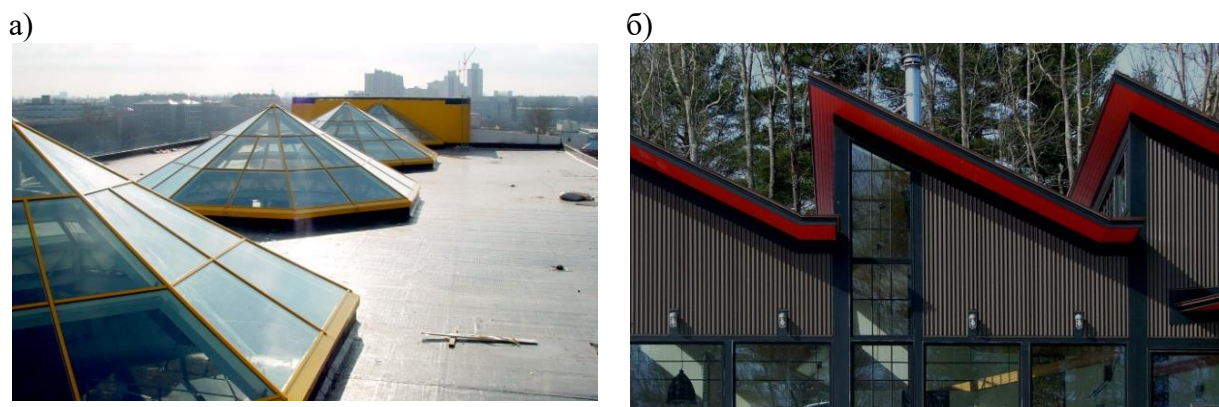


Рис. 3 – Внешний вид некоторых пропускающих систем естественного освещения зданий:
А – зенитный фонарь; б – шедовый фонарь

Очень перспективным направлением в современной светотехнике являются полые трубчатые световоды (ПТС) или световые колодцы (рис. 4). Эти осветительные устройства представляют собой пустотелые конструкции, в большинстве случаев цилиндрической формы. Поверхность внутри световода способна отражать свет, за счет чего он передается на достаточно большое расстояние. В нижней части устанавливается рассеивающее устройство, обеспечивая тем самым высокий уровень освещения. Несложная, но эффективная конструкция этих систем была рассмотрена различными авторами [12...16], в частности, установлено, что световой колодец диаметром 300 мм способен освещать площадь 8 м², а по высоте эффективная передача световой энергии ограничена применяемыми материалами и в среднем составляет около 20 м.

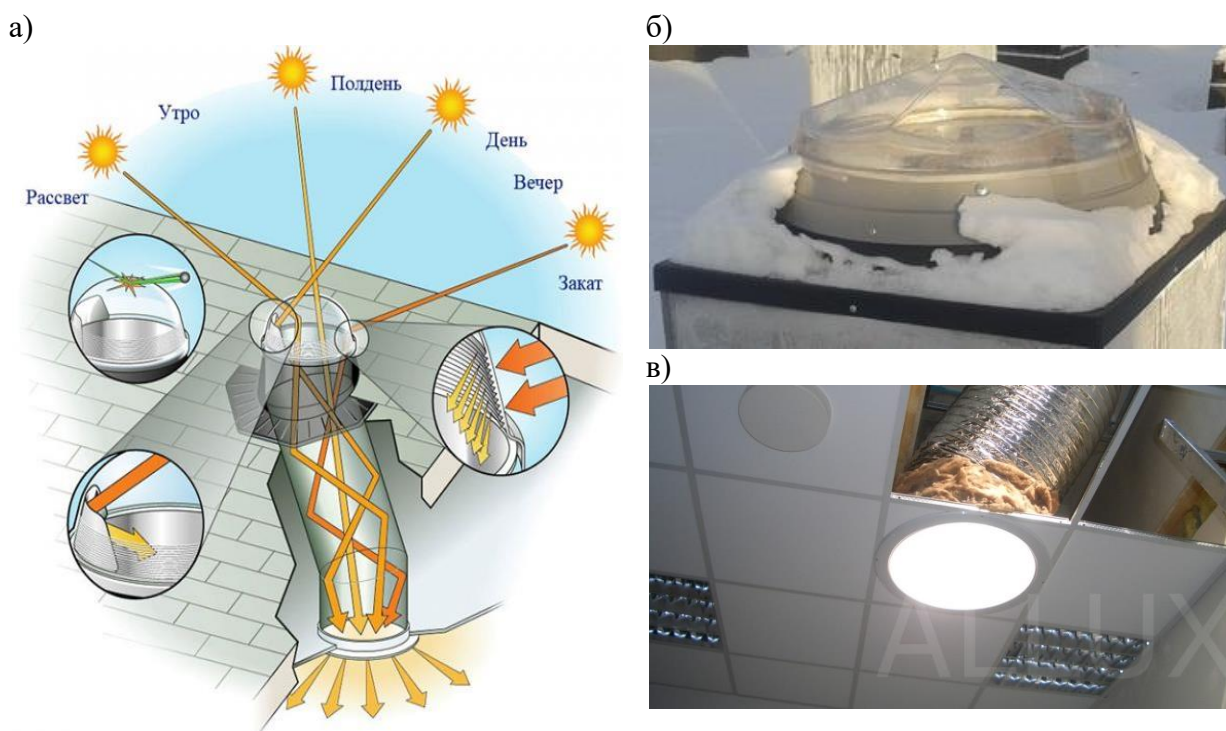


Рис. 4 – Устройство полого трубчатого световода: а – схема конструкции; б – внешний вид светособирающего купола на крыше; в – внешний вид рассеивающего устройства в помещении

На основе анализа существующих конструкций систем естественного освещения были выделены несколько групп их технических характеристик (рис. 5.)

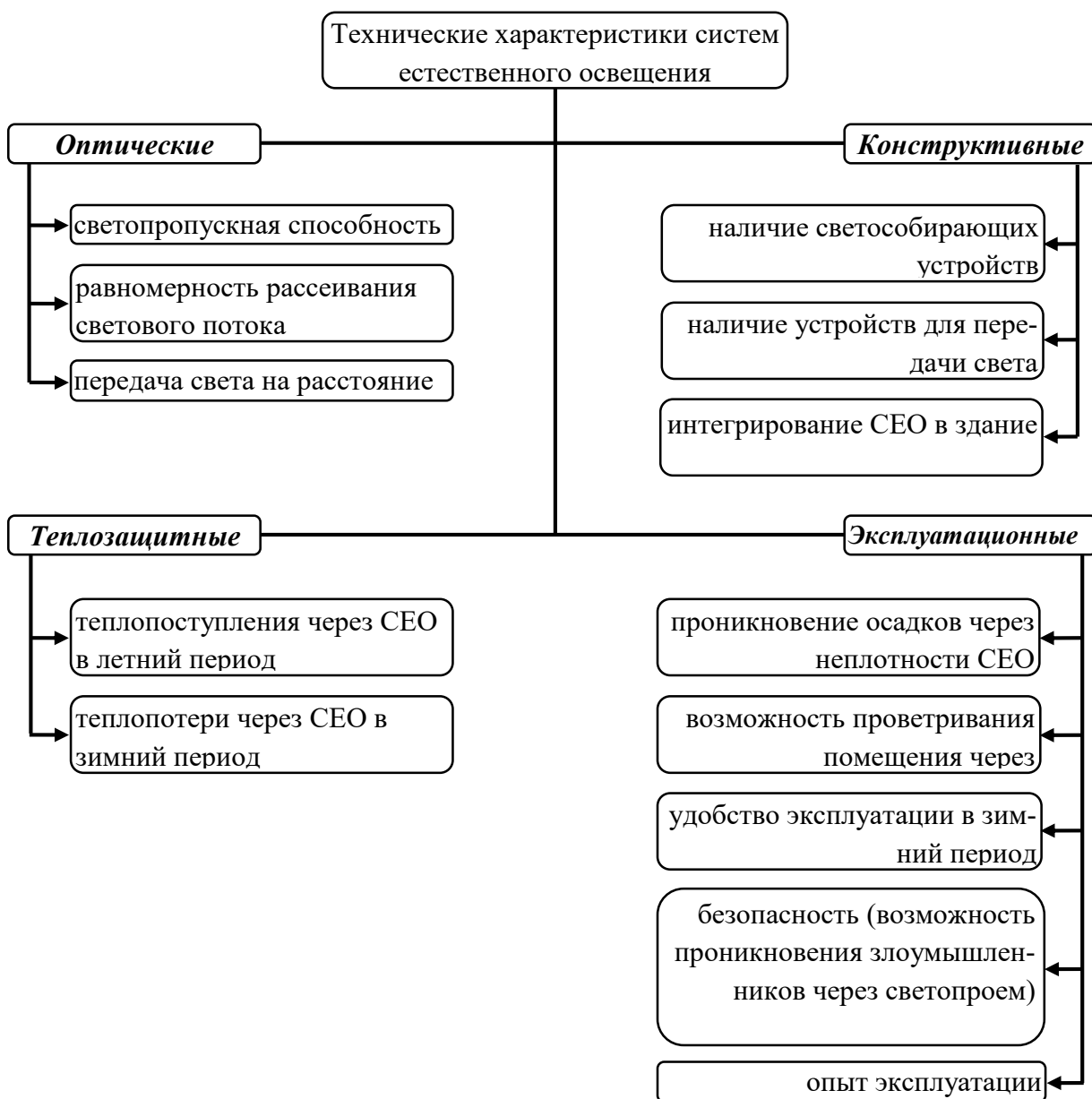


Рис. 5 – Структура распределения технических характеристик систем естественного освещения

Следует отметить, что для зданий различного назначения приоритетными могут быть одна или несколько из приведенных на рис. 5 характеристик, с учетом которых возможно выбрать оптимальную для конкретного здания систему естественного освещения.

Особый интерес с точки зрения возможностей естественного освещения вызывают здания с большой площадью светопрозрачных ограждающих конструкций. Главной проблемой при строительстве таких зданий является риск неприемлемо высоких температур в помещениях в летнее время, а при эксплуатации – поддержание чистоты фасада. Системы верхнего естественного освещения имеют достаточно широкую номенклатуру изделий. Достоинствами их являются возможность увеличения жилого пространства и сокращение потребляемой энергии. Однако их применение предполагает необходимость качественного устройства тепло-, гидро- и пароизоляции.

Достаточно хорошими теплозащитными и оптическими свойствами обладает группа отражающих устройств, в виде световых полок, шахт.

На основе систематизации имеющейся информации о различных системах естественного освещения, был составлен перечень достоинств и недостатков различных конструкций СЕО, влияющих на возможность их применения (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика различных систем естественного освещения

Наименование СЕО	Достоинства	Недостатки
Окно	- простая конструкция; - универсальность применения;	- недостаточность освещения в глубине помещения;
Атриумы и застекленные переходы	- улавливают потоки света во всех точках небесной сферы и дают рассеянный свет;	- возможность перегрева помещений в летний период года из-за большой площади остекленной поверхности;
Световые полки и световые шахты	- равномерное освещение помещения; - наибольший тепловой комфорт в летнее время;	- применение ограничивается планировочной организацией здания и его высотой;
Зенитный фонарь	- поступление втрое больше дневного света чем через вертикальное окно;	- беспрепятственно пропускают прямые солнечные лучи внутрь помещений, мешают зрительной работе; - повышают риск перегрева;
Шедовый фонарь	- небольшие потери тепла благодаря одностороннему вертикальному остеклению;	- образование снеговых мешков между стеклами;
Фонарь-надстройка	- защита помещения от прямых солнечных лучей;	- скопление снега между фонарями при близком их расположении друг к другу; - невысокая светоактивность;
Полые трубчатые световоды	- низкие уровни теплопотерь в холодное время, и теплопритоков в жаркое время;	- ограничения по расстоянию передачи света.

В качестве объектов для исследования применимости различных систем естественного освещения рассмотрены три категории зданий: индивидуальные, многоквартирные жилые дома и общественные здания.

На основе изучения конструктивных особенностей различных систем естественного освещения был проведен комплексный анализ их применимости для зданий различного назначения, а также сформулированы ограничения по применению СЕО при новом строительстве и реконструкции зданий (табл. 2).

Таблица 2

Анализ применимости различных систем естественного освещения для зданий гражданского назначения

Наименование системы естественного освещения	Возможность применения: <i>для нового строительства/при реконструкции*</i>		
	объектов жилищного строительства		общественные здания
	индивидуального	МКД	
ОКНО	+	+	+
	+	+	+

Продолжение табл. 2

Наименование системы естественного освещения	Возможность применения: для нового строительства/при реконструкции*		
	объектов жилищного строительства		общественные здания
	индивидуального	МКД	
атриумы и застекленные переходы	-1	$+$	$+$
световые полки и световые шахты	-1	$+$	$+$
зенитный фонарь	$+$	-4	$+$
шедовый фонарь	$+$	-4	$+$
фонарь-надстройка	$+$	-4	$+$
полые трубчатые световоды (ПТС)	$+$	$\pm^5$	$\pm^5$

*Условные обозначения: « $+$ » - применимо; « $-$ » - не применимо; « $\pm$ » - применимо с ограничениями

Примечания к табл. 2:

- 1 – применение ограничено объемно-планировочными решениями здания;
- 2 – устройство атриумов при реконструкции МКД выше трех этажей невозможно;
- 3 – обеспечение необходимого уровня освещенности возможно при максимальной высоте шахты в пять этажей; кроме того, такое решение тесно связано с общей планировочной организацией здания и зависит от нее;
- 4 – устройство зенитных фонарей, шедовых, или фонарей-надстроек повысит уровень освещенности только в жилых помещениях последнего этажа;
- 5 – применимость ПТС ограничивается максимальной длиной световой шахты световода, равной 30 метрам.

Заключение.

Проведен комплексный анализ различных систем естественного освещения. Установлено, что определяющими факторами, влияющими на выбор СЕО, являются объемно-планировочное решение здания и его функциональное назначение

Определены условия, ограничивающие возможности применения СЕО для индивидуальных, многоквартирных жилых домов, а также общественных зданий.

Полученные рекомендации могут служить основой для формирования вариантов проектных решений при организации естественного освещения, как в новом строительстве, так и при реконструкции зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ковальковская, Н. О.** Энергетическое и санитарно-гигиеническое значение естественного освещения рабочей зоны / Н. О. Ковальковская // Техносферная безопасность : материалы Второй межвузовской научно-технической конференции с международным участием / под ред. В. С. Сердюка. – 2015. – С. 90-92.
2. **Демина, А. В.** Сравнительный анализ естественного и искусственного освещения в жилом секторе / А. В. Демина, Е. В. Редина // Экология, окружающая среда и здоровье человека: XXI век : сборник статей по материалам II международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 261-265.
3. **Шилкин, Н. В.** Система естественного освещения / Н. В. Шилкин // Здания высоких технологий. – 2013. – № 4. – С. 74-83.
4. **Коржнева, Т. Г.** Системы естественного освещения в промышленных помещениях / Т. Г. Коржнева, С. С. Иванова // Высокие технологии в современной науке и технике : сборник научных трудов IV Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 21-24 апреля 2015 г. – Томск : Изд-во ТПУ, 2015. – С. 194-198.
5. **Палагин, А. В.** Сравнение систем естественного освещения зданий по функционально-энергетическим факторам / А. В. Палагин, А. И. Стерхов, Е. В. Корепанов // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – № 2(24). – С. 191-194.
6. **Мигалина, И. В.** Расчет и проектирование естественного освещения помещений: учебное пособие / И. В. Мигалина, Н. И. Щепетков. – М.: МАРХИ, 2013. – 72 с.
7. **Кононова, М. С.** Исследование влияния некоторых геометрических параметров зданий на их теплоэнергетические показатели / М. С. Кононова // Известия вузов. Строительство. – 2010. – № 9. – С. 60-64.
8. **Паршин, Д. С.** Оценка снижения расхода энергии на охлаждение помещения при установке электрохромных стекол / Д. С. Паршин, М. С. Кононова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. – 2016. – № 10. – С. 65-69.
9. **Кононова, М. С.** Исследование теплоступлений от солнечной радиации для жилых зданий в зависимости от ориентации по сторонам света / М. С. Кононова, Е. Ю. Сороченкова, Н. Н. Смирнова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. – 2016. – № 9. – С. 33-37.
10. **Кононова, М. С.** Оценка потенциальной экономии энергоресурсов на отопление зданий за счет теплоступлений от солнечной радиации / М. С. Кононова, Е. Ю. Сороченкова, Н. Н. Смирнова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2016. – № 1(22). – С. 35-41.
11. **Кононова, М. С.** Оценка снижения теплопотребления на отопление зданий при повышении сопротивления теплопередаче наружных ограждений / М. С. Кононова // Известия вузов. Строительство. – 2000. – № 2-3. – С. 78-83.
12. **Соловьев, А. К.** Сравнительный теплотехнический расчет систем верхнего естественного освещения (зенитные фонари и полые трубчатые световоды) / А. К. Соловьев, О. А. Туснина // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 2(46). – С. 24-35.
13. **Овчаров, А. Т.** Технология Solatube: перспективы в архитектуре и строительстве в России / А. Т. Овчаров, Ю. Н. Селянин // Светотехника. – 2016. – №1. – С. 36-41.
14. **Исследование эффективности применения полых трубчатых световодов для естественного освещения** / Д. В. Егоров [и др.] // Энергоресурсосбережение в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и агропромышленном комплексе. Материалы регионального научно-практического семинара. – 2016. – С. 107-112.

15. **Соловьёв, А. К.** Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии / А. К. Соловьёв // Светотехника. – 2011. – № 5. – С. 41-47.

16. **Селянин, Ю. Н.** Системы Солнечного Освещения Solatube Daylighting Systems в архитектуре спортивных сооружений третьего тысячелетия / Ю. Н. Селянин // Технологии строительства. – 2012. – № 3(86). – С. 80-86.

Поступила в редакцию 2 апреля 2018

ANALYSIS OF APPLICABILITY OF VARIOUS NATURAL LIGHTING SYSTEMS FOR CIVIL DESIGN BUILDINGS

A. N. Malysheva, M. S. Kononova, Y. A. Vorob'eva

Malysheva Anastasiya Nikolaevna, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-53-21; e-mail: malysheva-a2013@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

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

In this article, an overview analysis of existing constructions of natural light systems (NLS) of buildings was carried out. The separation of these devices according to the principle of action into two groups: transmissive and reflective was proposed here. A summary list of advantages and disadvantages of NLS, affecting to the possibility of its using for buildings of various purposes was drawn up. Technical characteristics of the NLS are studied and systematized, its classification was developed. Several groups of technical characteristics of its devices were allocated, such as optical, structural, heat-shielding, operational. Three categories of buildings were considered as objects for the analysis of the applicability of systems. These are individual, multi-apartment houses and public buildings. It is established that the determining factors that influence the choice of NLS are the space-planning decision of the building and its functional purpose. Given the complex analysis of all groups of technical characteristics, a summary table has been developed, with the indication of the possibility of using the NLS in the design and reconstruction of the types of buildings under study. And also conditions for limiting the applicability of NLS for the individual objects are described here.

Keywords: systems of natural lighting; translucent structures; light shelf; light shaft; lantern; hollow tubular sky-light.

REFERENCES

1. **Kovalkovskaya N. O.** *Energy and Sanitary and Hygienic Importance of Natural Lighting of the Working Area.* Technosphere Security: Materials of the Second Interuniversity Scientific and Technical Conference with International Participation. 2015. Pp. 90-92. (in Russian)

2. **Demina A. V., Redina A. V.** *Comparative analysis of natural and artificial lighting in the residential sector.* Ecology, environment and human health: XXI century: a collection of articles on the materials of the II international scientific-practical conference. 2016. Pp. 261-265. (in Russian)

3. **Shilkin N.V.** *System of natural lighting.* Buildings of high technologies. 2013. No. 4. Pp. 74-83. (in Russian)

4. **Korzhneva T. G., Ivanova S. S.** *Natural lighting systems in industrial premises*. High technologies in modern science and technology: a collection of scientific papers of the IV International Scientific and Technical Conference of Young Scientists, Postgraduates and Students. 2015. Pp. 194-198. (in Russian)
5. **Palagin A. V., Sterkhov A. I., Korepanov E. V.** *Comparison of the systems of natural lighting of buildings by functional-energy factors*. Intellectual systems in production. 2014. No. 2(24). Pp. 191-194. (in Russian)
6. **Migalina I. V., Shchepetkov N. I.** Calculation and design of natural lighting of premises. Moscow, MARHI. 2013. 72 p. (in Russian)
7. **Kononova M.S.** *Examination of influence of some geometrical Parameters of buildings on their heat power indexes*. News of Higher Educational Institutions. Construction. 2010. No.9. Pp. 60-64. (in Russian)
8. **Parshin D. S., Kononova M. S.** *Estimation of energy consumption reduction for room cooling during installation of electrochromic glass*. Scientific Herald of Voronezh state University of architecture and civil engineering. Series: Student and science. 2016. No. 10. Pp. 65-69. (in Russian)
9. **Kononova M. S., Sorochenkova E. Yu., Smirnova N. N.** *Study of solar radiation heat gain for residential buildings depending on the orientation of the light*. Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and civil engineering. Series: Student and science. 2016. No. 9. Pp. 33-37. (in Russian)
10. **Kononova M. S., Sorochenkova E. Yu., Smirnova N. N.** *Evaluation of potential energy savings for heating of buildings through heat gain from solar*. Scientific journal. Engineering systems and structures. 2016. No. 1(22). Pp. 35-41. (in Russian)
11. **Kononova M.S.** *Estimation of lowering of consumption of heat on heating of buildings at a heightening of resistance to heat transfer of outside protections*. News of Higher Educational Institutions. Construction. 2000. No. 2-3. Pp. 60-64. (in Russian)
12. **Soloviev A. K., Tushina O. A.** *Comparative thermotechnical calculation of systems of upper natural illumination (zenith lanterns and hollow tubular light guides)*. Engineering and construction magazine. 2014. No. 2(46). Pp. 24-35. (in Russian)
13. **Ovcharov A. T., Selyanin Yu. N.** *Solatube technology: perspectives in architecture and construction in Russia*. Lighting engineering. 2016. No. 1. Pp. 36-41. (in Russian)
14. **Egorov D. V.** *Investigation of the efficiency of the use of hollow tubular light guides for natural illumination*. Energy saving in industry, housing and communal services and the agro-industrial complex. Materials of the regional scientific and practical seminar. 2016. Pp. 107-112. (in Russian)
15. **Solovyov A. K.** *Hollow tubular light guides: its application for natural lighting of buildings and energy saving*. Lighting engineering. 2011. No. 5. Pp. 41-47. (in Russian)
16. **Selyanin Yu. N.** *Solar Lighting Systems «Solatube Daylighting Systems» in the Architecture of Sports Facilities of the Third Millennium*. Construction Technologies. 2012. No. 3(86). Pp. 80-86. (in Russian)

Received 2 April 2018

Для цитирования:

Малышева, А. Н. Анализ применимости различных систем естественного освещения для зданий гражданского назначения / А. Н. Малышева, М. С. Кононова, Ю. А. Воробьева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – с. 9-17.

FOR CITATION:

Malysheva A. N., Kononova M. S., Vorob'eva Y. A. *Analysis of applicability of various natural lighting systems for civil design buildings*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 9-17. (in Russian)

УДК 628.463.4

ОРГАНИЗАЦИЯ КОМФОРТНОГО СЕЛЕКТИВНОГО СБОРА ТБО В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

А. Н. Ишков, Н. А. Малева, В. О. Мальцев, А. Е. Чурсин

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

Малева Ника Александровна, студент 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

Мальцев Вадим Олегович, студент 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

Чурсин Александр Евгеньевич, студент 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

Представлен обзор путей решения экологической и экономической проблемы селективного (раздельного) сбора твердых бытовых отходов (ТБО). Приведены примеры внедрения системы селективного сбора ТБО в отдельных субъектах Российской Федерации. Представлено описание достоинств и недостатков способов селекции ТБО как вне жилого помещения – во дворах и парках на мусоросборных площадках, оснащенных специальными контейнерами, так и в помещениях многоквартирного дома. Проанализированы инновационные системы мусороудаления в пределах вновь строящихся жилых зданий. Авторами предложена система селективного сбора бытовых отходов, предусматривающая отказ от традиционных мусоропроводов и позволяющая эффективно разделять ТБО в квартирах, без ущерба для санитарно-гигиенических условий и комфорта использования. Особенностью предлагаемой системы является возможность дифференциации стоимости вывоза ТБО для каждой квартиры, в зависимости от интенсивности пользования, и частичная компенсация затрат за счет прибылей переработчиков вторичного сырья. Работа системы предусматривает персональную ответственность пользователей за качество сортировки ТБО посредством использования сменных контейнеров, маркированных штрих-кодом, соответствующим типу фракции ТБО и номеру квартиры, в которой он использовался.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы; сортировка; контейнеры; раздельный сбор отходов; конструкция контейнеров.

В наши дни проблема селективного (раздельного) сбора отходов набирает свою актуальность, становясь приоритетным направлением государственной политики [1...5]. Известно, что рационально организованное обращение с отходами и вторичная переработка сырья призваны решать как экологические, так и экономические задачи. Во многих европейских странах (Германии, Голландии, Бельгии, Дании и т.д.) раздельный сбор и последующий рециклинг – самый эргономичный способ управления отходами. Ведь концентрация веществ, содержащихся во вторсырье и подлежащих переработке для создания нового продукта промышленного производства, может быть выше, чем их концентрация в природных ресурсах. И это выгодно уже не только населению-поставщику, грамотно избавляющемуся от мусора, но и организации, создающей новый продукт [6].

В России пока отсутствуют единая централизованная система селективного сбора мусора, а также федеральные программы и целевые законодательные акты, которые были бы направлены на осуществление проектов сбора и рециклинга отходов. Но, тем не менее, в

нашей стране в течение последних лет предпринимались локальные попытки сортировки отходов и постепенного выделения вторичных ресурсов, исходя из конкретных задач и возможностей переработки [7...12]. Как правило, знакомство с явлением селективного сбора начиналось с установки «умных» контейнеров в парках, а потом – в результате совместной деятельности управляющих компаний и инициативных сознательных жителей – во дворах многоквартирных домов. Например, в Сыктывкаре в парках и дворах экспериментально опробована и оправдана установка 120-литровых контейнеров с символикой ПЭТФ для утилизации пластика. В Чебоксарах реконструированные мусоросборные площадки оснащены контейнерами и бункерами-накопителями с соответствующей маркировкой для полноценного раздельного сбора ТБО (отдельно – для пластика, стекла, макулатуры) и крупногабаритного мусора. В Мурманске – наоборот, рядом с обычными контейнерами установлен один специализированный, сразу собирающий все пригодные к переработке отходы и обслуживаемый специальной организацией, которая осуществляет дополнительную сортировку отходов из него. В Иркутске обычные контейнеры были заменены на герметичные подземные контейнеры марки Deer Load, также промаркированные для сбора различных фракций ТБО. Такие сооружения гигиеничны в использовании: запах накопителя отсутствует, доступ животным внутрь контейнера невозможен. Вывоз мусора из таких контейнеров осуществляется реже по причине их большой вместительности [6].

Во многих других субъектах Российской Федерации накоплен опыт установки контейнеров для раздельного сбора ТБО на дворовой и/или парковой территории [7, 8]. Например, г. Воронеже реализован опыт установки частными компаниями специальных контейнеров для сбора пластиковых бутылок, однако их эффективное использование невозможно без обеспечения условий для селекции ТБО жильцами, проживающих в многоквартирных домах. Принято считать, что селективному сбору отходов в нашей стране препятствует сложившийся менталитет, однако на его формирование оказывает влияние условия среды обитания. В большинстве квартир не предусмотрены специальные помещения, а также отсутствуют площади для размещения контейнеров или ёмкостей для временного хранения разделённых фракций отходов. Желая сортировать бытовые отходы по фракциям, жильцы вынуждены сталкиваться либо с проблемой неизбежной захламленности какого-либо помещения квартиры (кухня, кладовая, лоджия и т.п.), что неприемлемо с точки зрения эстетики, санитарной гигиены и пожарной безопасности, либо с необходимостью выходить на улицу по всякому незначительному поводу к площадкам с контейнерами, что неприемлемо с точки зрения комфорта.

Примеров эффективного селективного сбора отходов в пределах многоквартирного дома не так уж и много. Например, российской фирмой ООО «Прана», специализирующейся на системах мусороудаления в современных многоквартирных домах, предложено техническое решение по модернизации конструкций традиционных мусоропроводов. Данное решение заключается в необходимости установки в мусоросборной камере специального механизма в виде карусели отдельных контейнеров, предназначенных для соответствующего вида фракций бытовых отходов (стекло, пластик, бумага и т.д.), поворачивающихся посредством автоматики, управляемой пользователем (жителем дома). Житель нажимает на кнопку, соответствующую определённому типу отходов, например бумаге, и карусель, двигаясь, подставляет под ствол мусоропровода нужный контейнер. Выброшенная бумага по стволу мусоропровода попадает в контейнер для сбора макулатуры. Аналогичные действия предусматриваются для других типов отходов [4]. Несмотря на оригинальность идеи техническое решение фирмы ООО «Прана» в коммерческую эксплуатацию не пошла по ряду причин:

1. Габариты большинства мусоросборных камер жилых домов не позволяют разместить карусель, состоящую из нескольких контейнеров.
2. Раздельный сбор отходов не закреплён законодательно, что тормозит массовое внедрение таких систем.

3. Нормальная эксплуатация системы с карусельным расположением контейнеров подразумевает высокую культуру и добросовестность жильцов.

Сформировавшийся менталитет многих жильцов, не воспринимающих селективный сбор отходов как благо, может способствовать неправильному пользованию описанной выше системы, в результате чего в контейнеры могут попасть неотсортированные фракции, парализуя весь принцип селекции.

Приведем еще один пример. В Новокузнецке Кемеровской области удачно произведен следующий эксперимент: силами жителей одного девятиэтажного дома около мусоропровода в коробках сортировались отходы. А затем уже вторичные ресурсы были бесплатно вывезены предприятиями Кузбасской ассоциации переработчиков отходов. Причем компоненты, которые остались неотсортированными, собирались в мешки, прикрепляемые к трубе мусоропровода, взвешивались, и в результате жильцы оплачивали только фактическое, а не нормативное количество отходов. Таким образом, жителям одного дома удавалось экономить 5...6 тыс. руб. в месяц, сортируя и взвешивая мусор [6]. На взгляд авторов, такая система, основанная на постоянном энтузиазме, добросовестности и совместном труде жильцов, уборщиков, дворников, является единственным решением проблемы сбора ТБО в условиях уже существующего жилья, где никоим образом невозможно заменить и усовершенствовать узел мусороудаления. Однако и в этом случае, эффективность селекции будет зависеть от культуры и добросовестности каждого жителя дома.

Если говорить о системах мусороудаления, проектируемых во вновь строящихся зданиях, следует выделить такие возможные нововведения:

1. Оснащение каждой кухни специальным прибором, так называемым измельчителем пищевых отходов, который соединен с канализацией (система широко распространена в США) [4].

2. Оснащение подъезда двумя мусоропроводами – для органических и неорганических отходов [2]. Мусоропровод для приема органических отходов ничем конструктивно не отличается от обычного. Обслуживающий персонал ежедневно меняет контейнеры в мусоросборной камере и перегружает органические отходы в дробилку, соединенную и с водопроводом (откуда автоматически подается вода), и с внутренней канализационной сетью здания (куда смываются измельченные фракции отходов) [2].

Главным достоинством систем, предусматривающих измельчение органических отходов и их сброс в систему водоотведения здания, является наличие замкнутого цикла, при котором пищевые отходы попадают не на свалки и полигоны, а в водоочистные сооружения.

Однако вышеописанные системы не в полной мере решают проблему селекции ТБО. Кроме того, массовое внедрение подобных систем в нашей стране потребует масштабной модернизации существующих муниципальных сетей водоотведения из-за увеличения объемов стоков. Корректность работы этих систем также будет зависеть от культуры и добросовестности пользователей.

Авторами статьи предлагается комфортное, в первую очередь для населения, решение, позволяющее решить проблему селективного сбора ТБО в новостройках, исключаяющее влияние менталитета жильцов на эффективную селекцию ТБО. Для этого при планировке секций жилых домов необходимо предусматривать отсеки (помещения), располагающиеся в непосредственной близости от кухонь, для временного хранения отсортированных отходов в закрытых контейнерах. Такие отсеки будут размещены в автоматизированной укладке, управляемой жильцами через пульта, которыми будет оснащена каждая квартира. Один из возможных вариантов компоновки элементов системы мусороудаления представлен на рис. 1.

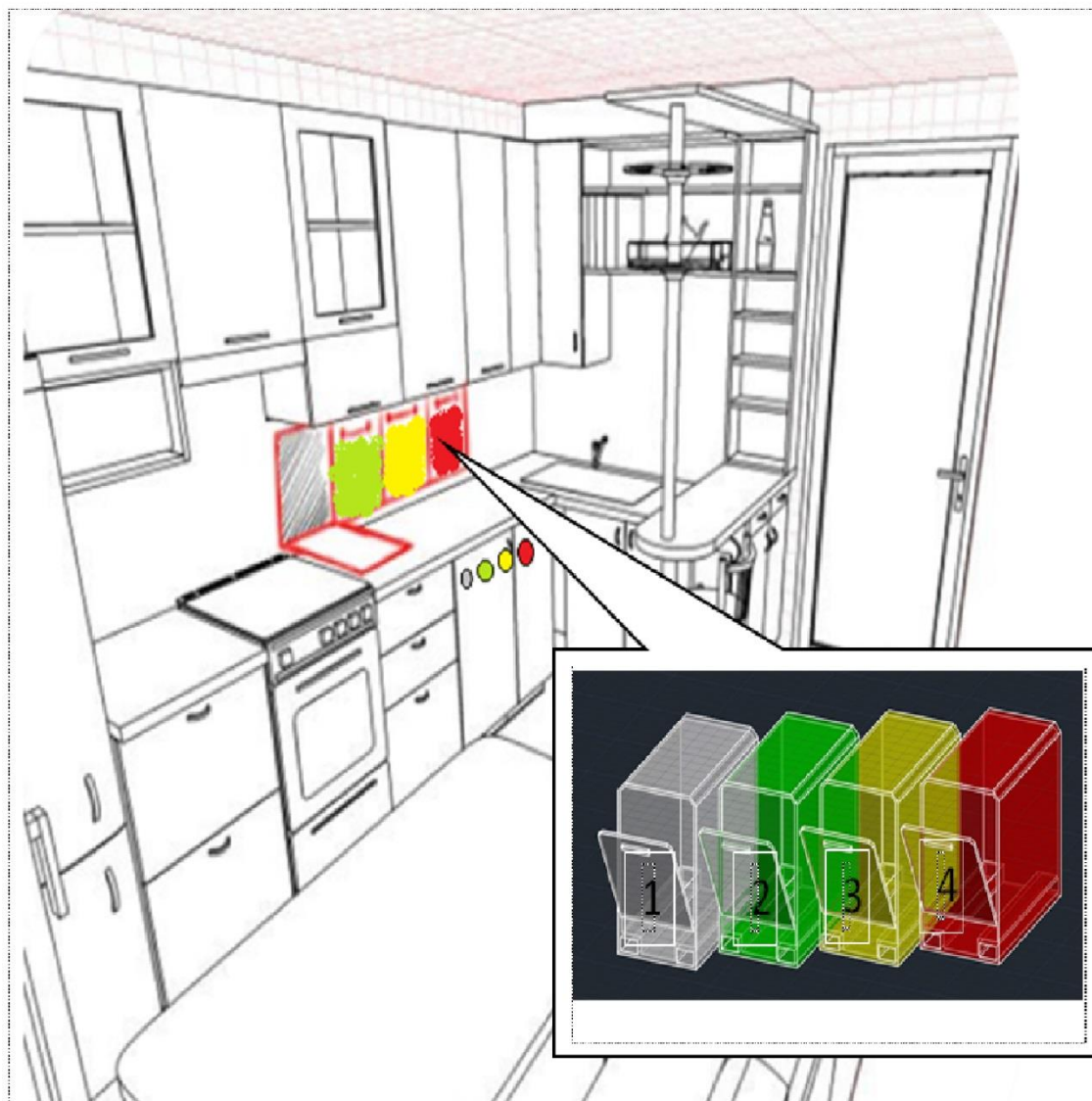


Рис. 1 – Пример организации селективного сбора ТБО в пределах квартиры:
1 – контейнер для металла и стекла; 2 – контейнер для пластиковых отходов; 3 – контейнер для бумаги и древесно-стружечных отходов; 4 – контейнер для органических отходов и смёта.

Принцип работы предлагаемой авторами автоматизированной системы селективного мусороудаления заключается в следующем. Пустые контейнеры закрепляются за соответствующим типом фракции ТБО и конкретным собственником квартиры путем нанесения специального штрих-кода на их поверхностях. По мере заполнения контейнера, соответствующего определенной фракции ТБО, например, с органическими отходами, жильцом квартиры, посредством кнопки на пульте управления, приводится в действие автоматика системы, и контейнер заменяется на новый, также с привязкой по штрих-коду. Заполненный контейнер по системе мусороудаления перемещается в подвальное помещение, откуда забирается коммунальными службами и вывозится на пункты сортировки. Фрагментарно принцип работы системы мусороудаления показан на рис. 2.

На пункте сортировки по штрих-коду и цветной маркировке контейнера определяется тип фракции ТБО и его владелец, после чего производится вскрытие контейнера с целью контроля содержимого назначению контейнера. Если содержимое контейнера соответствует его назначению, жителю выписывается счет за утилизацию и переработку, в противном случае выписывается счет или штраф за дополнительную сортировку.

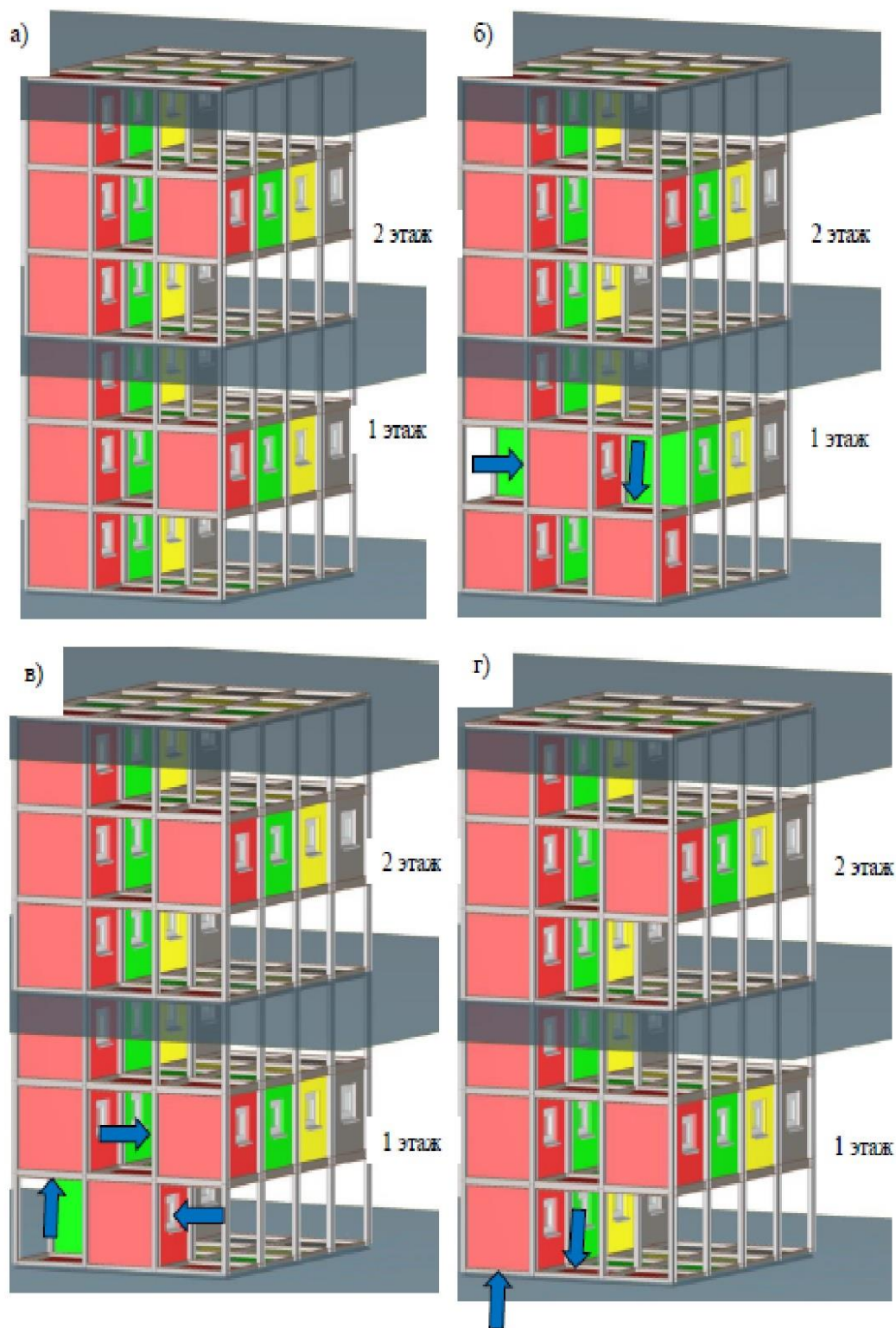


Рис. 2 – Принцип работы системы селективной системы мусороудаления многоквартирного дома:
а – исходное состояние системы до начала смены контейнеров; б – начальная фаза замены контейнера по требованию потребителя; в – промежуточная фаза замены контейнера; г – фаза перемещения контейнера в подвальное помещение и переход системы в исходное состояние

Закключение.

