

# ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 1(16), 2021

Воронежский государственный технический университет



*Строительные конструкции,  
здания и сооружения*

*Экология и безопасность  
городской среды*

*Градостроительство.  
Реконструкция, реставрация  
и благоустройство*

*Экономика и организация  
строительства*

*Инженерные системы  
и коммуникации*

*Дорожно-транспортное  
хозяйство  
и строительная техника*

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО  
и коммунальная инфраструктура**

**№ 1(16), 2021**

**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](mailto: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»**

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

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

*Выходит 4 раза в год*

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

**Журнал публикует материалы по следующим разделам:**

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

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

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

Воронеж



ISSN 2541-9110

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



Published 2017

---

Founder and publisher:

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

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

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

*Comes out 4 times per annum*

The Journal is included in the “List of reviewed scientific publications”,  
in which the main scientific results of the dissertations  
for the ‘Degree of Candidate of Science’ and for the ‘Degree of Doctor of Science’

**Journal publishes materials on the following topics:**

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

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

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

**Voronezh**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Москвичева Е. В.**, д-р техн. наук, профессор (Волгоградский государственный технический университет)

**Опарина Л. А.**, д-р техн. наук, доцент (Ивановский государственный политехнический университет)

**Романова А. И.**, д-р экон. наук, профессор, директор Института дополнительного профессионального образования, член-корреспондент Международной академии инвестиций и экономики строительства, почетный работник ВПО РФ, Казань

**Савин К. Н.**, д-р экон. наук, д-р техн. наук, профессор, почетный работник ЖКХ России, почетный работник Высшего профессионального образования РФ, руководитель направления ЖКХ (Тамбовский государственный технический университет)

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

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

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

**Щукин О. С.**, д-р экон. наук, профессор (Воронежский государственный университет)

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

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

*Редакторы:* Кононова М. С., Жерлыкина М. Н.

*Дизайн обложки* Якубенко А. В. *Фото обложки* Толоконников К. П.

*Редактор перевода* Козлова В.В.

Дата выхода в свет 03.03.2021. Усл. печ. л. 14,5. 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 ВГТУ

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

**Averkin A. G.**, Dr. of Sn., Prof. (Penza state University of architecture and construction)

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

**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)

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

**Grishin B. M.**, Dr. of Sn., Prof. (Penza state University of architecture and construction)

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

**Ziganshin A. M.**, PhD. tech. Sciences, associate Prof. (Kazan State University of Architecture and Civil Engineering)

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

**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 (Moscow state University of civil engineering)

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

**Kononova M. S.**, PhD. tech. Sciences, associate Prof. (Voronezh State Technical University)

**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)

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

**Mailyan L. R.**, Dr. of Sn., Prof., corresponding member of RAASN (Association «Association builders of southern and North Caucasus districts»)

**Moskvicheva E. V.**, Dr. of Sn., Prof. (Volgograd State Technical University)

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

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

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

**Stolboushkin 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)

**Schukin O. S.**, Dr. of Sn., Prof. (Voronezh State University)

**Eview V. A.**, Dr. of Sn., Prof. (Calmic State University, Elista)

*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 Tolokonnikov K. P.*

*Translation editor Kozlova V. V.*

Date of publication 03.03.2021. Conventional printed sheets 14,5. 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; phone: (473) 271-28-92; e-mail: vstu.gkh@gmail.com.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

*Глухов В. С., Глухова М. В.*

Контролируемая надежность свайного фундамента  
при реконструкции дымовой трубы.....9

### ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ

*Аверкин А. Г., Еремкин А. И., Аверкин Ю. А.*

Инновационные технологии осушения воздуха в климатехнике  
на основе твердых сорбентов.....19

*Ениватов А. В., Артемов И. Н., Лазарев А. А., Лазарев Д. А.*

Практическое применение импульсной циркуляции теплоносителя  
в водогрейных котельных.....31

*Игнаткина Д. О., Войтюк А. А., Москвичева А. В., Котовчихина Е. А.*

Эффективность применения композитных сорбционных материалов  
в технологии доочистки многокомпонентных сточных вод.....39

*Обухова М. В.*

Интенсификация процесса уплотнения осадков природных и сточных вод  
микроволновым излучением.....50

### ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

*Кузнецова Н. В., Полухтина А. О.*

Анализ потребностей населения для разработки многофункционального общественного  
центра в сельском поселении.....57

### ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

*Курипта О. В., Гармонов К. В., Воробьева Ю. А.*

Автоматизация расчетов экологической безопасности городских  
автозаправочных станций.....69

*Кононов А. Д., Маршаков В. К., Кононов А. А.*

К вопросу уменьшения загрязнения атмосферы за счет повышения эффективности  
управления технологическими машинами дорожно-строительного комплекса  
в условиях наличия помех в радиоканале.....79

*Шубин И. Л., Леденев В. И., Антонов А. И., Меркушева Н. П.*

Использование карт доз шума при разработке организационных мер  
шумозащиты в производственных помещениях с непостоянными рабочими местами.....86

### ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ХОЗЯЙСТВО И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

*Алексиков С. В., Лескин А. И., Алексиков И. С., Гофман Д. И.*

Организация автомобильных парковок на городской территории  
с успокоенным движением транспорта.....98

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

*Лебедь Н. М., Дементьева М. Е.*

Отечественный и зарубежный опыт управления объектами  
жилищно-коммунального хозяйства.....107

*Коробова О. В., Дмитриева Е. Л., Савин К. Н.*

Использование финансового анализа для оценки кризисной ситуации  
в строительной организации.....115

**ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....124**

## CONTENTS

### BUILDING CONSTRUCTION, BUILDINGS AND STRUCTURES

*Glukhov V. S., Glukhova M. V.*

Controlled reliability of the pile foundation in the chimney reconstruction.....9

### ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS

*Averkin A. G., Eremkin A. I., Averkin Yu. A.*

Innovative air drying technologies in climate technology based on solid sorbents .....19

*Enivatov A. V., Artemov I. N., Lazarev A. A., Lazarev D. A.*

Practical application of impulse circulation of a heat carrier in water boilers .....31

*Ignatkina D. O., Voytyuk A. A., Moskvicheva A. V., Kotovchikhina E. A.*

The effectiveness of composite sorption materials use in the technology of multicomponent wastewater additional treatment.....39

*Obukhova M. V.*

Intensification of the sediment compaction process for natural and waste waters by microwave irradiation.....50

### CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

*Kuznetsova N. V., Polukhtina A. O.*

Analysis of the population needs to develop a multifunctional community centre in a rural settlement .....57

### ECOLOGY AND SAFETY OF THE URBAN ENVIRONMENT

*Kuripta O. V., Garmonov K. V., Vorobyeva Yu. A.*

Automation of calculations for environmental safety of urban gas stations .....69

*Kononov A. D., Marshakov V. K., Kononov A. A.*

On reducing atmospheric pollution through increasing efficiency of controlling technological transport in the road-building complex in the presence of radio channel interference.....79

*Shubin I. L., Ledenev V. I., Antonov A. I., Merkusheva N. P.*

Use of noise dose maps in development of organizational noise protection measures in industrial spaces with non-permanent workplaces.....86

### ROAD TRANSPORT, AGRICULTURE AND CONSTRUCTION MACHINES

*Aleksikov S. V., Leskin A. I., Aleksikov I. S., Hoffman D. I.*

Organization of automobile parking lots in the city area with a calmed traffic flow.....98

### ECONOMICS AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

*Lebed N. M., Dement'eva M. E.*

Domestic and foreign experience in managing facilities of housing and communal services.....107

*Korobova O. V., Dmitrieva E. L., Savin K. N.*

Using financial analysis to assess the crisis situation in a building company.....115

**WRITING RULES AND GUIDELINES.....124**

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

УДК 624.154.1

### **КОНТРОЛИРУЕМАЯ НАДЕЖНОСТЬ СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ**

**В. С. Глухов, М. В. Глухова**

Глухов Вячеслав Сергеевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой геотехники и дорожного строительства, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Российская Федерация, тел.: +7(8412)49-72-77; e-mail: gds@pguas.ru

Глухова Мария Вячеславовна, старший преподаватель кафедры геотехники и дорожного строительства, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Российская Федерация, тел.: +7(996)803-10-30; e-mail: glukhova.mary@mail.ru