На основе проведенного анализа существующих решений по организации раздельного сбора мусора выявлены их основные недостатки, что позволяет определить направления дальнейшего совершенствования этих систем для обеспечения комфортности их применения для пользователей.

Авторами предложена конструктивная схема системы организации раздельного сбора мусора в многоквартирных домах, включающая набор сменных контейнеров с автоматизированной системой удаления, позволяющая сделать сортировку ТБО максимально комфортной для жильцов.

Предложенный авторами подход по сортировке ТБО позволяет не только персонализировать личную ответственность жильцов за неправильное использование системы мусороудаления, но и дифференцировать стоимость вывоза ТБО. Часть стоимости может быть компенсирована за счет прибыли перерабатывающих предприятий, поскольку отходы, отсортированные по фракциям, будут являться высококонцентрированным сырьем, пригодным для производства новой продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Антонов, А. А.** Системы мусороудаления и бельепроводы. Особенности проектирования и эксплуатации / А. А. Антонов, Н. В. Шилкин // АВОК. – 2009. – № 4. – С. 28-42.
2. **Лукашева, Е. П.** От мусора к топливу / Е. П. Лукашева // Твердые бытовые отходы. – 2010. – № 4. – С. 58-59.
3. **Мизилина, Е. Г.** Внедрение селективного сбора в России / Е. Г. Мизилина, Ю. А. Воробьева // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2016. – № 1(22). – С. 101-105.
4. **Орлов, Е. В.** Ресурсосберегающие решения при совместном использовании систем мусороудаления и канализации в современных жилых домах / Е. В. Орлов // Вестник МГСУ. – 2013. – № 6. – С. 132-138.
5. **Орлов, Е. В.** Система пневматического мусороудаления / Е. В. Орлов // Технологии мира. – 2011. – № 4. – С. 33-36.
6. **Деяшкина, О. Н.** Селективный сбор ТБО – безальтернативное будущее мусорной отрасли / О. Н. Деяшкина // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 3. – С. 52-55.
7. **Самойлов, А. В.** Установка и реконструкция систем мусороудаления. Проблемы и пути решения / А. В. Самойлов // АВОК. – 2010. – № 1. – С. 52-62.
8. **Никитин, С. Г.** Особенности эксплуатации систем мусороудаления высотных зданий / С. Г. Никитин // АВОК. – 2009. – № 6. – С. 8-16.
9. **Дунаева, А. В.** Оценка экономической целесообразности организации раздельного сбора отходов пластмассы на примере города Воронежа / А. В. Дунаева, Т. С. Логунова, М. С. Кононова // Строительство-2016. – Т. 2. – 2016. – С. 225-228.
10. **Пупырев, Е. И.** Системы жизнеобеспечения городов / Е. И. Пупырев. – М.: Наука, 2006. – 247 с.
11. **Шевченко, Т. И.** Извлечение ресурсов из отходов: мотивационные аспекты / Т. И. Шевченко // Твердые бытовые отходы. – 2010. – № 5. – С. 14-17.
12. **Baccini, P.** Water and element balances of municipal solid waste landfills / P. Baccini // Waste Management and Research. – 2008. – V. 5. – № 4. – Pp. 483-499.

Поступила в редакцию 18 апреля 2018

COMFORTABLE ORGANIZATION OF SELECTIVE COLLECTION OF SOLID WASTE IN BUILDINGS

A. N. Ishkov, N. A. Maleva, V. O. Mal'tsev, A. E. Chursin

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

Maleva Nika Aleksandrovna, student 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
Mal'tsev Vadim 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: ishkov1.78@mail.ru
Chursin Aleksandr Evgen'evich, student 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

The article presents an overview of the ways to solve the environmental and economic problems of separate collection of municipal solid waste (MSW); presents a number of specific case examples of the implementation of the system of separate collection of MSW in certain constituent entities of the Russian Federation; gives a description of advantages and disadvantages of the methods of collection and sorting of MSW both out of premises (in the yards and parks on the garbage collecting platforms equipped with special containers) and out of the apartment buildings; provides an analysis of innovative waste disposal systems within residential buildings while they are under construction. The author of this article proposes a system of separate collection of municipal solid waste (MSW), providing for the abandonment of traditional waste chutes and allowing efficient separation of MSW in apartments, without compromising sanitary conditions and comfort of use. The peculiar feature of the proposed system is the possibility of differentiation of the cost of MSW removal for each apartment, depending on the intensity of use, and partial compensation of costs of the waste removal services due to the profits of processors of secondary raw materials. The operation of the system provides for the personal responsibility of users for the quality of MSW sorting by means of using removable interchangeable containers marked with a bar code corresponding to the type of MSW fraction and the number of the apartment in which it is used.

Keywords: municipal solid waste; sorting; containers; separate collection of waste; container construction.

REFERENCES

1. **Antonov A. A., Shilkin N. V.** *Waste Removal Systems and Laundry Chutes. Features of Design and Operation.* AVOK. Journal of Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics. 2009. No. 4. Pp. 28-42. (in Russian)
2. **Lukasheva E. P.** *From Waste to Fuel.* Solid Household Waste. 2010. No. 4. Pp. 58-59. (in Russian)
3. **Mizilina E. G., Vorob'eva Yu. A.** *The introduction of separate waste collection in Russia.* Scientific journal. Engineering systems and constructions. 2016. No 1(22). Pp. 101-105. (in Russian)
4. **Orlov E. V.** *Resource saving solutions for the shared use of household waste removal systems and sewage networks in modern residential buidings.* Vestnik MGSU. 2013. No. 6. Pp. 132-138. (in Russian)
5. **Orlov E. V.** *Pneumatic Waste Removal System.* Technologies of the World. 2011. No. 4. Pp. 33-36. (in Russian)
6. **Deyashkina O. N.** *Separate collection of waste is not an alternative future for the garbage industry.* Solid Household Waste. 2011. No 3. Pp. 52-55. (in Russian)
7. **Samoylov A. V.** *Installation and Restructuring of Waste Removal Systems. Problems and Solutions.* AVOK. Journal of Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics]. 2010. No. 1. Pp. 52-62. (in Russian)
8. **Nikitin S. G.** *Features of Operation of Waste Removal Systems of High-rise Buildings.* AVOK. Journal of Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics. 2009. No. 6. Pp. 8-16. (in Russian)
9. **Dunaeva A. V., Logunova T. S., Kononova M. S.** *Assessment of the economic feasibility of the organization of separate collection of plastic waste on the example of the city of Voronezh.* Construction-2016. Vol.2. 2016. Pp. 225-228 (in Russian)

10. **Pupyrev E. I.** *Urban Sustainment Systems*. Moscow, Nauka Publ. 2006. 247 p. (in Russian)
11. **Shevchenko T. I.** *Extraction of Resources from Wastes: Motivational Aspects*. Solid Household Wastes. 2010. No. 5. Pp. 14-17. (in Russian)
12. **Baccini P.** *Water and element balances of municipal solid waste landfills* // Waste Management and Research. 2008. V. 5. No. 4. Pp. 483-499.

Received 18 April 2018

Для цитирования:

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

FOR CITATION:

Ishkov A. N., Maleva N. A., Mal'tsev V. O., Chursin A. E. *Comfortable organization of selective collection of solid waste in buildings*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 18-25. (in Russian)

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

УДК 697.92:677

ПРИТОЧНЫЙ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ ЛОКАЛЬНОЙ ПОДАЧИ ВОЗДУХА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ЗОНУ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

И. Н. Фильчакина, А. И. Еремкин

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

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

Учитывая недостатки существующих систем кондиционирования воздуха, предложен наиболее эффективный способ поддержания технологических параметров для производственных помещений предприятий текстильной промышленности на примере прядильного цеха. Авторами предложена усовершенствованная система технологического кондиционирования за счет локальной подачи воздуха по принципу вытесняющей вентиляции. Воздухообмен осуществляется по схеме «снизу - вверх», при котором приточный воздух с требуемыми параметрами микроклимата локально поступает непосредственно в технологическое оборудование, а отбор отработанного загрязненного воздуха вместе с теплоизбытками удаляется из верхней зоны помещения, выше уровня стратификации. Предложен новый воздухораспределитель, который является усовершенствованной конструкцией устройства для локальной раздачи воздуха в прядильной машине. Усовершенствование воздухораспределителя осуществлено за счёт применения в его конструкции нового дополнительного элемента в виде дугообразных экранов, которые позволяют формировать внутри него шесть потоков, многократно разделяющихся и соударяющихся между собой, что способствует уменьшению скорости результирующей струи на выходе из воздухораспределителя. Подробно рассмотрена схема движения воздушных масс внутри нового воздухораспределителя. Представлена схема экспериментальной установки для исследования результирующей струи приточного воздуха на выходе из воздухораспределителя. Проведённые исследования позволили выявить наиболее целесообразное решение при выборе размеров конструкции воздухораспределителя, при котором обеспечивается достаточный угол бокового расширения струи, допустимая скорость воздуха на выходе и компактные габаритные размеры, с целью размещения его в технологическом оборудовании. Кроме того, для оценки энергетических затрат при выходе воздуха из оппозитных каналов воздухораспределителя получено уравнение для определения коэффициента местного сопротивления.

Ключевые слова: воздухораспределитель локальной подачи воздуха; организация воздухообмена для помещений с теплоизбытками; принцип вытесняющей вентиляции; эффект соударения встречных плоских струй.

Известно, что помещения предприятий текстильной промышленности относятся к типу помещений с теплоизбытками. В данном случае важно понимать, что именно создаваемый микроклимат в производственных помещениях данного типа напрямую оказывает влияние на качество выпускаемой текстильной продукции. Но то, что может быть хорошо для технологии, может быть плохо для рабочего персонала, находящегося вблизи технологического оборудования.

С целью обеспечения требуемого микроклимата в производственных помещениях текстильных предприятий необходимо правильно выбрать способ подачи воздуха и тип воздухораспределителей. Выбор производится в зависимости от категории помещений, требований к микроклимату, габаритов технологического оборудования и др.

На текстильных предприятиях применяется достаточно широкая линейка всевозможных конструкций воздухораспределительных устройств для раздачи приточного воздуха в верхнюю и нижнюю зоны помещения, исследованием которых занимались многие авторы, такие как: К. С. Белов, Н. С. Сорокин, П. В. Участкин, Ф. С. Холмогоров, Н. Я. Кириленко, И. Ф. Молодкин, В. Н. Талиев, Б. Н. Юрманов, М. И. Гримитлин, Т. П. Авдеева, А. И. Ерёмин, А. Н. Селивёрстов и др. [1...5].

Представленный в [1, 2, 6] анализ показал, что конструкции воздухораспределителей, которые применяются при организации воздухообмена в помещениях текстильных предприятий, в основном работают по типу перемешивающей вентиляции со схемой воздухоподдачи «сверху-вверх» и в меньшей степени локальным способом по типу вытесняющей вентиляции со схемой воздухообмена «снизу - вверх».

Учитывая недостатки существующих способов воздухоподдачи и схем воздухообменов [1, 2, 6, 7], авторами предлагается совершенствование системы технологического кондиционирования воздуха за счет локальной подачи воздуха по принципу вытесняющей вентиляции (рис. 1). В данном случае применяется схема воздухообмена «снизу-вверх» за счёт применения новой конструкции воздухораспределительного устройства [1], которую допустимо классифицировать как «пассивную термовытесняющую» вентиляцию с однонаправленным движением приточного воздуха по схеме «снизу-вверх» [8, 9].

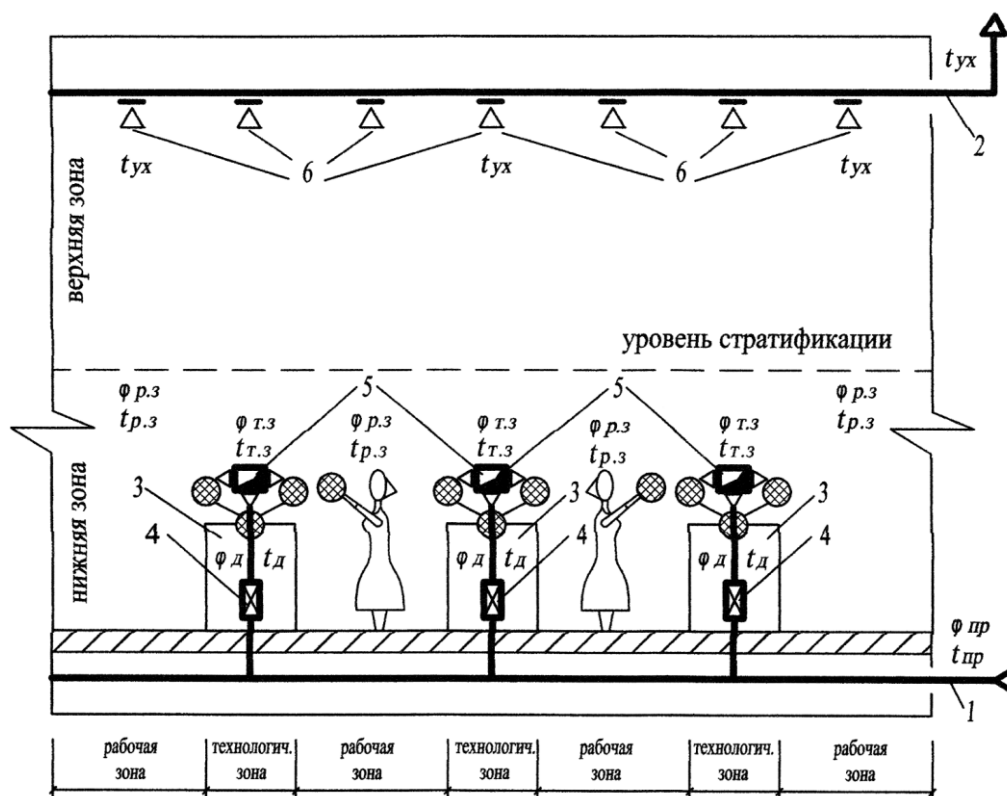


Рис. 1 – Система технологического кондиционирования воздуха локальным способом по типу вытесняющей вентиляции: 1 – приточный воздуховод; 2 – вытяжной воздуховод; 3 – технологическое оборудование (прядаильная машина); 4 – доводчик влажности; 5 – разработанный воздухораспределитель с интенсивным гашением скорости приточных струй; 6 – вытяжное отверстие

Приточный воздух, предварительно обработанный в кондиционере, а затем в доводчике влажности 4, подаётся непосредственно в технологическую зону через разработанные

автором воздухораспределители 5, установленные вблизи обрабатываемых текстильных материалов (рис. 1). Доводчик влажности 4 обеспечивает относительную влажность воздуха $\varphi_{т.з}$, %, технологической зоны в зависимости от вида перерабатываемого текстильного материала (шерсть, хлопок, лён, нейлон и др.).

Сущность технологического кондиционирования воздуха локальным способом по принципу вытесняющей вентиляции заключается в том, что приточный воздух с требуемыми по технологии параметрами, подаётся в нижнюю зону помещения, непосредственно в технологическое оборудование, а удаляется из верхней зоны.

Анализ исследований многих авторов [1, 8, 9] в области вытесняющей вентиляции для зданий с теплоизбытками позволил выявить следующие конструкции воздухораспределительных устройств: плоские воздухораспределители, встраиваемые в стену; полуцилиндрические настенные воздухораспределители, распределяющие приточный воздух от центра в радиальных направлениях; свободно стоящие в помещении цилиндрические воздухораспределители; угловой воздухораспределитель, рассматриваемый, как половина полуцилиндрического воздухораспределителя; напольные воздухораспределители, направляющие воздух в виде закрученной струи по вертикали вверх; перфорированные панели; воздухораспределители инжекционного типа и др.

Проведённый авторами анализ существующих конструкций воздухораспределителей [1...5] позволил выявить ряд присущих им недостатков, а именно: значительные габариты, что не позволяет устанавливать их вблизи технологического оборудования; большие затраты на изготовление и монтаж; недостаточная степень затухания скорости приточной струи на выходе; невозможность поддержания равномерности требуемых параметров микроклимата (t , v , φ) в обслуживаемой зоне помещения; невозможность подачи больших объемов приточного воздуха с малыми скоростями в технологическое оборудование и рабочую зону и др.

Эти и другие недостатки рассмотренных воздухораспределительных устройств свидетельствуют об их низкой эффективности, что явилось предпосылкой для создания новой конструкции воздухораспределителя (рис. 2) [1, 10, 11], применительно к системе технологического кондиционирования воздуха локальным способом по типу вытесняющей вентиляции (рис. 1), для предприятий текстильной промышленности.

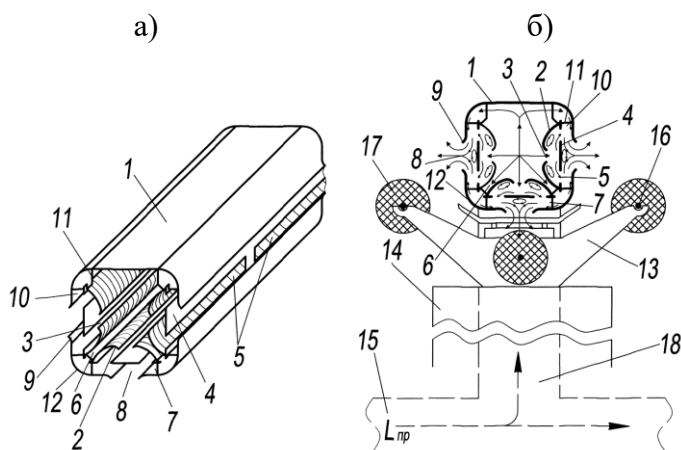


Рис. 2 – Воздухораспределитель локальной раздачи воздуха с интенсивным гашением скорости приточных встречных струй [10]: а – общий вид воздухораспределителя; б – устройство локальной раздачи в технологическую зону прядильного оборудования; 1, 12 – отражательные планки; 2 – дугообразный экран;

3 – продольные щели дугообразного экрана; 4 – стенки воздухораспределителя в виде плоских экранов; 5 – продольные щели плоского экрана; 6 – воздухонаправляющий зазор; 7, 10 – воздухонаправляющие оппозитные каналы; 8 – результирующий канал; 9 – отогнутые кромки; 11 – пластинчатые разделители воздушного потока; 13 – питающая рамка прядильной машины; 14 – прядильная машина; 15 – магистральный воздуховод; 16 – держатели ровничных паковок; 17 – ровничные паковки; 18 – отвод

При разработке новой конструкции приточного воздухораспределителя локальной подачи воздуха авторы придерживались следующих принципов и критериев [1, 6]:

- ✓ создание в одном помещении двух, не изолированных друг от друга микрозон – рабочей и технологической, каждой из которых соответствует свой микроклимат;
- ✓ выходящая из воздухораспределителя струя приточного воздуха перемещается снизу-вверх вместе с вредностями, выделяющимися в помещении, к местам удаления без турбулентного перемешивания до уровня стратификации;
- ✓ интенсивное затухание приточной струи на выходе из воздухораспределителя;
- ✓ поддержание равномерности распределения приточного воздуха с требуемыми параметрами (t , V , ϕ) в технологической и рабочей зонах помещения, с целью создания в них требуемого микроклимата;
- ✓ подачу большого объёма приточного воздуха непосредственно в технологическую и рабочую зоны помещения с допустимой скоростью и температурой;
- ✓ формирование струи, исключаяющей наличие начального участка с характерными ему высокими значениями скорости и температуры;
- ✓ получение приточной струи с достаточным углом расширения в зависимости от геометрии технологического оборудования;
- ✓ интенсификацию снижения скорости и температуры воздуха в струе за счёт соударяющихся и импульсных струй и др.

В основу принципа работы воздухораспределительного устройства для локальной подачи воздуха положен эффект соударения встречных плоских струй [1, 12], т.к. в результате соударения, наблюдается значительное гашение скорости и энергии суммарного потока воздуха. Кроме того, в структуре струи отсутствует начальный участок, которому присущи высокие значения скорости и температуры, т.е. струя результирующего потока полностью состоит из основного участка.

Известно аналогичное устройство локальной подачи воздуха в прядильной машине [3, 4], представляющее собой воздуховод без верхнего канала для выхода воздуха, устанавливаемый над питающей рамкой прядильной машины, непосредственно в технологическое оборудование. Данное устройство имеет недостаточную степень затухания приточной струи на выходе. Поэтому данная конструкция была усовершенствована авторами.

Усовершенствованная конструкция воздухораспределителя для системы технологического кондиционирования воздуха локальным способом по схеме воздухообмена «снизу-вверх» представлена на рис. 2 [10].

Усовершенствование воздухораспределителя осуществлено за счёт применения в его конструкции нового дополнительного элемента в виде дугообразных экранов, которые позволяют формировать внутри него шесть потоков, многократно разделяющихся и соударяющихся между собой, что способствует уменьшению скорости результирующей струи на выходе из воздухораспределителя.

На рис. 3 показана схема движения воздушных масс внутри воздухораспределителя [1].

Кондиционированный воздух по магистральному воздуховоду 15 поступает через отвод 18 в воздухораспределитель (см. рис. 2), где разделяется на шесть потоков (см. рис. 3), три из которых (δ) движутся в направлении трёх продольных щелей 3 дугообразных экранов 2, два потока (θ) – в направлении зазоров 6 между смежными дугообразными экранами, а один поток (σ) – в направлении отражательной планки 1, не имеющей результирующего выходного канала. При движении образовавшихся потоков δ , θ , σ в указанных направлениях от оси воздухораспределителя каждый из них разделяется, в свою очередь, на два противоположно направленных потока (δ_1 и δ_2 , θ_1 и θ_2 , σ_1 и σ_2).

Поток σ движется в направлении отражательной планки 1, не имеющей результирующего выходного канала, ударяется о неё и разделяется на два противоположно направленных потока σ_1 и σ_2 , которые затем направляются в оппозитный канал 10 (рис. 3).

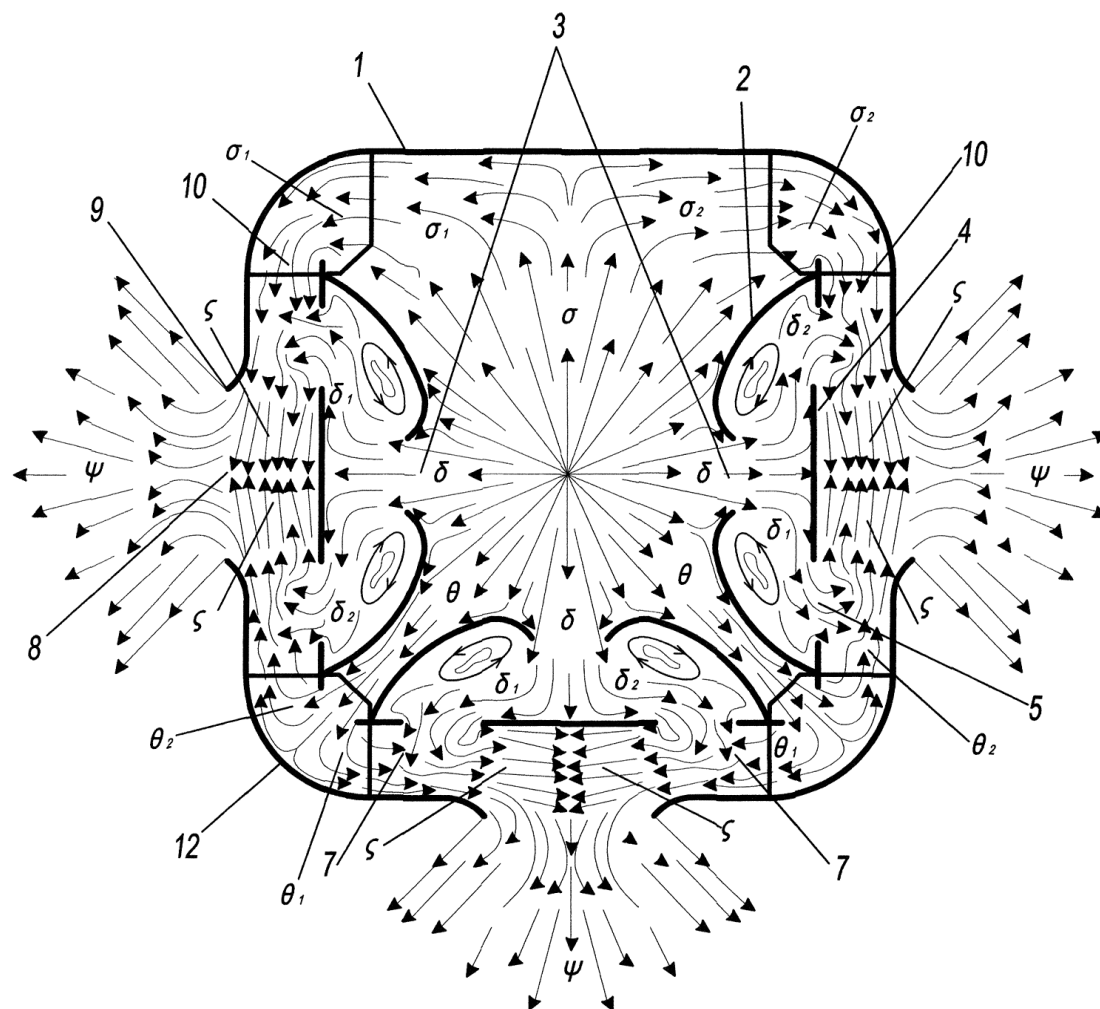


Рис. 3 – Схема разделения и соударения воздушных потоков внутри конструкции воздухораспределителя: δ , θ , σ – первичные потоки воздуха; δ_1 , θ_1 , σ_1 – вторичные потоки, образованные в результате разделения первичных потоков; ζ , ψ – суммарные потоки, соответственно после первичного и вторичного соударений; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 – то же, что на рис. 2

Ввиду того, что продольные щели в дугообразном 2 и плоском 4 экранах находятся по отношению друг к другу в шахматном порядке, воздушный поток δ , пройдя через продольную щель 3 в дугообразном экране 2, ударяется о плоский экран 4 и разделяется на два потока δ_1 и δ_2 (см. рис. 3), каждый из которых движется в направлении продольных щелей 5 плоского экрана 4 (см. рис.2).

Струя воздуха θ (см. рис.3), проходящая через зазор 6 между двумя соседними дугообразными экранами 2, ударяясь об отражательную планку 12, разделяется в свою очередь также на два противоположно направленных воздушных потока θ_1 и θ_2 , каждый из которых движется по оппозитному каналу 7, образованному между плоским экраном 4 и отражательной планкой 12 (см. рис. 2).

Образовавшиеся после разделения потоки δ_1 и δ_2 (см. рис. 3) проходят через щель 5 (см. рис. 2) в плоском экране 4 в оппозитный канал 7, где дополнительно соударяются в перпендикулярном направлении с идущими соответственно по оппозитному каналу 7 потоками θ_1 и θ_2 .

Аналогичным образом, в оппозитном канале 10 поток σ_1 (σ_2) соударяется с потоком δ_1 (δ_2), образуя также суммарный поток ζ воздуха.

В результате соударения образуется суммарный поток ζ воздуха (см. рис.3) и скорость воздуха в оппозитном канале 7 резко снижается. После перпендикулярного соударения в

оппозитном канале 7 потоки ζ движутся в направлении выходной результирующей щели 8 на встречу друг другу, где соосно соударяются, образуя, тем самым, суммарную быстро-затухающую струю ψ приточного воздуха. Быстрозатухающие три воздушные струи ψ (см. рис. 3), в количестве трёх штук, выходят через результирующие каналы 8 и равномерно, с допустимой скоростью и достаточным углом расширения, заполняют технологическую зону вокруг ровничных паковок 17 и далее с меньшей скоростью достигают рабочей зоны помещения.

Авторами так же предложена инженерная методика расчёта [1, 11], которая позволяет рассчитать все геометрические размеры ($b_1, b_2, b_4, a_1, a_2, a_3, a_4, a_6, C, C_0, C_1, C_2, R_1, R_0$) (рис. 4) конструктивных элементов данного воздухораспределительного устройства с одно-, двух-, трёх-, четырёхсторонней раздачей приточного воздуха.

Для этого необходимо принять требуемую величину основного геометрического размера l_0 , который рассчитывается по формуле:

$$l_0 = a_p / b_0, \quad (1)$$

где a_p – ширина результирующей щели 8; b_0 – высота оппозитного канала 7.

Исследование аэродинамических характеристик результирующей струи состояло в изучении её особенностей после соударения встречных плоских струй в изотермических условиях, а также в определении коэффициента местного сопротивления ζ разработанного воздухораспределителя.

Как видно на рис. 3, характер интенсивности гашения скорости приточных струй при их движении от внутренней оси воздухораспределителя к трём выходным результирующим щелям аналогичен. Поэтому, с целью исследования результирующей приточной струи воздуха был разработан, сконструирован и исследован в лабораторных условиях воздухораспределитель с одной результирующей щелью (рис. 4, б), являющейся фрагментом воздухо-распределителя с тремя приточными щелями (рис. 4, а).

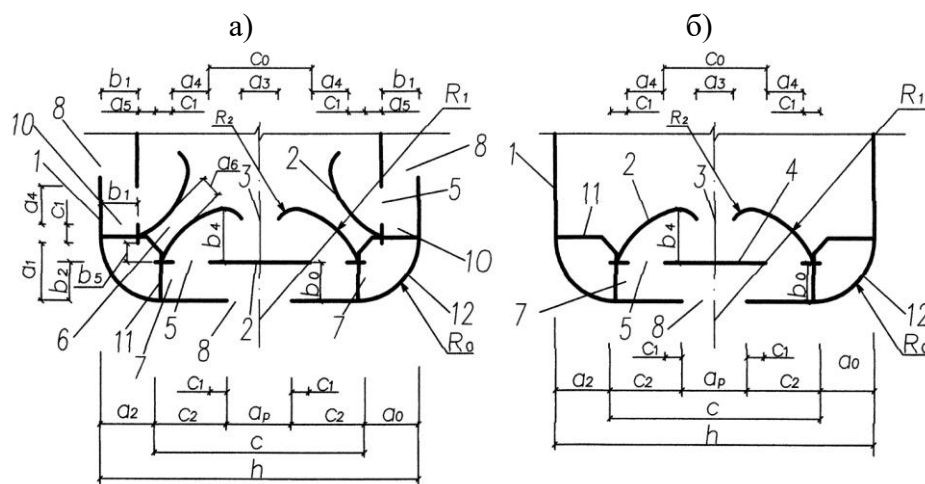


Рис. 4 – Схема фрагмента конструкции воздухораспределителя с интенсивным гашением скорости приточных струй: а – с трёхсторонней раздачей воздуха; б – с односторонней раздачей; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 – то же, что на рис. 2

Схема экспериментальной установки для исследования результирующей струи приточного воздуха представлена на рис. 5, а, а общий вид экспериментального стенда – на рис. 5, б.

Замеры скоростей приточного воздуха в результирующей струе производились: в плоскости XOY на различных расстояниях $X(0...1\text{ м})$ и $Y(0...0,4\text{ м})$ от начала координат O , расположенного в центре результирующей щели; по оси OX через каждые $0,1\text{ м}$; по оси OY через каждые $0,05\text{ м}$ в обе стороны от центра оси результирующего потока. Замеры скоростей производились при различных значениях геометрического размера l_0 (6; 7,5; 10; 15;

30), при условии, что $a_p = \text{const} = 150$ мм, а $b_0 = \text{var} = 5; 10; 15; 20; 25$ мм. Ось OX при этом была направлена по направлению течения результирующего потока перпендикулярно плоскости, в которой располагалась прямоугольная щель воздухораспределителя.

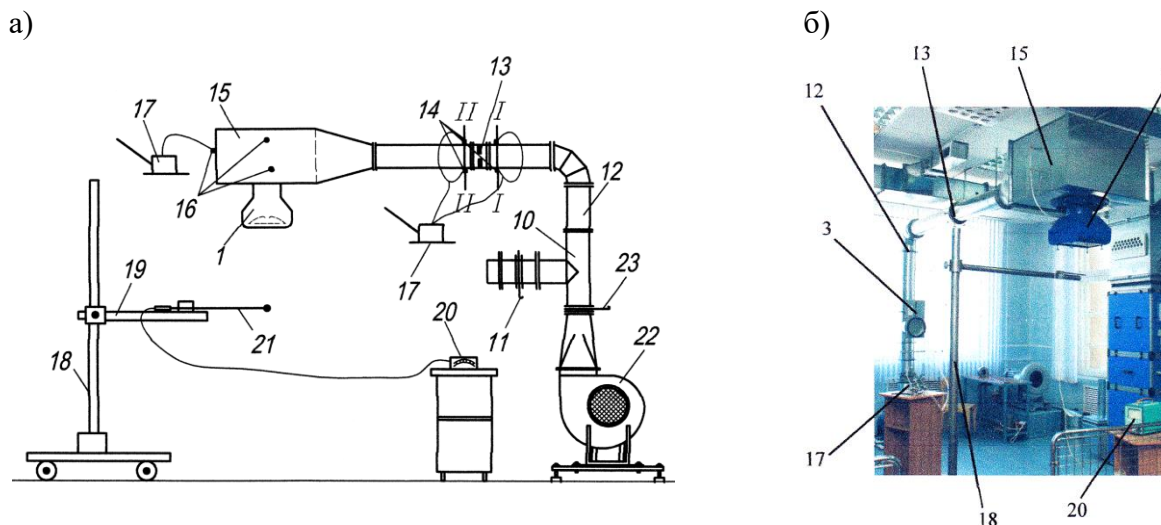


Рис. 5 – Экспериментальная установка для исследования результирующей струи приточного воздуха: а – схема лабораторного стенда; б – общий вид лабораторного стенда; 1 – воздухораспределитель; 10 – тройник; 11, 23 – шиберная заслонка; 12 – воздуховод; 13 – стандартная диафрагма; 14 – штуперы для измерения перепада давления; 15 – камера статического давления; 16 – штупер для измерения статического давления в камере; 17 – микроманометр ММ-250; 18 – координатник; 19 – держатель координатника; 20 – термоанемометр ТА-ЛИОТ; 21 – датчик термоанемометра; 22 – вентилятор; I-I, II-II – сечения соответственно до и после диафрагмы

На основании полученных результатов эксперимента, при различных значениях относительного геометрического размера воздухораспределителя, равного $l_0 = 6; 7,5; 10; 15; 30$, были построены эпюры поля абсолютных скоростей результирующей приточной струи [1].

Учитывая особенность конструкции воздухораспределительного устройства (рис. 2), приточный воздух из щелевидного отверстия шириной a_0 и a_4 вытекает не в свободное пространство, а выходит в оппозитный канал 7 высотой b_0 и далее в зону соударения встречных струй. Поэтому величину коэффициента местного сопротивления ζ необходимо принимать для истечения воздуха из оппозитного канала высотой b_0 и длиной l , отнесенного к скорости выхода v_0 , м/с, через оппозитный канал высотой b_0 .

Для оценки энергетических затрат при выходе воздуха из оппозитных каналов получено уравнение для определения коэффициента местного сопротивления ζ при различных значениях геометрических размеров l_0 :

$$\zeta = 2 \cdot 10^{-5} \cdot l_0^2 - 0,003 \cdot l_0 + 3,262. \quad (2)$$

Исследования показали, что при различных значениях геометрического размера l_0 в пределах от 6 до 30, величина коэффициента ζ зависит от Re , геометрического размера l_0 , расхода воздуха L , скорости в оппозитном канале (до соударения) и в начальном сечении результирующего потока.

Для дальнейшей разработки инженерной методики расчёта, с целью конструирования предлагаемого в работе воздухораспределителя предложены физическая и математическая модели с указанием направления действия статического $P_{ст}$ динамического $P_{д}$ и полного $P_{п}$ давлений, а также направления векторов скоростей $V_{ст}$, $V_{д}$, $V_{п}$ относительно плоскостей продольных щелей [11].

Новый воздухораспределитель является устройством постоянного статического давления, т.к. по мере движения воздуха внутри него поперечное сечение его уменьшается (рис. 6) [11].

Учитывая это, принято допущение, согласно которому коэффициент местного сопротивления выхода воздуха из оппозитного канала высотой b_0 постоянен по всей длине воздухораспределителя, а потери давления происходят только за счёт сопротивления движению воздуха, создаваемого трением. Количество воздуха L_0 , проходящее через всю конструкцию воздухораспределителя определяется значением статического давления $P_{ст}$ постоянного по всей длине l воздухораспределителя [11].

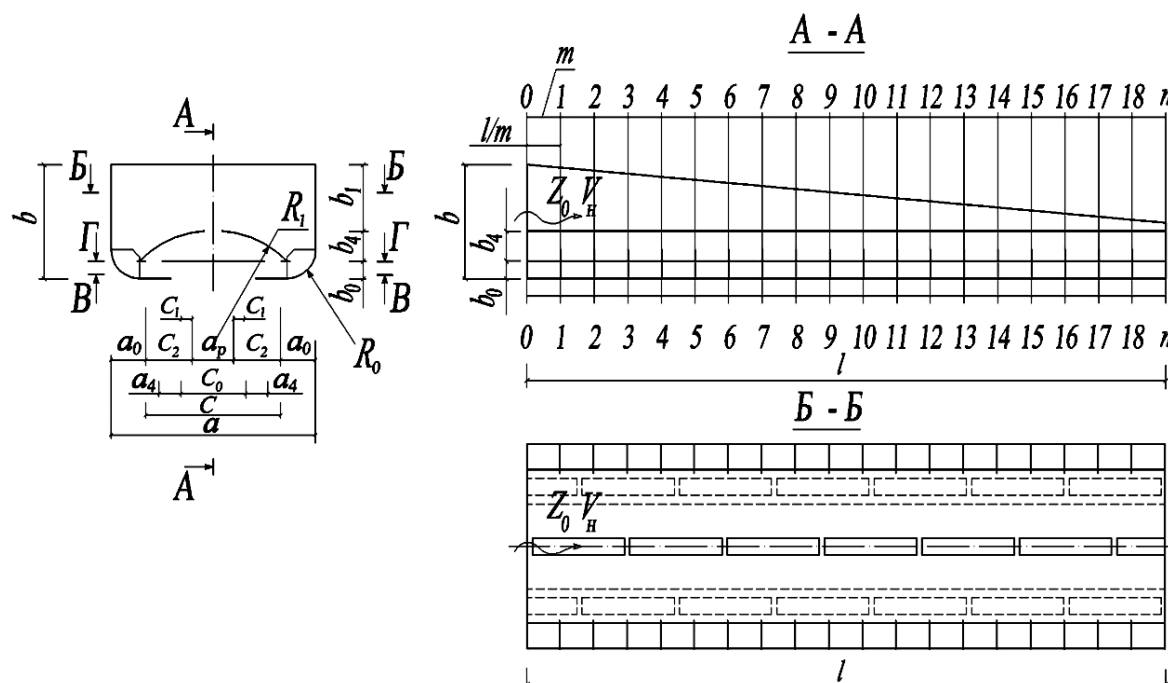


Рис. 6 – Схема воздухораспределителя постоянного статического давления сечением с продольными щелями постоянной ширины ($a_p, a_0, a_3, a_4, b_4, b_0 = \text{const}$) и разделителями потока воздуха [11]

Для удобства проведения инженерных расчетов воздухораспределитель длиной l делится на m равных участков. Рассчитываемой величиной, в предлагаемой инженерной методике, является площадь поперечного сечения $f_n = a \cdot b$, м^2 , соответствующая изменению динамического давления P_d на его участке m [11].

Разработан расчетный комплекс, составлен алгоритм и компьютерная программа расчета новой конструкции воздухораспределителя [1, 11].

Предложенная конструкция воздухораспределителя [10] прошла ряд испытаний как в лабораторных условиях, так и в реальных производственных на предприятии ОАО «Сурская мануфактура» им. Ассеева в городе Сурске Пензенской области.

Проведённые исследования в лабораторных условиях позволили сделать вывод, что наиболее целесообразным решением при конструировании предлагаемого воздухораспределителя является конструкция с рациональным геометрическим размером $l_0 = 10$, при котором обеспечивается достаточный угол бокового расширения струи $\alpha = 11^\circ$, а скорость воздуха на выходе из результирующей щели в технологической зоне составляет $0,8 \dots 0,3$ м/с на расстоянии $0,1 \dots 0,5$ метров от неё, а в рабочей зоне не превышает $0,2$ м/с, что отвечает санитарно-гигиеническим условиям (рис. 7). Кроме того, при $l_0 = 10$ воздухораспределитель имеет компактные габаритные размеры, с целью размещения его в технологическом оборудовании.

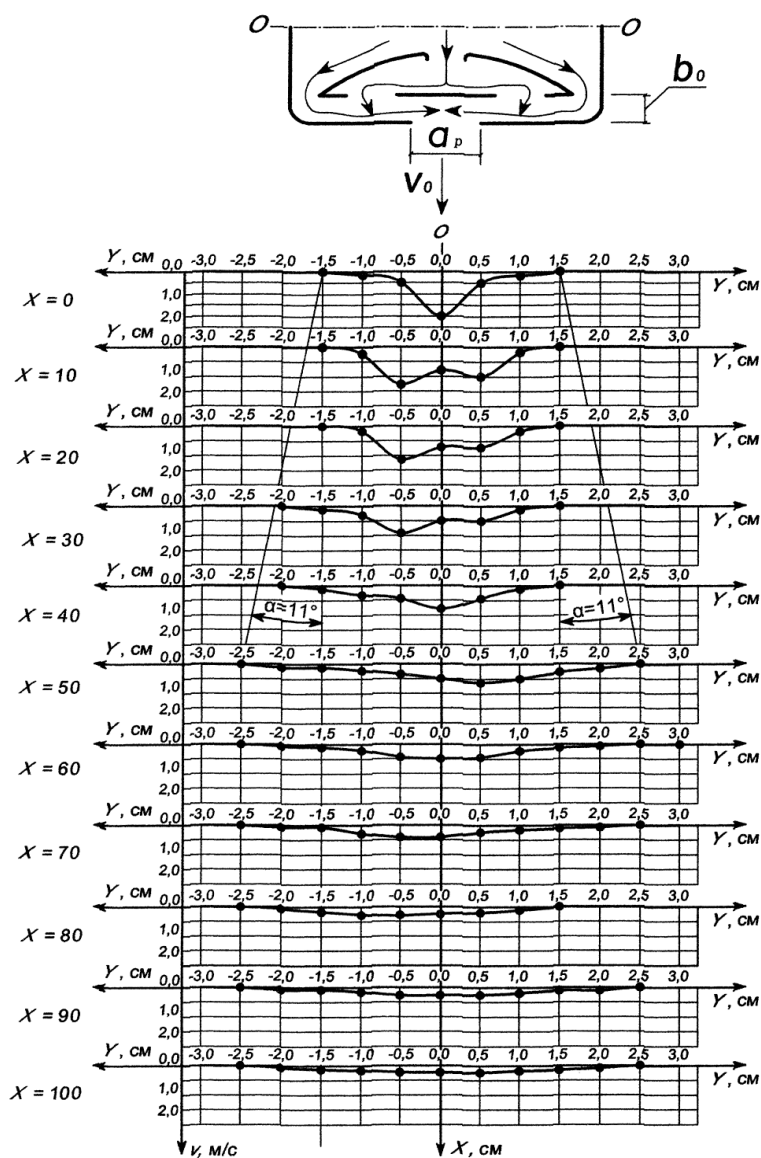


Рис. 7 – Эпюры поля абсолютных скоростей воздуха в результирующем потоке в плоскости XOY при $l_0 = 10$

Закключение.

Предложена конструкция воздухораспределителя локальной раздачи приточного воздуха, принцип действия которого основан на интенсивном гашении скорости приточной струи. Воздухораспределитель является основной частью системы кондиционирования воздуха помещений текстильной промышленности на примере прядильного цеха.

Предложенная система кондиционирования позволяет создать в одном помещении две неизолированных друг от друга микрозоны (технологическая и рабочая) с требуемыми параметрами микроклимата, соответственно для технологического процесса и комфортного пребывания обслуживающего персонала.

Испытания в производственных условиях показали, что за счёт использования предлагаемого воздухораспределителя для локальной раздачи приточного воздуха непосредственно в технологическое оборудование стало возможным сократить воздухообмен до 49 %, уменьшить затраты на электроэнергию до 50 %, а также повысить производительность труда и оборудования до 25 % за счёт снижения обрывностей нитей на 30 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Фильчакина, И. Н.** Технологическое кондиционирование воздуха локальным способом по типу вытесняющей вентиляции предприятий текстильной промышленности / И.Н. Фильчакина, А.И. Еремкин. – Пенза: Изд-во ПГУАС. – 2012. – 204 с.
2. **Еремкин, А. И.** Локальное кондиционирование вытесняющего типа текстильных предприятий / А. И. Еремкин. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-т. - 2006. – 390 с.
3. **Еремкин А. И., Базорова О. А.** Устройство локальной раздачи воздуха в прядильной машине. Пат. № 2128253(Российская Федерация), МПК D01H011/00 патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства». – № 96123359/12; заявл. 10.12.96; – опубл. 20.08.02, Бюл. № 9 (И ч). – 2 с.
4. **Ерёмкин, А. И.** Воздухораспределитель для равномерной раздачи приточного воздуха через оппозитные щели в системах вытесняющей вентиляции / А. И. Еремкин, И. Н. Фильчакина // Региональная архитектура и строительство. - 2011. - № 2. – С. 128-134.
5. **Сорокин, Н. С.** Кондиционирование воздуха, аспирация машин и пневмотранспорт в текстильной промышленности / Н.С. Сорокин. – М.: Лёгкая индустрия, 1974. – 204 с.
6. **Фильчакина, И. Н.** Оценка эффективности существующих систем кондиционирования воздуха применительно к помещениям прядильного производства / И.Н. Фильчакина // Materials of the XI international scientific and practical conference «Science without borders – 2015», March 30 – April 7, 2015. / «Ecology. Construction and architecture. Agriculture». – 2015. – №20. – С. 50-52.
7. **Юрманов, Б. Н.** Недостатки существующих способов воздухораздачи и предлагаемый способ активной микроклиматизации технологической зоны текстильных машин / Б.Н. Юрманов, А.И. Еремкин, В.Н. Хорошев // Межвузовский тематический сборник трудов «Исследования в области теплоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха». – Л., 1979. – 125 с.
8. **Живов, А. М.** Руководство по проектированию систем вытесняющей вентиляции / А. М. Живов, G. L. Riskowski, T. W. Ruprecht, L. L. Cristiannson, P. V. Nielson, E. O. Шилькрот // Отчет по заказу Philip Morris management Corp. International Air Technology Inc. Savoy, 1997.
9. **Хакон Скистад.** Вытесняющая вентиляция в непроизводственных зданиях: справочное руководство REHVA / Хакон Скистад (ред.) [и др.]; [пер. с англ. Л. И. Баранов]. - 2-е изд., испр. – Москва: АВОК-Пресс, 2006. – 145 с.
10. **Ерёмкин А. И., Фильчакина И.Н.** Устройство локальной раздачи в технологическую зону прядильного оборудования. пат. № 2400578 (Российская Федерация), патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства». – № 2009117015/12; заявл. 04.09.2009; – опубл. 27.09.10, Бюл. № 27 (II). – 6 с.
11. **Ерёмкин, А. И.** Инженерная методика расчёта воздухораспределителя локальной раздачи воздуха с интенсивным гашением скорости приточных струй применительно к прядильному производству / А. И. Еремкин, И. Н. Фильчакина, А. М. Береговой, Е. Г. Ежов // Приволжский научный журнал. – 2012. – № 1. – С. 85 - 89.
12. **Талиев, В. Н.** Вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха на текстильных предприятиях / В.Н. Талиев: Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Изд-во Легпромбытиздат. - 1985. – 256 с.

Поступила в редакцию 30 марта 2018

SUPPLY AIR DISTRIBUTOR OF LOCAL AIR SUPPLY TO TECHNOLOGICAL ZONE OF PROCESSING OF TEXTILE MATERIALS

I. N. Filchakina, A. I. Eremkin

Filchakina Irina Nikolaevna, Cand. tech. Sciences, associate professor «Heat and ventilation», Penza state University of architecture and construction, Penza, Russian Federation, phone: +7(937)913-60-32; e-mail: filchakina80@mail.ru
Eremkin Alexander Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, professor of the department «Heat and ventilation», Penza state University of architecture and construction, Penza, Russian Federation, phone: +7(902)352-65-04; e-mail: tgv@pguas.ru

Considering the shortcomings of the existing air conditioning systems, the most effective method is proposed for industrial premises of textile enterprises by the example of a spinning mill. The authors suggest improvement of the process conditioning system due to local air supply based on the principle of displacement ventilation. Air exchange is carried out according to the "bottom-up" scheme, namely, the supply air with the required microclimate parameters is locally supplied directly to the process equipment, and the exhausted polluted air, together with the heat excess, is removed from the upper zone of the room, above the level of stratification. A new air distributor is proposed, which is an improved design of the device for local distribution of air in a spinning machine. The improvement of the air distributor is realized due to the use in its design of a new additional element in the form of arc-shaped screens that allow forming six streams inside it, repeatedly dividing and colliding with each other, which contributes to a decrease in the velocity of the resulting jet at the outlet of the air distributor. The scheme of motion of air masses inside a new air distributor is considered in detail. The scheme of the experimental installation for the investigation of the resulting jet of fresh air at the outlet from the air distributor is presented. The carried out researches allowed to reveal the most expedient solution when choosing the dimensions of the air distributor design, which provides a sufficient angle of lateral expansion of the jet, permissible air velocity at the exit and compact overall dimensions, for the purpose of placing it in technological equipment. In addition, an equation for determining the coefficient of local resistance was obtained to estimate the energy costs when air is discharged from the opposite channels of the air distributor.

Keywords: air distributor of local air supply; organization of air exchange for rooms with heat losses; the principle of displacement ventilation; the effect of collision of counter flat jets.

REFERENCES

1. **Filchakina I. N, Eremkin A. I.** *Technological conditioning of air by a local method as a type of displacing ventilation of textile industry enterprises*. Penza, Publishing house of PGUAS. 2012. 204 p. (in Russian).
2. **Eremkin A. I.** *Local consolidation of the displacing type of textile enterprises*. Saratov, Publishing house of SGTU. 2006. 390 p. (in Russian).
3. **Eremkin A. I. Bazorova O.A.** *The device for local distribution of air in a spinning machine*. Pat. No 2128253 (Russian Federation), IPC D01H011/00 patentee Federal state educational budget institution of higher professional education Penza State University of Architecture and Construction. No96123359/12; publ. 20.08.02, bull. No 9. 2p. (in Russian).
4. **Eremkin A. I., Filchakina I. N.** *Air distributor for uniform distribution of supply air through opposing slots in systems of displacement ventilation*. Regional architecture and construction. 2011. No 2. Pp. 128-134. (in Russian).
5. **Sorokin, N.S.** *Air conditioning, aspiration machines and pneumatic transport in the textile industry*. Moscow, Publishing house of Light industry. 1974. 204 p. (in USSR).
6. **Filchakina I. N.** *Evaluation of the effectiveness of existing air conditioning systems for premises of spinning production*. Materials of the XI international scientific and practical conference «Science without borders – 2015», March 30 – April 7, 2015. / «Ecology. Construction and architecture. Agriculture». 2015. No. 20. – Pp. 50-52 (in Bulgaria).

7. **Yurmanov B. N., Eremkin A. I., Horoshev V.N.** *Disadvantages of existing methods of air distribution and the proposed method of active microclimatization of the technological zone of textile machines*. Interuniversity thematic collection of works «Research in the field of heat supply, heating, ventilation and air conditioning». Leningrad. 1979. 126 p. (in USSR).

8. **Zhivov A. M., Riskowski G. L., Ruprecht T. W., Cristiannson L. L., Nielson P. V., Shilkrot E. O.** *Guide to the design of ventilation systems: Report on the order of Philip Morris management Corp.* International Air Technology Inc. Savoy. 1997. (in Russian).

9. **Hakon Skistad.** *Displacement ventilation in non-production buildings: reference manual* REHVA. Moscow, Publishing house of ABOK-Press. 2006. 145 p. (in Russian).

10. **Eremkin A. I., Filchakina I. N.** *The device of local distribution in a technological zone of the spinning equipment*. Pat. No 2400578 (Russian Federation), patentee Federal state educational budget institution of higher professional education "Penza State University of Architecture and Construction". No 2009117015/12; publ. 27.09.2010, bull. No 27 (II). 6 p. (in Russian).

11. **Eremkin A. I., Filchakina I. N., Beregovoi A. M., Yezhov E. G.** *Engineering technique for calculating the air distributor of local distribution of air with intensive damping of the speed of the supply air for spinning production*. Privolzhsky scientific journal. 2012. No 1. Pp. 85-89. (in Russian).

12. **Taliev V.N.** *Ventilation, heating and air conditioning at textile enterprises*. Moscow, Publishing house of Legpromtizdat. 1985. 256 p. (in Russian).

Received 30 March 2018

Для цитирования:

Фильчакина, И. Н. Приточный воздухораспределитель локальной подачи воздуха в технологическую зону переработки текстильных материалов / И. Н. Фильчакина, А. И. Еремкин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – с. 26-37.

FOR CITATION:

Filchakina I. N., Eremkin A. I. *Supply air distributor of local air supply to technological zone of processing of textile materials*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 26-37. (in Russian)

УДК 628.84

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАДИЦИОННОГО И АЛЬТЕРНАТИВНОГО СПОСОБОВ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ОФИСНЫХ ЗДАНИЙ

А. А. Замятина, М. Н. Жерлыкина

Замятина Анастасия Александровна, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: anast.zamiatna2015@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

В статье рассмотрены традиционный и альтернативный способы кондиционирования воздуха в офисных зданиях, расположенных в городах России с различными климатическими условиями. Проанализированы основные схемные решения кондиционирования воздуха в офисных зданиях, наиболее распространенные на сегодняшний день. Приведены результаты исследований в области электропотребления системами кондиционирования воздуха общественных зданий, спроса на продукцию и объема ее выпуска, с целью выявления основных причин удорожания традиционного способа кондиционирования воздуха. Представлено описание способа охлаждения офисных здания с помощью термоактивных систем. Приведены решения по размещению оборудования и дополнительных элементов альтернативной системы кондиционирования воздуха в офисном здании. Даны рекомендации по целесообразности применения различных типов оборудования и материалов в альтернативных системах кондиционирования воздуха. Представлены результаты расчета стоимости оборудования систем климатизации, затрат на их установку, эксплуатацию и ремонт, применительно к традиционным и альтернативным системам для офисного здания с распространенным архитектурно-планировочным решением. Произведен сравнительный анализ затрат на кондиционирование воздуха для двух способов климатизации офисных зданий при разных воздействиях окружающей среды. Выявлено значительное превышение эксплуатационных и капитальных затрат при традиционном способе климатизации. Обоснованы рекомендации по выбору района строительства при проектировании систем кондиционирования воздуха с применением строительных конструкций с учетом обеспечения рационального энергопотребления и повышения энергоэффективности офисных зданий.

Ключевые слова: кондиционирование воздуха; микроклимат; традиционный подход; альтернативный подход; электропотребление; теплопоступления; лучистый теплообмен; холодоноситель; энергоэффективность.

В настоящее время наиболее актуальными в области проектирования и эксплуатации систем кондиционирования воздуха являются две проблемы: проблема энергосбережения и проблема обеспечения качества микроклимата помещений.

На сегодняшний день ситуация на рынке климатического оборудования Российской Федерации включает в себя общее падение объемов продаж на рынке сплит-систем, чиллеров и абсорбционных холодильных машин, которое составляет в процентном отношении 3,2 %, а суммарный объем этого рынка оценивается в 450 млрд. рублей. Доля продаж сплит-систем составляет более 8 % всего объема рынка кондиционирования.

Если рассматривать группы климатического оборудования, то абсорбционные холодильные машины к концу 2017 года на 10 % чаще находили применение в зданиях со значительными теплоизбытками. Такой рост обусловлен популярностью данных машин в Китае, Корее и Японии.

Снижение продаж продемонстрировали в наибольшей степени чиллеры с водяным охлаждением. Падение составило 5 % к уровню 2017 года. Чиллеры с воздушным охлаждением практически сохранили свои позиции – падение на 0,4 %. Мировой спрос на центробежные чиллеры увеличился на 1 %. Холодильные машины данных типов наиболее целесообразно применять в многозональных системах общественных зданий. Однако автоматизация систем кондиционирования воздуха с использованием чиллеров с воздушным и водяным охлаждением конденсаторов осложняется необходимостью точной регулировки параметров ее работы для поддержания условий комфортности в разнохарактерных помещениях здания.

На сегодняшний день наибольшее распространение для климатизации помещений офисных зданий получили сплит-системы. Основное достоинство – простота установки и эксплуатации. Большой выбор оборудования позволяет подобрать оптимальное решение и подобрать нужную модель. Недостатками данного способа являются: необходимость установки большого количества наружных блоков, сложность согласования расположения внутренних блоков воздухораспределения с расстановкой рабочих мест в офисе.

Традиционный подход к организации системы кондиционирования офисных зданий нельзя признать эффективным – относительно высокие затраты дорогостоящей, а иногда и дефицитной электрической энергии при относительно невысокой холодопроизводительности. При традиционном проектировании, кроме эксплуатационных, достаточно высоки и капитальные затраты на оборудование и подключение к системе электроснабжения. Немаловажным аспектом является использование для размещения оборудования отдельных помещений, их объемов, что является важным для инвестора [1].

Для выявления причин удорожания применения традиционных способов кондиционирования воздуха и поиска новых рациональных решений проведено изучение тенденций электропотребления систем кондиционирования воздуха на территории Российской Федерации. На рис. 1 представлены индексы изменения тарифов на электрическую энергию.

На рис. 2 представлен график изменения выпуска продукции и спроса на нее за год, т.е. предполагаемого количества использования электрической энергии на работу сплит-систем и фактического ее потребления.

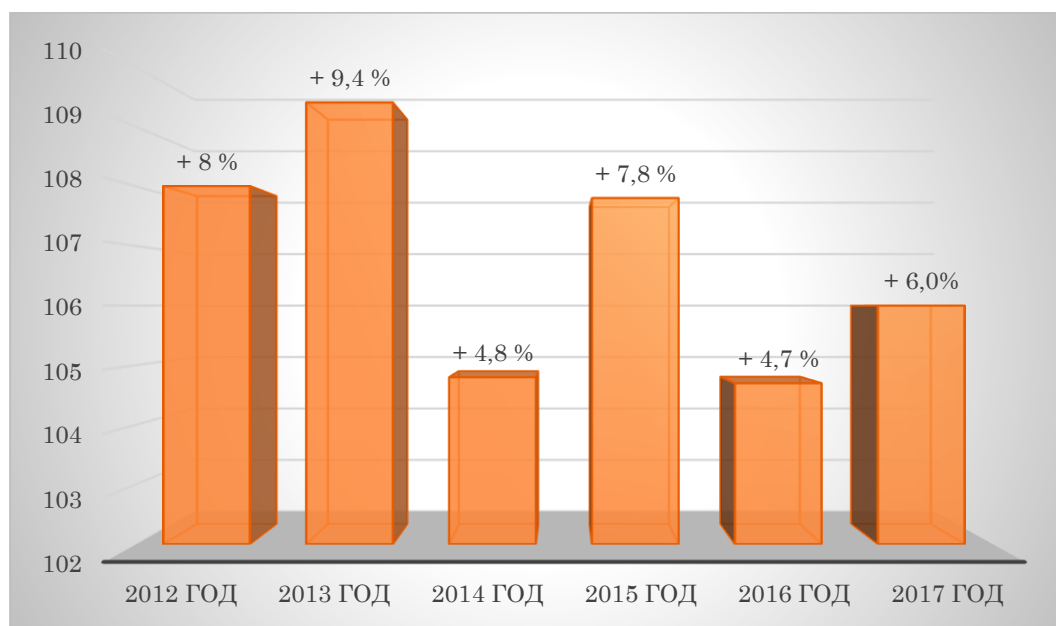


Рис. 1 – Индексы изменения тарифов на электрическую энергию, % (по данным Росстата)



Рис. 2 – Индекс изменения выпуска и спроса на электрическую энергию для работы кондиционирования воздуха, % за год

Таким образом, соотношение количества установленного оборудования сплит-систем и потребляемой ими электрической энергии зависит от условий окружающей среды в исследуемый год эксплуатации, что затрудняет прогнозирование величин спроса и предложения электрической энергии на работу систем климатизации.

На примере типового офисного здания авторами проведен сравнительный анализ традиционного и альтернативного способов кондиционирования. Здание имеет общую площадь 1560 м², полезная площадь – 1378,2 м², из которой офисные помещения составляют 1244,08 м² с постоянным пребыванием большого количества людей. Сравнение проводилось для климатических условий трех городов: г. Сочи, г. Воронеж и г. Сургут.

Теплопоступления в вентилируемые помещения жилых и общественных зданий определяются по [2]. Результаты представлены в табл., а также на рис. 3.

Теплопоступления в рассматриваемом офисном здании в теплый период года

Показатель	г. Воронеж	г. Сочи	г. Сургут
Теплопоступления от людей, Вт	48 146,25		
Теплопоступления от источников искусственного освещения, Вт	39 000,00		
Теплопоступления от солнечной радиации, Вт	94 721,23	105 234,21	78967,57
Теплопоступления от электрического оборудования, Вт	11629,8		
Итого:	106351,03	116864,01	90597,37

В качестве традиционного способа кондиционирования воздуха для офисного здания рассматривается применение сплит-систем [3].

В результате исследования состояния рынка климатической техники авторами выполнен расчет и определены расходы на приобретение и содержание сплит-системы, ее установку и энергоснабжение в городе Воронеж в среднем составляет 1578605 руб., тогда как в городе Сочи будет стоить 1775492 руб., а в городе Сургут – 1386635 руб.

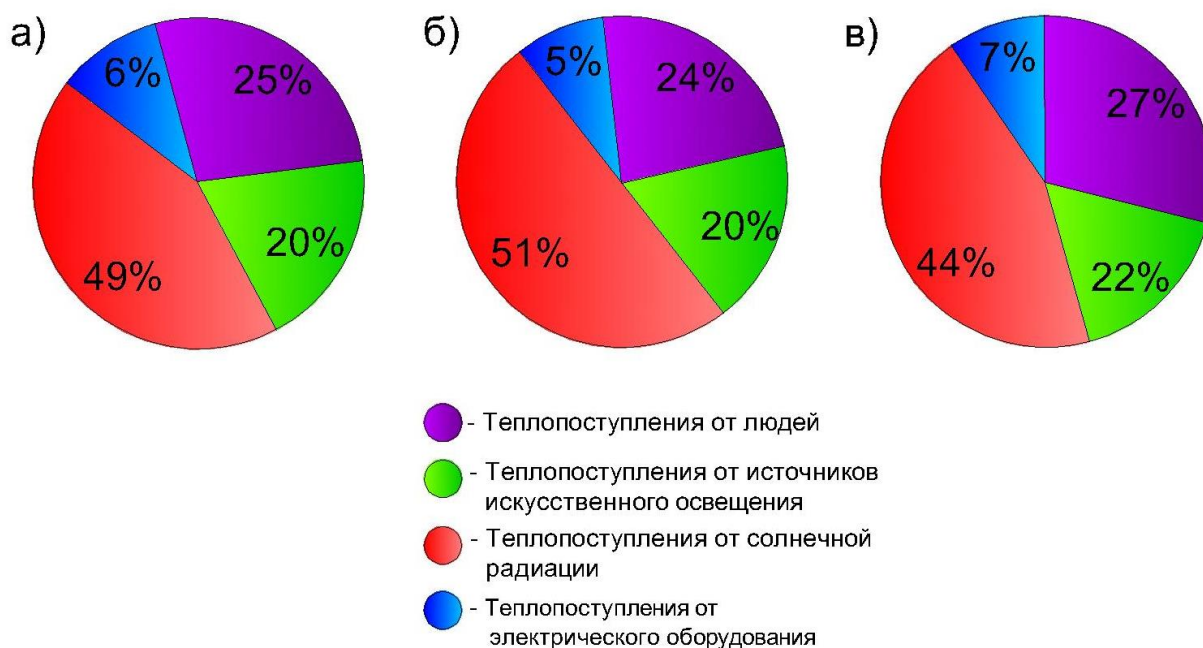


Рис. 3 – Распределение теплопоступлений в офисном здании в теплый период года:
а – г. Воронеж; б – г. Сочи; в – г. Сургут

Из полученных результатов следует, что такой способ кондиционирования воздуха является достаточно затратным, к тому же, большое количество громоздких установок на фасаде здания портит его архитектурную привлекательность [4].

Одним из вариантов альтернативного кондиционирования воздуха является способ охлаждения воздуха с применением охлаждаемых строительных конструкций, схема которого представлена на рис. 4. Работа системы основана на лучистом теплообмене между охлаждаемой поверхностью строительной конструкции и воздухом помещения. Суть данного способа состоит в том, что холодное перекрытие забирает из воздуха теплоту в дневное время, а само перекрытие охлаждается ночью [5]. В помещении поверхность перекрытия имеет более низкую температуру, чем воздух, поэтому создается так называемый температурный напор, в результате чего из воздуха помещения забирается теплота [6]. Охлаждение же самого перекрытия достигается путем циркуляции воды по трубам, размещенным в виде змеевика в железобетонном перекрытии или стене (рис. 5). В данной системе вода является холодоносителем, забирающим теплоту из перекрытия, а перекрытие выступает в роли аккумулятора холода [7].

Для охлаждения строительных конструкций здания могут использоваться грунтовые воды, ночной воздух, охлажденная в грунтовом теплообменнике вода или холодоноситель из системы холодоснабжения [8]. Энергопотребление системы кондиционирования распределяется на более длительный период в дневное время и частично сдвигается с дневного времени на ночное. Это позволяет уменьшить пиковые нагрузки и использовать установки кондиционирования воздуха меньшей мощности [9]. Преимуществами системы кондиционирования без внутренних блоков являются:

- ✓ отсутствие подвесных потолков, что обеспечивает экономию строительных материалов;
- ✓ параметры холодоносителя близки к параметрам воздуха в помещении, что повышает энергоэффективность тепловых насосов, конденсационных котлов, солнечных коллекторов, грунтовых теплообменников;
- ✓ низкие капитальные и эксплуатационные затраты.

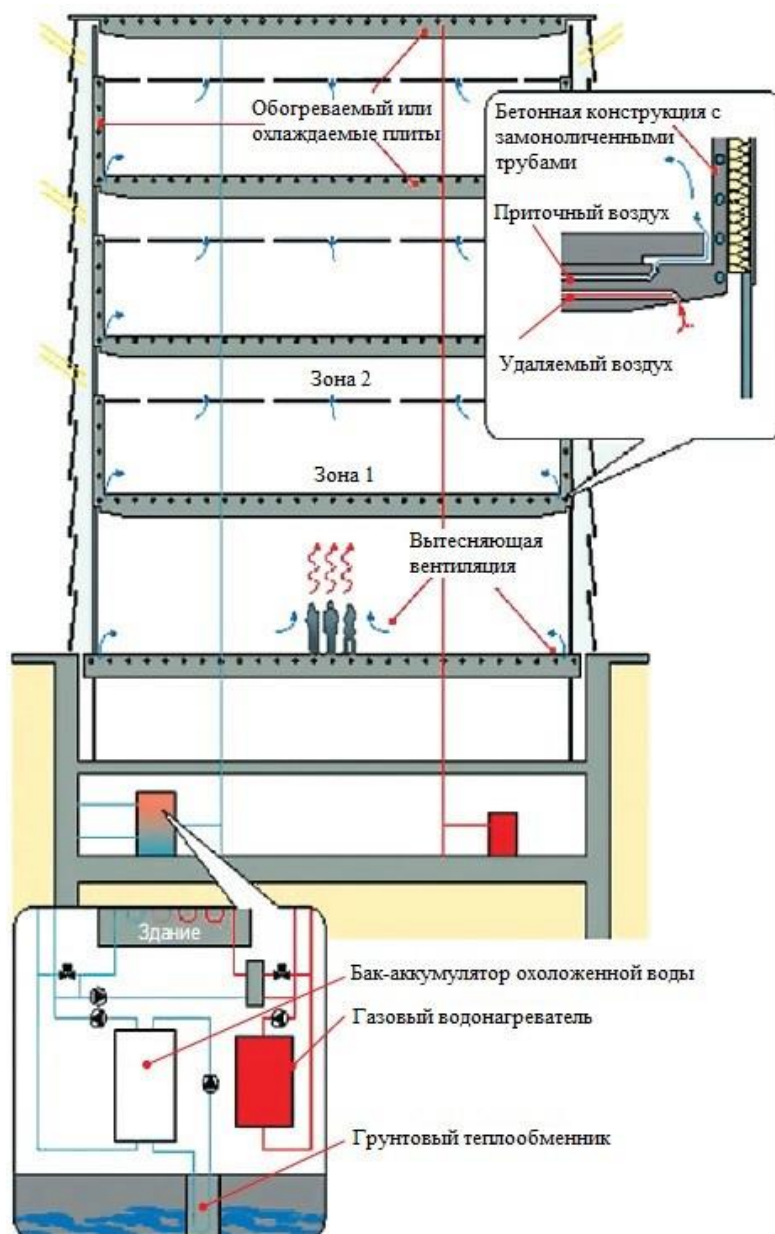


Рис. 4 – Схема кондиционирования офисного здания с помощью охлаждаемых строительных конструкций

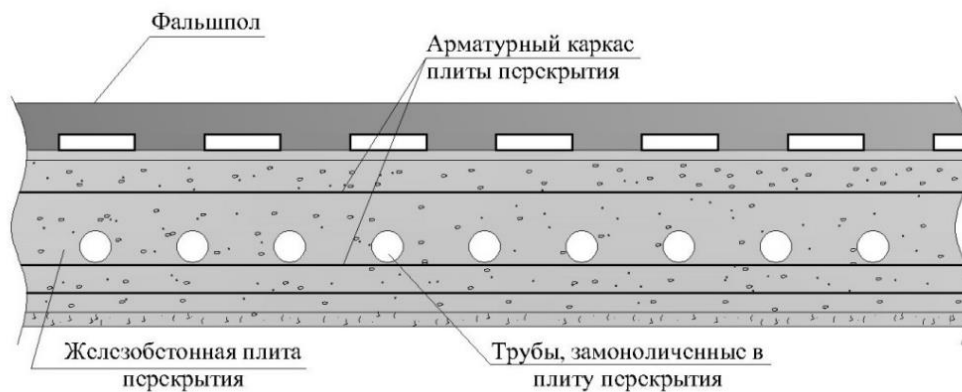


Рис. 5 – Схема конструкции охлаждаемого перекрытия

Благодаря своей массивности железобетонные перекрытия накапливают большое количество холода и тем самым повышают энергоэффективность здания. По эксплуатационным затратам экономия может составить до 50 % в сравнении с традиционным кондиционированием с применением сплит-систем. По инвестиционным вложениям – система может дать экономию до 30 % [10]. Экономия достигается за счет разницы теплоемкости воды и воздуха. Для сравнения, чтобы перенести то же количество холода, которое переносит один литр воды, потребуется 3,5 м³ воздуха, т.к. теплоемкость воды гораздо выше, чем у воздуха. Это означает, что для переноса холодильной энергии водой можно использовать трубы гораздо меньшего диаметра, чем диаметр воздуховодов при переносе энергии воздухом [11]. Отсюда у них меньше стоимость и мощность, чем у воздуховодов большего диаметра, а значит и цена насосов и затраты на электроэнергию по сравнению с воздушными вентиляторами [12]. Отсутствие шума от работы системы обеспечивает комфортную среду в помещении и повышает работоспособность людей.

Следует отметить, что в ночное время суток ставка на электрическую энергию ниже по сравнению с дневной. Расходы на установку, монтаж и эксплуатацию систем кондиционирования воздуха представленным выше способом при строительстве офисного здания в городе Воронеж составят 968015 руб., в городе Сочи – 969345 руб., а в городе Сургут – 964760 руб. Сравнительный анализ затрат при разных способах кондиционирования представлен на рис. 6.

Таким образом, затраты на установку и эксплуатацию систем кондиционирования воздуха с применением строительных конструкций значительно меньше, чем при традиционном подходе.

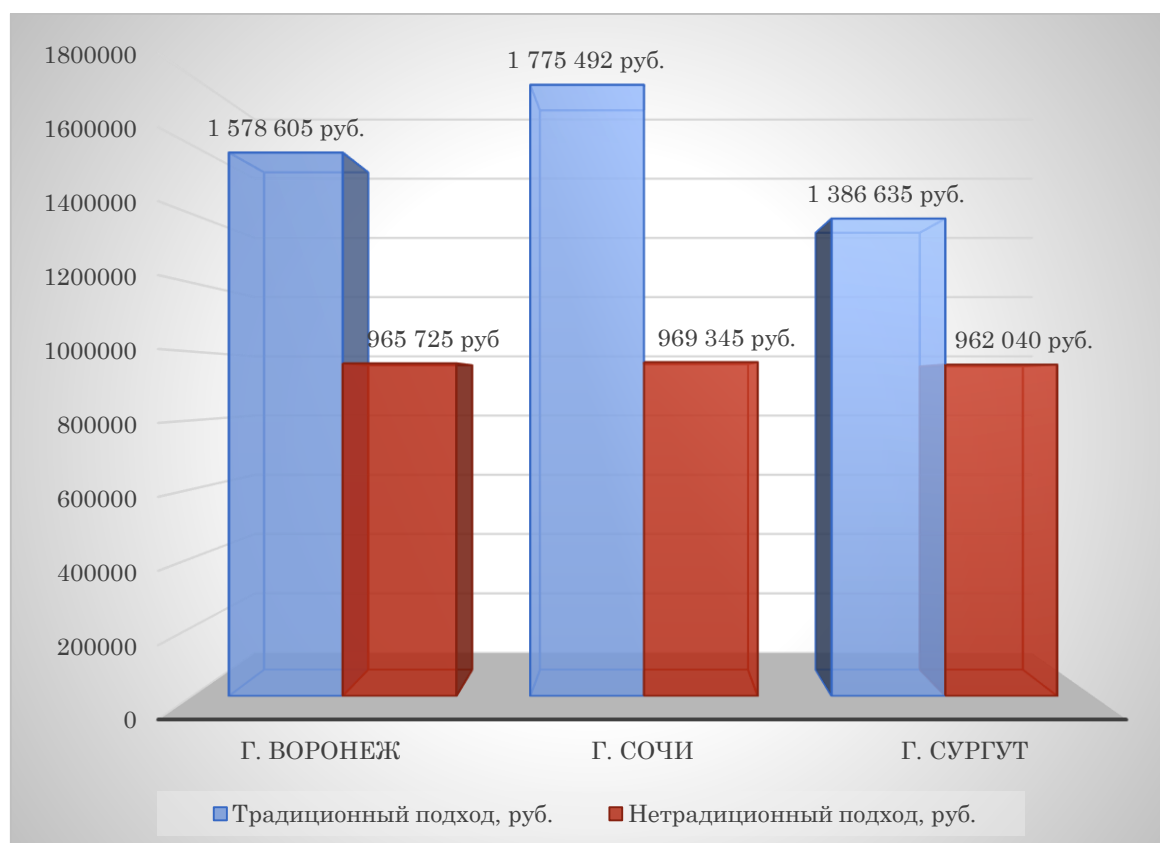


Рис. 6 – Сравнительный анализ затрат при разных способах кондиционирования воздуха

Заключение.

Проведенный расчет теплопоступлений для офисного здания, находящегося в различных климатических условиях, позволил установить распределение основных составляющих теплового баланса, необходимых для проектирования системы кондиционирования воздуха.

Обоснована возможность и целесообразность применения нетрадиционного способа охлаждения воздуха с использованием строительных конструкций в качестве аккумулятора холода.

Сравнение затрат для устройства кондиционирования на основе традиционной сплит-системы и альтернативной системы холодоснабжения с использованием охлаждаемого перекрытия показало экономическую эффективность второго варианта для трех рассматриваемых городов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Одокиенко, Е. В.** Проблема качества микроклимата жилых помещений / Е. В. Одокиенко, Н. В. Маслова // Материалы XIII международной научно-практической конференции «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России», Пенза, 28-30 января 2015. – 2015. – С. 78-80
2. **Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений:** учеб. пособие / М. Н. Жерлыкина, С. А. Яременко. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2013. – 160 с.
3. **Лобанов, Д. В.** Схема создания комфортных климатических параметров в офисах / Д. В. Лобанов, И. И. Полосин // Журнал «Сантехника. Отопление. Кондиционирование». – 2015. – № 2(158). – С. 58-61.
4. **Новичихин, А. Ю.** Альтернативное электроснабжение малоэтажных зданий: перспективы и возможности использования фотоэлектрических преобразователей / А. Ю. Новичихин, Т. В. Щукина, С. А. Иванов, А. В. Полуказов, Р. С. Шевченко // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, Серия «Высокие технологии. Экология». – 2017. – С. 132-139.
5. **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
6. **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. Коконова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 4(3). – С. 90-97
7. **Fanger, O. P.** Качество внутреннего воздуха в XXI веке: в поисках совершенства / Fanger O.P. // АВОК. – 2000. – № 2. – С. 14-21.
8. **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.
9. **Ливчак, В. И.** О нормах воздухообмена общественных зданий и последствиях их завышения / В. И. Ливчак // АВОК – 2007. – № 6 – С. 4-9.
10. **Коконова, 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
11. **Жерлыкина, М. Н.** Техничко-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.

12. **Андрियाшкин, О. О.** Сравнение технико-экономических показателей локальных устройств для очистки приточного воздуха / О. О. Андрियाшкин, О. А. Жданова, М. С. Кононова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1 (4). – с. 104-110.

Поступила в редакцию 11 апреля 2018

COMPARATIVE ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY OF TRADITIONAL AND ALTERNATIVE METHODS OF AIR CONDITIONING

A. A. Zamyatina, M. N. Zherlykina

Zamyatina Anastasia Alexandrovna, master of the Department 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: anast.zamiatna2015@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 traditional and alternative methods of air conditioning in office buildings located in cities of Russia with different climatic conditions are considered. The main air conditioning solutions in office buildings, most common today, are analyzed. The results of research in the field of power consumption by air conditioning systems of public buildings, demand for products, namely electric energy, and its release in order to identify the main reasons for rising costs of the traditional air conditioning method are given. The method of cooling of office buildings with the help of thermoactive systems is described. Solutions are provided for the placement of equipment and additional elements in the office building used for alternative air conditioning. Design features of the air conditioning system with the use of building structures are presented. Recommendations are given on the advisability of using types of equipment and types of materials in alternative air conditioning systems. The results of calculating the estimated cost of air conditioning systems equipment, installation, operation and repair costs for traditional and alternative systems for an office building for which architectural and planning solutions are most frequently encountered are presented. A comparative analysis of the cost of air conditioning for two ways of climate control of office buildings under different environmental influences was made. A significant excess of operating and capital costs has been revealed in the traditional method of air conditioning. Recommendations are presented for the selection of the construction area in the design of air conditioning systems with the use of building structures in view of ensuring rational energy consumption and improving the energy efficiency of office buildings.

Keywords: air conditioning; microclimate; traditional approach; an alternative approach; power consumption; heat supply; radiant heat exchange; coolant; energy efficiency.

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. **Zherlykina M. N., Yaremenko S. A.** *System for microclimate of buildings and structures.* Voronezh. 2013. 160 p. (in Russian)
3. **Lobanov D. V., Polosin I. I.** *Scheme of creating comfortable climatic parameters in the office* Plumbing. Heating. Air conditioning. 2015. No 2(158). Pp. 58-61. (in Russian)

4. **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)
5. **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)
6. **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)
7. **Fanger O. P.** *Indoor air Quality in the XXI century: in search of excellence AVHC.* – 2000. No 2. Pp. 14-21. (in Russian)
8. **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)
9. **Livchak V. I.** *On the standards of ventilation of public buildings and the effects of their overstatement.* AVHC. 2007. No 6 Pp. 4-9. (in Russian)
10. **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)
11. **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)
12. **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)

Received 11 April 2018

Для цитирования:

Замятина, А. А. Сравнительный анализ энергоэффективности традиционного и альтернативного способов кондиционирования воздуха офисных зданий / А. А. Замятина, М. Н. Жерлыкина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – с. 38-46.