Рассматривается частный случай устройства фундаментов при реконструкции дымовой трубы цементного завода в г. Красноярске, включающей строительство металлической дымовой трубы высотой 160,0 м взамен имеющейся кирпичной дымовой трубы высотой 80,0 м. Конструктивной особенностью сооружения является сочетание вертикальной нагрузки, горизонтальной нагрузки и высокого значения изгибающего момента. Проектирование осложнялось наличием существующего фундамента оставшейся части кирпичной дымовой трубы. Для обеспечения надежного восприятия подобного сложного характера нагружения ростверк принят в форме кольца с уходящими в стороны лучами (*REDSUN*), объединяющими буровые сваи с уширением из щебня. Для повышения несущей способности авторами предложена технология предварительного «натяжения» свай путем предэксплуатационного вдавливания. В процессе вдавливания происходит расширение «столба» щебня с приобретением шарообразной формы. Одновременно вдавливание свай ведет к уплотнению щебня и грунтового основания. В результате максимально реализуется осадка при расчетно-допускаемой нагрузке. Практическое отсутствие осадки весьма важно для данного сооружения, характерной особенностью которого является восприятие значительных ветровых нагрузок, что часто вызывает недопустимые деформации крена. В целом, наряду с обеспечением требуемой надежной работы фундаментов, предложенное техническое решение позволяет существенно уменьшить сметную стоимость фундамента при реконструкции дымовой трубы.

**Ключевые слова:** натяжение свай; преднапряженные сваи; преднапряженный грунт; предэксплуатационное вдавливание; дымовая труба; сваи под трубу; крен трубы; сваи с уширением.

В настоящее время в России находится в эксплуатации свыше 10 000 дымовых труб, наиболее распространенным видом которых являются кирпичные трубы. Такие конструкции чаще не превышают в высоту 100,0 м и используются в широком диапазоне температур, в том числе весьма значительных. В свою очередь монолитные железобетонные дымовые трубы строятся обычно выше 100,0 м. Последние весьма схожи по условиям службы с кирпичными трубами, однако температура газов внутри не должна превышать 200°C [1].

Из-за увеличения производственных объемов и с позиции современных экологических требований на промышленных объектах проводится перевооружение и увеличение высоты газоотводящих сооружений. Металлические дымовые трубы многофункциональны, имеют наименьшую массу и наибольшую степень монтажной готовности [2]. Уровень проектных разработок и доступность мобильных монтажных механизмов позволяют оперативно возводить металлические свободностоящие дымовые трубы высотой более

100,0 м. Обеспечение надежной работы фундамента таких сооружений является актуальной инженерной задачей.

При реконструкции существующей кирпичной дымовой трубы высотой  $H = 80,0$  м Красноярского цементного завода предусматривались:

- ✓ частичный разбор существующего кирпичного ствола дымовой трубы путем разрушения ствола методом подрыва;
- ✓ устройство свайного фундамента и железобетонного плитного ростверка при наличии существующего фундамента кирпичной трубы (рис. 1);
- ✓ строительство нового стального несущего ствола на реконструированном фундаменте высотой  $H = 160,0$  м (рис. 2);
- ✓ строительство стального внутреннего газоотводящего ствола, который устанавливается на оставшуюся часть кирпичного ствола.



Рис. 1. Фрагмент существующей трубы и закрепление болтами новой трубы в период устройства ростверка



Рис. 2. Стальная самонесущая дымовая труба высотой 160 м после реконструкции

Для нового сооружения предложена схема «труба в трубе», где наружный несущий ствол воспринимает внешние нагрузки и воздействия, а внутренний газоотводящий ствол

имеет функциональное назначение футеровки и защищает наружный ствол от температурного и химического агрессивного воздействия дымовых газов.

Дымовые трубы относятся к особо опасным, технически сложным и уникальным объектам капитального строительства. Особенностью башенных сооружений считается необходимость акцентирования внимания на ветровых нагрузках. При проектировании данного объекта учитывались следующие расчетные нагрузки:

- ✓ собственный вес существующего фундамента – 7337,0 кН;
- ✓ собственный вес неразрушаемой части демонтируемой дымовой трубы высотой  $L = 11,5$  м – 10600,0 кН;
- ✓ собственный вес проектируемого ростверка – 8305,0 кН;
- ✓ собственный вес проектируемой дымовой трубы – 13340,0 кН;
- ✓ момент от ветровой нагрузки  $M_1 = 117106,0$  кН·м;
- ✓ горизонтальная составляющая ветровой нагрузки  $Q_1 = 1110,0$  кН.

Согласно данным технического отчета по инженерно-геологическим изысканиям нормативная глубина сезонного промерзания в г. Красноярске составляет 2,58 м. Выделены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ), различающиеся по своим физико-механическим свойствам:

- ✓ ИГЭ-1 – насыпные грунты, сложенные из крупнообломочных, с суглинистым заполнителем;
- ✓ ИГЭ-2 – галечниковые грунты с супесчаным твердым заполнителем 25,2 % малой степени водонасыщения;
- ✓ ИГЭ-3 – гравийные грунты с супесчаным твердым заполнителем 34,8 %, средней степени водонасыщения.

На участке проектируемого строительства на период инженерно-геологических изысканий вскрыты грунтовые воды на глубинах 8,8...9,4 м.

При проектировании принят вариант фундамента с применением буровых свай с уширением из щебня, объединенных ростверком (рис. 3).

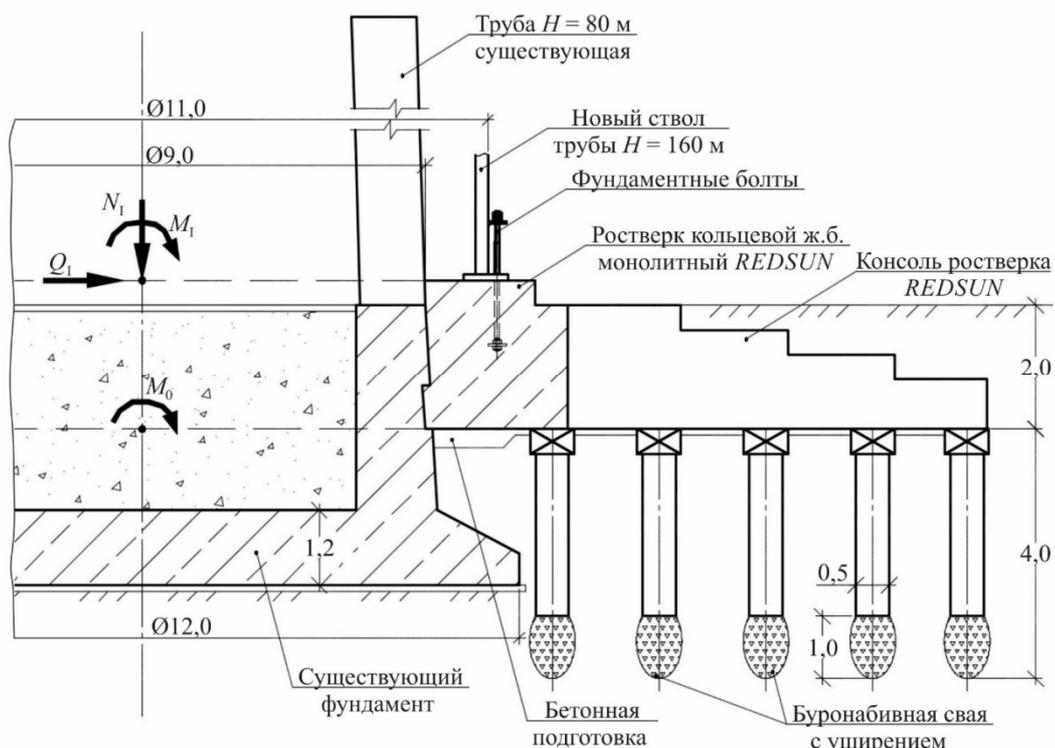


Рис. 3. Фрагмент характерного разреза совмещения существующего и нового фундаментов. Обозначения:  $N_1$  – вертикальная нагрузка,  $Q_1$  – горизонтальная нагрузка,  $M_1$  – изгибающий момент,  $M_0$  – изгибающий момент относительно оси симметрии подошвы ростверка

В качестве основного несущего слоя принят слой галечника ИГЭ-2 со следующими характеристиками: удельный вес  $\gamma_1 = 22,0$  кН/м<sup>3</sup>; угол внутреннего трения  $\varphi_1 = 28^\circ$ ; удельное сцепление  $c_1 = 2,0$  кПа; модуль деформации  $E_1 = 45,0$  МПа.