FOR CITATION:

Zamyatina A. A., Zherlykina M. N. *Comparative analysis of energy efficiency of traditional and alternative methods of air conditioning.* Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 38-46. (in Russian)

УДК 551.584.61; 697.317.2

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТА В ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСАХ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ

А. В. Исанова

Исанова Анна Владимировна, 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: a.isanova@bk.ru

В новых многоэтажных кварталах наблюдается увеличение скорости ветра на внутридворовых территориях и зачастую превышение его нормируемых значений. Этот факт ведёт к несоблюдению параметров теплового комфорта жителей в момент их нахождения на улице. Вследствие «выдувания» аккумулируемой теплоты оказывается влияние и на внутренний микроклимат зданий. Снижение нормируемых температурных характеристик внутреннего воздуха части здания неблагоприятно воздействует на его общий тепловой режим, что, в свою очередь, приводит к увеличению затрат тепловой энергии и снижению энергетической эффективности строения в целом. В качестве примера энергосберегающего мероприятия приводится описание теплонасосной системы с фасадным регулированием. Рассматриваемая модель включает в себя станцию, состоящую из двух последовательно соединённых тепловых насосов. Два контура циркуляции и регулирования температуры теплоносителя переносят избыточную тепловую энергию из теплых помещений с «подветренной» стороны в более холодные помещения с «наветренной» стороны строения, предложены технические, технологические и архитектурно-планировочные мероприятия для многоэтажных зданий, формирующих городские кварталы, позволяющие создать благоприятные условия проживания, при соблюдении нормируемых температурных параметров внутреннего микроклимата.

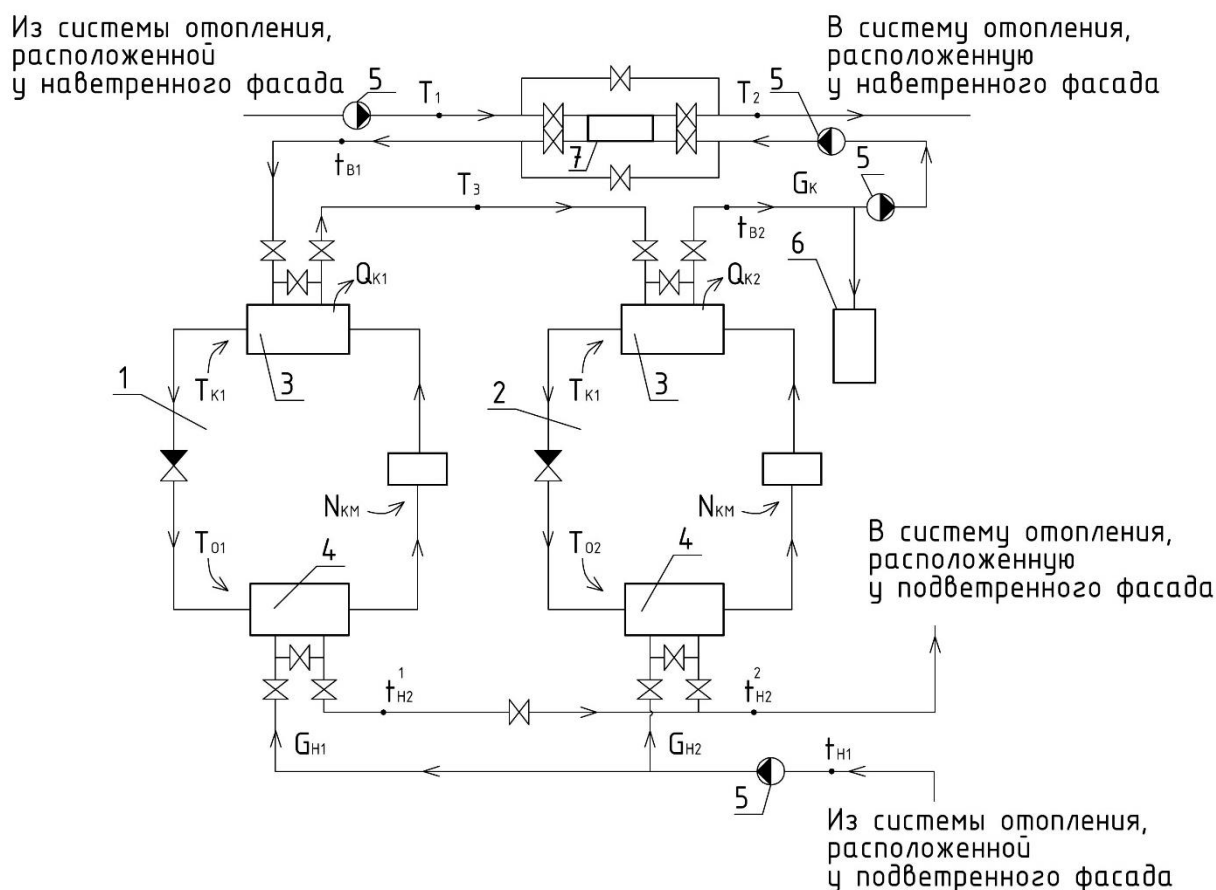
Ключевые слова: тепловой комфорт; микроклимат; ветровой режим; тепловой насос.

При увеличении скорости ветра на придомовых территориях многоэтажных зданий, появление эффекта аэродинамической трубы вокруг них способствует выдуванию аккумулированной теплоты помещений, расположенных с наветренной стороны фасада [1]. Снижение нормируемых температурных характеристик внутреннего воздуха части здания неблагоприятно сказывается на его общем тепловом режиме и ведёт к увеличению энергозатрат и снижению энергоэффективности строения [2, 3].

Тепловой режим здания – это совокупность процессов и воздействий, которые под влиянием различных внутренних и внешних факторов, формируют микроклимат помещений. К одним из основных параметров микроклимата помещений относятся температура и подвижность воздуха. Принимаемые по СП 60.13330.2012 значения данных характеристик в описанных выше условиях не будут соблюдаться, снижая комфортность нахождения в помещениях жителей. Возникновение ветровых потоков с высокими скоростями ведёт так же к образованию дополнительных звуковых волн, связанных с прохождением воздуха через неплотности и щели конструкций, что негативно сказывается на проживающих в помещениях людях [4].

Следует отметить, что существует тенденция снижения теплопотерь здания при увеличении этажности. Соблюдение норм энергоэффективности в данных условиях (12 этажей и более) достижимо только при надёжной герметизации наружных ограждающих конструкций. Данный аспект должен быть соблюден особенно в микрорайонах, где преобладают многоэтажные строения [5]. Отсутствие контроля за эксплуатацией ограждающих конструкций и их своевременного ремонта приводит к нарушению их герметизации и значительным тепловым потерям.

Одним из способов поддержания требуемых характеристик микроклимата является использование системы теплоснабжения на базе тепловых насосов с эффективной системой пофасадного регулирования, обеспечивающей корректировку теплового режима помещений у «навстречного» фасада здания в зависимости от отклонения температуры воздуха помещения, с учетом величины солнечной радиации и влияния инфильтрации. За счет регулирования повышаются комфортные условия в отапливаемых помещениях и обеспечивается сокращение расхода теплоты на отопление. Схема пофасадного регулирования с термостатическими датчиками, установленными на отопительные приборы и системой тепловых насосов (ТНС), приведена на рис.



Принципиальная схема ТНС, работающей совместно с системой пофасадного регулирования:

1 – тепловой насос первого контура ТН1; 2 – тепловой насос второго контура ТН2; 3 – конденсатор; 4 – испаритель; 5 – сетевой насос; 6 – бак-аккумулятор; 7 – теплообменник; Q_K – тепловая нагрузка конденсатора ТН, кВт; T_O – температура испарения рабочего тела ТН, К; G_{H1} – массовый расход воды в системе отопления у подветренного фасада, кг/с; G_C – массовый расход воды в системе отопления у навстречного фасада, кг/с; t_{H1}, t_{H2} – температура воды на входе во второй и на выходе из первого испарителя ТН соответственно, К; t_{B1}, t_{B2} – температура воды на входе в первый и на выходе из конденсатора второго ТН соответственно, К; t_{K1}, t_{K2} – температура конденсации рабочего тела ТН1 и ТН2 соответственно, К, T_1 и T_2 – температура теплоносителя системы отопления у навстречного фасада до и после теплонасосной системы соответственно

Предлагаемая схема (см. рис.) может быть реализована в зданиях, имеющих прямоугольную форму в плане. Система теплоснабжения здания с включенной в неё теплонасос-

ной станцией из последовательно соединённых тепловых насосов имеет два циркуляционных контура, один из которых располагается на теплой солнечной (или «подветренной») стороне здания, другой – на холодной (или «наветренной»).

В помещениях здания установлены датчики температуры внутреннего воздуха, данные от которых поступают в терморегулятор, который корректирует температуру теплоносителя, подающегося в перегретую и холодную части строения, регулируя параметры работы тепловых насосов. Алгоритм работы теплонасосной системы заключается в понижении температуры горячей воды одного контура системы теплоснабжения, идущего в помещения с «подветренной» стороны и переносе её в другой контур, идущий в квартиры «наветренной» стороны.

Описанная система сокращает потребность в энергии от внешнего источника, повышая класс энергосбережения здания. Максимальный эффект от пофасадного регулирования обеспечивается при быстром и адекватном реагировании системы на изменение погодных условий: снижении температуры воды на подаче в систему отопления в соответствии с изменением нагрузки. Возможности автоматических комплексов системы пофасадного регулирования с ТНС позволяют реализовать все алгоритмы изменения температуры теплоносителя внутри системы [6].

В качестве критерия оптимизации можно использовать расход условного топлива на удовлетворение заданной тепловой нагрузки с помощью теплонасосной станции, по минимуму которого определяются оптимальные параметры работы ТН и степень их влияния на работу системы. Выражение расхода условного топлива системы $B_{ТНС}$, кг.у.т./с [7,8] имеет вид:

$$B_{ТНС} = \frac{34.1 \cdot 10^{-6} (T_{K1} - T_{O1})}{\eta_K^3 \cdot (1 - \varphi_{CH}) \cdot \eta_{Э.С.} \cdot \eta_1 \cdot T_{K1}} \cdot c_p \cdot G_C \cdot (T_{K1} - \Delta T_{K1} - T_3) + \frac{34.1 \cdot 10^{-6} (T_{K2} - T_{O2})}{\eta_K^3 \cdot (1 - \varphi_{CH}) \cdot \eta_{Э.С.} \cdot \eta_2 \cdot T_{K2}} \cdot c_p \cdot G_C \cdot (T_{K2} - \Delta T_{K2} - T_{K1} + \Delta T_{K1}), \quad (1)$$

где T_{O1}, T_{O2} – температура испарения рабочего тела ТН1 и ТН2, К; T_{K1}, T_{K2} – температура конденсации рабочего тела ТН1 и ТН2 соответственно (см. рис.1), К; c_p – удельная изобарная теплоемкость воды, кДж/(кг·К); $\Delta T_{K2}, \Delta T_{K1}$ – конечная разность температур рабочего тела и теплоносителя в конденсаторе ТН2 и ТН1, соответственно, К.; T_3 – температура воды до конденсатора ТН2, К; G_C – массовый расход теплоносителя в системе отопления, кг/с; η_K^3 – КПД выработки электроэнергии на конденсационных электростанциях, φ_{CH} – коэффициент собственных нужд КЭС; $\eta_{Э.С.}$ – КПД работы электрической сети.

Для соблюдения нормируемых параметров микроклимата помещений и достижения экономии тепловой энергии в зданиях микрорайонов с повышенной этажностью можно использовать как энергосберегающее оборудование [7...9], так и применять энергоэффективные архитектурно-планировочные приёмы.

Примером использования архитектурно-планировочного приёма ещё на стадии проектирования можно считать тепловое зонирование помещений. Применение принципа теплового зонирования (имеет большую актуальность в микрорайонах со зданиями повышенной этажности) позволяет поддерживать нормативную температуру в основных помещениях, что даёт возможность сберегать тепловую энергию в здании в целом [10].

В соответствии с описываемыми принципами жилые помещения располагают на «подветренной» стороне здания, нежилые и вспомогательные – на «наветренной». Таким образом, в ветрозащитном доме, ориентированном к господствующему направлению ветра, на подветренной стороне, кроме основных, размещают летние помещения и входные узлы,

а у наветренной – лестничные клетки, коридоры и др. Также возможно располагать лестничную клетку вдоль здания со стороны «наветренного» фасада, образуя «тепловой экран» для комнат, размещаемых за ним.

Заключение.

Обоснована необходимость учета воздействия ветровых потоков в микрорайонах с повышенной этажностью при разработке систем энергообеспечения зданий.

Автором предложено для снижения расхода тепловой энергии на отопление использование теплонасосной системы с пофасадным регулированием, обеспечивающим перенос избыточной тепловой энергии из более теплых помещений с «подветренной» стороны в холодные помещения с «наветренной» стороны здания.

Предложен критерий оптимизации параметров работы предлагаемой схемы работы теплонасосной установки, обеспечивающий соблюдение нормируемых параметров микроклимата помещений и рациональное использование тепловой энергии в здании.

Приведены рекомендации по использованию архитектурно-планировочных приёмов в микрорайонах с повышенной этажностью, позволяющих обеспечить благоприятные условия проживания при соблюдении нормируемых температурных параметров внутреннего микроклимата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки** / Под ред. К. И. Семашко. – М.: Стройиздат, 1986. – 64 с.
2. **Богословский, В. Н.** Тепловой режим здания. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.
3. **Куприянов, В. Н.** Градостроительная климатология: Учеб.пособ. / В.Н. Куприянов. – Казань: Изд-во Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2012. – 147 с.
4. **Кононова, М. С.** Оценка потенциальной экономии энергоресурсов на отопление зданий за счет теплопоступлений от солнечной радиации / М.С. Кононова., Е. Ю Сороченкова., Смирнова Н.Н. // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2016. – № 1(22). – С. 35-41.
5. **Попова, И. В.** Анализ микроклимата городской среды / И. В. Попова, С. А. Куролап, О. В. Клепикова // Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды. – 2014. – С. 30-40.
6. **Исанова, А. В.** Определение расхода условного топлива в системе последовательно связанных тепловых насосов при энергоэффективном режиме работы // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2016. – Вып. 12. – № 3. – С. 36 – 40.
7. **Лукьяненко, А. В.** Проектирование физических параметров конденсаторов теплонасосных установок в системах теплоснабжения / А. В. Лукьяненко, А. П. Бырдин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5. – № 10. – С. 196-200.
8. **Петраков, Г. Н.** Распределение тепловой нагрузки между тепловым насосом и пиковой котельной / Г. Н. Петраков, В. Г. Стогней, А. В. Мартынов // Вестник Воронежского государственного технического университета. Энергетика. – 2004. – Вып. 7.4. – С. 121- 125.
9. **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.
10. **Нёрпе, Р. О.** «Die Energiebilanz des Menschen». Diss. Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München. – (1999). «The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment». Int J Biometeorol 43. – 1984. – Pp. 71-75.

Поступила в редакцию 12 апреля 2018

ENSURING THERMAL COMFORT IN HOUSING ESTATES OF THE INCREASED NUMBER OF STOREYS

A. V. Isanova

Isanova Anna Vladimirovna, 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: a.isanova@bk.ru

In new multi-storey blocks, there is an increase in wind speed in the inner-yard territories and often exceeding its normalized values. This fact leads to non-compliance with the parameters of the thermal comfort of residents at the time they are on the street. Due to the «blowing out» of the accumulated heat, there is an effect on the internal microclimate of buildings. The decrease in the normalized temperature characteristics of the internal air of a part of the building does not favorably affect its overall thermal regime, which in turn leads to an increase in the cost of thermal energy and a decrease in the energy efficiency of the structure as a whole. As an example of an energy-saving measure, a description of a thermo-pump system with a per-zone regulation is given. The model in question includes a station consisting of two series-connected heat pumps. Two circuits for circulating and regulating the temperature of the heat sink transfer excess heat energy from warm rooms from the «under-wind» side to colder rooms from the «windward» side of the structure, technical, technological and architectural-planning measures for multi-storey buildings forming urban blocks, allowing to create favorable living conditions, while observing the normalized temperature parameters of the internal microclimate.

Keywords: thermal comfort; microclimate; wind mode; thermal pump.

REFERENCES

1. **Semashko K. I.** *The guide to assessment and regulation of the wind mode of the housing estate.* Moscow, Stroyizdat. 1986. 64 p. (in Russian)
2. **Bogoslovskij V. N.** *Thermal mode of the building.* Moscow, Stroyizdat. 1979. 248 p. (in Russian)
3. **Kupriyanov V. N.** *Town-planning climatology: Studies.posob.* Kazan, Publishing house of the Kazan state architectural and construction university. 2012. 147 p. (in Russian)
4. **Kononova M. S.** *Assessment of potential energy savings for heating buildings due to heat from solar radiation* Scientific journal. Engineering systems and structures. 2016. No. 1(22). Pp. 35-41. (in Russian)
5. **Popova I. V., Kurolap S. A., Klepikova O. V.** *Analysis of a microclimate of the urban environment.* Ecological assessment and mapping of a condition of the urban environment. 2014. Pp. 30-40. (in Russian)
6. **Isanova A. V.** *Definition of a consumption of conditional fuel in the system of consistently connected thermal pumps at an energy efficient operating mode.* Vestnik Voronezh State Technical University. 2016. Issue 12. No. 3. Pp. 36-40. (in Russian)
7. **Lukyanenko A. V., Byrdin A. P.** *Design of physical parameters of condensers of heatpump installations in systems.* Vestnik Voronezh State Technical University. 2009. T. 5. No. 10. Pp. 196-200. (in Russian)
8. **Petrakov G. N., Stogney V. G., Martynov A. V.** *Distribution of thermal loading between the thermal pump and a peak boiler room.* Vestnik Voronezh State Technical University. Power engineering. 2004. Issue 7.4. Pp. 121 - 125. (in Russian)
9. **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)

10. **Höppe, P.** (1984). «*Die Energiebilanz des Menschen*». Diss. Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München. – (1999). «The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment». Int J Biometeorol 43. 1984. Pp. 71-75.

Received 12 April 2018

Для цитирования:

Исанова, А. В. Обеспечение теплового комфорта в жилых комплексах повышенной этажности / А. В. Исанова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – с. 47-52.

FOR CITATION:

Isanova A. V. *Ensuring thermal comfort in housing estates of the increased number of storeys*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 47-52. (in Russian)

УДК 628.87

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОРМИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ УМСТВЕННОГО ТРУДА

Д. В. Лобанов, В. В. Шичкин, А. Н. Перцев, В. А. Каминская

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

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

Перцев Андрей Николаевич, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: pertsev_andrey@list.ru

Каминская Валерия Александровна, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: valeriy_aleksandrovna@mail.ru

Научно-технический прогресс приводит к тому, что во всем мире ежегодно увеличивается число людей, занимающихся умственной деятельностью во всех сферах производства. Соответственно, вопросы гигиены умственного труда становятся все более актуальными. В статье проведено сравнение физиологических характеристик умственного и физического труда, выполнен анализ существующих данных по энергозатратам трудовой деятельности. Установлено, что умственная работоспособность в течение трудового дня отличается колебаниями продуктивности работы. Благоприятные метеорологические условия на производстве являются важным условием высокоэффективного труда и предотвращения заболеваний. В настоящее время перспективным направлением является разработка систем создания и поддержания динамического микроклимата во время трудовой деятельности, поскольку так называемая «полная оптимизация микроклимата» исключает воздействие меняющихся тепловых раздражителей и создает определенную монотонность, вызывающую детренированность организма человека. Применение подобных систем следует рекомендовать в тех случаях, когда условия труда не дают достаточных возбуждений на систему терморегуляции. Обоснована необходимость проведения дополнительных комплексных исследований по определению энергозатрат людей, занятых различными видами умственной деятельности, с дальнейшей разработкой категорий тяжести и напряженности трудового процесса. Предложен алгоритм разработки нормируемых параметров микроклимата в помещениях умственного труда с разделением на категории.

Ключевые слова: умственный труд; физический труд; физиология труда; энергетические затраты; умственная работоспособность; динамический микроклимат.

Научно-технический прогресс и ускорение темпа жизни неизбежно приводит к необходимости владения большим объемом научных и прочих знаний и умений. В связи с этим, во всем мире ежегодно увеличивается число людей, занимающихся умственной деятельностью во всех сферах производства. В последующие годы эта тенденция будет сохраняться. Поэтому вопросы гигиены умственного труда становятся все более актуальными.

Многообразие форм трудовой деятельности можно разделить на две основные группы – умственную и физическую. Основным показателем физического труда является тяжесть выполняемой работы. Умственный труд включает в себя деятельность, связанную с приемом, анализом и передачей информации, требующей активизации процессов мышления, внимания, памяти. Этот вид труда характеризуется значительным снижением двигательной

активности, а основным показателем является напряжённость, отражающая нагрузку на центральную нервную систему. С учетом вышесказанного актуальной задачей является разработка критериев, позволяющих сравнить между собой два различных вида деятельности.

Проведем сравнение физиологических характеристик умственного и физического труда [1]. Интеллектуальная (умственная) деятельность с точки зрения физиологии отличается большим мозговым напряжением, обусловленным концентрацией внимания на определенном виде деятельности. В силу этого возбудительный процесс в центральной нервной системе (ЦНС) сконцентрирован в сравнительно небольшой области нервных центров, что обуславливает их быстрое утомление. Поэтому главной особенностью умственного труда считают предельный уровень напряжения ЦНС и органов чувств при ограниченной двигательной активности.

Основу физического труда составляет активная деятельность индивида, направленная на достижение конкретной цели. Характер физического труда разнообразен и специфичен. Преобладание двигательного компонента при физической работе над информационным определяет значительные энергетические затраты организма на ее выполнение. Величины энергозатрат Q , кДж, при умственной и различных видах физических нагрузок в зависимости от коэффициента физической активности $K_{фа}$ по данным источника [1] приведены на рис. 1.

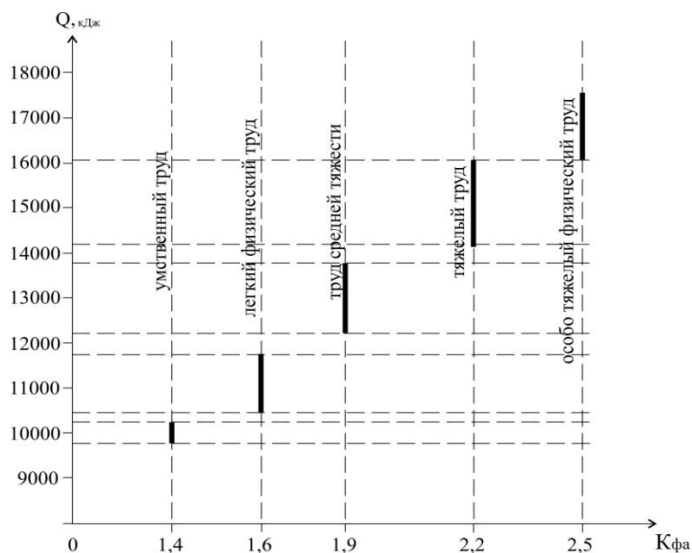


Рис. 1 – Величина энергозатрат в зависимости от коэффициента физической активности

Каждый вид деятельности, который человек совершает в процессе своей жизни, подчиняется единым физиологическим закономерностям, поэтому, чтобы лучше понять особенности интеллектуального труда, следует провести аналогию с известными особенностями физического труда.

Степень энергетического обмена находится в тесной зависимости от физической активности, эмоционального напряжения, характера питания, степени напряженности терморегуляции и ряда других факторов.

Согласно методическим указаниям «МУК 4.3.1895-04. Методы контроля. Физические факторы. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания» примерные энергозатраты, $Q_э$, Вт/м², могут быть определены по величине объема легочной вентиляции с учетом калорического коэффициента воздуха:

$$Q_{эт} = 0,232 L/S, \quad (1)$$

где L – объем легочной вентиляции, приведенный к нормальному объему при температуре воздуха 20 °С, дм³/ч, атмосферном давлении 760 мм.рт.ст.; S – поверхность тела человека, м².

Все методы измерения интенсивности метаболизма, классифицируют несколькими способами, основанными на непосредственном измерении потерь тепла или их определении косвенным путем.

Первый способ определения энергозатрат связан с потреблением кислорода, второй – с частотой сердечных сокращений (ЧСС), т.е. работой сердечно-сосудистой системы.

По мере увеличения интенсивности динамической работы, сердце сокращается все чаще и скорость потребления кислорода возрастает (рис. 2). Чем больше нагрузка на организм, тем значительнее это увеличение по сравнению с состоянием покоя. Таким образом, потребление кислорода и частота сокращений сердца служат мерой определения физического напряжения [2].

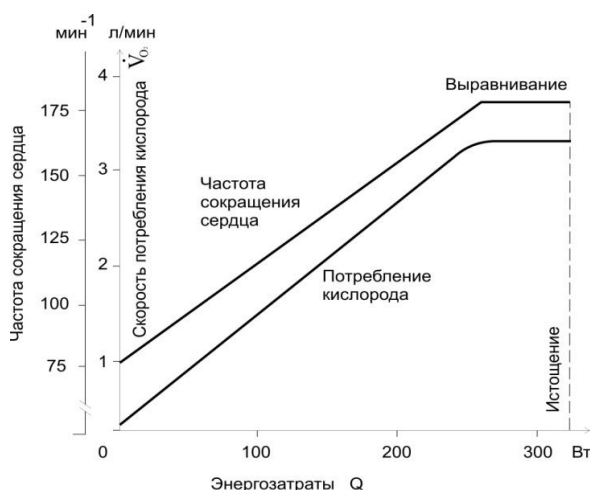


Рис. 2 – Изменение потребления кислорода и частоты сокращений сердца при плавном увеличении интенсивности работы

Рассмотрим более подробно показатели работы сердечно-сосудистой системы во время физической и умственной деятельности (физическая и нервно-психическая нагрузки соответственно) [2]. Зависимость скорости кровотока $\dot{Q}$, мл/(г·мин), от энергозатрат организма Q , Вт, представлена на рис. 3.

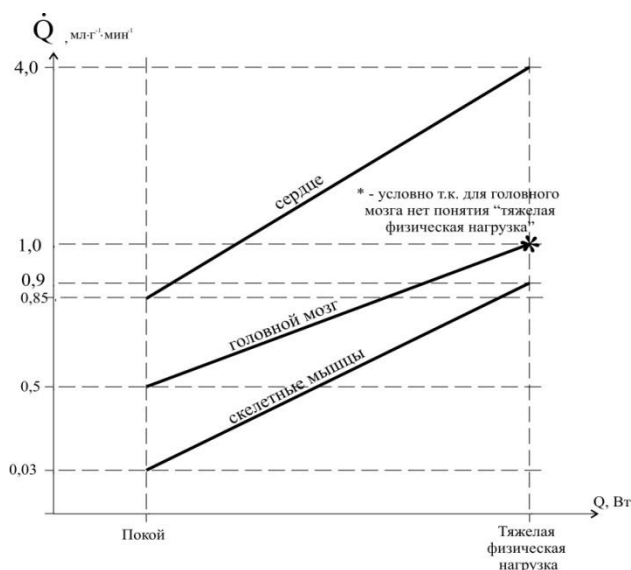


Рис. 3 – Скорость кровотока в различных органах при изменяющейся нагрузке

Зависимость скорости потребления кислорода $\dot{V}_{O_2}$, мл/(г·мин), от энергозатрат организма Q , Вт, представлена на рис. 4.

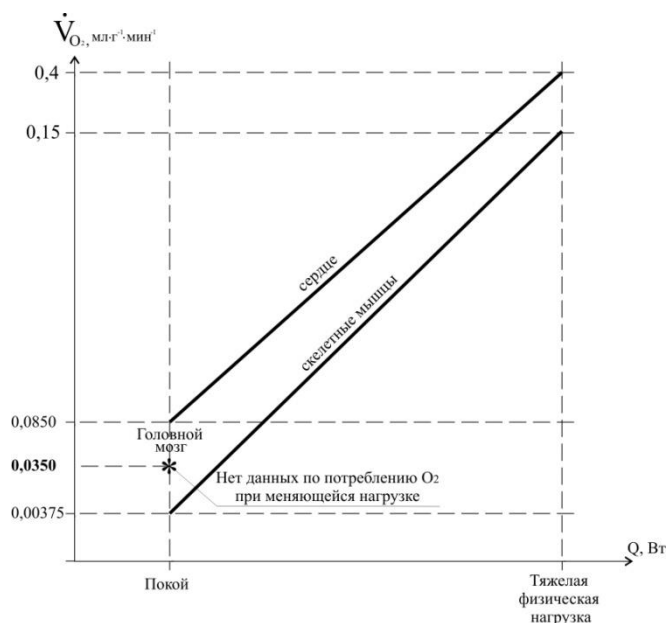


Рис. 4 – Зависимость потребления кислорода от интенсивности нагрузки

При физической нагрузке потребление O_2 тканями миокарда может увеличиваться в 3...4 раза, а работающими скелетными мышцами – более чем в 20...50 раз по сравнению с уровнем покоя.

Не смотря на отсутствие данных по зависимости потребления кислорода от энергозатрат головного мозга, можно оценивать его активность, как расход энергии за сутки на интеллектуальную деятельность. В качестве критериев оценки сложности умственного труда можно использовать следующие параметры: содержание работы, характер выполняемой работы, число одновременно наблюдаемых объектов и др. Они характеризуют степень сложности выполняемого задания в промежутке от решения простых однообразных задач до творческой деятельности, задачи которой невозможно выполнить по существующему алгоритму, отягощенные наличием отвлекающих и усложняющих факторов. Особую роль занимает степень ответственности за собственный труд.

Рассмотрим понятие «работоспособность», её фазы и периоды. Работоспособность – это потенциальная возможность индивида выполнять конкретное количество работы с необходимым уровнем эффективности и качества за требуемый интервал времени. На рис. 5. приведены фазы работоспособности.



Рис. 5 – Фазы работоспособности

Умственная работоспособность – умение человека продуктивно выполнять определенный объем интеллектуальной работы, в течение заданного времени. Основа работоспо-

способности складывается из уровня специальных знаний, умений, навыков, а также из психофизических качеств (внимание, память, мышление, восприятие и др. физиологические функции). Помимо этого, работоспособность определяется тремя группами факторов:

1. Физиологические факторы. К ним относятся состояние здоровья организма, пол, общая нагрузка, правильная организация питания, сна, отдыха и др.

2. Физические факторы, влияющие на организм человека через органы чувств: степень и характер освещения рабочего места, температура воздуха, влажность, уровень шума и вибраций.

3. Психические факторы – самочувствие, настроение, мотивация и т.д.

Исследованиями доказано, что умственная работоспособность в течение трудового дня отличается колебаниями продуктивности работы. Исходя из выявленных колебаний, были выделены несколько фаз работы, последовательно сменяющие друг друга:

1. Вработываемости (длительностью от нескольких минут до часа).

2. Оптимальной работоспособности (выражается устойчивыми характеристиками уровня работы).

3. Полной компенсации (отмечается оптимальной работоспособностью).

4. Неустойчивой компенсации (определяется увеличением утомления).

5. Прогрессивного снижения работоспособности (выделяется стремительным нарастанием утомления).

Фазы 2, 3 и 4, 5 имеют много общих черт, поэтому их можно объединить между собой. Таким образом, мы получаем три фазы работоспособности человека: I, II, III. График изменения работоспособности человека в течение рабочего дня изображен на рис. 6.

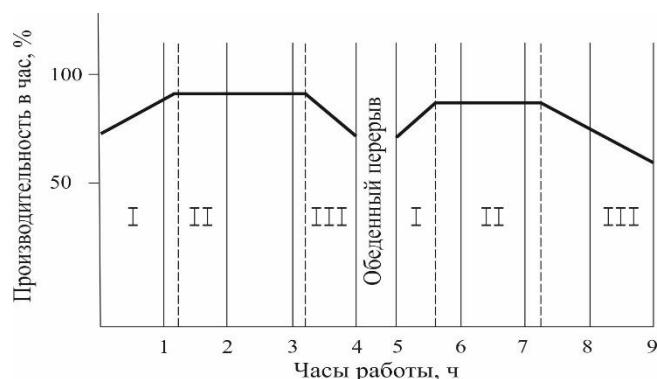


Рис. 6 – Изменение работоспособности человека в течение рабочего дня:

I – фаза вработывания, или вхождения в работу, (0,5...1,5 часа), имеет низкие показатели работоспособности; II – фаза устойчивого сохранения работоспособности (2...2,5 часа); III – фаза уменьшения работоспособности в результате утомления

Необходимо обратить внимание на инертность мыслительного процесса, что приводит к долгосрочному переходу головного мозга от нагруженного состояния к состоянию покоя, в свою очередь снижая эффективность отдыха. Этот фактор значительно утомляет и истощает центральную нервную систему, чем физическая деятельность.

При организации трудового процесса необходимо стремиться не только к максимальному приспособлению человека к труду, но и к максимальному приспособлению труда к возможностям человека. Благоприятные метеорологические условия на производстве (комфортный микроклимат) являются важным условием высокоэффективного труда и предотвращения заболеваний. Метеорологические условия (микроклимат) на производстве – это комплекс физических факторов внешней среды, оказывающих преимущественное влияние на терморегуляцию организма человека. К ним относят температуру воздуха, его влажность и скорость движения, а также лучистое тепло. При несоблюдении гигиенических норм микроклимата снижается работоспособность человека, повышается опасность появления травм

и ряда заболеваний, в том числе и профессиональных. Если параметры микроклимата выходят за пределы не только оптимальных, но и допустимых температур, то требуется приведение их в соответствие с нормами техническими способами или за счет использования медико-профилактических и индивидуальных защитных мер (рис. 7).



Рис. 7 – Меры защиты от дискомфортной температуры

Из вышесказанного следует, что специалистам в области систем обеспечения параметров микроклимата необходимо обеспечивать комфортные условия воздушной среды на рабочем месте человека [3...7]. В настоящее время перспективной является разработка систем создания и поддержания динамического микроклимата во время бодрствования человека [8]. Находясь в естественных природных условиях, люди всегда подвергаются воздействию динамического микроклимата (природе характерны постоянные колебания температуры, подвижности, влажности воздуха), поэтому можно сказать, что они привыкли к нему в процессе всего своего филогенетического развития. Стабильный микроклимат ведет к ослаблению иммунитета, результатом которого является предрасположенность к простудным болезням, как зимой, так и летом.

Таким образом, очевидна целесообразность периодического создания динамического микроклимата в закрытых помещениях, поскольку так называемая «полная оптимизация микроклимата» исключает воздействие меняющихся тепловых раздражителей и создает определенную монотонность, вызывающую детренированность системы терморегуляции. Помимо этого, стабильность параметров микроклимата является причиной жалоб на головные боли, повышенную утомляемость, сонливость. В работе [8] дано обоснование применения динамического микроклимата в помещениях с монотонным характером труда (малоподвижная и однообразная работа). Применение динамического микроклимата следует рекомендовать в тех случаях, когда условия труда не дают достаточных возбуждений на систему терморегуляции. Такие условия характерны для многих видов легкой сидячей работы (категория Ia, Ib) и работ средней тяжести (категория IIa) при некоторых видах конвейерного производства. Умственный труд, согласно нормативным документам, относят именно к этим категориям. Чем больше монотонность, тем эффективнее использование динамического микроклимата для улучшения условий труда и общего состояния здоровья работников.

Таким образом, установлена необходимость проведения дополнительных комплексных исследований по определению энергозатрат людей, занятых различными видами ум-

ственной деятельности, на основе которых возможно формирование соответствующих нормируемых параметров воздушной среды. Для осуществления этой задачи авторами предлагается алгоритм формирования нормируемых параметров микроклимата в помещениях умственного труда (рис. 8).

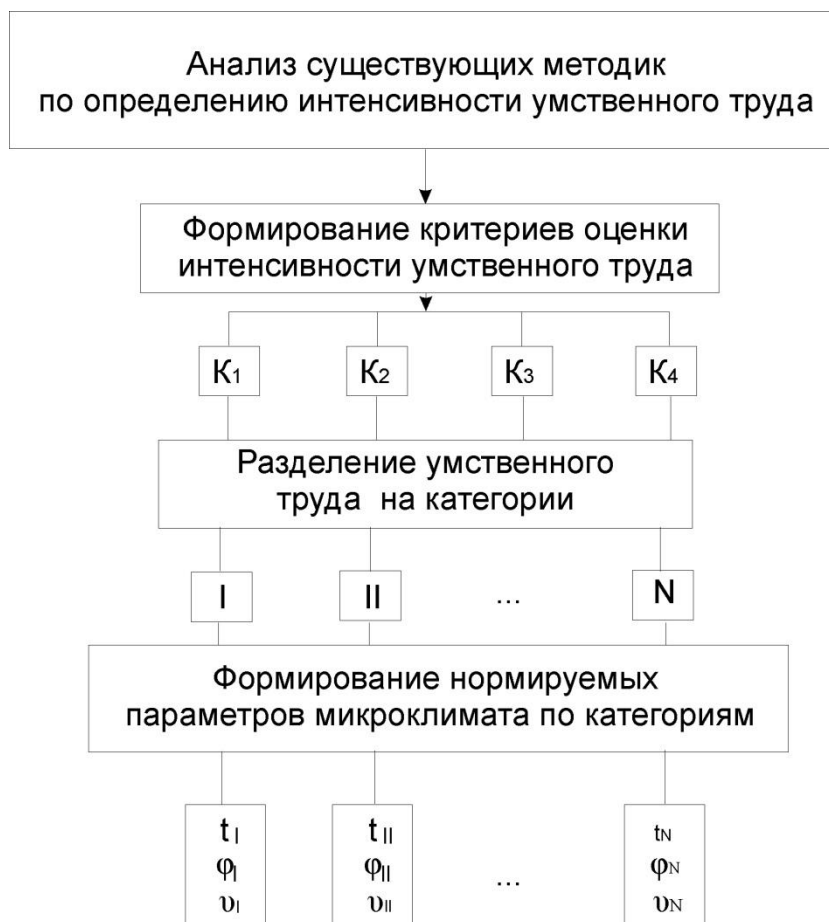


Рис. 8 – Алгоритм разработки нормируемых параметров микроклимата в помещениях умственного труда

Исследования можно проводить на основе методик, представленных в [9, 10], с дальнейшей разработкой категорий тяжести и напряженности трудового процесса. На заключительном этапе должна быть организована совместная работа специалистов из различных отраслей знаний (медицина, системы микроклимата, гигиены труда и т.д.) по определению нормируемых параметров внутреннего микроклимата для обеспечения высокопроизводительного умственного труда без ущерба здоровью и самочувствию людей.

Заключение.

Проведенное сравнение физиологических характеристик физического и умственного труда показало, что существующее разделение работ по категориям тяжести выполняемой работы не учитывает в полной мере интенсивность умственной нагрузки.

Установлена необходимость проведения дополнительных комплексных исследований по определению энергозатрат людей, занятых различными видами умственной деятельности, на основе которых возможно формирование соответствующих нормируемых параметров воздушной среды.

Предложен алгоритм разработки нормируемых параметров микроклимата в помещениях умственного труда с разделением на категории. Реализация предложений будет способствовать формированию комфортных условий и повышению эффективности труда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Физиология человека.** Учебник (В двух томах. Т. II). В. М. Покровский [и др.]; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. – М.: Медицина, 1997. – 368 с.
2. **Шмидт, Р.** Физиология человека. В 3-х томах. Т. 2. / Р. Шмидт, Г. Тевс; пер. с англ. – М.: Изд-во Мир, 1996. – 313 с.
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. **Полосин, И. И.** О необходимости внесения изменений в нормативные документы для определения параметров микроклимата в помещениях умственного труда / И. И. Полосин, Д. В. Лобанов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2009. – № 1. – С. 46-51.
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. **Лобанов, Д. В.** Анализ параметров микроклимата в помещениях умственного труда с применением ПЭВМ / Д. В. Лобанов, Р. А. Шепс // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1(4). – С. 47-53.
7. **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.
8. **Ловцов, В. В.** Системы кондиционирования динамического микроклимата помещений / В. В. Ловцов, Ю. Н. Хомутецкий. – Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1991. – 150 с.
9. **Фокин, В. Ф.** Энергетическая физиология мозга. / В. Ф. Фокин, Н.В. Пономарева. – М.: Изд-во «Антидор», 2003. – 288 с.
10. **Оптимизация психофизического состояния человека, занимающегося различными видами профессиональной деятельности** / Нестеров В. А. [и др.]. – Хабаровск: Изд-во ДВГАФК, 2003. – 98 с.

Поступила в редакцию 17 апреля 2018

**THE NEED TO DEVELOP NORMALIZED PARAMETERS
OF MICROCLIMATE IN THE PREMISES OF MENTAL LABOR**

D. V. Lobanov, V. V. Shichkin, A. N. Pertsev, V. A. Kaminskaya

Lobanov Dmitry Valerevich, 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
Shichkin Vitaly Vladimirovich, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: vshichkin@vgasu.vrn.ru
Pertsev Andrey Nikolaevich, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: pertsev_andrey@list.ru
Kaminskaya Valeriya Alexandrovna, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: valeriay_aleksandrova@mail.ru

Scientific and technological progress leads to the fact that the number of people engaged in mental activity in all spheres of production is increasing every year around the world. Accordingly, the issues of mental health are becoming more and more relevant. The article compares physiological characteristics of mental and physical labor, analyzes the existing data on energy

consumption of labor. It is established that mental performance during the working day differs by fluctuations of productivity of work. Favorable meteorological conditions in the workplace are essential for high-performance work and disease prevention. Currently, the development of systems to create and maintain a dynamic microclimate during labor activity is promising, since the so-called "full optimization of microclimate" excludes the impact of changing thermal stimuli and creates a certain monotony that causes the detrenirovannost of the human body. The use of such systems should be recommended in cases where the working conditions do not give sufficient excitations to the thermoregulation system. Necessity of carrying out additional complex researches on definition of power consumption of the people occupied with different types of mental activity with further development of categories of severity and intensity of labor process is proved. The algorithm of development of normalized parameters of a microclimate in premises of mental work with division into categories is offered.

Key words: mental labor; physical labor; physiology of labor; energy costs; mental performance; dynamic microclimate.

REFERENCES

1. **Pokrovsky V. M.** *Human physiology. Textbook (in two volumes. T. II).* Moscow, Medicine. 1997. 368 p. (in Russian)
2. **Schmidt R., Thews G.** *Human physiology. In 3 volumes. Vol.2.* Moscow, Publishing House of Mir. 1996. 313 p. (in Russian)
3. **Lobanov D. V., Polosin I. I.** *Scheme of creation of comfortable climatic parameters in offices // Plumbing, heating, air conditioning.* 2015. No. 2(158). Pp. 58-61. (in Russian)
4. **Polosin I. I., Lobanov D. V.** *On the need to amend the regulatory documents for determining the microclimate parameters in the premises of mental work.* Scientific magazine. Engineering systems and structures. 2009. No. 1. Pp. 46-51. (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). P. 56-60. (in Russian)
6. **Lobanov D. V., Sheps R. A.** *Analysis of microclimate parameters in the premises of mental work using PC.* Housing and communal infrastructure. 2018. No. 1 (4). Pp. 47-53. (in Russian)
7. **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)
8. **Lovtsov V. V., Khomutetsky Yu. N.** *Air-conditioning system of the dynamic indoor climate.* Moscow, Stroyizdat, Leningrad branch. 1991. 150 p. (in Russian)
9. **Fokin V. F., Ponomareva N. In.** *Energy physiology of the brain.* Moscow, Publishing House of «Antidor». 2003. 288 p. (in Russian)
10. **Nesterov V. A.** *Optimization of the psychophysical condition of the person engaged in various types of professional activity.* Khabarovsk, Publishing house of DVGA FK. 2003. 98 p. (in Russian)

Received 17 April 2018

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Лобанов, Д. В. О необходимости разработки нормируемых параметров микроклимата в помещениях умственного труда этажности / Д. В. Лобанов, В. В. Шичкин, А. Н. Перцев, В. А. Каминская // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – с. 53-61.

FOR CITATION:

Lobanov D. V., Shichkin V. V., Pertsev A. N., Kaminskaya V. A. *The need to develop normalized parameters of microclimate in the premises of mental labor.* Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 53-61. (in Russian)

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

УДК 681.518

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ЗДАНИЙ

Ю. А. Воробьева, К. Н. Гашкова, А. Л. Мишуров

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: cscr38@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

Мишуров Алексей Леонидович, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: lmishurov@mail.ru

Представлен анализ технического состояния жилых домов, данные статистики ветхого и аварийного жилья и выявлены основные недостатки существующей системы мониторинга, не имеющей механизма управления ремонтно-восстановительными работами. Предложено решение задач создания комфортной среды на основе единой городской геоинформационной системы мониторинга технического состояния жилищного фонда. Описаны принципы организации, направления развития, возможности и преимущества применения геоинформационных систем в деятельности фонда капитального ремонта Воронежской области. Обоснована целесообразность принятия оперативных решений на основе актуальной информации о состоянии зданий разных периодов постройки, а также необходимости создания постоянно актуализируемой, обновляемой и пополняемой базы данных всего жилищного фонда города и области с помощью геоинформационных систем. Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой и построением системы информационно-диагностического обеспечения технического состояния жилых зданий для определения очередности их включения в программу капитального ремонта. Предложены основные слои, составляющие геоинформационную систему, с учетом их атрибутивной информации, необходимой при разработке генеральной стратегии по управлению техническим состоянием жилищного фонда и при оптимизации очередности проведения капитальных ремонтов многоквартирных жилых домов.

Ключевые слова: геоинформационная система; капитальный ремонт зданий; техническое состояние жилищного фонда.

Состояние жилищного фонда Воронежской области в настоящее время характеризуется высоким уровнем физического износа. Согласно официальной статистике общая площадь жилищного фонда в Воронежской области составляет 67272,1 тыс. м², из которых общая площадь ветхого и аварийного жилищного фонда 405,4 тыс. м². Жилищный фонд на 50,5 % расположен в многоэтажной застройке¹.

¹ Федеральная служба государственной статистики по Воронежской области <http://voronezhstat.gks.ru/>

Для восстановления и улучшения технических характеристик элементов зданий в Российской Федерации разработана программа капитального ремонта. В соответствии с частью 3 статьи 168² очередность проведения капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах определяется региональной программой капитального ремонта исходя из критериев, которые установлены законом и могут быть дифференцированы по муниципальным образованиям. Закон не устанавливает какой-либо жесткой процедуры оценки. Такая оценка может осуществляться как путем обследования дома, так и на основании имеющихся документов о дате ввода дома в эксплуатацию, о проводившихся ранее капитальных ремонтах элементов конструкций и инженерных систем. В настоящее время планирование ремонтов происходит в основном по имеющейся информации о годах постройки здания, что часто не соответствует действительному техническому состоянию его конструктивных элементов. Еще одной из важных составляющих капитального ремонта является замена инженерных систем, которые по статистике занимают первое место среди страховых случаев. Единая информация по частоте и причинам аварий в жилых домах, связанных с износом их систем, в Воронежской области отсутствует, что препятствует эффективному принятию решений по их замене.

Порядок проведения мониторинга технического состояния жилых зданий в целях обеспечения своевременного проведения капитального ремонта общего имущества в МКД, устанавливается органом государственной власти субъекта Российской Федерации. Однако мониторинг не подразумевает управление ремонтно-восстановительными работами. Поэтому очевидно, что в сложившейся ситуации необходима разработка стратегического плана управления техническим состоянием жилищного фонда и очередности проведения капитальных ремонтов.

Разработка и применение геоинформационных систем является одним из активно развивающихся и актуальных направлений компьютеризации на уровне регионального и муниципального управления в субъектах РФ. Создание и поддержание устойчивого развития урбанизированных территорий невозможно без анализа и прогнозирования изменений архитектурно-планировочной структуры и экологического состояния городской среды, технического состояния массовой жилой застройки. В рамках приоритетного проекта «Комфортная городская среда» муниципалитет, бизнес-сообщество и общественные движения решают задачи, которые, в конечном итоге, направлены на повышение качества жизни горожан, развитие инфраструктуры, сохранение и обновление застройки, благоустройство общественных и дворовых пространств, увеличение доли зеленых насаждений и улучшение экологического состояния территорий.

Решение конкретных задач городского управления и создания комфортной среды может обеспечить единая городская геоинформационная система мониторинга технического состояния жилищного фонда. На сегодняшний день в городе Воронеж ведение специализированных баз данных осуществляется на уровне различных городских и муниципальных подразделений, филиалов федеральных структур (медико-экологический мониторинг; информационное обеспечение градостроительной деятельности; ГИС «ЖКХ»; ФГИС ТП и т.д.). Однако, нет комплексной геоинформационной системы, доступной как населению, так и организациям с различными направлениями деятельности, учитывающей все аспекты в рамках рассматриваемого вопроса одновременно.

В Воронежском государственном техническом университете, начиная с 2018 г, запущен проект по созданию комплексной информационной системы, которая сможет эффективно и быстро проводить анализ территорий на предмет изношенности жилищного фонда и необходимости проведения ремонтных работ. Актуальность данной тематики и необходимость создания геоинформационных систем для управления территориями уже затраги-

² Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 188-ФЗ (ред. от 03.04.2018)

вались в работах [1...7]. Принятие оперативных решений невозможно без актуальной информации о состоянии зданий разных периодов постройки, т.е. без наличия обновленной и постоянно пополняемой базы данных состояния жилищного фонда [8...11].

Создание комплексной информационной системы, основанной на методах геоинформационного анализа, позволит обобщать основные технические характеристики жилой застройки, выделять группы зданий с одинаковыми признаками, особенностями применяемых энергосберегающих мероприятий, [12, 13]. Результатом такого обобщения является возможность разработки стратегического плана управления техническим состоянием жилищного фонда, основанное на оперативном принятии решений и способствующее рациональному планированию проектных работ и улучшению благоустройства зданий.

Для построения карты жилой застройки на базе геоинформационной системы авторами предлагается использование следующих информационных слоёв:

- ✓ землепользование и функциональное зонирование;
- ✓ улично-дорожная сеть с атрибутивной информацией (интенсивность движения, ширина, категория и т.д.);
- ✓ инфраструктура (придомовая территория с набором элементов благоустройства, видами покрытия и зеленые насаждения);
- ✓ здания и сооружения с атрибутивной информацией (назначение, адрес, этажность, жилая площадь, строительные материалы, техническое состояние, остаточный срок службы и т.д.);
- ✓ слой инженерных сетей и инженерного оборудования здания (тепло-, водо-, газопроводы, ливневая канализация др. элементы).

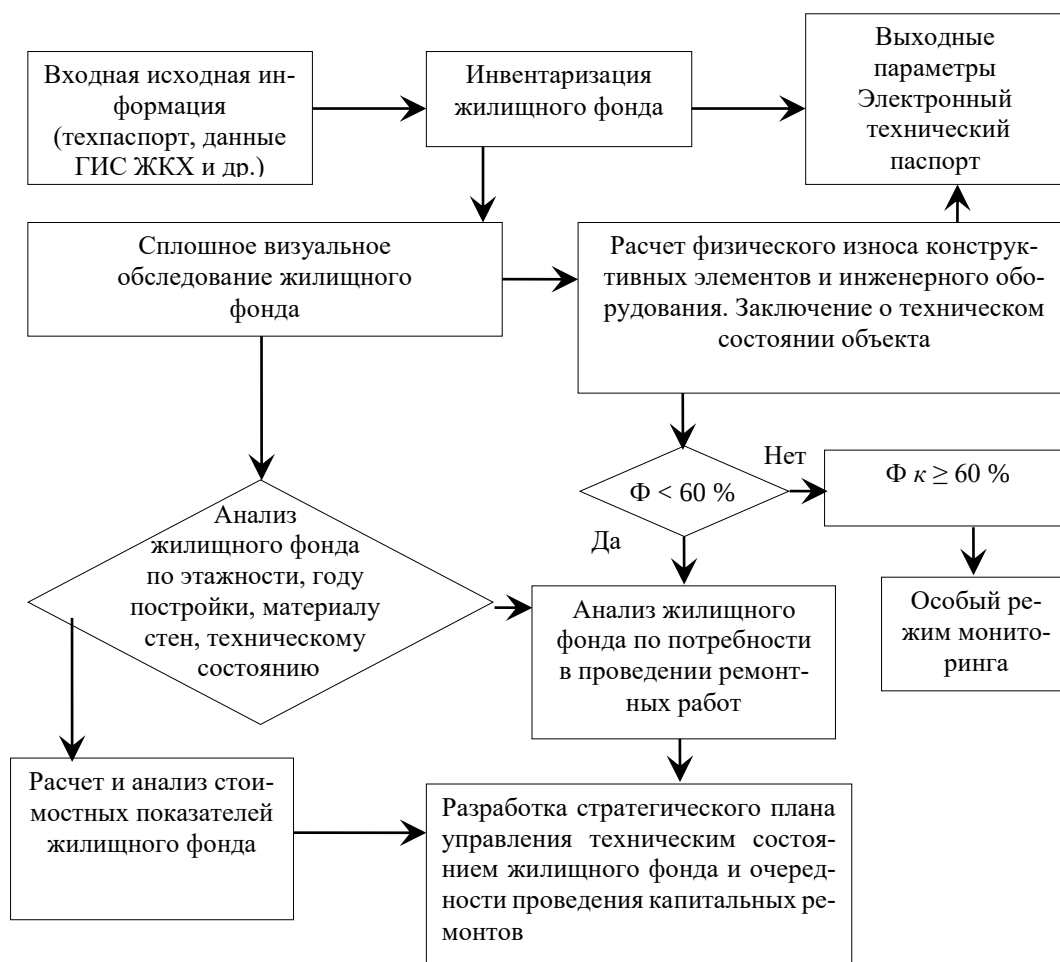
При организации сбора данных важным является выбор контролируемых параметров, их качества и периодичность замеров. Содержательность результата контроля определяется мерой истинности или ложности соответствия, или несоответствия контролируемого параметра нормативному допуску. Накопленная и обработанная информация об эксплуатационном износе жилых зданий и инженерных систем, необходима при разработке генеральной стратегии по управлению техническим состоянием жилищного фонда города Воронеж и при оптимизации очередности проведения капитальных ремонтов многоквартирных жилых домов (см. рис.) [14].

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.

При разработке информационного обеспечения системы мониторинга на основе современных компьютерных технологий, следует предусмотреть программные модули, позволяющие выполнять следующие функции:

- ✓ обработка и накопление данных по техническому состоянию зданий;
- ✓ оценка физического и морального износа зданий;
- ✓ выполнение прогноза изменения технического состояния отдельных конструктивных элементов и инженерного оборудования во времени;
- ✓ выполнение прогноза изменения стоимости ремонтных работ;
- ✓ определение потребности в ремонтных работах;
- ✓ определение очередности капитального ремонта по фактическому техническому состоянию конструкций независимо от периода ввода дома в эксплуатацию.

По результатам проделанной работы будет создан информационный интернет-портал, доступный граждан и всем интересующимся лицам, в котором в интерактивном режиме возможно создание запроса на получение информации в той или иной области, которая будет представляться в виде наглядных карт, таблиц графиков и картограмм.



Структура системы мониторинга технического состояния жилищного фонда муниципального образования

Заключение.

Проведенный анализ организации и порядка формирования программы капитального ремонта общего имущества в МКД в г. Воронеж показал, что управление ремонтно-восстановительными работами на муниципальном уровне требует создания единой базы данных жилищного фонда города с определенной атрибутивной информацией.

Предложена структура геоинформационной системы, позволяющая разрабатывать стратегию управления техническим состоянием жилищного фонда и оптимизировать очередность проведения капитальных ремонтов.

Сформированы рекомендации по построению карты жилой застройки на базе геоинформационной системы, перечислены основные информационные слои.

На основе предложенной структуры системы мониторинга технического состояния жилищного фонда муниципального образования предусмотрены программные модули, позволяющие выполнять функции, как обработки информации, так и оперативного принятия решений по рациональному планированию ремонтных работ и управлению жилищным фондом города Воронеж.

Полученные результаты будут способствовать удешевлению и повышению качества ремонтных работ, а также позволят повысить эффективность управления жилищным фондом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **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.
2. **Шейна, С. Г.** Стратегическое управление техническим состоянием жилищного фонда муниципального образования/ С. Г. Шейна // Монография (Издание 2-е). – Ростов-на-Дону, 2012. – 204 с.
3. **Добрынина, И. В.** Методика оценки эколого-климатической комфортности городских территорий с помощью геоинформационных технологий / И. В. Добрынина, Л. Катцшнер // Экологические проблемы промышленных городов. Сборник научных трудов по материалам 6-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Е.И. Тихомировой. – 2013. – С. 206-208.
4. **Melville, N. P.** Information systems innovation for environmental sustainability./ N. P. Melville, S. M. Ross // MIS Quarterly. – 2010. – Vol. 34. – №. 1. – Pp. 1-21.
5. **Bobade, S. V.** A GIS-based land use suitability assessment in Seoni district / B. P. Bhaskar*, M. S. Gaikwad, P. Raja, S. S. Gaikwad, S. G. Anantwar, S. V. Patil, S. R. Singh & A. K. Maji // Madhya Pradesh, India, Tropical Ecology 51(1): 41-54, 2010 ISSN 0564-3295.
6. **Savae Latu.** Sustainable development: the role of gis and visualisation / Savae Latu // The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries. – 2009 – № 38, 5. – Pp. 1-17. <http://www.ejisd.org>
7. **Zherlykina, M. N.** Investigation of changing air temperatures in cross-tilt inclined cracks./ M. N. Zherlykina, Y. A. Vorob'eva, E. E. Burak.// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2017). – 2017. – Pp. 012042.
8. **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.
9. **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.
10. **Сазонов, Э. В.** Информационно-диагностический анализ развития износа гражданских зданий / Э. В. Сазонов, Ю. А. Воробьева // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2005. – № 5. – С. 118-121.
11. **Воробьева, Ю. А.** Информационно-диагностическое обеспечение технического состояния зданий / Ю. А. Воробьева, В. Н. Семенов // Вестник ВГТУ. – 2005. – Т. 1. – № 10 (№ 60040). – С. 150-153.
12. **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. – С. 77-83.
13. **Воробьева, Ю. А.** Анализ снижения тепловой эффективности ограждающих конструкций жилых зданий с различным износом / Ю. А. Воробьева // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». – 2010. – № 1. – С. 54-56.
14. **Шейна, С. Г.** Методология стратегического управления техническим состоянием жилищного фонда путем моделирования и оптимизации организационно- технологических решений / Автореф. дисс. д-ра техн. наук. – Ростов-на-Дону, 2008. – 49 с.

Поступила в редакцию 16 апреля 2018

APPLICATION OF INFORMATION SYSTEMS AT PLANNING OF CAPITAL REPAIRS OF BUILDINGS

Y. A. Vorob'eva, K. N. Gashkova, A. L. Mishurov

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

Gashkov 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

Mishurov Alexey Leonidovich, Master of Science in the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473) 271-28-92; e-mail: lmishurov@mail.ru

The analysis of the technical condition of dwelling houses, the statistics of dilapidated and dilapidated housing, and the main shortcomings of the existing monitoring system, which does not have a control mechanism for repair and restoration work, are presented. The solution of the problems of creating a comfortable environment on the basis of a single urban geoinformation system for monitoring the technical condition of the housing stock was proposed. The principles of organization, direction of development, possibilities and advantages of using geoinformation systems in the work of the capital repair fund of the Voronezh region are described. The expediency of making operative decisions based on actual information on the condition of buildings of different construction periods, as well as the need to create a constantly updated, updated and replenished database of the entire housing stock of the city and the region with the help of geoinformation systems is substantiated. Issues related to the development and construction of a system of information and diagnostic support for the technical condition of residential buildings to determine the order of their inclusion in the program of overhaul are considered. The main layers that make up the geoinformation system are proposed, taking into account their attributive information necessary for the development of a general strategy for managing the technical condition of the housing stock and when optimizing the order of carrying out major repairs of multi-apartment houses.

Keywords: geoinformation system; major repairs of buildings; technical condition of housing stock.

REFERENCES

1. **Burak E. E., Vorob'eva Y. A., Egorova S. P.** *Analysis of the conformity of the planning projects for built-up areas with town planning regulations*. Housing and communal infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp 72-78. (in Russian)
2. **Sheina S. G.** *Strategic management of the technical condition of the housing stock of the municipal entity. Monograph*, (Edition 2-e). Rostov-on-Don. 2012. 204 p. (in Russian)
3. **Dobrynina I. V., Katzschner L.** *Methodology for assessing the ecological and climatic comfort of urban areas with the help of geoinformation technologies*. Ecological problems of industrial cities. Collection of scientific papers on the materials of the 6th All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. 2013. Pp. 206-208. (in Russian)
4. **Melville N. P., Ross S. M.** *Information systems for environmental sustainability*. MIS Quarterly. 2010. Vol. 34. No. 1. Pp. 1-21.
5. **Bobade S. V., B. P. Bhaskar*, Gaikwad M. S., Raja P., Gaikwad S. S., Anantwar S.G., Patil S.V., Singh S. R. & Maji A. K.** *A GIS-based land use suitability assessment in Seoni district*. Madhya Pradesh. India. Tropical Ecology 51 (1): 2010. ISSN 0564-3295 Pp.41-54
6. **Savae Latu.** *Sustainable development: the role of gis and visualization*. The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries. 2009. No. 38, 5. Pp. 1-17. <http://www.ejisdc.org>.

7. **Zherlykina M. N., Vorob'eva Y. A., Burak E. E.** *Investigation of changing air temperatures in cross-tilt inclined cracks*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2017) .2017. Pp. 012042.
8. **Vorob'eva Y. A., Burak E. E., Novikov S. A, Gashkova K. N.** *Ensuring the preservation and updating of the standard mass installation of the Voronezh region with the use of a monitoring system*. Housing and communal infrastructure. 2018. No. 1(4). Pp. 18-26. (in Russian)
9. **Vorob'eva, Y. A., Zaitsev D. V.** *Informational and diagnostic support of the program of capital repairs*. Scientific journal. Engineering systems and structures. 2016. No. 1(22). Pp. 159-163. (in Russian)
10. **Sazonov, E. V., Vorob'eva Y. A.** *Informational and diagnostic analysis of the development of wear and tear of civil buildings*. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Building. 2005. No. 5. Pp. 118-121 (in Russian)
11. **Vorob'eva Y. A. , Semenov V. N.** *Information and diagnostic support of the technical condition of buildings*. Vestnik VSTU. 2005. T. 1. No. 10 (No. 60040) Pp. 150-153. (in Russian)
12. **Vorob'eva Y. A., Vasilyeva T. A., Lunina A. V., Sovpel D. M.** *Analysis of the reduction in thermal efficiency of the building envelope in the process of operation* . Housing and communal infrastructure. 2017. No. 3. Pp. 77-83. (in Russian)
13. **Vorob'eva Y. A.** *Analysis of the reduction in the thermal efficiency of the enclosing structures of residential buildings with different wear*. Scientific Bulletin of the Voronezh State Architectural and Construction University. Materials of the inter-regional scientific-practical conference «High technologies in ecology». 2010. No. 1. Pp. 54-56. (in Russian)
14. **Sheina S. G.** *Methodology of strategic management of the technical condition of housing stock by modeling and optimization of organizational and technological solutions: (leading OECD countries)*. Rostov-on-Don. 2008. 49 p. (in Russian)

Received 16 April 2018

Для цитирования:

Воробьева, Ю. А. Применение информационных систем при планировании капитального ремонта зданий / **Ю. А. Воробьева, К. Н. Гашкова, А. Л. Мишуров** // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – с. 62-68.

FOR CITATION:

Vorob'eva Y. A., Gashkova K. N., Mishurov A. L. *Application of information systems at planning of capital repairs of buildings*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 62-68. (in Russian)

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

УДК 697.92

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОБЪЕКТАМ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ГОРОДОВ ПРИ ОХРАНЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

С. А. Яременко, А. И. Скрыпник, К. В. Гармонов

Яременко Сергей Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: jaremenko83@mail.ru

Скрыпник Алексей Иванович, доктор техн. наук, профессор, Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)277-22-40; e-mail: zherlykina@yandex.ru

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

Вопрос определения ущерба объектам водного хозяйства крупных городов от воздействия загрязняющих веществ в атмосфере в настоящее время недостаточно исследован. Показано, что загрязняющие вещества, оседающие на поверхность земли, в большинстве случаев поступают с дождевыми и талыми водами в водоемы, поэтому более объективным показателем их влияния на подстилающую поверхность будет загрязненность городского водоема. Также известно, что для большинства вредных веществ нормами установлены предельно допустимые концентрации в воде, а допустимость их наличия на земной поверхности изучена недостаточно. Таким образом, оценка уровня воздействия вредных выбросов на водную поверхность в городах возможна только при разработке математической модели, учитывающей влияние динамики концентрации вредных веществ на величину изменения наносимого ущерба окружающей среде. Авторами предложена методика прогнозирования предотвращенного ущерба ресурсам водоемов, которая, в отличие от известных, позволяет учитывать особенности региона расположения водоема, плотность размещения выбросов и прогнозировать требуемый уровень снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Ключевые слова: водоем; загрязняющие вещества; экологический ущерб; концентрация.

Чистота воды водоемов, расположенных в крупных городах, зависит от различных факторов. Вопрос определения экологического ущерба ресурсам водоемов от действия загрязненных промышленных и дождевых стоков посвящены многочисленные исследования [1, 2, 3]. Однако, определение ущерба водоемам от воздействия на них загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере в настоящее время, исследован недостаточно. Вероятно, это связано с ошибочным предположением о незначительной доле этого воздействия по сравнению с долей загрязнения от сточных вод. Анализ данных некоторых авторов [4, 5] и результаты собственных исследований [6] показали, что около 20 процентов поступающих в атмосферу ЗВ попадают в городские водоемы, поэтому информация о степени снижения качества воды весьма актуальна и должна быть учтена для принятия мер по ее повышению.

Моделирование динамики ущерба окружающей среде, с учетом изменения приводной концентрации ЗВ, для прогнозной оценки степени воздействия выбросов ЗВ на водную поверхность в населенных пунктах является актуальной задачей.

На наш взгляд, для разработки математической модели необходимо придерживаться следующего алгоритма:

- ✓ выявить доминирующие параметры системы «атмосферный воздух / подстилающая

поверхность города»;

- ✓ определить граничные условия для зоны исследований;
- ✓ для идентификации модели определить числовые значения коэффициентов, входящих в математическую модель;
- ✓ выполнить проверку модели на адекватность исследуемому объекту путем сопоставления статистических данных мониторинга, выполнения натурных или численных экспериментов.

При разработке математической модели прогнозной оценки влияния атмосферных выбросов на внутригородские водоемы целесообразно за целевую функцию принять функциональную зависимость суммы предотвращенных экологических ущербов водным ресурсам $\sum_{i=1}^n y_i$ от затрат и требуемых мер по снижению воздействия источников промышленных

и автотранспортных выбросов в атмосферу около водоема $\sum_{j=1}^m z_j$ [7], то есть:

$$\sum_{i=1}^n y_i = f\left(\sum_{j=1}^m z_j\right). \quad (1)$$

Одним из основных условий сопоставления затрат и получаемого эффекта должно быть обеспечение неравенства:

$$\sum_{i=1}^n y_i > \sum_{j=1}^m z_j. \quad (2)$$

Принимая за стоимость водных ресурсов водоема соответствие его параметров в использовании воды на технологические нужды предприятий, на его рыбохозяйственное или рекреационное значение, эта обобщенная целевая функция определит граничные условия и требуемые параметры с учетом биологических процессов самоочищения водоема.

Наиболее приемлемой зависимостью определения предотвращенного ущерба Y_i , за счет улучшения качества воды для различного ее использования, является зависимость определения общего ущерба Y_o [8]:

$$Y_o = \sum_i^n Y_{уд,i} \cdot M_{пр,i} \cdot K_{э,i}, \quad (3)$$

где $Y_{уд,i}$ – показатель удельного ущерба воде, наносимого единицей приведенной массы ЗВ за расчетный период времени в определенном регионе, р/усл.т.; $M_{пр,i}$ – приведенная масса ЗВ, предотвращенная к поступлению в водоем за счет принятия мер по снижению поступления в воду, усл.т.; $K_{э,i}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния водного объекта в бассейнах основных рек региона, его значение изменяется в пределах $K_{э,i} = 1,0 \dots 1,3$ [8].

Приведенная масса ЗВ равна:

$$M_{пр,i} = \sum m_i K_i, \quad (4)$$

где K_i – коэффициент относительной эколого-экономической опасности, примерно равный $K_i = 1/ПДК_i$ загрязняющего вещества.

Определение предотвращенного ущерба по зависимости (3) не учитывает характерные региональные экологические параметры водоемов, которые часто сильно отличаются даже в одном регионе. Стоит отметить, что имеются водоемы малопроточные и непроточные, что необходимо обязательно учитывать.

Учитывая, что исходной эколого-экономической позицией является превышение значения предотвращенного экологического ущерба над затратами на его устранение и по статистическим данным между ними нет пропорциональной зависимости, то необходимо определение этой функциональной зависимости.

Величина предотвращенного ущерба в значительной степени зависит от исходной $Y_{и}$ и конечной $Y_{к}$ величины ущерба, их разница не пропорциональна воздействующей внешней силе на ее снижение, так как в экологической системе действуют и биологические процессы самоочищения.

Известно, что природные процессы на объектах водного хозяйства городов (реки, водохранилища и т.д.) противодействуют антропогенным воздействиям, но изменение качества водоема за счет биологических механизмов обезвреживания ЗВ не пропорционально вредному воздействию.

Динамику величины экологического ущерба и соответствующие затраты более удобно представить в относительном виде к базовым показателям. За базовые значения предотвращенного ущерба Y_0 и затрат Z_0 можно принять такую величину Y_0 , при которой показатели качества воды в водоеме достигают нормативных значений, и величину затрат Z_0 такую, при которой возможна реализация достижения Y_0 .

Исследования некоторых авторов [9] показывают, что зависимость эффективности мер по защите окружающей среды от вложенных средств имеет вид:

$$Y_i = a \cdot Z_i^n, \quad (5)$$

где a и n – постоянные коэффициенты. На рис. 1 представлен график зависимости эффективности снижения приземной концентрации ЗВ для зоны с высокой плотностью промышленных источников загрязнения атмосферы (кривая 1) и с рассредоточенными источниками от относительных затрат Z_i/Z_0 (кривая 2).

Данная модель показывает, что даже при различии в нагрузке на природную среду, зависимость эффективности устранения негативного воздействия имеет схожий характер. В таком случае, указанную функциональную зависимость (в обобщенных координатах) целесообразно использовать для прогнозных оценок достижения планируемого качества воды на объектах водного хозяйства городов.

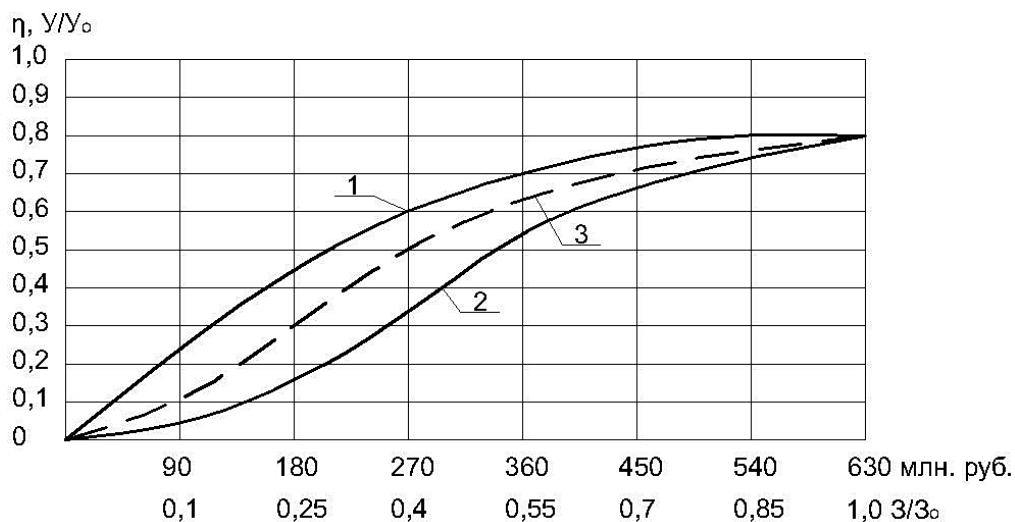


Рис. 1 – График зависимости эффективности мер охраны атмосферного воздуха η (предотвращенного ущерба) от объема затрат Z/Z_0 : 1 – регион с плотным расположением выбросов, 2 – регион с рассредоточенными источниками выбросов, 3 – осредненные значения параметров

При определении величины Y_0 необходимо учесть основное назначение водоема. При рыбохозяйственном назначении водоемов допустимость ряда ЗВ существенно меньшая, чем в водоемах хозяйственно-питьевого назначения. Например, по присутствию меди и никеля – в 10 раз, аммиака – в 20 раз, а для цинка в 100 раз. В замкнутых водоемах следует учитывать и процессы биологического самоочищения, которые проходят очень медленно,

преимущественно за счет насыщения воды кислородом и за счет фотохимических процессов водных растений, выделяющих кислород. Интенсификация очистки возможна при 8...10 – кратном разбавлении водоема чистой водой [10].

Величина общего предотвращенного ущерба ресурсам водоемов должна складываться из потребительских стоимостей за счет водопотребления предприятиями очищенной воды, а также повышения рыбохозяйственного и рекреационного значения водоема за счет пониженного состава ЗВ в воде:

$$Y_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot Z_{yi} + \sum_{j=1}^m M_j \cdot R_j \cdot \alpha_j, \quad (6)$$

где Q_i – объем потребления воды предприятием, пригодной для технологических нужд; Z_{yi} – удельная стоимость единицы потребляемой воды; M_j – требуемое к снижению количество j -го ЗВ для требуемого повышения качества воды рыбохозяйственного и рекреационного значения воды; α_j – доля влияния j -го загрязнителя на качество воды водоема от общей суммы загрязнителей, включая сточные воды.

Известно, что качество природной воды в результате воздействия ЗВ, поступающих в воду из источников, расположенных вблизи водоема, и городского автотранспорта, может снижаться до 20 % от общих выбросов [11].

Если за предельное значение предотвращенного экологического ущерба Y_0 принять состояние водоема, когда концентрация поступивших из атмосферного воздуха ЗВ за расчетный период времени, не превысят ПДК, то отношение Y_{Σ}/Y_0 будет выражать относительный экологический параметр водоема. Аналогично и отношение текущего уровня к предельным мерам воздействия (затрат) для обеспечения в водоеме атмосферных загрязнителей не выше ПДК, то есть Z_i/Z_0 также будет выражать при прогнозировании требуемую степень воздействия.

Отношение Z_i/Z_0 с определенными допущениями можно принять пропорциональным эффективности мер по снижению попадания ЗВ в воду, равной c_K/c_H , где c_K , c_H – конечная и начальная концентрации ЗВ в воде, тогда в соответствии с данными [12] зависимость (6) в относительных координатах преобразуется к виду: отношение снижения платы при снижении величины выбросов в атмосферу к плате за выбросы без их снижения Z_i/Z_0 , то есть к отношению c_K/c_H , тогда:

$$Y_{\Sigma i} / Y_0 = a(c_{Ki} / c_{Hi})^n \quad (7)$$

или в предельном случае при $c_K = \text{ПДК}$:

$$Y_{\Sigma i} / Y_0 = a(\text{ПДК} / c_{Hi})^n. \quad (8)$$

Функция, описывающая эту зависимость при $Y/Y_0 > Z/Z_0$ на начальном участке, когда текущий ущерб $Y_{\Sigma i}$ превосходит по величине остаточный ущерб Y_{0i} , соответствующий чистой или умеренно загрязненной воде, должна быть такой, чтобы меньшему приращению затрат или мер ΔZ соответствовало бы большее приращение устраненного ущерба ΔY , а на режиме, когда $Y/Y_0 > 1$, большему приращению затрат соответствовало бы меньшее приращение устраненного ущерба.

Указанная функция должна определять параметры системы «воздух – водный объект» при различных режимах:

✓ небольшое изменение уровня вредного воздействия при значительном загрязнении водоема на начальном этапе не может приводить к значительному ущербу, то есть:

$$\sum_{i=1}^n Y_i > \sum_{j=1}^m Z_j;$$

✓ в том случае, если улучшение качества воды происходит от совместного действия антропогенных затрат и мер по уменьшению нагрузки на водоем и сил биологического самоочищения, то градиент роста устраненного ущерба экологии превышает градиент роста затрат на улучшение качества воды;

✓ градиент роста устраненного ущерба приближается к градиенту роста затрат, то есть когда $Y_i \rightarrow Y_0$ и $Z_j \rightarrow Z_0$ (режим чистой или умеренно загрязненной воды);

✓ затраты превышают предотвращенный экологический ущерб, то есть $Z_j > Z_0$ (режим чистой воды, когда достаточным является только интенсивное биологическое окисление при концентрациях ЗВ не ниже ПДК).

При малой антропогенной нагрузке на водоем биологические механизмы самоочищения становятся доминирующими в уровне качества воды.

Применение искусственной аэрации водоемов значительно интенсифицирует процессы самоочищения воды, поэтому при расчете затрат следует учитывать затраты энергии на этот процесс [13].

Анализ исследований [6] показывает, что допустимые концентрации большинства ЗВ для окисления значительно выше по величине их ПДК рыбохозяйственного значения. Следовательно, активный рост предотвращаемого экологического ущерба, использованный при моделировании второго режима, является обоснованным.

Функциональная зависимость эффективности мер по охране окружающей среды населенных пунктов от величины затраченных средств для территорий с плотным и рассредоточенным размещением источников вредных выбросов, приведенная на рис. 1, соответствует логике протекания указанных выше двух режимов до предельных значений параметров $Y_i > Y_0$ и $Z_j = Z_0$.

Таким образом, функциональная зависимость предотвращенного экологического ущерба от мер для его достижения по каждому виду ЗВ предлагается при обозначении $y = Y_i / Y_0$ и $x = Z_j / Z_0$ записать в виде:

$$y = \frac{x^2 e^{(1-x)}}{\sqrt{x}}. \quad (9)$$

В результате выполнения аналитических расчетов авторами установлено, что зависимость (9) в наибольшей степени отвечает режимам состояния качества водного объекта, так как она достаточно точно выражает условия режима исследуемой системы в городских условиях «атмосферный воздух - водоем». Также авторами проведен анализ зависимостей $y = x \cdot e^{(1-x)}$ и $y = x^2 \cdot e^{(1-x)}$, которые отличаются от зависимости (9) значением степенного показателя x .

Результаты сравнительного анализа этих зависимостей приведены на рис. 2.

Зависимость $y = x \cdot e^{(1-x)}$ (кривая 1) по ряду позиций не отражает принятую логику системы «атмосферный воздух - водоем», так как:

- ✓ на первом режиме не выдерживается условие $Y_i < Z_j$;
- ✓ после режима $Y/Y_0 = Z/Z_0$ отмечается резкое падение предотвращенного экологического ущерба при продолжающемся росте затрат на снижение выбросов ЗВ в атмосферу, что нерационально.

Аналогичная ситуация по зависимости $y = x^2 \cdot e^{(1-x)}$ (кривая 2):

- ✓ после режима равенства предотвращенного ущерба и соответствующих ему затрат, при дальнейшем увеличении затрат продолжается значительный рост предотвращаемого ущерба, что не соответствует реально протекающим процессам в окружающей среде;
- ✓ на первой стадии процесса улучшения качества водоема нелогично, чтобы значению $x = 0,2$ соответствовала величина $y = 0,09$.

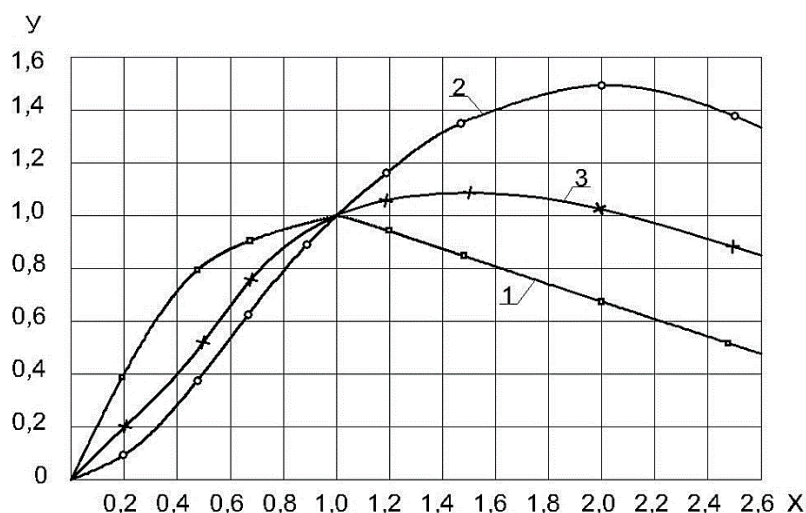


Рис. 2 – График зависимости относительного предотвращенного экологического ущерба от затрат на снижение выбросов:

1 – зависимость $y = x \cdot e^{(1-x)}$; 2 – зависимость $y = x^2 \cdot e^{(1-x)}$; 3 – зависимость $y = \frac{x^2 e^{(1-x)}}{\sqrt{x}}$

По зависимости $y = \frac{x^2 e^{(1-x)}}{\sqrt{x}}$ (кривая 3) после режима равенства имеется незначительная положительная динамика предотвращаемого ущерба при значительном росте мер по охране окружающего воздуха, путем развития процессов биологического самоочищения. Из этого следует, что в ряде случаев требуемое качество водоема обеспечивается достигнутым уровнем при равенстве $\sum_{i=1}^n y_i = \sum_{j=1}^m z_j$.