Буровые сваи приняты с длиной бетонного ствола 4,0 м и диаметром  $d = 0,5$  м. При бурении скважина выполнялась на глубину 5,0 м с заходом в слой галечника не менее чем на 1,0 м.

Расчетное сопротивление крупнообломочного грунта  $R$  под торцом буровой сваи определяется по известной формуле СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85»:

$$R = 0,75\alpha_4(\alpha_1\gamma'_1 d + \alpha_2\alpha_3\gamma_1 h), \quad (1)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  – безразмерные коэффициенты, принимаемые в зависимости от расчетного значения угла внутреннего трения грунта основания;  $\gamma'_1$  – расчетное значение удельного веса грунта в основании сваи, кН/м<sup>3</sup>;  $\gamma_1$  – осредненное расчетное значение удельного веса грунта, расположенного выше торца сваи, кН/м<sup>3</sup>;  $d$  – диаметр буровой сваи, м;  $h$  – глубина заложения нижнего конца сваи, м.

Тогда расчетное сопротивление галечникового грунта под торцом буровой сваи  $R = 642,0$  кПа. Несущая способность на сваю определена расчетным методом с использованием таблиц свода правил и составила  $F_d = 660,0$  кН, расчетно-допускаемая нагрузка на сваю  $N_{рд} = 470,0$  кН.

Буровые сваи в начальный момент нагружения при небольших осадках работают в основном по боковой поверхности, а включение в работу пяты происходит при больших значениях осадки. Указанное приводит к недоиспользованию несущей способности по пяте [3]. Анализируя опыт применения методов цементации пяты сваи и преднапряжения грунта [4, 5] для повышения несущей способности, авторами предложена технология предварительного «натяжения» сваи путем предэксплуатационного вдавливания. В процессе вдавливания происходит расширение «столба» щебня с приобретением шарообразной формы. В то же время вдавливание сваи ведет к уплотнению щебня и грунтового основания. В уровне подошвы сваи создается давление, при котором нарастание сопротивления сваи по боковой поверхности и по пяте происходит одновременно, обеспечивая предельную жесткость сваи. В результате вдавливания максимально реализуется осадка при расчетно-допускаемой нагрузке [6].

По предложенной технологии выбуривание скважины производится на проектную глубину (рис. 4). При необходимости стенки скважин закрепляют раствором жидкого стекла и цемента методом затирания. Для устройства уширения в скважину засыпается щебень, формируя столб высотой 1,0 м.

По мере заполнения скважины щебнем устанавливается каркас и осуществляется бетонирование. С помощью гидравлического домкрата или вдавливающей установки производят предэксплуатационное вдавливание сваи до осадки сваи на 400,0...800,0 мм. Упором для гидравлического домкрата служит ростверк. В результате формируется уширение диаметром  $D_y = 1,5d = 0,75$  м и повышается сопротивление грунта торцом сваи за счет формирования уплотненной зоны грунта. Происходит предварительное «натяжение» сваи. Значение указанного расчетного сопротивления грунта  $R_y$  под уширением принимается по таблице СП 24.13330.2011 как для свай вдавливания  $R_y = 7000$  кПа, что значительно выше ранее определенного значения расчетного сопротивления грунта  $R$  под торцом для буровой сваи. С учетом нового расчетного сопротивления под торцом сваи и площадью торца сваи в виде площади уширения из щебня  $A_y = 0,44$  м<sup>2</sup> несущая способность сваи порядка  $F_d = 3000,0$  кН.

В проекте расчетно-допускаемая нагрузка на сваю ограничивается значением  $N_{рд} = 800,0$  кН., которая контролируется с помощью гидравлического домкрата при «натяжении» сваи достижением усилия  $N_k \geq 1,2N_{рд} = 960,0$  кН. Указанное контролируемое усилие служит критерием надежности. При этом происходит осадка сваи на 400...800 мм, которая

обеспечивает повышение сопротивления грунта под нижним концом сваи за счет формирования уширенной уплотненной зоны грунта.

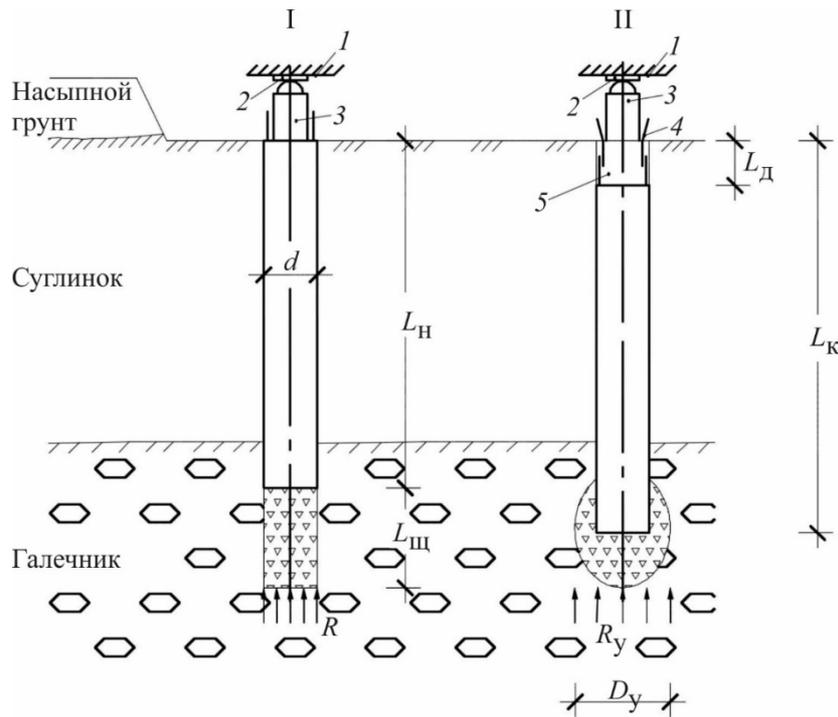


Рис. 4. Технологическая схема «натяжения» сваи:

- I – начальное положение; II – положение после «натяжения»;  
 1 – ростверк; 2 – прокладка; 3 – домкрат; 4 – отогнутые стержни; 5 – подливка бетона;  
 $d$  – диаметр ствола сваи;  $L_n$  – начальная длина сваи;  $L_{щ}$  – высота щебеночной засыпки;  
 $R$  – расчетное сопротивление грунта под нижним торцом сваи;  $L_k$  – конечная длина ствола сваи;  
 $L_d$  – высота домкрата;  $D_y$  – диаметр уширения из щебня;  
 $R_y$  – расчетное сопротивление грунта под уширением из щебня

Для гарантии надежности проводятся статические испытания двух свай в соответствии с ГОСТ 5686-2012 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями» после завершения устройства и «натяжения» свай до их контролируемого усилия  $N_k = 960,0$  кН. При этом допускается ограничиться величиной максимальной нагрузки на сваю при проведении испытаний  $N_{max} = 1,25N_{рд}$  или перемещением сваи  $\Delta_u = 40,0$  мм при предельно-допускаемой осадке сооружения  $S_u = 30,0$  см согласно СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*».

В ходе испытаний на данном объекте зафиксирована несущая способность свай порядка  $F_d = 1\,200$  кН, что в 1,8 раза превышает значение первоначальной несущей способности, полученной в результате расчета буровой сваи.

Буровые сваи с уширением из щебня, устраиваемые с предварительным «натяжением», приняты в количестве 67 штук. В рамках оптимизации технического решения фундаментный ростверк, объединяющий указанные сваи, принят в форме кольца с уходящими в стороны лучами, называемый в дальнейшем ростверк REDS (рис. 5). Ростверк REDSUN позволяет обеспечить надежное восприятие сложного характера нагружения, когда преобладает значительный изгибающий момент. Несимметричная конфигурация ростверка в плане обусловлена наличием расположенного в непосредственной близости объекта существующего здания дымососа.