Начальные значения Y_i , Z_j для различных по степени загрязненности водных объектов будут различные, как и Y_0 , Z_0 – это основное принципиальное отличие предлагаемой авторами методики от известных [8]. Для умеренно загрязненного водоема Y_0 будет по величине меньше, чем для загрязненного водоема, поскольку Y_0 – это разность между текущим ущербом Y_i и ущербом от превышения ПДК_i вещества. Величина Z_0 – это затраты необходимые для достижения величины Y_0 .

Наиболее сложным является определение доли выбросов в атмосферу в общей загрязненности водного объекта. Также, в подавляющем большинстве попадающие в воздух вредные вещества отличаются по составу от веществ, поступающих непосредственно в водоем со сточными водами.

Заключение.

Авторами предложена методика для прогнозной оценки величины предотвращенного экологического ущерба объектам водного хозяйства городов, позволяющая учитывать региональные особенности водоема и плотность размещения источников вредных выбросов. Использование методики позволит прогнозировать величину снижения выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ для достижения требуемого качества воды в водоемах.

Получена новая функциональная зависимость, устанавливающая связь между предотвращенным экологическим ущербом и мерами на его достижение для различных видов загрязняющих веществ и режимов состояния качества водоемов населенных пунктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Мишон, Е. В.** Воронежское водохранилище: Комплексное изучение, использование и охрана / Е. В. Мишон, Г. С. Пашнев, Л. А. Наумов. – Воронеж: ВГУ, 1986. – 188 с.
2. **Воропаев, Г. В.** Водоохранилища и их воздействие на окружающую среду / Г. В. Воропаев, А. Б. Авакян. – М.: Наука, 1986. – 359 с.
3. **Полосин, И. И.** Влияние автозаправочных станций в черте городской застройки на экологическое состояние окружающей среды / И. И. Полосин, К. В. Гармонов, А. В. Плотиных // Экология промышленного производства. – 2014. – № 1(85). – С. 51-54.
4. **Аксенова, Е. И.** Экологическое моделирование процессов, протекающих в загрязненных водоемах / Е. И. Аксенова // Экология. АН СССР. – 1978. – № 3. – С.41-44.
5. **Беличенко, Ю. П.** Проблемы охраны водных ресурсов / Ю. П. Беличенко, И. П. Лаптев. – Томск: Томский ун-т, 1978. – 134 с.
6. **Полосин, И. И.** Экологическая безопасность внутригородских водоемов (на примере Воронежского водохранилища) / И. И. Полосин, А. И. Скрыпник, С. А. Жуков, В. А. Крайников. – Воронеж: ВГАСУ, 2005. – 100 с.
7. **Полосин, И. И.** Распространение в приземном слое атмосферы вредных веществ от работающих двигателей автомобилей / И. И. Полосин, К. В. Гармонов // Экология и промышленность России. – 2013. – № 2. – С. 48-49.
8. **Минский, Е. Н.** Турбулентность руслового потока / Е. Н. Минский. – М.: Гидрометеиздат, 1952. – 160 с.
9. **Смирнова, А. Я.** Водные экосистемы промышленно-городских агломераций бассейна верхнего Дона / А. Я. Смирнов, В. Л. Бочаров // Воронеж: Вестник ВГУ. Серия география. – 1997. – № 3. – С.102-115.
10. **Шаприцкий, В. Н.** Разработка нормативов ПДВ для защиты атмосферы / В. Н. Шаприцкий. – М.: Металлургия, 1990. – 416 с.
11. **Авакян, А. Б.** Комплексное использование и охрана водных ресурсов / А. Б. Авакян, В. М. Широков. – Минск, 1990. – 240 с.
12. **Ламли, Дж.** Структура атмосферной турбулентности / Дж. Ламли, Г. Пановски. – М.: Мир, 1996. – 263 с.
13. **Огнева, Т. А.** Особенности метеорологических условий приземного слоя воздуха / Т.А. Огнева // Труды ГТО. Ленинград. – 1962. – С. 30-42.

Поступила в редакцию 20 января 2018

FORECASTING OF THE PREVENTED ECOLOGICAL DAMAGE TO RESOURCES OF INTRACITY RESERVOIRS AT PROTECTION OF ATMOSPHERIC AIR

S. A. Yaremenko, A. I. Skrypnik, K. V. Garmonov

Yaremenko Sergey Anatolyevich, Cand. tech. Sciences, associate Professor, Head of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473) 271-28-92; e-mail: jaremenko83@mail.ru

Skrypnik Alexei Ivanovich, Doctor of tech. Sciences, Professor, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473) 277-22-40; e-mail: zherlykina@yandex.ru

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

The issue of determining damage to water facilities in large cities from the effects of pollutants in the atmosphere is currently insufficiently investigated. It is shown that pollutants deposited on the surface of the earth, in most cases, come with rain and melt waters in the water, so a more objective indicator of their impact on the underlying surface will be the pollution of the

city water. It is also known that for the majority of harmful substances the norms set the maximum permissible concentrations in water, and the admissibility of their presence on the earth's surface is insufficiently studied. Thus, assessment of the level of harmful emissions on the water surface in cities is possible only when developing a mathematical model that takes into account the influence of the dynamics of the concentration of harmful substances on the value of the change in the environmental damage. The authors propose a method of predicting the prevented damage to water resources, which, unlike the known, allows to take into account the peculiarities of the region of the reservoir location, the density of the emission location and to predict the required level of reduction in emissions of pollutants into the atmospheric air.

Keywords: the reservoir; polluting substances; ecological damage; concentration.

REFERENCES

1. **Mishon E. V., Pashnev G. S., Naumov L. A.** *The Voronezh water basin: Complex studying, use and protection.* Voronezh, VGU. 1986. 188 p. (in Russian)
2. **Voropayev G. V., Avakjan A. B.** *Water basin and their influence on environment.* Moscow, Science. 1986. 359 p. (in Russian)
3. **Polosin I. I., Garmonov K. V., Plotnikov A. V.** *Influence of oil stations in the precincts of the urban development on an ecological state of environment.* Industrial ecology. 2014. No 1(85). Pp. 51-54. (in Russian)
4. **Aksenova E. I.** *Ecological modelling of the processes proceeding in is polluted thome reservoirs* Ecology. AH the USSR. 1978. No 3. Pp. 41-44. (in Russian)
5. **Belichenko J. P., Laptev I. P.** *Problem of protection of water resources.* Tomsk. 1978. 134 p. (in Russian)
6. **Polosin I. I., Skrypnik A. I., Zhukov S. A., Krainikov V. A.** *Ecological safety of intracity reservoirs (on an example of the Voronezh water basin).* Voronezh, Voronezh state University of architecture and civil engineering. 2005. 100 p. (in Russian)
7. **Polosin I. I., Garmonov K. V.** *The spread in the surface layer of the atmosphere harmful substances from the running engines of cars.* Ecology and industry of Russia. 2013. No 2. Pp. 48-49. (in Russian)
8. **Minsky E. N.** *Turbulence channel a stream.* Moscow, Gidrometeoizdat. 1952. 160 p.
9. **Smirnova A. J., Bocharov V. L.** *Water of an ecosystem of industrially-city agglomerations of pool of the top Don.* Voronezh, bulletin VSU. A series geology. 1997. No 3. Pp. 102-115.
10. **Shapritsky V. N.** *Razrabotka of specifications PDV for atmosphere protection.* The Directory. Moscow, Metallurgy. 1990. 416 p.
11. **Avakjan A. B., Shirokov V. M.** *Complex use and protection of water resources.* Minsk. 1990. 240 p.
12. **Lamli J., Panovski G.** *Structure of atmospheric turbulence.* Moscow, World. 1996. 263 p.
13. **Ogneva T. A.** *Feature of weather conditions of a surface layer of air.* Leningrad, Works RWD. 1962. Pp.30-42.

Received 20 January 2018

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Яременко, С. А. Методика прогнозирования экологического ущерба объектам водного хозяйства городов при охране атмосферного воздуха / С. А. Яременко, А. И. Скрыпник, К. В. Гармонов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – с. 69-76.

FOR CITATION:

Yaremenko S. A., Skrypnik A. I., Garmonov K. V. *Forecasting of the prevented ecological damage to resources of intracity reservoirs at protection of atmospheric air.* Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 69-76. (in Russian)

УДК 614.841

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГОРЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РАЗЛИЧНОЙ ВЫСОТЕ ПОМЕЩЕНИЯ

А. П. Паршина, М. В. Паршин, В. Л. Мурзинов

Паршина Анастасия Петровна, старший преподаватель кафедры техносферной и пожарной безопасности, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел: +7(473) 271-53-21; e-mail: parshina@vgasu.vtn.ru

Паршин Максим Викторович, магистрант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7-919-237-87-84; e-mail: maxipi@yandex.ru

Мурзинов Валерий Леонидович, д-р техн. наук, профессор кафедры техносферной и пожарной безопасности, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел: +7(473) 271-53-21; e-mail: dr.murzinov@yandex.ru

Рассмотрены основные проблемы изучения пожаров в помещениях. С целью повышения эффективности мероприятий по эвакуации людей из зданий и сооружений рассмотрена начальная стадия пожара. Это обусловлено необходимостью получения эмпирически обоснованных значений параметров, характеристик и закономерностей динамики температурного режима начальной стадии пожара под влиянием конвективных потоков, что позволит произвести научно обоснованный прогноз температурного режима пожара во времени. Для достижения этой цели разработана модельная установка, обеспечивающая соблюдение масштабов типовых помещений, возможность контроля основных параметров, характеризующих пожар в целом, а также исследования динамики температуры газовой среды в помещении. Предложена методика проведения экспериментов, направленных на получение наиболее достоверной информации о температурном режиме пожара в помещении и распределения значений температуры по высоте. Приведено описание проведения экспериментального исследования. Модельная установка представляет собой камеру сгорания, изготовленную из материалов, теплопроводность которых соответствует современным строительным материалам, наиболее широко применяющимся при строительстве зданий. Внутри камеры расположен «пробник» и очаг пожара. «Пробник» состоит из металлических пластин, не связанных между собой. Измерения проводились посредством лазерного пирометра через смотровое окно. При этом оценивалась температура окружающего воздуха на определенной высоте помещения. Проведено две серии испытаний, направленных на получение достоверной информации о температурном режиме горения изделий из бумаги и древесины. Получены функциональные зависимости изменения температуры с течением времени, позволяющие получить данные для оценки температуры воздуха внутри помещения, обладающие необходимой достоверностью. Сформирован вывод о неоднородности распределения значений температур по высоте помещения и необходимости повышения эффективности мероприятий, направленных на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Ключевые слова: пожар; экспериментальное исследование; динамика температурного режима пожара; горение бумажных изделий; горение древесины; начальная стадия пожара; опасные факторы пожара.

Одной из основных задач функционирования любого производственного здания или сооружения является обеспечение безопасности людей в случае чрезвычайной ситуации. Наибольшую опасность представляют пожары на производстве, участвовавшие случаи которых связаны с увеличением объемов производства, внедрением в производственные процессы пожаровзрывоопасных веществ и оборудования. Безопасная эвакуация людей при пожаре должна обеспечиваться не только защитой от воздействия на них опасных факторов

пожара, но и исключением возможности обрушения конструкций. При разработке рекомендаций по обеспечению безопасной эвакуации людей необходимо определить время достижения предельно допустимых значений опасных факторов пожара [1]. Одним из основных факторов, влияющих на протекание процесса горения и возможные последствия пожара, является динамика температурного режима. Информация о величине температуры газовой среды в помещении необходима при анализе и исследовании параметров микроклимата, динамики температурного режима пожара, состояния технологического теплового процесса и т. д. [2].

Чтобы с наибольшей точностью определить способность строительных конструкций ограничивать распространение огня и сохранять необходимые эксплуатационные качества в условиях пожара, необходимо иметь представление о температурном воздействии на них. Температурный режим пожара зависит от множества факторов и неоднороден по высоте помещения. Поэтому, рассматривая среднеобъемные показатели, невозможно определить степень воздействия на тот или иной элемент конструкции. Также существует необходимость определения значений температуры на высоте человеческого роста, что позволит обеспечить безопасную эвакуацию людей из здания посредством проведения необходимых мероприятий по снижению вероятности воздействия этого опасного фактора пожара. Но в реальных условиях имеет место дефицит статистических данных [3].

Таким образом, основной целью данного исследования является проведение экспериментальных исследований, позволяющих получить достоверную информацию о температурном режиме пожара с учетом распределения температуры по высоте помещения, снизив при этом влияние побочных факторов до минимума. Получение эмпирически обоснованных значений параметров, характеристик и закономерностей динамики температурного режима начальной стадии пожара под влиянием конвективных потоков позволит произвести научно обоснованный прогноз динамики температурного режима пожара во времени.

С целью воссоздания реальной обстановки на пожаре была разработана экспериментальная установка, моделирующая пожар в помещении, оборудованном аэрационными фонарями [4]. Модельная установка представляет собой камеру сгорания, изготовленную из материалов, теплопроводность которых соответствует современным строительным материалам, наиболее широко применяющихся при строительстве зданий. Зона измерений соответствует ГОСТ 30494-2011. Сущность метода заключается проведении замеров температуры на различных высотах посредством использования пирометра и «пробника», представляющего собой комплекс из металлических пластин, размещенных на определенной высоте и не связанных между собой (рис.1).

В табл. 1 приведены основные технические характеристики металлических пластин «пробника».

Таблица 1

Технические характеристики металлических пластин «пробника»

Наименование параметра	Значение параметра	Наименование параметра	Значение параметра
Материал	Алюминий	Коэффициент теплопроводности	230 Вт/(м·К)
Плотность	2700 кг/м ³	Толщина датчика	2·10 ⁻⁵ м
Теплоемкость,	930 Дж/(кг·К)	Начальная температура датчика	22 °С
Коэффициент теплоотдачи	209 Вт/(м ² ·К)		

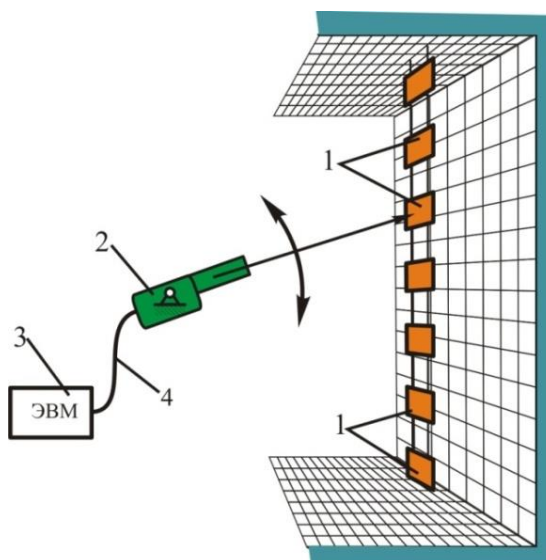


Рис.1 – Схематичное изображение «пробника»:

1 – пробник; 2 – лазерный пирометр; 3 – ЭВМ; 4 – технические средства подключения пирометра к ЭВМ.

В результате измерений получаем значения температуры газовой среды на определенной высоте в режиме реального времени, не искаженные за счет теплопередачи от одной пластины к другой. При этом металлические пластины выполнены из тонкой алюминиевой фольги, что позволяет утверждать, что процесс теплопередачи от газовой среды к пластине происходит с необходимой скоростью и точностью. Замеры проводятся посредством лазерного пирометра через открытое смотровое окно. Использование лазерного пирометра позволяет проводить измерения непрерывно. Адекватность предложенного метода подтверждена в работе [5]. Методика проведения измерительных процедур позволяет получить достоверные данные и максимально приблизить решение задачи к реальной картине пожара.

Данный метод обладает следующими преимуществами:

- ✓ позволяет определять температуру газовой среды на определенной высоте и точке пространства;

- ✓ обладает достаточной точностью;

- ✓ экономически эффективен, так как не требует дорогостоящего оборудования;

- ✓ позволяет измерять температуру газовой среды, а не ограждающих конструкций.

Недостатки предложенного метода:

- ✓ необходимость устройства смотрового окна.

Указанный недостаток можно считать не критичным по отношению к результатам эксперимента, так как при возникновении горения в реальных условиях возможно и наиболее вероятно нарушение остекления в помещении. Таким образом, можно утверждать, что наличие смотрового окна не окажет существенного влияния на результаты измерений.

Общая схема развития пожара включает несколько фаз:

1 фаза (10 мин) – начальная стадия, включающая переход возгорания в пожар (1...3 мин) и рост зоны горения (5...6 мин);

2 фаза (30...40 мин) – стадия объемного развития пожара;

3 фаза – затухающая стадия пожара.

В соответствии с СП 13.13130.2009 начальная стадия пожара – это стадия пожара, характеризующаяся линейным распространением горения по пожарной нагрузке, до начала общей вспышки горючих веществ в помещении. Эта стадия представляет собой линейное распространение огня вдоль горючего вещества или материала, которое сопровождается обильным дымовыделением, что затрудняет определение места очага пожара. Приток воздуха в помещение сначала увеличивается, а затем медленно снижается. Это обусловлено

изменением положения плоскости равных давлений, связанным с тем, что нагретые продукты горения в зоне реакции из-за меньшей плотности, по сравнению с плотностью поступающего в помещение воздуха, поднимаются вверх, создавая избыточное давление. В нижней части помещения из-за снижения парциального давления кислорода в воздухе, участвующего в реакции окисления, создается разрежение. Высота в помещении, на которой давление в его объеме равно наружному или давлению в соседнем помещении, называется уровнем равных давлений [6].

Основной целью проводимых исследований являлось изучение начальной стадии пожара, так как именно на этой стадии происходит обнаружение пожара и производится эвакуация людей. Для достижения этой цели были проведены две серии экспериментов, в ходе которых были получены данные о температуре горения древесины и бумаги в начальной стадии пожара.

Первая серия экспериментов проводилась с использованием в качестве пожарной нагрузки изделий из бумаги. Бумага – горючий легковоспламеняющийся материал с температурой воспламенения и самовоспламенения 230 °С. Скорость выгорания 8·10 кг/(м·с) – в разрыхленном виде и 5,5·10 кг/(м·с) – в виде книг на стеллажах. При хранении в кипах способна к тепловому самовозгоранию [7].

Для повышения эффективности и применимости данных, полученных при исследовании, экспериментальная установка изготовлена по типовым размерам производственных помещений в масштабе 2:10. Таким образом, высота экспериментальной установки составила 0,72 м. Помещение разделено по высоте на пять равных частей: Н1 находится на высоте 0,144 м; Н2 – 0,288 м; Н3 – 0,432 м; Н4 – 0,576 м; Н5 – 0,72 м.

Результаты измерений показаны в виде графиков (рис. 2), описывающих динамику температуры воздуха в помещении на различных высотах.

В табл. 2 приведены уравнения зависимостей, описывающих динамику температуры в начальной стадии горения бумаги, приведенных на рис. 2.

Таблица 2

Уравнения, описывающие динамику температуры горения бумаги

Высота расположения точки замера	Уравнение*	Коэффициент детерминации [8]	Коэффициент корреляции
Н1	$y = -0,006x^2 + 1,072x + 28,30$	$R^2 = 0,834$	> 90 %
Н2	$y = -0,003x^2 + 0,531x + 35,58$	$R^2 = 0,527$	>70 %
Н3	$y = 4E - 0,5x^3 - 0,012x^2 + 0,921x + 32,34$	$R^2 = 0,595$	>70 %
Н4	$y = -0,002x^2 + 0,316x + 34,31$	$R^2 = 0,525$	>70 %
Н5	$y = 4E - 0,5x^3 - 0,010x^2 + 0,834x + 28,50$	$R^2 = 0,753$	>70 %

*у – температура, °С; x – время, с.

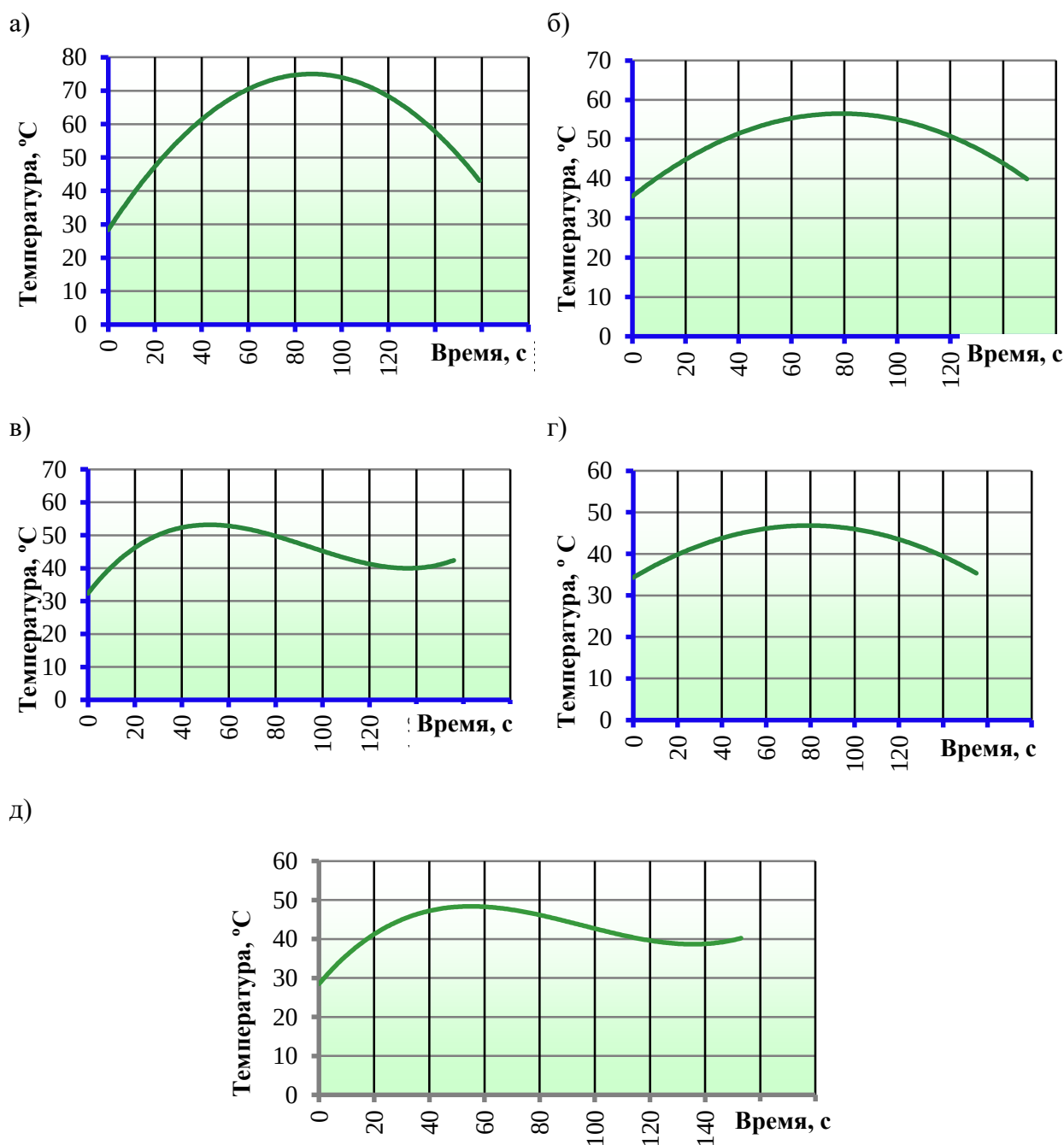
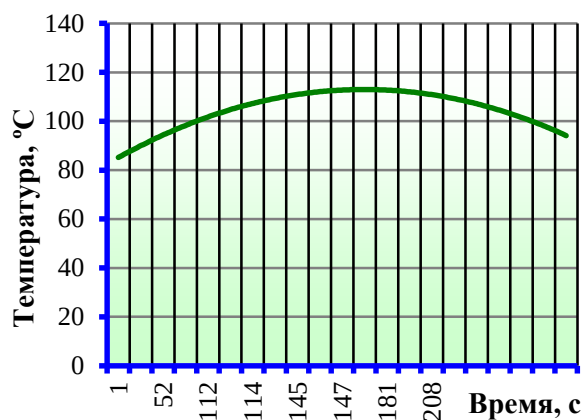


Рис. 2 – Графики, описывающие динамику температуры в начальной стадии горения бумаги:
а - на высоте $H_1 = 0,144 \text{ м}$; б - на высоте $H_2 = 0,288 \text{ м}$; в - на высоте $H_3 = 0,432 \text{ м}$;
г - на высоте $H_4 = 0,576 \text{ м}$; д- на высоте $H_5 = 0,72 \text{ м}$

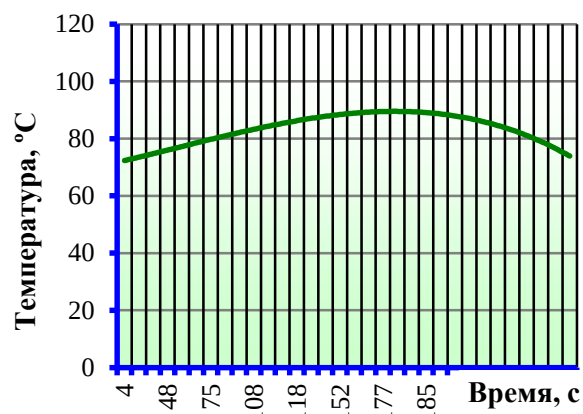
В качестве второго объекта исследования было выбрано горение древесины. Древесина представляет собой ценное производственное сырье и самый распространенный материал органического происхождения, обладающий рядом ценных физико-химических и технологических свойств. Температура самовоспламенения колеблется от 370°C до 500°C в зависимости от породы дерева и степени измельчения. При пожарах скорость распространения огня на складах круглого леса достигает $0,35 \dots 0,7 \text{ м/мин}$, на складах пиломатериалов – 4 м/мин при влажности $8 \dots 12 \%$ и 1 м/мин при влажности более 30% [9].

Результаты измерений динамики температуры при горении древесины приведены на рис. 3.

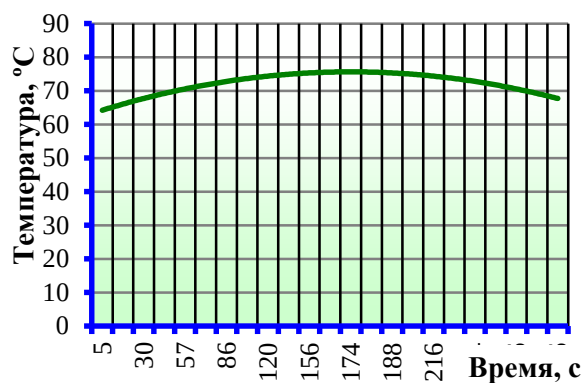
а)



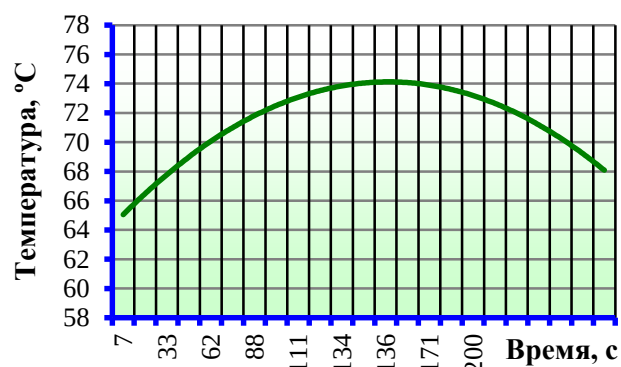
б)



в)



г)



д)

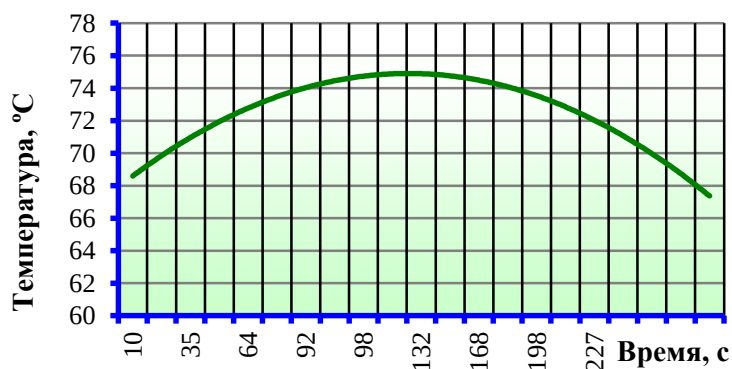


Рис. 3 – Графики, описывающие динамику температуры в начальной стадии горения древесины:
а – на высоте $H_1 = 0,144$ м; б – на высоте $H_2 = 0,288$ м; в – на высоте $H_3 = 0,432$ м;
г – на высоте $H_4 = 0,576$ м; д – на высоте $H_5 = 0,72$ м

В табл. 3 приведены уравнения зависимостей, описывающих динамику температуры в начальной стадии горения древесины, приведенных на рис. 3.

Таблица 3

Уравнения, описывающие динамику температуры горения древесины

Высота расположения точки замера	Уравнение*	Коэффициент детерминации [8]	Коэффициент корреляции
H1	$y = -0,231x^2 + 5,531x + 79,86$	$R^2 = 0,850$	$> 90\%$
H2	$y = -0,001x^3 + 0,025x^2 + 1,134x + 71,15$	$R^2 = 0,700$	$> 70\%$
H3	$y = -0,079x^2 + 2,059x + 62,24$	$R^2 = 0,715$	$> 70\%$
H4	$y = -0,061x^2 + 1,622x + 63,48$	$R^2 = 0,850$	$> 90\%$
H5	$y = -0,069x^2 + 1,457x + 67,21$	$R^2 = 0,776$	$> 70\%$

*у - температура, °C; x - время, с.

Коэффициент корреляции, превышающий 70 % (табл. 2, 3) позволяет утверждать, что модель имеет достаточную достоверность.

На рис. 4 и 5 показаны сводные графики динамики температуры во времени при горении бумаги и древесины соответственно. Результаты проведенных исследований согласуются с исследованиями других авторов [10].

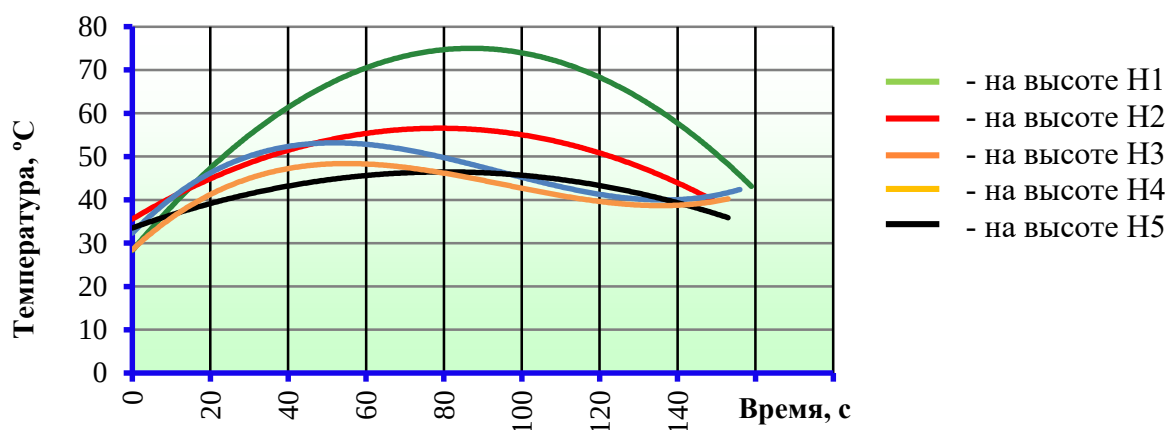


Рис. 4 – Графики, описывающие динамику температуры в начальной стадии горения бумаги на различной высоте помещения

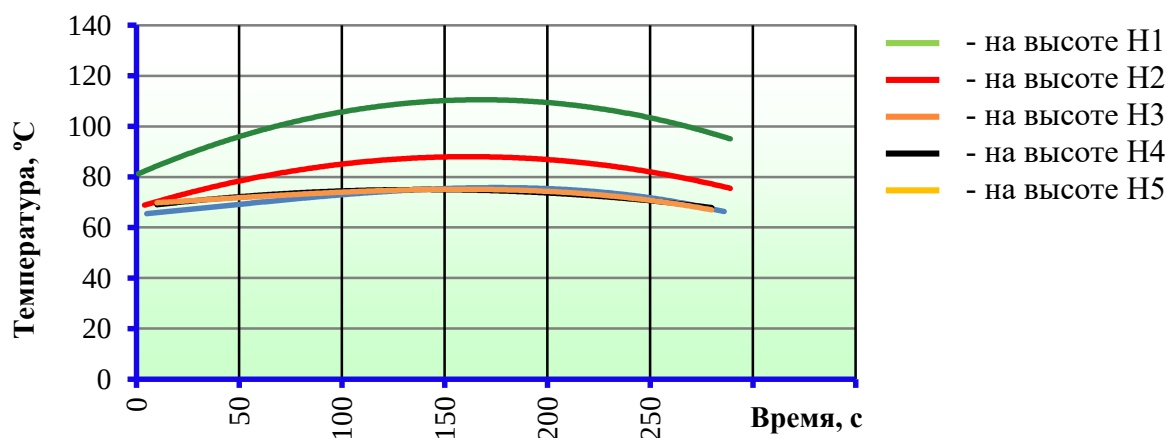


Рис. 5 – Графики, описывающие динамику температуры в начальной стадии горения древесины на различной высоте помещения

Заключение.

Предлагаемая авторами установка для моделирования пожара в производственном помещении разработана с соблюдением масштабов типовых помещений, что позволяет свести к минимуму побочные факторы, влияющие на качество измерительных процедур.

Получены зависимости, характеризующие изменение температуры в исследуемой модели помещения на различных высотах при горении бумаги и древесины. Рассчитанный коэффициент корреляции показал, что методика проведения измерительных процедур обладает необходимой достоверностью.

В результате анализа экспериментальных данных сделан вывод, что температура горения неоднородна по высоте помещения. Полученные результаты могут быть использованы для оценки обстановки на пожаре и повышения эффективности мероприятий, направленных на обеспечение безопасной эвакуации людей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Колодяжный, С. А.** Математическая модель для определения критического времени эвакуации при пожаре / С. А. Колодяжный, В. А. Козлов, И. И. Переславцева // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 3(35). – С. 128-138.

2. **Мурзинов, В. Л.** Исследование динамики температурного режима газовой среды при пожаре // В. Л. Мурзинов, В. Л. Худиковский, Е. А. Сушко, С. П. Аксенов // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2015. – № 4(40). – С. 118-125.

3. **Колодяжный, С. А.** Обеспечение безопасности функционирования систем газоснабжения при мониторинге технического состояния в условиях информационной неопределенности // С. А. Колодяжный, Е. А. Сушко, С. А. Сазонова, К. А. Скляр // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 2(34). – С. 132-140.

4. **Паршин, М. В.** Влияние работы аэрационных фонарей на пожар внутри помещения / М. В. Паршин, А. П. Паршина, Л. Д. Карпов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – № 3(8). – С. 71-77.

5. **Паршина, А. П.** Методика проведения экспериментального исследования динамики температуры газовой среды при пожаре / А. П. Паршина, М. В. Паршин, В. Л. Мурзинов // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Новые технологии и проблемы технических наук», г. Красноярск. – 2014. – С. 131-136.

6. **Кошмаров, Ю. А.** Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие / Ю. А. Кошмаров. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.

7. **Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности.** Справочник / И.В. Рябов. – М.: Химия, 1970. – 336 с.

8. **Кремер, Н. Ш.** Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для ВУЗов. / Н. Ш. Кремер – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 573 с.

9. **Корольченко, А. Я.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. Ч. I – 2-е изд., перераб. и доп. / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. – М.: Асс «Пожнаука», 2004. – 713 с.

10. **Razdolsky, L.** Mathematical Modeling of Fire Dynamics / L. Razdolsky // Proceedings of the World Congress on Engineering, London, U.K., WCE, 2009 July 1-3. – 2009. – Vol. II.

Поступила в редакцию 1 февраля 2018

RESULTS OF THE EXPERIMENTAL STUDY OF THE TEMPERATURE MODE OF COMBUSTION OF DIFFERENT MATERIALS AT THE VARIOUS HEIGHT OF THE PREMISE

A. P. Parshina, M. V. Parshin, V. L. Murzinov

Parshina Anastasiya Petrovna, senior lecturer of the Department of technospheric and fire safety, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-53-21; e-mail: parshina@vgsu.vrn.ru
Parshin Maxim Viktorovich, graduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7-919-237-87-84; e-mail: maxipi@yandex.ru
Murzinov Valery Leonidovich, Doctor of Technical Sciences, professor of the department technospheric and fire safety, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-53-21; e-mail: dr.murzinov@yandex.ru

The basic problems of study of fires are considered in apartments. With the purpose of increase of efficiency of events on evacuation of people from building and building the initial stage of fire is considered. It contingently the necessity of receipt of empiric reasonable values of parameters, descriptions and conformities to law of dynamics of temperature condition of the initial stage of fire under influence of convective streams, that will allow to produce the scientifically reasonable prognosis of dynamics of temperature condition of fire in time. For the achievement of this aim the model setting is worked out, providing the observance of scales of model apartments, feature checking of basic parameters, characterizing a fire on the whole, and also researches of dynamics of temperature of gas environment in an apartment. Methodology of realization of the experiments sent to the receipt of the most reliable information about the temperature condition of fire in an apartment and distribution of values of temperature on a height offers. Description over of realization of experimental research is brought. The model setting is the combustion chamber, made from materials heat conductivity of that corresponds to modern building materials, most widely being used at building building. Into a chamber a «tester» and hearth of fire are located. A «tester» consists of metallic plastins unconnected inter se. Measuring was conducted by means of laser pyrometer through an observational window. The temperature of surrounding air was thus estimated on the certain height of apartment. Two series of the tests sent to the receipt of reliable information about the temperature condition of burning of wares from a paper and wood are conducted. Functional dependences of change of temperature are got in time, allowing to get the given for an estimation temperatures of air into an apartment, possessing necessary authenticity. A conclusion is formed about heterogeneity of distribution of values of temperatures on the height of apartment and necessity of increase of efficiency of the events sent to research of fires in an apartment.

Keywords: fire; experimental research; dynamics of temperature condition of fire; burning of paper wares; burning of wood; initial stage of fire; dangerous factors of fire.

REFERENCES

1. **Kolodyazhny S. A., Kozlov V. A.** *Mathematical model for determining the critical time of evacuation in a fire.* Scientific herald of the Voronezh State Architectural and Construction University. Construction and architecture. 2014. No. 3(35). Pp. 128-138. (in Russian)
2. **Murzinov V. L., Khudikovskii V. L., Sushko E. A., Aksenov S. P.** *Investigation of the dynamics of the temperature regime of a gaseous medium in a fire* Scientific journal of construction and architecture. 2015. No. 4(40). Pp. 118-125. (in Russian)
3. **Kolodyazhnyi S. A., Sushko E. A., Sazonova S. A., Sklyarov K. A.** *Ensuring the security of the functioning of gas supply systems in monitoring the technical state in conditions of information uncertainty* Scientific herald of Voronezh State Architectural and Construction University. Construction and architecture. 2014. No. 2(34). Pp. 132-140. (in Russian)

4. **Parshin M. V., Parshin A. P., Karpov L. D.** *Influence of the work of aeration lanterns on a fire inside the premises* Scientific journal. Engineering systems and facilities. 2012. No. 3(8). Pp. 71-77. (in Russian)
5. **Parshina A. P., Parshin M. V., Murzinov V. L.** *Methods of conducting an experimental study of the dynamics of the temperature of the gaseous medium during a fire*. Krasnoyarsk, Collection of scientific papers on the results of the international scientific-practical conference «New technologies and problems of technical Sciences». 2014. Pp. 131-136. (in Russian)
6. **Koshmarov Y. A.** *Forecasting of dangerous fire factors in the room: Textbook*. Moscow, Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2000. 118 p. (in Russian)
7. **Ryabov I. V.** *Fire hazard of substances and materials used in the chemical industry. Reference book*. Moscow, Chemistry. 1970. 336 p. (in Russian)
8. **Kremer N. Sh.** *Theory of Probability and Mathematical Statistics: Textbook for Universities*. Moscow, UNITY-DANA. 2004. 573 p. (in Russian)
9. **Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A.** *Fire and explosion hazard of substances and materials and their extinguishing agents*. Moscow, Pozhnauka. 2004. 713 p. (in Russian)
10. **Razdolsky L.** *Mathematical Modeling of Fire Dynamics*. Proceedings of the World Congress on Engineering. London, U.K., WCE, 2009 July 1-3. 2009. Vol. II.

Received 1 February 2018

Для цитирования:

Паршина, А. П. Результаты экспериментального исследования температурного режима горения некоторых материалов на различной высоте помещения / А. П. Паршина, М. В. Паршин, В. Л. Мурзинов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – с. 77-86.

FOR CITATION:

Parshina A. P., Parshin M. V., Murzinov V. L. *Results of the experimental study of the temperature mode of combustion of different materials at the various height of the premise*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 77-86. (in Russian)

УДК 551.581.1:711-1

МОДЕЛИРОВАНИЕ «ГОРОДСКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА» СРЕДСТВАМИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА

И. В. Попова, С. А. Куролап, П. М. Виноградов

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

Куролап Семён Александрович, доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)266-56-54; e-mail: skurolap@mail.ru

Виноградов Павел Михайлович, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)266-56-54; e-mail: vinpaul89@gmail.com

Явление изменения термического режима на территории города, выраженное ростом температур в пограничном слое атмосферы, в климатологии принято называть «островом тепла». Формирование «острова тепла» на застроенных территориях имеет целый ряд прямых или косвенных экологических и биоклиматических эффектов и последствий, как положительного, так и отрицательного характера. Примером отрицательного воздействия «острова тепла» является увеличение количества дней с оттепелями: в холодное полугодие переход температуры воздуха через 0 °С создает проблемы не только хозяйственным и дорожно-эксплуатационным службам города, но и состоянию компонентов его природной среды, в частности зеленым насаждениям. В данной работе на примере крупного города Воронежа, расположенного в умеренном климатическом поясе, дана характеристика основных факторов формирования городского «острова тепла». Инструментами пространственного анализа ArcToolbox в среде ArcGIS 10.5. произведена оценка свойств подстилающей поверхности, характера её антропогенного использования, а также выполнен расчет количества поступающей на поверхность прямой солнечной радиации, как основного климатообразующего фактора. Комбинирование полученных растровых тематических слоёв даёт представление об интенсивности и пространственном распределении городского острова тепла.

Ключевые слова: городская застройка; микроклимат; остров тепла; термический режим; солнечная радиация; автотранспортная нагрузка; объём застройки; геоинформационный анализ.

Явление «городского острова тепла» представляет собой положительную температурную аномалию, образующуюся над городом и промышленными районами в следствие антропогенного изменения состава атмосферного воздуха, свойств подстилающей поверхности, использования искусственных материалов и эмиссии техногенного тепла в окружающую среду. Городской остров тепла характеризуется показателем интенсивности, а именно – разницей температур между городскими и не вовлеченными в хозяйство районами. Как правило, интенсивность «острова тепла» имеет выраженный суточный и годовой режим, с максимумом через несколько часов после захода Солнца и минимумом в середине дня. В годовом ходе остров тепла получает максимальное развитие в весенние и летние месяцы, минимальное – в конце осени и начале зимы [1].

В последние десятилетия учеными делаются попытки описать явление «острова тепла» с математической точки зрения. Наиболее часто в литературе можно встретить уравнения регрессионной зависимости температурной разницы между городом и окраинами на основе численности населения [2], существенным недостатком таких уравнений является их региональная привязка и отстраненность от основных климатообразующих факторов, таких как количества поступающей солнечной радиации, рельефа местности и теплофизи-

ческих свойств подстилающей поверхности.

Более точным методом исследования островов тепла является аэрокосмическая съемка в тепловом диапазоне. Дешифрирование снимков, получаемых со спутников Земли, например, в инфракрасном режиме, позволяет интерпретировать распределение яркостей изображения в температуру подстилающей поверхности в градусах Цельсия [3, 4, 5].

Общность физико-географических условий и атмосферной циркуляции создает одинаковые «фоновые» условия для формирования климата Воронежа и его окрестностей, однако в городе возникают свойственные только ему климатические особенности, которые обусловлены изменением радиационного, температурного, ветрового режимов и определяется своеобразием светового поглощения и излучения, хода температуры воздуха и температуры подстилающей поверхности, влажности воздуха, атмосферного давления и направление ветра [6]. Проводимые ранее микроклиматические наблюдения на территории г. Воронежа позволяют установить температурные различия между застроенной частью и пригородной незастроенной территорией, а также между правым и левым берегом [7, 8, 9, 10]. Они являются следствием реконструкции естественного растительного и почвенного покрова в процессе градостроительства и замены деятельного слоя на покрытие разнообразными строительными материалами.

В данной работе с помощью инструментов пространственного ГИС-анализа авторами была произведена оценка факторов формирования «городского острова тепла», дана характеристика интенсивности и неоднородности возникающей температурной аномалии. В качестве климатообразующих факторов были рассмотрены следующие характеристики: количество приходящей солнечной радиации на горизонтальные, наклонные и вертикальные поверхности различной экспозиции; доля зелёных насаждений; интенсивность движения автотранспорта и объём застройки. Геоинформационный анализ был выполнен с помощью программного комплекса *ArcGIS 10.4.1 for Desktop*, с использованием встроенного приложения *ArcToolbox* и прилагаемого к нему набора инструментов *Spatial Analyst*.

Количество солнечной радиации, поступающей на поверхности различной экспозиции, является основным климатообразующим фактором. В отличие от урбанизированных территорий, продолжительность инсоляции открытых пространств, не занятых городской застройкой, определяется ориентацией и крутизной склона по отношению к лучам Солнца. В городе активный инсоляционный режим создается самими зданиями.

Для расчета солнечной радиации, поступающей на поверхность, исследуемая область была представлена в виде регулярной сетки $2 \text{ м} \times 2 \text{ м}$, значение ячеек характеризует суммарную высоту рельефа и зданий. Инструмент «Область солнечного излучения» группы инструментов «Солнечное излучение» приложения *ArcToolbox* автоматически ведет расчёт в день летнего солнцестояния [11]. Результат работы инструмента представляет собой растровый формат данных, значение каждого пикселя отражает количество солнечной радиации, поступающей на поверхность в течение суток (рис. 1, а). При строительстве зданий повышенной этажности на прилегающей территории создаётся обширная зона затенения. Размер тени за зданием зависит от высоты Солнца, которая меняется в течение года и суток. В летние месяцы пригородные территории, в особенности открытые равнинные безлесные участки, склоны южных экспозиций прогреваются значительно быстрее, чем в городе, где наибольшее количество солнечной радиации получают крыши высотных зданий. Для большей наглядности, на рисунке зоны облучения с максимальной площадью выделены светлым цветом, соответствующим количеству солнечной радиации $5442,6\text{--}5506,9 \text{ Вт/м}^2$.

Расчёт объема и массы застройки. Объём, занимаемый зданиями, является косвенным показателем отраженной радиации и собственного длинноволнового излучения ограждающих конструкций зданий. В зимнее время отапливаемые здания являются источником дополнительного излучения тепла, которое поступает в окружающую за счет теплопередачи. Для решения поставленной задачи авторами был использован инструмент «Плот-

ность ядер» группы инструментов «Плотность» панели *ArcToolbox*, предварительно здания были преобразованы в класс точечных объектов с заданной высотой в атрибутивной таблице данных, при этом количество точек, принадлежащих каждому контуру здания прямо пропорционально площади этого здания. Данный инструмент создает вымышленную гладкую поверхность над каждой точкой, в качестве функции «поле популяции» используется высота здания (точки) [12]. Построенная таким образом картограмма (рис. 1, б), представляет собой плотность строительного объема, м^3 , на единицу площади, м^2 .

Как видно из карты (рис. 1, б), наиболее плотно застроенными участками города являются современные жилые микрорайоны повышенной этажности (Бульвар Победы, Антонова-Овсеенко, Шишкова, ЖК «Московский квартал», пер. Здоровья, ЖК «Дельфин», новые жилые массивы на пер. Ольховый, ул. Новосибирская). Исторический центр традиционно является плотно застроенной частью города, при этом на месте выведенных за черту города промышленных предприятий создаются новые микрорайоны повышенной этажности с высокими показателями плотности, как, например, застройка в границах ул. Кропоткина, 40-лет Октября и Революции 1905 года.

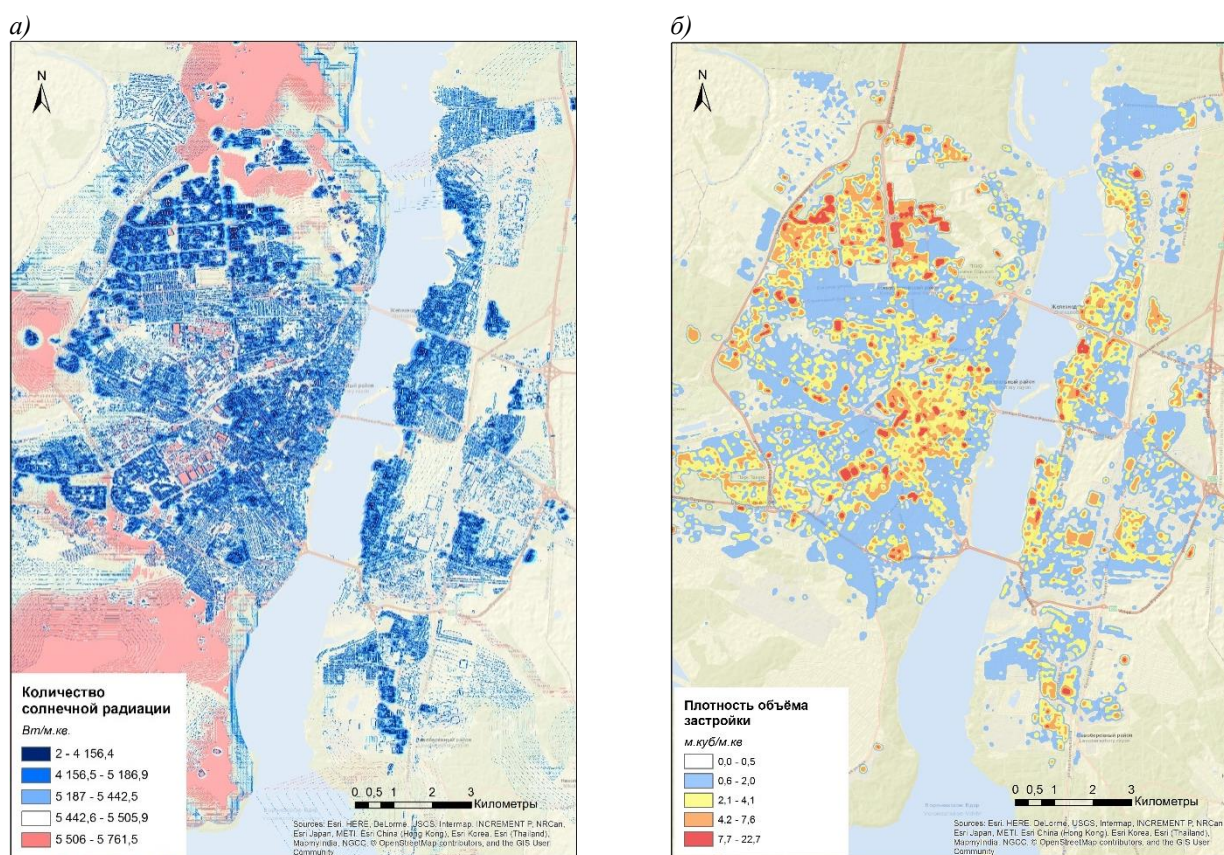


Рис. 1 – Картографические слои г. Воронежа с результатами анализа:

а – карта-схема распределения количества поступающей на поверхности прямой солнечной радиации; б – карта-схема распределения плотности объема застройки

Зелёные насаждения в городской среде в противовес плотно застроенным районам являются «островами холода» [13, 14, 15]. Учёт всех имеющихся на территории города зелёных насаждений проводился по спутниковым снимкам *Sentinel-2a*, полученным с сервиса <https://earthexplorer.usgs.gov> для летнего времени года. Комбинация каналов «11-8-4» подходит для дешифрирования древесно-кустарниковой и лугово-травяной растительности [16]. В результате специальной обработки снимка был получен классифицированный растр (рис. 2), значения «2» и «4» которого соответствуют растительности, при этом в пределах городской застройки, как, правило «4» класс отображает газоны, кустарники редкие древесные насаждения, а «2» класс - древесную растительность. В то же время, за пределами

городской застройки это правило не выполняется и оба этих класса идентифицируют древесную растительность. Класс растра со значением «0» соответствует участкам открытого грунта, а «1» и «3» дешифрируются как искусственные поверхности (асфальтовое, плиточное покрытие, крыши зданий и сооружений). Оценка доли зелёных насаждений проводилась с помощью пересчёта площади, занимаемой классами растра «2» и «4», в регулярной сетке с размером стороны 100 на 100 м (рис. 3, а).

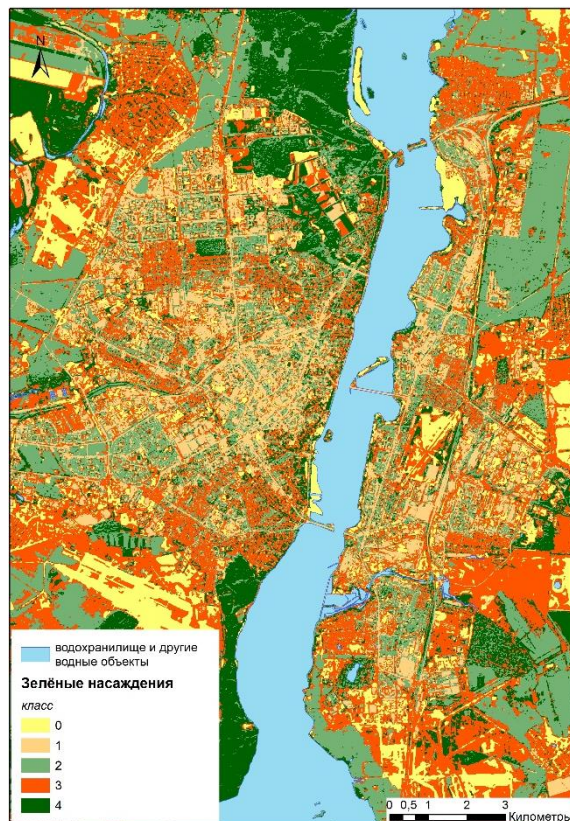


Рис. 2 – Результат классификации элементов растительного покрова с использованием изображения, полученного со спутника *Sentinel-2a*

Наряду с «зелёным поясом», достаточно хорошо озеленёнными участками города характеризуется территория жилой застройки Советского района, окруженная улицами Пирогова, Ворошилова, Космонавтов и Героев-Сибиряков; некоторые староосвоенные территории Северного Микрорайона, в районе улиц Лизюкова и Хользунова, микрорайона «Дубрава»; частная застройка на крутом правобережном склоне; 5-9-ти этажная застройка в районе улиц Остужева и Минская, 25 Января и Перёверткина на левом берегу Воронежского водохранилища; малоэтажная застройка по ул. Ленинградская и Гвардейская, Менделеева и Саврасова.

Роль автотранспорта в формировании термической аномалии в приземном слое воздуха достаточно подробно описывается в работе [17]. Повышение приземных температур, измеренных вблизи автомагистралей и на несколько сотен метров вглубь застройки, имеет линейный вытянутый характер и напрямую связано с интенсивностью движения автотранспорта. Искусственные покрытия из асфальта и других материалов, имеющих низкое альбедо, а также теплота, выделяющаяся при работе двигателей внутреннего сгорания ведут к росту температур в деятельном слое атмосферы на высоте роста человека, резкому снижению влажности воздуха, что с точки зрения биоклиматологии может негативно отразиться на самочувствии человека, находящегося в непосредственной близости к объектам улично-дорожной сети, к примеру, на остановке общественного транспорта, на пешеходном переходе, тротуаре. В связи с этим в качестве показателя техногенного тепла, поступающего в

атмосферу с работой двигателей, нами оценивалась интенсивность движения автотранспорта по основным магистралям города, построена картограмма автотранспортной нагрузки, которая представляет собой изображение плотности и интенсивности транспортных потоков (рис. 3, б). В силу особенностей атмосферных процессов и воздушной среды, вдоль каждой единицы улично-дорожной сети была заложена «буферная» зона шириной 500 м, отражающая свойства воздуха как недискретной среды.

Справочные данные по интенсивности движения автотранспорта для дорог различной категории заимствованы в работе А.Б. Якушева [18], всего было учтено 206 улиц города, данные представлены в табл.

Интенсивность автотранспорта по основным категориям улиц
города Воронежа (авт/час) [18]

Категория дороги*	1Б	2Б	2В	2Г	3А	3Б	3В	3Г	3Д
Интенсивность	2587	2738	1030	1014	217	1009	105	77	57

* Постановление Администрации города Воронежа от 06.04.2004 N 531 "Об утверждении улично-дорожной сети города Воронежа"

Самыми загруженными участками улично-дорожной сети города является его центральная часть, Северный микрорайон в районе улиц 45 Стрелковой Дивизии и Б. Победы, участок ул. Ленинградская и Ленинский проспект от ост. Брусилова до ост. Димитрова на левом берегу, а наиболее благополучный – микрорайон Березовой рощи и жилая застройка по улицам Ломоносова и Тимирязева и окраины города.

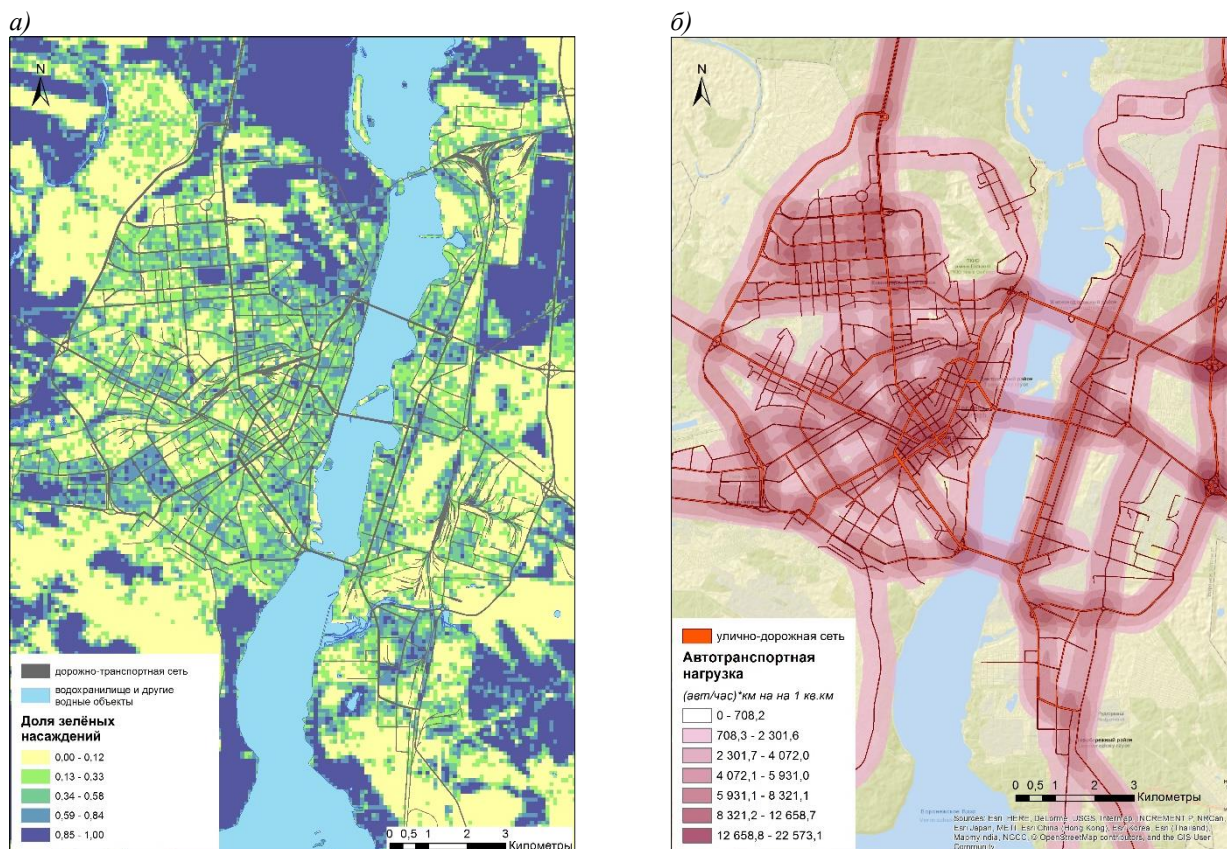


Рис. 3 – Картографические слои г. Воронежа с результатами расчёта:

а – карта-схема распределения доли зеленых насаждений; б – карта-схема распределения автотранспортной нагрузки на городскую среду

Разнохарактерность оцениваемых факторов формирования «городского острова тепла» и связанные с этим трудности при выборе единого показателя, авторами предлагается преодолеть посредством балльной оценки, представляющей собой в данном случае ранжирование ряда непрерывно усиливающихся или ослабевающих явлений на несколько групп со значениями баллов от «1» до «5». Дальнейший анализ, выполненный с помощью инструмента «Калькулятор растра» группы инструментов «Алгебра карт» приложения ArcToolbox [19] заключался в комбинировании полученных ранее тематических растровых слоёв (количество поступающей солнечной радиации (рис. 1, а); объём застройки (рис. 1, б); доля зелёных насаждений (рис. 3, а); автотранспортная нагрузка (рис. 3, б)). Количество баллов, полученное путём суммирования в каждой ячейке итогового растра, отражает интенсивность «острова тепла». Благоприятное охлаждающее действие зелёных насаждений было учтено со знаком «минус» при суммировании баллов, что объясняет отрицательные значения на итоговом растре (рис. 4).

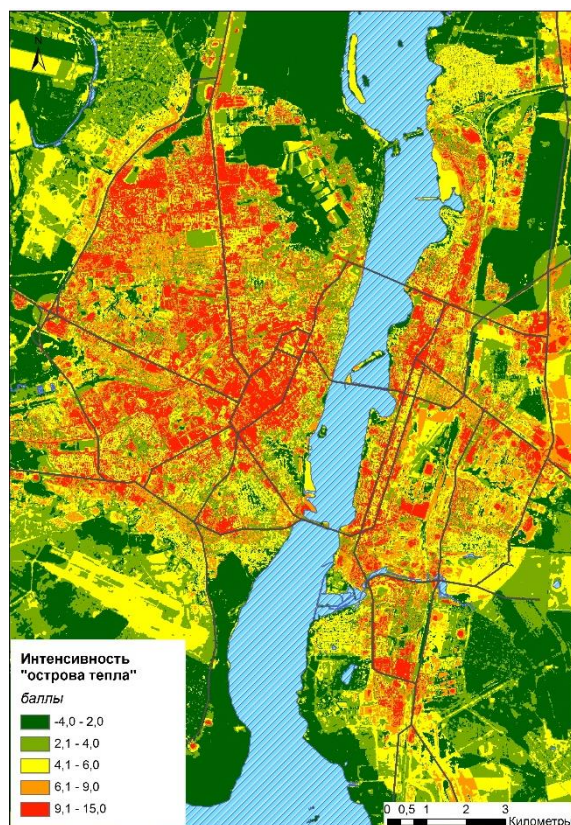


Рис. 4 – Карта-схема распределения баллов интенсивности «острова тепла»

Заключение.

Выполнена оценка основных факторов формирования «городского острова тепла»: дана оценка радиационного режима подстилающей поверхности города; рассчитаны следующие показатели: доля зелёных насаждений, автотранспортная нагрузка, объём застройки. Интегральная оценка интенсивности «острова тепла» проводилась суммированием баллов, полученных в результате ранжирования оцениваемых факторов.

Использование описанного в статье метода моделирования «городского острова тепла» с помощью геоинформационных технологий не ограничивается размерами города и климатической зоной, в которых он находится, что делает его универсальным. В качестве используемых в моделировании факторов формирования термической аномалии могут быть более подробно оценены теплофизические свойства применяемых в строительстве материалов. Для верификации результатов моделирования могут быть использованы аэрокосмические тепловые снимки, позволяющие максимально точно определить температуру

подстилающей поверхности, а также данные микроклиматических наблюдений на стационарных и маршрутных метеостанциях, равномерно охватывающих всю территорию города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Baumüller, J.** Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung / J. Baumüller, U. Hoffman – Stuttgart : Schwäbische Druckerei, 1998. – 272 p.
2. **Oke, T. R.** Urban climates / T.R. Oke, G. Mills, A. Christen [a.o.]. – Cambridge University Press, 2017. – 546 p.
3. **Балдина, Е. А.** Исследование городских островов тепла с помощью данных дистанционного зондирования в инфракрасном тепловом диапазоне / Е. А. Балдина, М. Ю. Грищенко, М. Константинов // ДЗЗ для будущей Земли. Земля из космоса. «СПЕЦВЫПУСК». – 2015. – С.38-42.
4. **Voogt, J. A.** Thermal Remote Sensing of Urban Climates / J. A. Voogt, T. R. Oke // Remote Sensing of Environment. – 2003. – № 86(3). – P. 370-384.
5. **Wang, G.** Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends / G. Wang // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2009. – Vol. 64. – Issue 4. – P. 335-344.
6. **Попова, И. В.** Архитектурно-климатический анализ городской среды (на примере г. Воронежа) / И. В. Попова Э. В. Сазонов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2017. – № 4(3). – С. 61-69.
7. **Дмитриева, В. А.** Термический режим г. Воронежа на фоне глобального потепления климата / В. А. Дмитриева // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. География и Геоэкология. – 2001. – № 1. – С. 129-135.
8. **Климат Воронежа** / под. ред. Ц. А. Швер, С. А. Павлова. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 104 с.
9. **Костылева, Л. Н.** Экологическая оценка сезонной динамики загрязнения воздушного бассейна города Воронежа / Л. Н. Костылева, С. И. Корыстин, С. А. Куролап // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. География и геоэкологии. – 2009. – № 2. – С. 107-113.
10. **Хрипякова, В. Я.** Микроклиматические особенности и их ландшафтно-экологические следствия в пределах левобережья г. Воронежа / В. Я. Хрипякова // Вестн. Воронеж, отд-ния Рус. геогр. об-ва. – 2000. – Т. 2. – Вып. 1. – С. 37-39.
11. **Обзор группы инструментов Солнечное излучение. Справочник по инструментам ArcToolbox** [электронный ресурс]
Режим доступа: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/an-overview-of-the-solar-radiation-tools.htm>
12. **Как работает инструмент Плотность ядер. Справочник по инструментам ArcToolbox** [электронный ресурс]
Режим доступа: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-kernel-density-works.htm>
13. **Березин, Д. В.** Снижение перегрева на придомовой территории путем рационального размещения зеленых насаждений / Д. В. Березин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – Т. 13. – № 2. – С. 16-21.
14. **Исаныюлова, Р. Р.** Характеристика и экологическое значение городских насаждений (на примере г. Уфы): автореф. дис. канд. биол. наук. / Р. Р. Исаныюлова. – Тольятти: Институт экологии Волжского бассейна РАН, 2011. – 25 с.
15. **Bongardt, B.** Stadtklimatologische Bedeutung kleiner Parkanlagen – dargestellt am Beispiel des Dortmunder Westparks / B. Bongardt // Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Dr. rer. nat. des Fachbereichs Biologie und Geografie an der Universität Duisburg-Essen. – 2005. – 283 p.
16. **Index Data Base.** A database for remote sensing indices [электронный ресурс].

Режим доступа: <https://www.indexdatabase.de/db/s-single.php?id=96>

17. **Hadda, L.** Impact of the transport on the urban heat island / L. Haddad, Z. Aouachria, D. Haddad // International Journal for Traffic and Transport Engineering. – 2015. – № 5(3). – Pp. 252-263.

18. **Якушев, А. Б.** Экологическая оценка воздействия автотранспорта на воздушный бассейн городов Центрального Черноземья / А. Б. Якушев, С. А. Куролап, М. А. Карпович. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2013. – 207 с.

19. **Калькулятор раstra. Алгебра карт. Справочник по инструментам ArcToolbox** [электронный ресурс].

Режим доступа: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/raster-calculator.htm>

Поступила в редакцию 10 апреля 2018

MODELING «URBAN HEAT ISLANDS» BY TOOLS OF GIS-ANALYSIS

I. V. Popova, S. A. Kurolap, P. M. Vinogradov

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

Kurolap Semen Alexandrovich, doctor of geographical Sciences, Professor, head of the Department Geoecology and environmental monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)266-56-54; e-mail: skurolap@mail.ru

Vinogradov Pavel Mikhailovich, senior lecturer of the Department of geoecology and environmental monitoring Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)266-56-54; e-mail: vinpaul89@gmail.com

The phenomenon of changes in the thermal regime in the city, expressed by the increase in temperatures in the boundary layer of the atmosphere, in climatology is called "urban heat island". The formation of the heat island in urban areas has a number of direct or indirect environmental and bioclimatic effects and consequences of both positive and negative nature. An example of the negative impact of the heat island is the increase in the number of days with thawed: in the cold half of the year, the transition of air temperature through 0°C creates problems not only for the economic and road maintenance services of the city, but also the state of the components of its natural environment, in particular green spaces. In this work, on the example of a large city of Voronezh, located in a temperate climatic zone, the characteristic of the main factors of the formation of urban heat island is given. ArcToolbox spatial analysis tools in ArcGIS 10.5. the evaluation of the properties of the underlying surface, the nature of its anthropogenic use, as well as the calculation of the amount of incoming solar radiation at the top of the direct, as the main climate-forming factor. The combination of the obtained raster thematic layers gives an idea of the intensity and spatial distribution of urban heat island.

Keywords: urban development; climate; heat island; thermal regime, solar radiation; transport load; capacity building; geoinformation analysis.

REFERENCES

1. **Baumüller J.** *Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung*. Stuttgart, Schwäbische Druckerei. 1998. 272 p.
2. **Oke T. R.** *Urban climates*. Cambridge University Press. 2017. 546 p.
3. **Baldina E., Grischenko M., Konstantinov M.** *Investigation of urban heat Islands by using the data d-station sensing in the thermal infrared range*. Remote sensing for the future of the Earth. Earth from space. «SPECIAL EDITION». 2015. Pp. 38-42. (in Russian)
4. **Voogt J. A., Oke T. R.** *Thermal Remote Sensing of Urban Climates*. Remote Sensing of Environment. 2003. Vol. 86. Issue 3. Pp. 370-384.

5. **Wang G.** *Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends.* ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2009. Vol. 64. Issue 4. Pp. 335-344.
6. **Popova I. V., Sazonov E. V.** Architectural and climatic analysis of the urban environment (in Voronezh). Housing and communal infrastructure. 2017. No. 4(3). Pp. 61-69. (in Russian)
7. **Dmitrieva V. A.** *Thermal regime of Voronezh against the background of global warming.* Bulletin of the Voronezh. state University. Ser. Geography and geoecology. 2001. No. 1. Pp. 129-135. (in Russian)
8. **Shver Ts. A., Pavlova S. A.** *Climate of Voronezh.* Leningrad, Hydrometeoizdat. 1986. 104 p. (in Russian)
9. **Kostyleva L. N., Korystin S. I., Kurolap S. A.** *Environmental assessment of seasonal dynamics of pollution in the air basin of Voronezh.* Bulletin of the Voronezh. state University. Ser. Geography and Geoecology. 2009. No. 2. Pp. 107-113. (in Russian)
10. **Khripakova V. J.** *Microclimatic features and their landscape ecological consequences within the left Bank of Voronezh.* Bulletin of Voronezh branch of the Russian geographical society. 2000. Vol. 2. Issue. 1. Pp. 37-39. (in Russian)
11. **An overview of the Solar Radiation tools.** Tools reference. Spatial Analyst toolbox. UCL.: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/an-overview-of-the-solar-radiation-tools.htm>
12. **How Kernel Density works.** Tools reference. Spatial Analyst toolbox. UCL.: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-kernel-density-works.htm>
13. **Berezin D. V.** *Reduction of overheating in the house adjoining territory by the rational placement of green spaces.* Bulletin of the South Ural State University. Series «Construction and architecture». 2013. Vol. 13. Issue. 2. Pp. 16-21. (in Russian)
14. **Isangulova R. R.** *Characteristics and ecological value of urban settlements (by the example of Ufa).* Togliatti, Institute of ecology of the Volga basin, Russian Academy of Sciences. 2011. 25 p. (in Russian)
15. **Bongardt B.** *Stadtklimatologische Bedeutung kleiner Parkanlagen – dargestellt am Beispiel des Dortmunder Westparks.* Universität Duisburg-Essen. 2005. 283 p.
16. **Index Data Base.** A database for remote sensing indices. UCL: <https://www.indexdatabase.de/db/s-single.php?id=96>
17. **Haddad L., Aouachria Z., Haddad D.** Impact of the transport on the urban heat island. International Journal for Traffic and Transport Engineering. 2015. No. 5(3). Pp. 252-263.
18. **Yakushev A. B., Kurolap S. A., Karpovich M. A.** *Environmental assessment of the impact of transport on air of the Central Black Soil region.* Voronezh, Scientific book. 2013. 207 p. (in Russian)
19. **Raster Calculator.** Tools reference. Spatial Analyst toolbox. UCL.: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/raster-calculator.htm>

Received 10 April 2018

Для цитирования:

Попова, И. В. Моделирование «городского острова тепла» средствами геоинформационного анализа / И. В. Попова, С. А. Куролап, П. М. Виноградов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – с. 87-95.

FOR CITATION:

Popova I. V., Kurolap S. A., Vinogradov P. M. *Modeling «urban heat islands» by tools of gis-analysis.* Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 87-95. (in Russian)

УДК 628.385

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ХРАНЕНИЯ БИОГАЗА**Н. В. Кузнецова, Т. В. Щукина, А. М. Ходунов, А. А. Прокопенко, В. А. Ефимов**

Кузнецова Надежда Владимировна, аспирант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(920)426-58-46; e-mail: polecat_3@mail.ru

Щукина Татьяна Васильевна, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(903)859-15-73; e-mail: schukina.niki@yandex.ru

Ходунов Антон Михайлович, старший преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(920)229-35-05; e-mail: m111mari@yandex.ru

Прокопенко Анастасия Андреевна, магистрант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(950)763-18-21; e-mail: prokopenko_nastyusha15@mail.ru

Ефимов Вадим Анатольевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(920)401-03-99; e-mail: efimov.vadik2013@yandex.ru

Анаэробное сбраживание, сопровождающееся сопутствующим выделением биогаза, является одним из приоритетных способов утилизации органических отходов и осадков сточных вод. Но, несмотря на столь очевидные преимущества данной технологии устрания ежедневно образующихся тоннами загрязнений, в РФ она применяется не столь широко, как в странах ближнего и дальнего зарубежья. Это объясняется достаточно сложным согласованием установок с органами технического надзора и низкими температурами в холодный период года для большинства климатических зон, что оказывает негативное влияние на тепловые режимы конверсии, существенно снижая метабенез. Повышение надежности биогазовых станций, в том числе и экологической, может быть обеспечено применением установок с высокими показателями безотказности, которые можно достичь посредством дальнейшего конструктивного совершенствования. С этой целью в статье рассматриваются реакторы с дополнительной функцией газгольдеров, анализируются преимущества и недостатки. Предложены технические решения, направленные на повышение устойчивости протекания анаэробных процессов и аккумулярования биогаза. Использование солнечной энергии для поддержания требуемого теплового режима позволит избежать дополнительного подогрева, необходимого, в том числе, и для нагревания среды, в которой находится плавающий газгольдер. Получено уравнение, позволяющее прогнозировать выход топлива в зависимости от времени пребывания органических отходов в метантенке, которое может быть при внесении поправок использовано для всех температурных режимов, соответствующих условиям жизнедеятельности бактерий.

Ключевые слова: органические отходы; анаэробное сбраживание; биогаз, надежность метантенков и газгольдеров.

Перспективность утилизации органических отходов посредством анаэробного сбраживания постоянно подтверждается количеством ежегодно вводимых в эксплуатацию биогазовых станций (рис. 1). Достигаемое при этом повышение экологической безопасности и энергетическая независимость, особенно для районов, не имеющих разветвленных сетей снабжения природными топливными ресурсами, создают благоприятные условия для применения биогазовых установок. Кроме того, при прогрессивных инвестиционных программах развития сельского хозяйства и животноводства, а также при постоянно возрастающих объемах органических отходов различного происхождения создаются предпосылки для активного распространения систем утилизации данного класса на территории РФ.

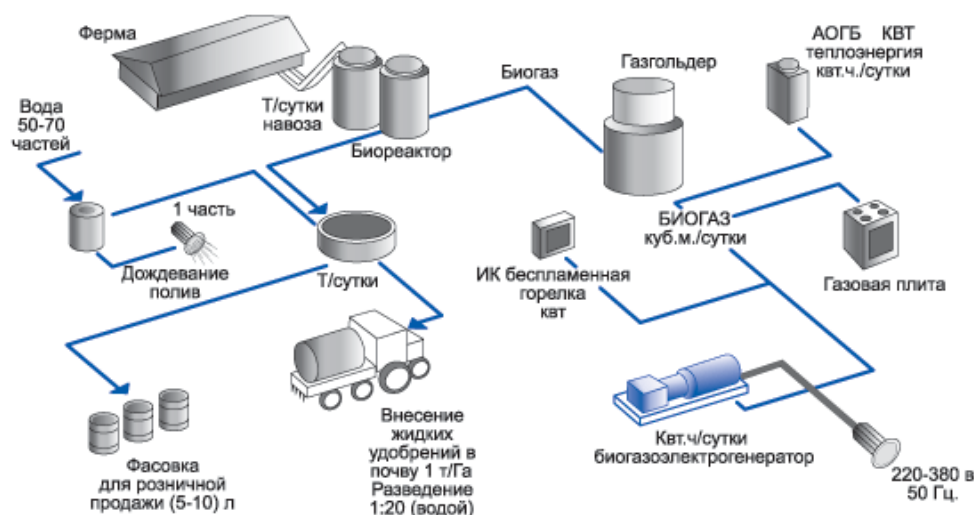


Рис. 1 – Схема биогазовой станции для фермерского хозяйства

Не смотря на достаточно продолжительный период широкого использования биогазовых установок, существующие конструкции реакторов за последние десятилетия претерпели незначительные изменения, что открывает перспективы для их дальнейшей модификации, обеспечивающей рост производительности [1...10]. Наряду с этим, проектирование устройств анаэробной переработки должно сопровождаться решением задач повышения безопасности транспортировки и хранения полученного газа.

Скорость выхода и состав газа, получаемого в результате сбраживания органических отходов, зависит от количества и энергетической ценности поступающего сырья, а также поддерживаемого теплового режима. Крайне сложное регулирование показателей загружаемого на переработку осадка сточных вод приводит к нестабильности процесса, что требует создания надежных накопительных устройств, как для самой биомассы, так и для вырабатываемого газа. При этом повышенной безопасности должны отвечать, прежде всего, емкости для сбора и хранения биогаза.

Применяемые для переработки органических отходов реакторы, обладающие дополнительно функцией аккумуляции газа, подразделяются на баллонные и куполообразные.

Баллонные установки конверсии отходов и хранения вырабатываемого топлива выполняют из термостойких полимеров или резины в форме мешка, к которому подводятся и крепятся трубы для загрузки и выгрузки сырья. Накопление газа под давлением обеспечивается растяжимостью материала установки. Кроме того, при достаточной прочности и эластичности баллона на него может быть установлен груз, позволяющий повысить давление газа, образующегося в результате сбраживания. Но такая дополнительная нагрузка при достаточно продолжительной эксплуатации небезопасна. Поэтому, чтобы не создавать угрозу преждевременного разрушения, следует на подключенном к баллону газопроводе предусматривать клапан, срабатывающий при превышении рабочего давления и отводящий избыток в дополнительную емкость. Данная емкость по своему исполнению может быть тоже баллонного типа.

К преимуществам таких реакторов относятся: простота конструкции и, как следствие, низкая стоимость установки, удобство в обслуживании, включая очистку реактора, загрузку, перемешивание и выгрузку сырья. Наряду с отмеченными положительными характеристиками, реакторы баллонного типа обладают существенными недостатками. Высокая восприимчивость к внешним погодным изменениям и воздействиям, нарушающим тепловой режим для метаногенных бактерий и снижающим прочностные показатели материала оболочки. В результате значительно сокращается срок службы, который, как правило, не превышает пяти лет. Одним из более надежных исполнений баллонных реакторов являются

установки канального типа, которые обычно имеют полимерное укрытие для предохранения от прямого воздействия солнечного излучения, что позволяет продлить срок службы.