При расчете предполагалось, что без учета ветра вес существующего фундамента воспринимается грунтовым основанием, деформации которого реализованы за время эксплуатации имеющейся дымовой трубы. На сваи передается только вес проектируемого рост-



Дополнительно вычислены расчетные нагрузки на каждую из 67 свай в зависимости от направления ветра, что позволяет учесть все сочетания нагрузок. На рис. 6 приведены графики нагрузок для наиболее нагруженных свай.

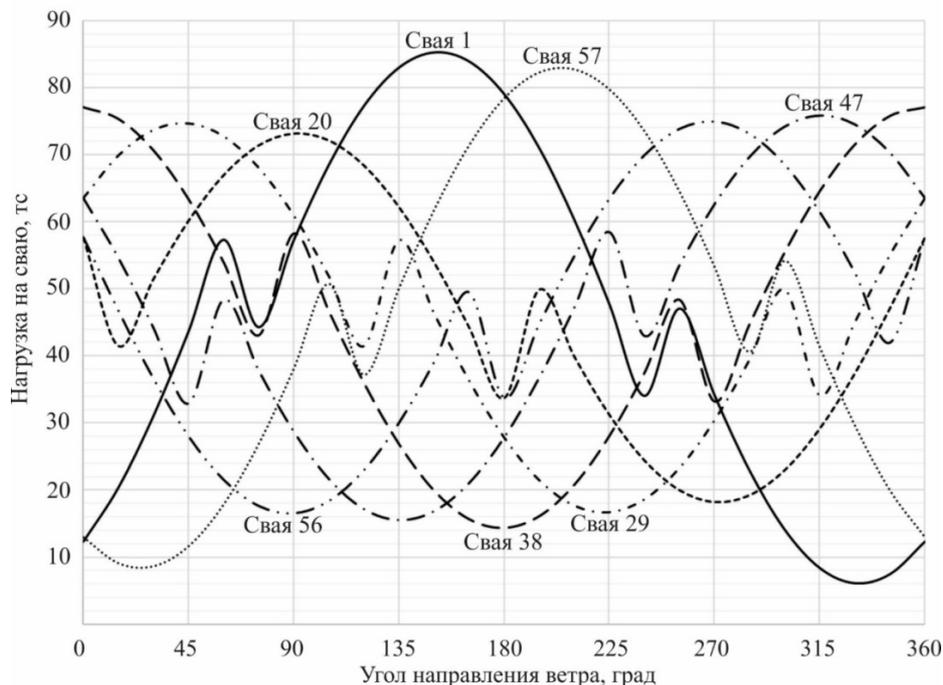


Рис. 6. График зависимости расчетных нагрузок наиболее нагруженных свай от направления ветра

Проведены расчеты на основные сочетания нагрузок, включающие постоянные и временные кратковременные нагрузки, определены внутренние силовые факторы. Условие надежности величин экстремальных нагрузок на крайние сваи выполняются:

$$N_{\max} = 850 \text{ кН} < 1,2 N_{p0} = 960 \text{ Н}, \quad (4)$$

$$N_{\min} = 110 \text{ кН} > 0.$$

Сумма расчетных нагрузок  $\Sigma N$  на все 67 свай составляет 30 253,0 кН. Контроль полученных результатов осуществляется из относительной погрешности определения нагрузок, в т. ч. по результатам вычислений (2):

$$\frac{30613,5 - 30253,0}{30613,5} \cdot 100\% = 1,18\%. \quad (5)$$

Величина погрешности позволяет утверждать, что достоверность полученных результатов обеспечивается.

Расчетное значение крена фундамента без учета предварительного «натяжения» составляет  $i = 0,002$ , с учетом «натяжения» –  $i = 0,001$ , что меньше предельно-допустимого значения  $i_u = 0,003$  для дымовых труб высотой от 100,0 до 200,0 м согласно СП 22.13330.2016. Новизна технического решения заключается в варианте включения сваи в работу путем предварительного «натяжения», что позволяет минимизировать возможные осадки свай и крен фундамента в целом [8...10].

Первоначальное предложение включало устройство фундамента под дымовую трубу из 120 буровых свай, объединенных сплошной монолитной плитой ростверка, сметной стоимостью 16,0 млн. руб. Разработанное авторами техническое решение в виде применения технологии предварительного «натяжения» свай позволило уменьшить количество последних в 1,8 раза, при этом обеспечивая требуемую надежную работу фундамента. Переход от сплошной монолитной плиты к ростверку REDSUN способствует снижению материалоемкости. Сметная стоимость такого варианта фундамента под дымовую трубу – 11,5 млн. руб. Экономический эффект составляет 4,5 млн руб.

**Заключение.**

Реализация идеи предварительного «натяжения» свай и включение в работу под нагрузкой не менее расчетно-допускаемой по проекту позволяют минимизировать абсолютные и неравномерные осадки фундамента за счет жесткого управления несущей способностью фундаментных конструкций. Практическое отсутствие осадки весьма важно для данного сооружения, характерной особенностью которого является восприятие значительных ветровых нагрузок. Последнее часто вызывает недопустимые деформации крена.

Решена актуальная задача по обеспечению надежности фундамента путем контроля несущей способности свай в процессе предэксплуатационного вдавливания. Натурные исследования свидетельствуют о возможности существенного увеличения несущей способности свай с уширением. Включение свай в работу путем предварительного «натяжения» сводит к минимуму возможные осадки фундамента и на 70 %...80 % уменьшает расчетный крен, что особенно актуально для высотных сооружений.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. **Ельшин, А. М.** Дымовые трубы / А. М. Ельшин. – М.: Стройиздат, 2001. – 296 с.
2. **Сапов, Ю.** Классификация и основные элементы промышленных дымовых труб. // Ю. Сапов, В. Павлов, И. Корнеев, А. Павлов // ТехНадзор. – 2015. – № 12(109). – С. 364-365.
3. **Петрухин, В. П.** Обзор методов преднапряжения и цементации основания пяты свай и анализ возможности их применения / В. П. Петрухин, О. А. Шулятьев, И. А. Боков. // Сборник научных трудов НИИОСП им. М.Н. Герсеванова. – М.: АО «НИЦ «Строительство». – 2011. – Вып. 100. – С. 278-299.
4. **Fang, P.** Engineering character of a new-style pretensioned spun concrete nodular pile / P. Fang, X. Xie, J. Qi // Advances in Soil Dynamics and Foundation Engineering: proc. of the Conf. Geo-Shanghai. – Shanghai, China, 2014. – URL: <https://doi.org/10.1061/9780784413425.041>.
5. **Mullins, G.** Construction QA/QC methods for postgrouting drilled shafts / G. Mullins // Journal of Performance of Constructed Facilities. – 2016. – Vol. 30. – Issue 4. – URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0000827](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000827).
6. **Mullins, G.** Predicting end bearing capacity of post-grouted drilled shaft in cohesion less soils / G. Mullins, D. Winters, S. Dapp // Journal of Geotechnical and Geo environmental Engineering. – 2006. – Vol. 132 – Issue 4. – Pp. 478-487.
7. **Евсеев, А. Е.** Использование старых фундаментов при реконструкции высотных сооружений / А. Е. Евсеев // Моделирование и механика конструкций. – 2018. – № 8. – С. 15.
8. **Глухов, В. С.** Усиление фундаментов при крене сооружения на примере дымовой трубы. / В. С. Глухов, О. В. Хрянина // Современный научный вестник. – 2013. – Т. 3. – № 1. – С. 69-72.
9. **Глухов, В. С.** Совершенствование конструкции фундамента под выхлопную трубу / В. С. Глухов, М. В. Глухова // Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства: сборник докладов Национальной научно-практической конференции. – Пенза, 2018. – С. 52-56.
10. **Землянский, А. А.** Принцип проектирования фундаментов нового поколения с управляемой эксплуатационной надежностью. / А. А. Землянский, В. В. Петров, М. Ю. Мирошкин // Вестник Волжского регионального отделения РААСН. – 2011. – № 14. – С. 188-190.