В куполообразных реакторах часто для накопления газа в верхней части предусматривают гибкий, подвергающийся растяжению материал в случае малой вероятности повреждения тонкой оболочки (рис. 2). Кроме того, реакторы с мембранным куполом следует проектировать для климатических регионов с достаточно высокой температурой воздуха, что характерно лишь для южных регионов РФ.

Более надежные установки с фиксированным куполом состоят из закрытого реактора, который может иметь дополнительную емкость для выгрузки шлама. В процессе метаногенеза газ собирается в верхней части реактора - куполе. При загрузке сырья переработанная биомасса выталкивается в емкость. Чем больше период пребывания сырья в реакторе, тем выше давление газа.



Рис. 2 – Куполообразные реакторы с газгольдером мембранного типа

Надежность установок с фиксированным куполом обеспечила их широкое распространение. Лишь только в Китае эксплуатируется свыше 12 миллионов таких метантенков. Они, как правило, предназначены для значительного количества образующихся отходов или осадков сточных вод и обычно представляют собой полые бетонные сооружения, часть которых размещена под землей для сдерживания внутреннего давления до 0,15 бар. Кроме того, инновационные технологии позволяют их выполнить из армированных полимерных материалов. Минимальный рекомендуемый размер таких реакторов составляет 5 м³, но при необходимости объем установки может достигать до 200 м³. Однако необоснованное увеличение размеров метантенка осложняет процесс конверсии, так как невозможно создать благоприятные условия для жизнедеятельности бактерий во всем рабочем объеме и обеспечить равномерное перемешивание сырья. При значительных поступлениях осадков сточных вод следует проектировать биогазовые станции с реакторами в количестве не менее двух, повышая тем самым надежность технологического процесса переработки.

Так как газгольдером является верхняя часть в установке с фиксированным куполом и ее герметичность не обеспечивается слоем бетона, то ее покрывают составом, снижающим диффузию стенок. Это может быть латекс или синтетические краски.

Установки с плавающим куполом состоят обычно из подземного или наземного реактора, в случае отсутствия низких температур в холодный период года, и подвижного газ-

гольдера. Конструкция сооружения обеспечивает вертикальное перемещение верхней части газгольдера, который своей нижней частью помещен в специальный водяной карман или непосредственно в сырье. При накоплении и повышении давления биогаза происходит подъем подвижной части газгольдера, которая защищена от опрокидывания специальной поддерживающей рамкой.

Преимуществами таких метантенков являются обслуживание с минимальными трудозатратами, практически постоянное давление газа, определяемое весом газгольдера, простой способ расчета объема газа по высоте, на которую поднялся газгольдер. Недостатками являются высокая стоимость стального реактора, его коррозия в агрессивной среде и, как следствие, меньший срок службы, чем у установок с фиксированным куполом. Кроме того, в холодный период года при низких температурах вероятно промерзание водного кармана, что снижает безопасность эксплуатации.

Устранить последний недостаток можно в предлагаемой конструкции плавающего газгольдера (рис. 3), если для его верхней части применить светопрозрачный теплоизоляционный материал 5, например, поликарбонат. Тогда солнечное излучение, поступающее на купол, будет его подогревать. Циркуляция среды в образованной воздушной прослойке позволяет поддерживать температуру сырья в кармане на положительных значениях. Еще одним достоинством предлагаемой конструкции является её безопасность при аварийном повышении давления, так как сброс избыточного давления происходит без разрушения оборудования.

Поликарбонатное ограждение имеет открывающиеся фрамуги, посредством которых осуществляется проветривание и охлаждение внешней оболочки реактора в летние месяцы.

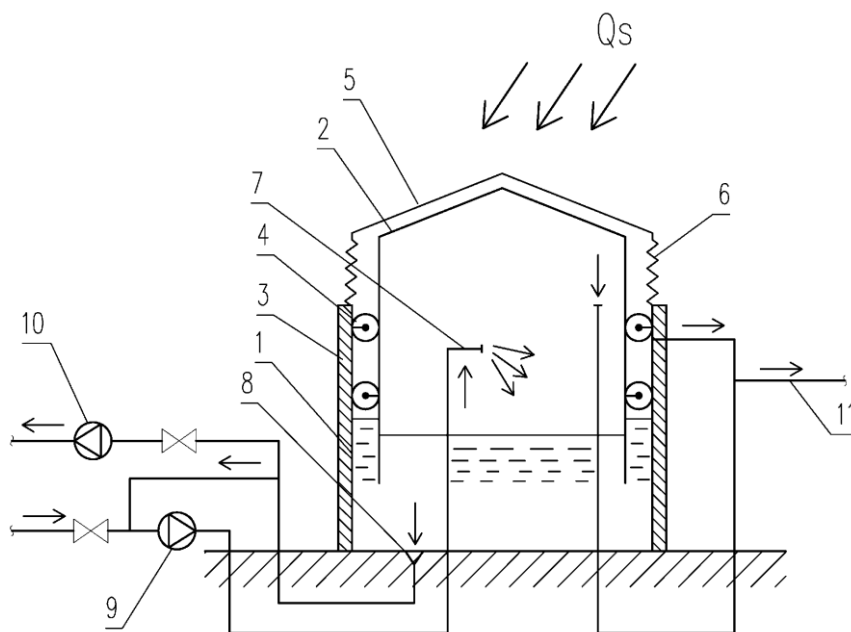


Рис. 3 – Схема реактора с плавающим газгольдером и гидравлическим перемешиванием сырья:

1 – корпус метантенка; 2 – плавающий газгольдер; 3 – тепловая изоляция реактора; 4 – ролики; 5 – светопрозрачная тепловая изоляция; 6 – гофрированный теплоизоляционный материал; 7 – трубопровод подачи осадка сточных вод; 8 – забор осадка; 9 – насос линии подачи осадка сточных вод в метантенк; 10 – насос, отводящий перебродивший шлам; 11 – газопровод

Количество газа, вырабатываемого и аккумулируемого в верхней части реактора, можно определить посредством интегрирования выражения, приведенного в ГОСТ Р 8.741-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Общие требования к методикам измерений»:

$$V_C = \int_{\tau_H}^{\tau_K} q_m \frac{1}{\rho_C} d\tau = \int_{M_H}^{M_K} \frac{1}{\rho_C} dM, \quad (1)$$

где V_C – объем газа при рабочих условиях, м^3 ; τ_H, τ_K – время начала и окончания отчетного периода; q_m – массовый расход газа, кг/с ; ρ_C – плотность газа стандартных условиях, кг/м^3 ; M_H, M_K – масса газа в начале и в конце времени измерений, кг .

Переходя в формуле (1) к объемному выделению газа q_V и учитывая, что брожение происходит за период в несколько суток $\tau_{БР}$, а начало конверсии $\tau_H=0$ соответствует моменту окончания загрузки реактора, можно выражение (1) записать в виде:

$$V_C = \int_0^{\tau} q_V d\tau, \quad (2)$$

где q_V – объемная производительность биогаза, равная $q_V = q_m / \rho$, $\text{м}^3/\text{сут.}$; τ – время брожения, сут. ; ρ – плотность газа при рабочих условиях, кг/м^3 .

Период брожения $\tau_{БР}$ зависит в основном от теплового режима биомассы, а также на него влияет качество загружаемого сырья. При термофильном режиме брожение может протекать в течение 10-30 суток и более. Выход биогаза в начале процесса конверсии постепенно возрастает и, достигнув максимума, затем плавно сокращается. Поэтому объемная производительность с достаточной точностью поддается аппроксимацией уравнением вида:

$$q_V = q_V^{\max} \left[1 - \cos^2 \left(\frac{\pi \tau}{\tau_{БР}} \right) \right], \quad (3)$$

где $q_V^{\max}$ – максимальный выход биогаза, соответствующий интенсивной конверсии наблюдаемой в середине периода брожения, $\text{м}^3/\text{сут.}$

Подставляя (3) в формулу (2) и интегрируя, получаем:

$$V_C = q_V^{\max} \frac{\tau_{БР}}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \tau}{\tau_{БР}} + \sin^2 \left(\frac{1}{4} \frac{\pi \tau}{\tau_{БР}} \right) \right]. \quad (4)$$

Полученная зависимость позволяет определить объем вырабатываемого газа на любом этапе брожения в пределах его периода $\tau_{БР}$, а также при раннем его завершении, если по экономическим показателям не допускается глубокий распад сырья.

Необходимое поддержание комфортных условий для жизнедеятельности бактерий обеспечивает постоянный метагенез, который в свою очередь требует регулярного отпуска газа в сеть. Для этого следует проектировать местные системы газоснабжения, так как направление избытка биогаза в действующие централизованные системы, как это характерно для стран Западной Европы, не имеет законодательной силы в РФ. Местный малопротяженный газопровод может обеспечивать топливом как само предприятие, так и потребителей, находящихся в радиусе его действия. Перенастройка газовых горелок теплогенераторов или бытовых приборов обеспечит безопасное и эффективное сжигание топлива, произведенного посредством утилизации органических отходов.

Учитывая активную поддержку сельского хозяйства и животноводства государственными программами развития агробизнеса, количество органических отходов будет ежегодно возрастать. Для снижения негативной нагрузки на окружающую среду следует предусматривать переработку посредством аэробного сбраживания, как на стадии проектирования, так и при реконструкции действующих предприятий. Это может быть достигнуто достаточно простыми способами, в том числе и приведенными в статье, что обеспечит бесперебойность процессов конверсии и сократит регламенты согласований с организациями технического надзора.

Заключение.

На основе анализа существующих конструктивных решений биогазовых установок определены их недостатки, сдерживающие применение в условиях с отрицательными температурами наружного воздуха.

Авторами предложен конструкция метантенка с плавающим газгольдером и светопрозрачным покрытием, обеспечивающим использование солнечного излучения для поддержания необходимой температуры выработки для биогаза

Получено уравнение, позволяющее прогнозировать выход топлива в зависимости от времени пребывания органических отходов в метантенке, которое при внесении поправок может быть использовано для различных температурных режимов, соответствующих условиям жизнедеятельности бактерий.

Предложенное авторами техническое решение, направленное на повышение безопасности биогазовых станций, будет способствовать распространению этой технологии утилизации отходов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Эдер, Б.** Биогазовые установки. Практическое пособие / Б. Эдер, Х. Шульц. – Zorg Biogas, 2011. – 181 с.
2. **Щербаков, В. И.** Утилизация органических отходов на основе производства биогаза / В. И. Щербаков, Е. С. Гогина, Т. В. Щукина, Н. В. Кузнецова // Известия МГТУ «МАМИ». Серия 4. Химическое машиностроение и инженерная экология. – Т. 2. – 2013. – С. 192-196.
3. **Shcherbakov, V.** Calculation of biogas facilities for recycling of organic sewage sludge of breeding factories / V. Shcherbakov, E. Gogina, T. Shchukina, N. Kuznetsova, N. Makisha, E. Poupurev // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10. – N24. – Pp. 44353-44356.
4. **Кузнецова, Н. В.** Проектирование биогазовых установок для утилизации органических отходов / Н.В. Кузнецова, В.И. Щербаков, Т.В. Щукина // Известия вузов «Строительство». – 2016. – № 1. – С. 58-64.
5. **Bacenetti, J.** What LCA studies pointed out and what can be done to make them more environmentally sustainable / J. Bacenetti, C. Sala, A. Fusi, M. Fiala // Appl. Energy. – 2016. – N179. – Pp. 669-686.
6. **Bensmann, A.** Diagnostic concept for dynamically operated biogas production plants / A. Bensmann, R. Hanke-Rauschenbach, R. Heyer, F. Kohrs et al. // Renew. Energy. – 2016. – № 96. – Pp. 479-489.
7. **Pierie, F.** Lessons from spatial and environmental assessment of energy potentials for Anaerobic Digestion production systems applied to the Netherlands / F. Pierie, R. M. J. Benders, J. Bekkering, W. J. Th. Gemert et al. // Appl. Energy. – 2016. – № 176. – Pp. 233-244.
8. **Bangalore, M.** Policy incentives and adoption of agricultural anaerobic digestion: A survey of Europe and the United States / M. Bangalore, G. Hochman, D. Zilberman // Renew. Energy. – 2016. – № 97. – Pp. 559-571.
9. **Hildebrandt, R.** Bio- methanerzeugung: Bewährtes weitergedacht / R. Hildebrandt // DVGW Energ. Wasser-Prax. – 2013. – 64. – № 4. – P. 20-24.
10. **Weedermann, M.** Optimal biogas production in a model for anaerobic digestion / M. Weedermann, G. S. K. Wolkowicz, J. Sasara // Nonlinear Dyn. – 2015. – 81. – № 3. – Pp. 1097-1112.

Поступила в редакцию 21 апреля 2018

INCREASING THE SECURITY OF PRODUCTION AND STORAGE OF BIOGAS

N. V. Kuznetsova, T. V. Shchukina, A. M. Khodunov, A. A. Prokopenko, V. A. Efimov

Kuznetsova Nadezhda Vladimirovna, postgraduate student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (920) 426-58-46; e-mail: polecat_3@mail.ru

Shchukina 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 (903) 859-15-73; e-mail: schukina.niki@yandex.ru

Khodunov Anton Mikhailovich, Senior Lecturer, Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (920) 229-35-05; e-mail: m111mari@yandex.ru

Prokopenko Anastasia Andreevna, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (950) 763-18-21; e-mail: prokopenko_nastyusha15@mail.ru

Efimov Vadim, master of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (920) 401-03-99; e-mail: efimov.vadik2013@yandex.ru

Anaerobic digestion, accompanied by the concomitant release of biogas, is one of the priority methods for utilization of organic waste and sewage sludge. But, despite such obvious advantages of this technology for eliminating the tons of pollutants that are formed daily, it is not used in Russia as widely as in the near and far abroad countries. This is due to a fairly complex alignment of facilities with technical supervision and low temperatures during the cold season for most climatic zones, which has a negative effect on the thermal regimes of conversion, significantly reducing metagenesis. Increasing the reliability of biogas stations, including ecological ones, can be ensured by the use of facilities with high reliability indicators, which can be achieved through further constructive improvement. To this end, the article reviews reactors with an additional function of gasholders, analyzes advantages and disadvantages. Technical solutions aimed at increasing the stability of the course of anaerobic processes and the accumulation of biogas. The use of solar energy to maintain the required thermal regime, will avoid the additional heating necessary, including for heating the environment in which the floating gas holder is located. An equation is obtained that allows to predict the fuel yield depending on the residence time of organic waste in the methane tank, which can be used for all temperature regimes corresponding to the conditions of the life of bacteria.

Keywords: organic waste; anaerobic digestion; biogas, reliability of methane tanks and gasholders.

REFERENCES

1. **Eder B., Schultz H.** *Biogas installations. Practical manual.* Zorg Biogas. 2011. 181 p. (in Russian)
2. **Shcherbakov V. I., Gogina E. S., Shchukina T. V., Kuznetsova N. V.** *Utilization of organic waste on the basis of biogas production* Izvestiya MSTU «MAMI». Series 4. Chemical engineering and engineering ecology. 2013. Vol. 2. Pp. 192-196. (in Russian)
3. **Shcherbakov V., Gogina E., Shchukina T., Kuznetsova N., Makisha N., Poupyrev E.** *Calculation of biogas facilities for recycling of organic sewage sludge of breeding factories* International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. No. 24. Pp. 44353-44356.
4. **Shcherbakov V. I., Kuznetsova N. V., Shchukina T. V.** *Designing of biogas plants for utilization of organic waste* News of Higher Educational Institutions «Construction». 2016. No. 1. Pp. 58-64. (in Russian)
5. **Bacenetti J., Sala C., Fusi A., Fiala M., Bacenetti J.** *What LCA studies pointed out and what can be done to make them more environmentally sustainable* Appl. Energy. 2016. No. 179. Pp. 669-686.
6. **Bensmann A., Hanke-Rauschenbach R., Heyer R., Kohrs F. et al.** *Diagnostic concept for dynamically operated biogas production plants* Renew. Energy. 2016. No. 96. Pp. 479-489.

7. **Pierie F., Benders R. M. J., Bekkering J., Gemert W. J. Th.** et al. *Lessons from spatial and environmental assessment of energy potentials for Anaerobic Digestion production systems applied to the Netherlands* Appl. Energy. 2016. No. 176. Pp. 233-244.

8. **Bangalore M., Hochman G., Zilberman D.** *Policy incentives and adoption of agricultural anaerobic digestion: A survey of Europe and the United States* Renew. Energy. 2016. No.97. Pp. 559-571.

9. **Hildebrandt R.** *Bio- methanerzeugung: Bewahrtes weitergedacht* DVGW Energ. Wasser-Prax. 2013. 64. No. 4. Pp. 20-24.

10. **Weedermann M., Wolkowicz G. S. K., Sasara J.** *Optimal biogas production in a model for anaerobic digestion*. Nonlinear Dyn. 2015. 81. No. 3. Pp. 1097-1112.

Received 21 April 2018

Для цитирования:

Кузнецова, Н. В. Повышение безопасности производства и хранения биогаза / Н. В. Кузнецова, Т. В. Щукина, А. М. Ходунов, А. А. Прокопенко, В. А. Ефимов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – с. 96-103.

FOR CITATION:

Kuznetsova N. V., Shchukina T. V., Khodunov A. M., Prokopenko A. A., Efimov V. A. *Increasing the security of production and storage of biogas*. Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 96-103. (in Russian)

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

УДК 699.86; 697.31

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА

О. О. Андрияшкин, О. А. Жданова, П. М. Хаустова, Е. А. Шеина

Андрияшкин Олег Олегович, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(473)271-5249; e-mail: aooao2013@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

Хаустова Полина Максимовна, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(473)271-5249; e-mail: polinakhaustova@gmail.com

Шеина Евгения Александровна, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(473)271-5249; e-mail: sheina.evgeniya96@yandex.ru

Рассмотрена задача оценки технико-экономических показателей энергосберегающих мероприятий с целью выявления наиболее энергоэффективных и быстро окупающихся. Приведены результаты расчета энергетических показателей многоквартирного пятиэтажного жилого дома 1974 года постройки, расположенного в г. Воронеже. Расчёт проводился на основе составления энергетического паспорта для нескольких состояний здания: исходное (без утепления), а также при повышении сопротивления теплопередаче наружных ограждений здания до уровня современных требований по тепловой защите. Определена ориентировочная стоимость проведения теплозащитных мероприятий, рассчитана предполагаемая экономия теплоты при их реализации и срок окупаемости. Для обеспечения рационального расхода теплоты на отопление здания предложена установка автоматического узла регулирования температуры теплоносителя, подобраны приборы, рассчитана их стоимость. Определена потенциальная экономия теплоты при установке приборов автоматического регулирования, оценена предполагаемая годовая экономия и примерный срок окупаемости. Проведены расчеты по определению класса энергетической эффективности здания с учетом рассматриваемых вариантов энергосберегающих мероприятий. Установлено, что в начальном состоянии класс энергетической эффективности здания низкий (Е), а с учётом внедрения всех теплозащитных мероприятий может быть повышен до высокого (В+).

Ключевые слова: энергосберегающие мероприятия; утепление здания; экономия теплоты; тепловая защита; энергетические показатели; класс энергетической эффективности.

Задача тепловой защиты зданий, построенных несколько десятилетий назад, в настоящее время является весьма актуальной, так как соответствует современным тенденциям по сокращению затрат энергоресурсов в различных сферах народного хозяйства (№261-ФЗ «Об энергосбережении»).

Вопросам тепловой защиты зданий посвящено достаточно много исследований [1...7], но, как правило, объектом подробного изучения является какое-то одно мероприятие.

В рамках проводимых авторами исследований была поставлена задача оценки влияния различных энергосберегающих мероприятий на объект (жилой дом), с целью выявле-

ния наиболее энергоэффективных и быстро окупающихся. Объектом исследования является пятиэтажный жилой дом, расположенный в г. Воронеже по ул. Челюскинцев, д. 136а. Дом кирпичный, 1974 года постройки. Наружные стены выполнены из силикатного кирпича. Основные геометрические показатели здания, необходимые для расчетов, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Геометрические показатели исследуемого здания

Наименование показателя	Обозначение и единица измерения	Значение показателя
Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, м^2$	4060
Площадь жилых помещений	$A_{ж}, м^2$	2435
Отапливаемый объем здания	$V_{от}, м^3$	12 180
Коэффициент остекленности фасада здания	f	0,166
Показатель компактности здания	$K_{комп}, м^{-1}$	0,209
Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе		
– фасадов	$A_{фас}, м^2$	2 679,987
– стен	$A_{ст1}, м^2$	2 679,987
– окон и балконных дверей	$A_{ок1}, м^2$	426,323
– окон лестнично-лифтовых узлов	$A_{ок2}, м^2$	19,871
– чердачных перекрытий	$A_{черд}, м^2$	812
– перекрытий цокольных	$A_{цок}, м^2$	812
– окон по сторонам света:		
– северо-восток	$A_{С.ок}, м^2$	107,12
– юго-запад	$A_{ЮЗ.ок}, м^2$	165,02
– северо-запад	$A_{СЗ.ок}, м^2$	60,60
– юго-восток	$A_{ЮВ.ок}, м^2$	18,33
– входных дверей	$A_{дв2}, м^2$	27,763

В результате проведенного теплотехнического расчета здания, были определены приведенные сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций для здания в исходном состоянии и при проведении мероприятий по тепловой защите (табл. 2.)

Таблица 2

Теплотехнические показатели исследуемого здания

Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Фактическое значение (Исходное)	Расчетное значение (после утепления или замены)
Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен	$R_{ст}, Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$	2,89	0,6	3,0
Приведенное сопротивление теплопередаче покрытия	$R_{покp}, Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$	4,3	0,97	4,3
Приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия подвала	$R_{подв}, Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$	3,8	3,33	3,33*
Приведенное сопротивление теплопередаче окон	$R_{ок}, Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$	0,47	0,44	0,5
Приведенное сопротивление теплопередаче входных дверей	$R_{дв}, Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$	1,7	0,36	0,36

*В рамках настоящей работы не предусматривалось дополнительное утепление перекрытия подвала, так как в эксплуатируемом здании проблематично сделать полное утепление полов во всех квартирах.

Основной составляющей энергетического баланса здания в холодный период года является расход теплоты на отопление, который зависит от теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций. Поэтому одной из задач исследований было выявление энергосберегающего эффекта мероприятий по утеплению здания. Расчеты велись на основе составления энергетического паспорта в соответствии с методикой СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Результаты определения энергетических показателей здания приведены в табл. 3.

Таблица 3

Энергетические показатели здания при различных теплотехнических показателях

Наименование показателя	Обозначение	Единица измерений	Значение показателя для различных мероприятий по тепловой защите			
			Исходное состояние	Утепление наружных стен	Утепление наружных стен и замена окон	Утепление наружных стен, перекрытий верхнего этажа, замена окон
Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	q	кВт·ч/(м ³ · год)	66,76	38,25	36,31	31,46
Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q_{от}^{год}$	кВт·ч/(год)	813281	465853	442234	383187
Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{год}$	кВт·ч/(год)	1006768	657450	632457	569973
Класс энергетической эффективности	В соответствии с СП50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»		Е (Низкий)	Д (Пониженный)	С (Нормальный)	В+ (Высокий)

В результате расчетов было выявлено (табл. 3), что в исходном состоянии здание имеет класс энергетической эффективности «Е» – низкий, при котором требуется проведение мероприятий по тепловой защите. При этом годовой расход энергии составляет более 800 тыс. кВт·ч/(год). Если произвести утепление стен наружных ограждений (стен, окон и покрытия) до современных требований по тепловой защите, то это приведет к повышению класса энергетической эффективности до «В+» – высокого, который соответствует современным требованиям по тепловой защите.

Проведенный мониторинг рынка услуг по утеплению зданий позволил установить средний ценовой диапазон затрат на мероприятия по тепловой защите, с учетом которых была посчитана их стоимость для исследуемого здания (табл. 4).

Таблица 4

Расчет стоимости теплозащитных мероприятий.

Наименование показателя	Значение показателя
Средняя стоимость утепления 1 м ² стены	1988 руб./ м ² .
Суммарная стоимость утепления наружных стен	5 327 840 руб.
Количество окон	220
Средняя стоимость замены одного окна*	11 094 руб.
Суммарная стоимость замены окон	2 440 680
Средняя стоимость утепления 1 м ² чердачного перекрытия *	630 руб.
Стоимость утепления чердачного перекрытия	511 560 руб.

*для г. Воронежа по состоянию на апрель 2018 г.

Для выяснения экономической целесообразности рассматриваемых мероприятий по тепловой защите был проведен расчет срока их окупаемости, результаты приведены в табл. 5. Наименьший срок окупаемости соответствует варианту утепления только наружных стен, но при этом следует учитывать, что класс энергетической эффективности при этом остается пониженным (см. табл. 3). Дополнительная замена окон на энергосберегающие, являясь затратным, но не очень энергоэффективным мероприятием, увеличивает суммарный срок окупаемости, а утепление перекрытия здания позволит повысить класс энергетической эффективности здания до высокого, со сроком окупаемости около 9 лет (см. табл. 5).

Таблица 5

Экономические показатели мероприятий по тепловой защите здания

Наименование показателя	Проводимые мероприятия по тепловой защите		
	Утепление наружных стен	Утепление наружных стен и замена окон	Утепление наружных стен, перекрытий верхнего этажа, замена окон
Годовая экономия теплоты, МДж/год	347428	371047	430094
Годовая стоимость сэкономленной теплоты*, руб./год	775549	828273	960081
Капитальные затраты, тыс. руб.	5 531,6	7 972,2	8 483,8
Срок окупаемости, кол-во лет	7,1	9,6	8,8

При расчете принят тариф на тепловую энергию 934 руб./Гкал (ТЭЦ «ВОГРЭС», отопительный сезон 2017...18г.) Высокий класс энергоэффективности может быть присвоен зданию только при установке в индивидуальном тепловом пункте (ИТП) здания приборов автоматического регулирования (п.10.5 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания»). Для рассматриваемого здания была принята схема регулирования, приведенная на рис., экспликация оборудования с указанием стоимости приборов приведена в табл. 6.

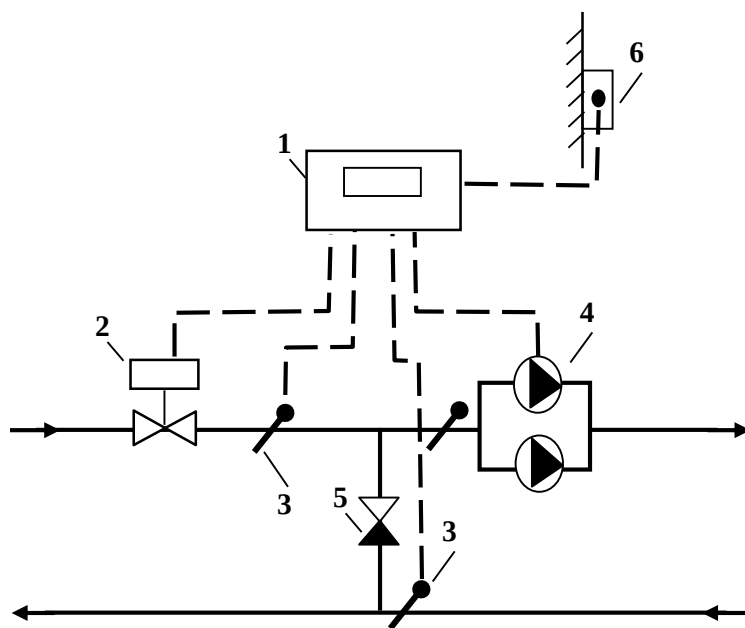


Схема узла автоматического регулирования теплоносителя:

1 – электронный регулятор, 2 – регулирующий клапан (с электроприводом), 3 – датчик температуры теплоносителя, 4 – насос сдвоенный, 5 – обратный клапан, 6 – датчик температуры наружного воздуха.

Таблица 6

Экспликация приборов узла автоматического регулирования

Наименование и назначение оборудования	Кол-во	Стоимость, руб.
Электронный регулятор температуры ECL Comfort 110	1	31 695
Датчик температуры теплоносителя ESMU	1	6 711
Датчик температуры наружного воздуха ESMT	1	4 095
Регулирующий проходной клапан VFS-2, d-50	1	90 256
Электропривод клапана AMV 25	1	46 269
NVD 402, d-50	1	10 982
Насос UPS 25-30	2	13 720
Итого:		203 725*

* Стоимость монтажных работ в дальнейших расчётах учитывались в размере 45 % от стоимости приборов.

Расчет потенциальной экономии теплоты был проведен на основе графика годового потребления, с использованием алгоритмов и методик, приведенных в работах [8...11]. С учетом принятого способа регулирования и расчетных параметров теплоносителя потенциальная экономия теплоты за счет ликвидации «излома» температурного графика [12, 13] составит 6,15 % от годового потребления теплоты на отопление. Результаты расчета срока окупаемости установки приборов автоматического регулирования приведены в табл. 7.

Таблица 7

Расчет срока окупаемости установки приборов автоматического регулирования

Наименование показателя	Значение показателя для различных состояний здания			
	Исходное состояние	При утеплении стен	При утеплении стен и замене окон	При утеплении стен, перекрытий верхнего этажа, замене окон
Количество сэкономленной теплоты, $\Delta Q_{\text{ЭК}}$, ГДж/год	180,80	103,56	98,31	85,19
Стоимость сэкономленной теплоты за год, $S_{\text{ЭК год}}$, руб./год	168 888,13	96 740,29	91 835,51	79 573,65
Срок окупаемости приборов автоматического регулирования $t_{\text{ок}}$, лет	1,75	3,05	3,22	3,71

Заключение.

Рассмотрено влияние теплозащитных мероприятий на энергетические показатели здания. Установлено, что для достижения высокого класса энергетической эффективности достаточно утепления стен, перекрытия и замены окон.

Рассчитанный срок окупаемости теплозащитных мероприятий достаточно велик (более 8 лет), однако, с учетом растущих тарифов на тепловую энергию, можно ожидать уменьшения срока окупаемости.

Показана экономическая эффективность установки приборов автоматического регулирования, характеризуемая коротким сроком окупаемости, однако следует учитывать, что

это мероприятие, без повышения тепловой защиты здания, незначительно повышает класс его энергетической эффективности.

Полученные результаты могут быть использованы для большого количества зданий с аналогичными характеристиками в климатических условиях г. Воронежа, при этом следует учитывать, что для других источников теплоты тариф на тепловую энергию существенно выше, чем принятый в расчете, что повлияет на уменьшение срока окупаемости энергосберегающих мероприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кулягина, Е. А.** Обеспечение энергосбережения при эксплуатации жилищного фонда в ходе реформы жилищно-коммунального хозяйства / Е. А. Кулягина // Апробация. – 2014. – № 11. – С. 59-62.

2. **Клещина, А. Э.** Тепловая защита в современных многоэтажных зданиях / А. Э. Клещина, А. В. Пешкова // В сборнике: Энергосбережение и эффективность в технических системах Материалы IV Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Тамбовский государственный технический университет. – 2017. – С. 215-216.

3. **Кононова, М. С.** Оценка снижения теплопотребления на отопление зданий при повышении сопротивления теплопередаче наружных ограждений / М. С. Кононова // Известия вузов. Строительство. – 2011. – № 8-9 – С. 78-83.

4. **Горшков, А. С.** Анализ действующих требований и методик по тепловой защите зданий / А. С. Горшков, С. В. Корниенко // Энергосбережение. – 2018. – Т. 3. – № 3-3. – С. 28-37.

5. **Кононова, М. С.** Исследование влияния некоторых геометрических параметров зданий на их теплоэнергетические показатели / М. С. Кононова // Известия вузов. Строительство. – 2010. – № 9 – С. 60-64.

6. **Кононова, М. С.** Оценка энергосберегающего потенциала жилой застройки на основе анализа теплоэнергетических паспортов зданий [Текст] / М. С. Кононова // Известия вузов. Строительство. – 2009. – № 10 – С. 105-109.

7. **Гончарова, М. В.** К вопросу о тепловой защите эксплуатируемых зданий / М. В. Гончарова., Т. В. Щукина, А. В. Калинина., А. Н. Сапрыкин., Б. Ю. Ефанов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2015. – № 1. – С. 197-199.

8. **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.

9. **Кононова, М. С.** Выбор приоритетных энергосберегающих мероприятий при реконструкции систем отопления зданий / М. С. Кононова // Известия вузов. Строительство. – 2006. – № 10 – С. 47-51.

10. **Сороченкова, Е. Ю.** Уточнение климатологических данных в задаче оценки энергосберегающего потенциала централизованных систем теплоснабжения / Е. Ю. Сороченкова, М. С. Кононова. // Фундаментальные и прикладные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей V международной научно-практической конференции. В 4ч. Ч.4. – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение». – 2017. – С. 126-128.

11. **Кононова, М. С.** Оценка потенциальной экономии энергоресурсов на отопление зданий за счет теплопоступлений от солнечной радиации / М. С. Кононова, Е. Ю. Сороченкова, Н. Н. Смирнова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2016. – № 1(22). – С. 35-41.

12. **Дементьев, С. А.** Экономический эффект от автоматизации индивидуального теплого 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.

13. **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.

Поступила в редакцию 5 апреля 2018

TECHNO-ECONOMIC PERFORMANCES OF ENERGY SAVING ACTIVITIES FOR APARTMENT BUILDING

O. O. Andriyashkin, O. A. Zhdanova, P. M. Khaustova, E. A. Sheina

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
Khaustova Polina Maksimovna, student of the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: polinakhaustova@gmail.com
Sheina Evgeniya Aleksandrovna, master student the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: sheina.evgeniya96@yandex.ru

The problem of evaluation of technical and economic parameters of energy saving measures, with the aim of identifying the most energy efficient and quickly pay off. The results of calculation of the energy performance of a five-story apartment house built in 1974 located in the city of Voronezh. The calculation was based on the compilation of energy passports for several states of the building: the original (no insulation), as well as improving the heat resistance of the outer fences of the building to the level of modern requirements for thermal protection. The approximate cost of the heat measures is determined, estimated savings of heat for their implementation and payback period are calculated. To ensure the rational flow of heat to the heating of the building, the installation of an automatic temperature control unit of the coolant is offered, devices are selected, their cost is calculated. Potential savings of heat by the installation of devices for automatic regulation are determined, the expected annual savings and payback period are estimated. Calculations on determination of the class of power efficiency of the building taking into account considered variants of power saving up actions are carried out. It is established that in the initial state the energy efficiency class of the building is low (E), and taking into account the introduction of all thermal protection measures can be increased to high (B+).

Keywords: energy-saving measures; building insulation; heat saving; thermal protection; energy performance; energy efficiency class.

REFERENCES

1. **Kulyagina E. A.** *Ensuring energy efficiency in the housing stock during the reform of housing and communal services.* Approbation. 2014. No. 11. Pp. 59-62. (in Russian)
2. **Kleschina A. E., Peshkova A. V.** *Thermal protection in modern high rise buildings.* In the collection: energy Saving and efficiency in technical systems Materials IV International scientific and technical conference of students, young scientists and specialists. Tambov state technical University . 2017. Pp. 215-216. (in Russian)
3. **Kononova M. S.** *Estimation of lowering of consumption of heat on heating of buildings at a heightening of resistance to heat transfer of outside protections.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2011. No. 8-9. Pp. 78-83. (in Russian)

4. **Gorshkov A. S., Kornienko S. V.** *Analysis of existing requirements and procedures for thermal protection of buildings.* Energy saving. 2018. Vol. 3. № 3-3. Pp. 28-37. (in Russian)
5. **Kononova M. S.** *Examination of influence of some geometrical Parameters of buildings on their heat power indexes.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2010. No. 9. Pp. 60-64. (in Russian)
6. **Kononova M. S.** *Estimation Saving Means of Potential of Habitation Building on the Basis of the Analysis of the Heat Power Passports of Buildings.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2009. No. 10. Pp. 105-109. (in Russian)
7. **Goncharova M. V., Shchukina T. V., Kalinina A. V., Saprykin A. N., Efanov B. Yu.** *The question of thermal protection of buildings operated.* Scientific Bulletin of Voronezh state University of architecture and construction. Series: High technology. Ecology. 2015. No. 1. Pp. 197-199. (in Russian)
8. **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)
9. **Kononova M. S.** *The Choice of Priority in Power Saving Means to Reconstruct Building Heat Supply Systems.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2006. No. 10. Pp. 47-51. (in Russian)
10. **Sorochenkova E. Yu., Kononova M. S.** *Improvement of parameters of climat data in the problem of estimation of energy economy in the centralized systems of heating.* Fundamental and application researches: actual problems, achievement and innovation: the collection of articles of V international scientific - practical conference. In 4 p. P.4. Penza. 2017. Pp. 126-128. (in Russian)
11. **Kononova M. S., Sorochenkova E. Yu., Smirnova N. N.** *Estimation of potential energy savings for heating of buildings due to heat input from solar radiation.* Science Magazine. Engineering systems and facilities. 2016. No. 1(22). Pp. 35-41. (in Russian)
12. **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)
13. **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)

Received 5 April 2018

Для цитирования:

Андрияшкин, О. О. Техничко-экономические показатели энергосберегающих мероприятий для многоквартирного жилого дома / О. О. Андрияшкин, О. А. Жданова, П. М. Хаустова, Е. А. Шеина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – с. 104-111.

FOR CITATION:

Andriyashkin O. O., Zhdanova O. A., Khaustova P. M., Sheina E. A. *Techno-economic performances of energy saving activities for apartment building.* Housing and utilities infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 104-111. (in Russian)

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ **WRITING RULES AND GUIDELINE**

Журнал публикует информацию о научно-технических разработках в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Периодичность издания – 4 раза в год. Статьи в журнале публикуются бесплатно.

Подписка на журнал «Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура» в настоящее время не осуществляется. Отдельные экземпляры журнала можно приобрести в редакции по адресу: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84, ВГТУ, кафедра жилищно-коммунального хозяйства, каб. 1321. О наличии необходимого номера можно узнать по телефону +7 (473) 271-28-92 или по e-mail: vstu.gkh@gmail.com.

Рукопись представляется в редакцию *на русском языке*. В том случае, если зарубежные авторы присылают статьи *на английском языке*, необходимо предоставить *точный перевод на русский язык*.

К публикации принимаются материалы статьи, в которых приводятся результаты собственных научных (теоретических и/или экспериментальных) исследований авторов (кроме обзорных статей), соответствующие по своей тематике профилю и тематическим направлениям журнала.

Материалы статьи принимаются в электронном виде на адрес редакции **vstu.gkh@gmail.com**. Автор присылает:

- ✓ файл текста статьи;
- ✓ отсканированная последняя страница с датой отправки статьи и подписями всех авторов (рядом с подписью указывается фамилия и инициалы автора).

После принятия статьи к публикации автор высылает оригинал рукописи в редакцию журнала по адресу: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, дом 84, ком. 1321, Воронежский государственный технический университет, кафедра жилищно-коммунального хозяйства.

Об отказе в публикации статьи по формальным признакам авторы информируются редакцией по электронной почте с изложением причины отказа.

Требования к оформлению статьи

Рукопись должна готовиться в редакторе Microsoft Word для Windows (версии от XP до Word 97/10). Текст набирают шрифтом Times New Roman размером 12 пт с межстрочным интервалом 1, абзацный отступ 1 см. Размер листа А4; поля: левое – 3 см, правое – 1,5 см, верхнее – 2 см, нижнее – 2,5 см. Нумерация страниц не требуется. Объём рукописи – от 5 до 10 страниц, включая иллюстрации, таблицы, библиографический список и сведения об авторах.

Структура статьи:

русскаяязычная часть:

- ✓ **индекс УДК** – в левом верхнем углу, прописными буквами (шрифт 12 пт, обычный);
- ✓ **название статьи** – прописными буквами с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **инициалы, фамилии авторов**, с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **сведения об авторах**: последовательно для каждого – фамилия, имя, отчество, ученая степень, 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;

англоязычная часть:

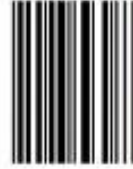
- ✓ **название статьи;**
- ✓ **инициалы, фамилии авторов**, выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **сведения об авторах** – последовательно для каждого: **фамилия, имя, отчество** полностью, **ученая степень, ученые звания, должность, название организации** (учреждения), **города, страны, контактный телефон; e-mail** автора; выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
- ✓ **аннотация:** перевод, идентичный русскому варианту;
- ✓ **ключевые слова** (Keywords);
- ✓ **библиографический список** (REFERENCES).

ISSN 2541-9110



9 772541 911008

1 8 0 0 2



>