*Поступила в редакцию 29 января 2021*

## CONTROLLED RELIABILITY OF THE PILE FOUNDATION IN THE CHIMNEY RECONSTRUCTION

V. S. Glukhov, M. V. Glukhova

Glukhov Viacheslav Sergeevich, Cand. tech. Sciences, Head of the Department of Geotechnics and Road Construction, Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russian Federation, phone: +7(8412)49-72-77; e-mail: gds@pguas.ru

Glukhova Maria Viacheslavovna, Assistant Professor of the Department of Geotechnics and Road Construction, Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russian Federation, phone: +7(996)803-10-30; e-mail: glukhova.mary@mail.ru

The article considers a special reconstruction case of foundations during the 160.0 m chimney metal pipe construction instead of an existing 80.0 m brick pipe of the cement plant in Krasnoyarsk. The geotechnical structure feature is a combination of a vertical load, a horizontal load and a high bending moment. Engineering was complicated by the existing foundation. The foundations grillage is adopted in the ring form with rays extending to the sides (*RED-SUN*), combining drill piles with pebble broadening to ensure a reliable perception of such a complex loading. The authors proposed a technology for pre-tensioning piles by pressing to increase the bearing capacity. In the process of indentation, the pebble column expands with the acquisition of a spherical shape. At the same time, indentation of piles leads to pebble and soil compaction. The authors researched the broadening formation process during the piles indentation and obtained testing data on the bearing capacity increase. As a result, the maximum indentation occurs at the design-permissible load. The practical absence of the indentation is very important for this structure, because a characteristic feature is the perception of significant wind loads. There often occurs the unacceptable structure tilt. Along with ensuring required reliable operation of the foundations, the proposed technical solution can significantly reduce the estimated cost of the pipes foundation.

**Keywords:** piles tension; prestressed piles; prestressed soil; pre-operational indentation; chimney; pipe piles; pipe tilt; piles with broadening.

### REFERENCES

1. **Yelshin A. M., Izhorin M. N., Zholudov V. S., Ovcharenko E. G.** *Chimneys*. Moscow, Stroyizdat, 2001. 296 p. (in Russian)
2. **Sapov Y., Pavlov V., Korneev I., Pavlov A.** *Classification and basic elements of industrial chimneys* TechNadzor. 2015. No. 12(109). Pp. 364-365. (in Russian)
3. **Petrukhin V. P., Shulyatiev O. A., Bokov I. A.** *A review of the methods of the pile heel pretensioning and base grouting and analysis of their application possibility*. Collection of scientific papers NIIOSP them. M. N. Gersevanova. 2011. Issue 100. Pp. 278-299. (in Russian)
4. **Fang P., Xie X., Qi J.** *Engineering character of a new-style pretensioned spun concrete nodular pile* Advances in Soil Dynamics and Foundation Engineering, Proceedings of the Conference Geo-Shanghai, Shanghai, 2014. – URL: <https://doi.org/10.1061/9780784413425.041>.
5. **Mullins G.** *Construction QA/QC methods for postgrouting drilled shafts*. Journal of Performance of Constructed Facilities. 2016. Vol. 30 Issue 4. – URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0000827](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000827).
6. **Mullins G., Winters D., Dapp S.** *Predicting end bearing capacity of post-grouted drilled shaft in cohesionless soils*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 2006. Vol. 132. Issue 4. Pp. 478-487.
7. **Duvalina A., Martyushev A., Ospischev I.** *Determining the direction and size of the chimney roll*. TechNadzor. 2015. No. 11(108). Pp. 359. (in Russian)
8. **Evseev A. E.** *Use of old foundations in the reconstruction of high-rise buildings*. Structural mechanics and modeling. 2018. No. 8. Pp. 15. (in Russian)

9. **Glukhov V. S., Hryanina O. V.** *The foundations strengthening during the tilt of structure using the example of a chimney.* Modern Scientific Herald. 2013. Vol. 3 No. 1. Pp. 69-72. (in Russian)

10. **Glukhov V. S., Glukhova M. V.** *The construction improving of the exhaust pipe foundation.* Actual problems of science and practice in various sectors of the economy. Penza, PGUAS. 2018. Pp. 52-56. (in Russian)

11. **Zemlyansky A. A., Petrov V. V., Miroshkin M. Yu.** *The engineering principle of the new-style foundations with controlled operational reliability.* Bulletin of the Volga Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences. 2011. No. 14. Pp. 188-190. (in Russian)

*Received 29 January 2021*

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

**Глухов, В. С.** Контролируемая надежность свайного фундамента при реконструкции дымовой трубы / В. С. Глухов, М. В. Глухова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1(16). – С. 9-18.

**FOR CITATION:**

**Glukhov V. S., Glukhova M. V.** *Controlled reliability of the pile foundation in the chimney reconstruction.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 9-18. (in Russian)

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИИ** **ENGINEERING SYSTEMS AND COMMUNICATIONS**

УДК 697.934:661.183

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА В КЛИМАТЕХНИКЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ СОРБЕНТОВ**

**А. Г. Аверкин, А. И. Еремкин, Ю. А. Аверкин**

Аверкин Александр Григорьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, ФГБОУ «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Российская Федерация, тел.: +7(927)371-01-32; e-mail: algraw@mail.ru

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

Аверкин Юрий Александрович, аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, ФГБОУ «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Российская Федерация, тел. +7(927)386-60-60; e-mail: averkin59@gmail.com

Рассмотрены проблемы применения твердых сорбентов в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, связанные с совершенствованием методологии расчета осушителей воздуха на основе адсорбентов. Представлена методика расчета устройств для осушения воздуха на основе силикагеля марки КСМ с применением модифицированной *I-d*-диаграммы влажного воздуха и числа единиц переноса. Приведены описания разработанных конструкций утилизаторов теплоты удаляемого воздуха на основе зернистого силикагеля: с неподвижным слоем сорбента, с «кипящим слоем», со сквозным двухфазным воздушным потоком, а также устройства для зданий различного назначения – сушилки для рук и волос. Приведены критериальные уравнения для конструктивного расчета разработанных устройств. Сформирован вывод об эффективности и целесообразности внедрения разработанных устройств в жилищно-коммунальном комплексе регионов Российской Федерации.

**Ключевые слова:** осушение воздуха; силикагель; методика расчета; модифицированная диаграмма; число единиц переноса; утилизация теплоты; сушилка.

Осушение воздуха широко применяется в различных областях промышленности, в частности, климатехнике для создания микроклимата помещений различного назначения. Практическая реализация процесса требует больших энергетических затрат и специального оборудования. Поэтому совершенствование процессов, оборудования, методов расчета осушителей воздуха является важной актуальной задачей [1].

В системах кондиционирования воздуха (СКВ) снизить влагосодержание воздушной среды часто необходимо в теплый период года. Осушение воздуха можно осуществить следующими способами:

- ✓ конденсацией водяных паров путем охлаждения воздуха ниже точки росы, например, в поверхностных теплообменниках-воздухоохладителях или в контактных аппаратах при применении холодной воды, получаемой на холодильной установке (чиллере);
- ✓ адсорбцией водяных паров на основе капиллярной конденсации водяных паров в поровом пространстве твердого сорбента;
- ✓ абсорбцией водяных паров водными растворами минеральных солей (хлоридов лития, кальция).

Наибольшее практическое применение получил способ осушения воздуха водой за счет конденсации водяных паров, и наименее распространены на практике способы осуше-

ния воздуха, основанные на сорбционных процессах (адсорбции и абсорбции). В тоже время реализация сорбционных процессов в СКВ менее энергозатратно, они не требуют применения дорогостоящих холодильных машин, что необходимо при охлаждении воздуха ниже точки росы. Одним из сдерживающих факторов широкого применения оборудования для осушения воздуха на твердых сорбентах является отсутствие научно обоснованной методологии расчета типовых устройств.

Для конструктивного расчета оборудования, работающего в режиме изоэнтальпийного (также изотермического) осушения воздуха при использовании силикагеля, авторами разработана методика на основе числа единиц переноса с применением модифицированной  $I-d$  диаграммы влажного воздуха [1]. Рассмотрим ее основные стадии.

На поле  $I-d$  – диаграммы влажного воздуха дополнительно нанесены изолинии другой (чужеродной) среды – линии равновесного влагосодержания силикагеля марки КСМ в зависимости от температуры процесса (линии красного цвета).

Фрагмент модифицированной  $I-d$  – диаграммы влажного воздуха приведен на рис. 1.

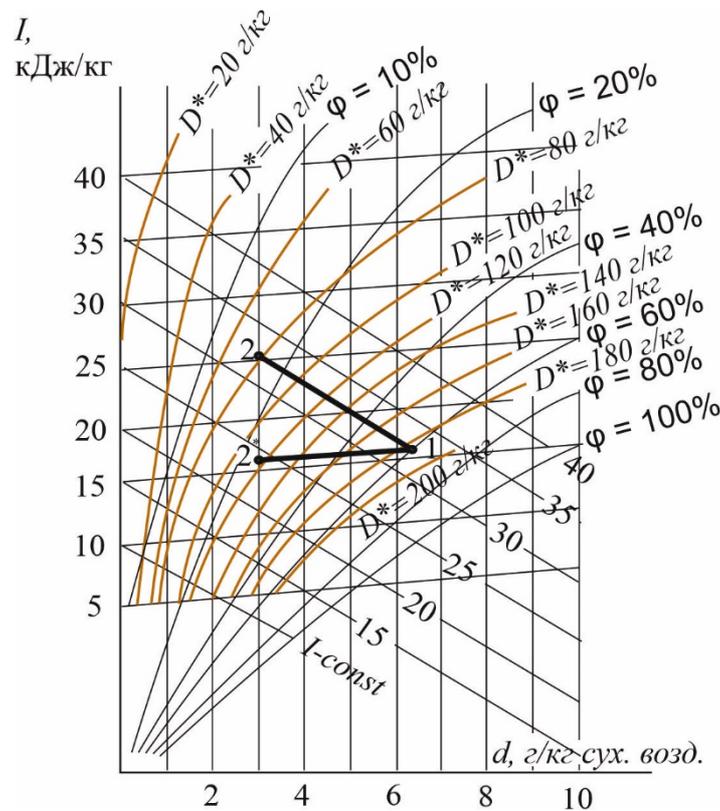


Рис. 1.  $I-d$  – диаграмма влажного воздуха:  $D$  – изолинии равновесного влагосодержания силикагеля; (1 – 2) – изоэнтальпийное осушение воздуха; (1 – 2\*) – изотермическое осушение

Здесь же нанесены рабочие линии для различных процессов осушения воздуха. Точка 1 характеризует параметры воздуха перед входом в адсорбер, точки 2, 2\* – состояние (параметры) воздуха на выходе из адсорбера.

Модифицированная  $I-d$  – диаграмма влажного воздуха позволяет для каждого текущего значения влагосодержания воздушного потока –  $d_i$ , г/кг сух. воздуха определить соответствующее ему равновесное влагосодержание силикагеля –  $D_i^*$ , г/кг, т.е. построить, например, изоэнтальпу ОА, приведенную на рис. 2 (или изотерму процесса и др.).

На основе рис. 2 для каждого текущего значения влагосодержания воздушного потока –  $d_i$  определяют равновесное влагосодержание воздуха –  $d_i^*$ , данные операции приведены на рисунке в виде стрелок.

Полученные данные используют для построения графической зависимости

$$\frac{1}{d_i - d_i^*} = f(d_i). \tag{1}$$

Её общий вид приведен на рис. 3.

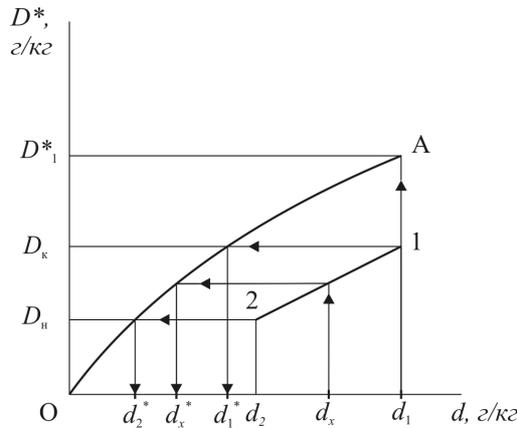


Рис. 2. Изоэнтальпа и рабочая линия процесса осушения воздуха силикагелем: OA – изоэнтальпа; (1 – 2) – рабочая линия

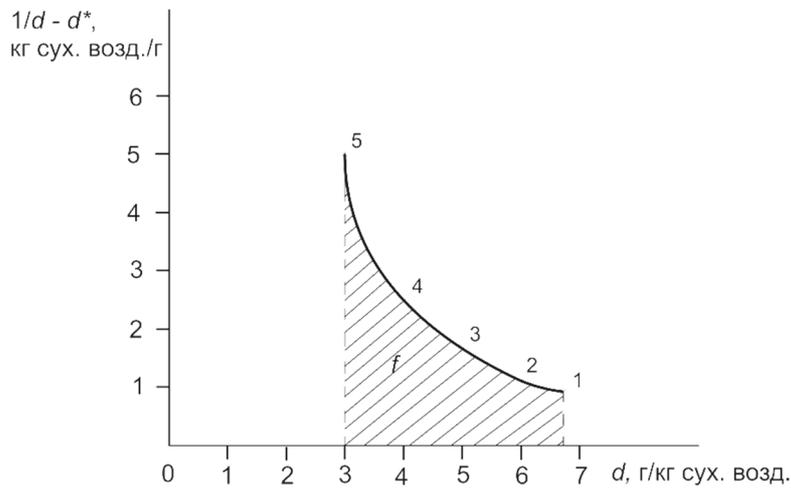


Рис. 3. Зависимость  $\frac{1}{d_i - d_i^*} = f(d_i)$

Число единиц переноса –  $n$  определяют методом графического интегрирования по формулам (2), (3) [1...3]:

$$n = \int_{d_2}^{d_1} \frac{d(d)}{d - d^*}, \tag{2}$$

$$n = M_1 \cdot M_2 \cdot f, \tag{3}$$

где  $d, d^*$  – текущее (рабочее) и равновесное влагосодержание осушаемого воздуха, г/кг сух.возд.;  $d_1, d_2$  – соответственно, влагосодержание воздушного потока на входе, выходе из слоя сорбента, г/кг сух. возд. (рис. 2);  $M_1, M_2, f$  – соответственно, масштаб расчетной величины по оси абсциссы, по оси ординаты и площадь криволинейной трапеции в принятых единицах измерения (рис. 3).

Высоту слоя сорбента –  $H$  рассчитывают по формуле:

$$H = nh, \tag{4}$$

где  $h$  – высота единицы переноса, м. Она определяется с применением критериальных уравнений, приведенных в [1, 3, 4].

Высоту единицы переноса  $h$  вычисляют по формуле:

$$h = \frac{G_{\Gamma}}{S_{\text{сл}} \cdot \beta_y} = \frac{V_{\Gamma} \cdot \rho_{\Gamma}}{S_{\text{сл}} \cdot \beta_y}, \quad (5)$$

где  $G_{\Gamma}$  – массовый расход парогазовой смеси, кг/с;  $S_{\text{сл}}$  – сечение слоя, м<sup>2</sup>;  $\beta_y$  – объемный коэффициент массоотдачи в газовой смеси, с<sup>-1</sup>;  $\rho_{\Gamma}$  – плотность парогазовой смеси, кг/м<sup>3</sup>.

Объемный коэффициент массоотдачи выражают из критерия Нуссельта ( $Nu'$ ) [3]:

$$Nu' = \frac{\beta_y \cdot d_3^2}{D}. \quad (6)$$

Критерий Нуссельта определяют в зависимости от численного значения модифицированного критерия Рейнольдса ( $Re$ ) [4]:

$$Re = \frac{v \cdot d_3 \cdot \rho_{\Gamma}}{\varepsilon_{\text{н}} \cdot \mu_{\Gamma}}, \quad (7)$$

где  $\mu_{\Gamma}$  – коэффициент динамической вязкости газа, Па·с;  $\varepsilon_{\text{н}}$  – порозность неподвижного слоя адсорбента;  $d_3$  – эквивалентный диаметр зерна адсорбента, м.

При  $Re < 2$

$$Nu' = 0,51 \cdot Re^{0,85} Pr^{0,33}, \quad (8)$$

при  $Re = 2 \dots 30$

$$Nu' = 0,725 \cdot Re^{0,47} Pr^{0,33}, \quad (9)$$

при  $Re > 30$

$$Nu' = 0,395 \cdot Re^{0,64} Pr^{0,33}, \quad (10)$$

здесь  $Pr'$  – диффузионный критерий Прандтля.

$$Pr' = \frac{\mu}{\rho_{\Gamma} \cdot D}, \quad (11)$$

где  $D$  – коэффициент молекулярной диффузии, м<sup>2</sup>/с.

Объем слоя адсорбента  $V_{\text{ад}}$  рассчитывают по формуле:

$$V_{\text{ад}} = H \cdot S_{\text{сл}}. \quad (12)$$

Площадь фронтального сечения слоя сорбента –  $F$ , расположенного в узле для осушения воздуха определяется из уравнения объемного расхода:

$$F = \frac{V}{v}, \quad (13)$$

где  $V$  – объемный расход воздуха, м<sup>3</sup>/с,  $v$  – фиктивная скорость воздуха в фасадном сечении адсорбента ( $v = 0,3 \dots 0,5$  м/с).

Сопrotивление стационарного слоя адсорбента  $\Delta P$ , кгс/м<sup>2</sup> при порозности равной 0,3 вычисляют по формуле [5]:

$$\Delta P = \frac{2H}{\rho_{\Gamma} \cdot g \cdot d_3} \left( \frac{770 \cdot \mu_{\Gamma} \cdot G_{\Gamma}}{d_3} + 10,6G_{\Gamma}^2 \right), \quad (14)$$

где  $G_{\Gamma}$  – массовая скорость газа, кг/(м<sup>2</sup>·с);  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Продолжительность процесса адсорбции –  $\tau$ , с, рассчитывают по эмпирическим уравнениям. Выбор эмпирического уравнения зависит от вида изотермы адсорбции (см. рис. 2) [4, 5]:

а) изотерма адсорбции выражена линейной зависимостью (точка  $Y_{\text{н}}$  находится в первой области), т.е. изотерма адсорбции приближенно отвечает закону Генри:

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\frac{X^*}{v \cdot Y_{\text{н}}}} \cdot \sqrt{H} - b \sqrt{\frac{X^*}{\beta_Y \cdot Y_{\text{н}}}}, \quad (15)$$

где  $Y_H$  – начальная концентрация адсорбируемого вещества в парогазовом потоке, кг/м<sup>3</sup>;  $X^*$  – равновесное количество адсорбированного вещества, кг/кг (принимается по изотерме адсорбции и умножается на насыпную плотность адсорбента, насыпная плотность адсорбента для активный углей составляет 200...600 кг/м<sup>3</sup>, для силикагелей – 700 кг/м<sup>3</sup>;  $b$  – коэффициент;

б) зависимость между концентрацией газа и количеством поглощенного вещества является криволинейной (вторая область изотермы адсорбции):

$$\tau = \frac{X^*}{v \cdot Y_H} \left\{ H - \frac{\omega_\Gamma}{\beta_y} \left[ \frac{1}{P} \ln \left( \frac{Y_H}{Y_K} - 1 \right) + \ln \left( \frac{Y_H}{Y_K} - 1 \right) \right] \right\}. \quad (16)$$

Здесь  $P = \frac{Y_H}{Y_1^*}$ , где  $Y_1^*$  – содержание вещества в газовом потоке, равновесное с количеством, равным половине вещества, максимально поглощаемого адсорбентом при данной температуре, т.е. при  $X_{\max}^* / 2$ , кг/м<sup>3</sup>;

в) количество вещества, поглощаемого адсорбентом, достигает предела и остается постоянным (третья область изотермы адсорбции):

$$\tau = \frac{X^*}{v \cdot Y_H} \left[ H - \frac{v_\Gamma}{\beta_y} \left( \ln \frac{Y_H}{Y_K} - 1 \right) \right]. \quad (17)$$

В системах вентиляции и кондиционирования воздуха одним из основных энергосберегающих мероприятий является утилизация теплоты удаляемого воздуха из помещений. Для этого применяют теплообменники (теплоутилизаторы), которые устанавливают в воздуховодах [1, 6].

По принципу действия и конструктивным особенностям теплоутилизаторы подразделяют на рекуперативные, регенеративные и с промежуточным теплоносителем. Наиболее универсальной считают систему утилизации теплоты с промежуточным теплоносителем. Отбор и отдача теплоты происходит за счет рециркуляции жидкости – промежуточного теплоносителя (антифриза) между теплообменниками, которые монтируют в приточном и вытяжном воздуховодах. В качестве антифриза применяются водные растворы простых эфиров этиленгликоля, пропиленгликоля концентрацией 20...40 %. Теплообменники могут находиться на значительном расстоянии друг от друга. Рециркуляция антифриза осуществляется принудительно с помощью насоса. Эта система рекомендована для широкого применения в зданиях различного назначения как гражданских, так промышленных [6].

Способы утилизации теплоты, заложенные в конструкции типовых аппаратов, основаны на процессах теплопередачи. Они не позволяют утилизировать полностью главную составляющую теплоты удаляемого воздуха из помещений – скрытую теплоту водяных паров. Известно [3, 4], энтальпия удаляемого воздуха определяется по уравнению:

$$I = c_B t + (r + c_{\Pi} t) \cdot d \cdot 10^{-3}, \quad (18)$$

где  $I$  – энтальпия влажного воздуха, кДж/кг;  $c_B$  – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°C);  $t$  – температура воздуха, °C;  $r$  – скрытая теплота парообразования водяных паров, кДж/кг;  $c_{\Pi}$  – удельная теплоемкость водяного пара, кДж/(кг·°C);  $d$  – влагосодержание воздуха, г/кг сух. возд.

Полная конденсация водяных паров, содержащихся в воздухе (абсолютное осушение) возможно только при охлаждении воздуха до абсолютного нуля (на  $I-d$  – диаграмме влажного воздуха кривая полного насыщения  $\phi = 100$  % пересекает ось энтальпии  $I$  при  $t = -273$  °C [3]), что практически не достижимо в данных условиях. В [1] показано, что указанный недостаток можно устранить. Теплоутилизатор будет более эффективным, если его работа основана на сорбционных процессах в системе «влажный воздух – твердый сор-

бент». Удаляемый воздух из помещений предлагается пропускать через слой гранулированного сорбента – вещества с развитой микроструктурой, который способен интенсивно впитывать водяные пары с выделением большого количества теплоты – теплоты адсорбции (теплоты фазового перехода). Полная удельная теплота адсорбции водяных паров при капиллярной конденсации составляет 2930 кДж/кг.

Известно [1, 7], что многие сорбенты могут производить осушение воздушного потока до нулевого влагосодержания, и выпускать в атмосферу практически абсолютно сухой воздух, т.е. утилизировать всю скрытую теплоту водяных паров и дополнительно явную теплоту в количестве не менее той, что утилизируется в современных утилизаторах, рассмотренных выше.

Анализ адсорбентов, выпускаемых отечественной промышленностью, показал, что наиболее эффективным для сорбции водяных паров из воздушного потока является силикагель [1, 5, 7]. Он имеет следующие достоинства: высокая избирательная поглотительная способность к водяным парам и гидрофильность; низкая температура регенерации (110...200 °С) и, как следствие, более низкие энергозатраты, чем при регенерации других промышленных сорбентов; возможность синтеза силикагелей в широком интервале заданных структурных характеристик при использовании достаточно простых технологических приемов; низкая себестоимость при крупнотоннажном промышленном производстве; высокая механическая прочность по отношению к истиранию и раздавливанию; негорючесть.

Для повышения теплотехнической эффективности в системе утилизации с промежуточным теплоносителем предлагается конструкцию воздухоохладителя наделять функциями адсорбера и теплообменного аппарата (назовем его теплообменник-адсорбер). Для отвода полной теплоты адсорбции водяных паров, а также отбора явной теплоты осушенного удаляемого воздуха, слой адсорбента (гранулированный силикагель) располагают в трубном пространстве кожухотрубного теплообменника, а в межтрубном пространстве циркулирует промежуточный теплоноситель. Промежуточный теплоноситель, отбирая теплоту от слоя адсорбента, нагревается и передает ее в теплоотдающем теплообменнике наружному (приточному) воздуху. Принципиальная схема теплообменника-адсорбера с неподвижным слоем сорбента приведена на рис. 4 [1, 8].

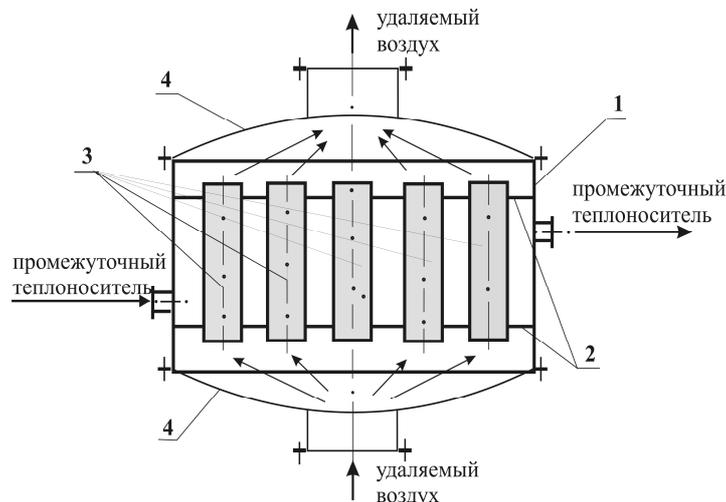


Рис. 4. Схема теплообменника-адсорбера:

1 – корпус; 2 – трубная решетка; 3 – трубчатый элемент с силикагелем; 4 - крышки

Для обеспечения непрерывности процесса необходимо установить два теплообменника-адсорбера в потоке удаляемого воздуха: один работает в режиме утилизации скрытой и явной теплоты воздуха, другой – в режиме активации (регенерации) сорбента. На стадии регенерации через слой силикагеля, подлежащего активации, пропускают удаляемый абсо-

лютно осушенный и охлажденный воздух, полученный в соседнем теплоизвлекающем теплообменнике, перед выбросом его наружу в атмосферу.

Из-за разницы парциальных давлений водяных паров в поровом пространстве адсорбента и продуваемого через него воздушном потоке молекулы воды будут интенсивно диффундировать в поток воздуха. При этом температура слоя адсорбента будет снижена и дополнительного охлаждения силикагеля (адсорбента) не потребуется перед включением теплообменника-адсорбера в стадию осушения удаляемого воздуха.

Переключение режимов работы теплообменника с утилизации теплоты на регенерацию адсорбента и обратно осуществляется при помощи клапанов, установленных на воздушной и жидкостной линиях и управляемых системами автоматики.

Также в качестве теплообменника-адсорбера можно использовать аппараты с «кипящим слоем» зернистого адсорбента и аппараты вихревого типа [1, 3, 5]. Принципиальные схемы данных аппаратов представлены на рис. 5.

В аппарате с «кипящим слоем» адсорбента (рис. 5а) воздух для утилизации теплоты подается снизу опорной решетки 6. При этом зернистый силикагель, находящийся сверху решетки, переходит в кипящий слой 5 и омывает оребренный змеевик 3, в котором циркулирует антифриз для отвода теплоты.

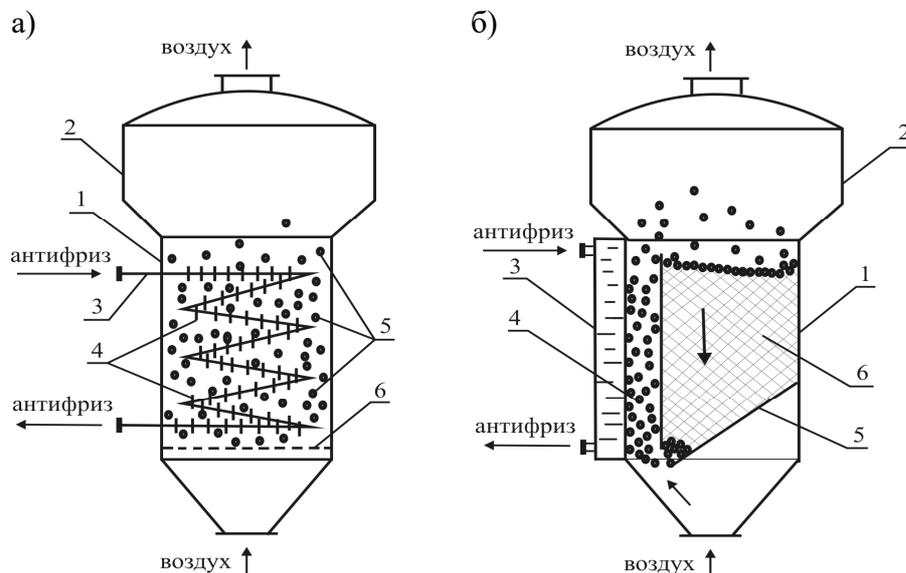


Рис. 5. Схемы аппаратов с подвижным слоем зернистого адсорбента:  
 а – аппарат с «кипящим слоем» адсорбента: 1 – корпус; 2 – сепаратор;  
 3 – змеевик с наружным оребрением; 4 – пластины для оребрения;  
 5 – «кипящий слой» адсорбента; 6 – решетка;  
 б – аппарат вихревого типа: 1 – корпус; 2 – сепаратор; 3 – рубашка для антифриза;  
 4 – канал для сквозного потока (воздух + сорбент); 5 – лоток; 6 – накопитель сорбента

Съем теплоты в аппарате вихревого типа (рис. 5, б) осуществляется при помощи рубашки для антифриза 3, расположенной в прямоугольном канале 4 для сквозного двухфазного воздушного потока. Восходящий двухфазный воздушный поток образуется за счет поступления из накопителя 6 сползающих зерен силикагеля в воздух, направляемого в нижнюю часть аппарата.

Перевод зернистого адсорбента из неподвижного слоя в подвижное состояние: в «кипящий слой» (схема 5а), в сквозной двухфазный воздушный поток (схема 5, б) способствует интенсификации теплопереноса. При этом линейные размеры оборудования могут быть существенно уменьшены, потребуется меньшая производственная площадь для системы утилизации теплоты.

Для конструктивного расчета теплообменников-адсорберов разработана методология

на основе применения числа единиц переноса [1, 2]. Определение числа единиц переноса осуществляют при помощи модифицированной  $I-d$  – диаграммы влажного воздуха (рис. 1).

Для оценки конвективного теплообмена в системе воздушный поток – стенка предложены следующие аналитические зависимости [1, 3, 10]:

✓ в аппаратах с неподвижным продуваемым зернистым слоем (рис. 4):

$$Nu = 0,31 Re^{0,5} \left[ (1-\varepsilon)^{0,5} / \varepsilon \right], \quad (19)$$

$$Nu = 0,1 Re^{0,8} \left[ (1-\varepsilon)^{0,2} / \varepsilon \right]; \quad (20)$$

✓ в аппаратах кипящего слоя (рис. 5а):

$$Nu_{\max} = 0,86 Ar^{0,2}; \quad (21)$$

✓ в аппаратах со сквозным двухфазным воздушным потоком (рис. 5б):

$$Nu = 0,3 Re^{0,54} Re_B^{0,38} \mu^{0,11}, \quad (22)$$

где  $Re$  – критерий Рейнольдса для однофазного потока;  $\varepsilon$  – порозность;  $Re_B$  – критерий Рейнольдса, рассчитанный по взвешивающей скорости воздушного потока,  $\mu$  – весовая концентрация частиц сорбента в воздушном потоке, кг/кг;  $Ar$  – критерий Архимеда.

Уравнение (19) применимо при  $Re = 1,5...57$ ; уравнение (20) – при  $Re = 57...1500$ ; уравнение (22) – при  $Re = 14000...36500$ ;  $Re_B = 3,6...5,3$ ;  $\mu = (0,25...1,79)$  кг/кг.

В работе [1] показано, что приращение количества утилизированной теплоты  $\Delta Q$ , кВт в предлагаемом способе по сравнению с традиционными равно:

$$\Delta Q = 2,93 \cdot G \cdot d_y, \quad (23)$$

где  $G$  – расход удаляемого воздуха, кг/ч;  $d_y$  – влагосодержание удаляемого воздуха, г/кг сух. возд.

Достоинством разработанного способа является возможность значительного увеличения количества утилизируемой теплоты от удаляемого воздуха из помещения за счет полного отбора скрытой теплоты водяных паров, содержащихся в нем на начальной стадии.

Другой научной разработкой, где осушение воздуха реализуется при помощи неподвижного слоя силикагеля, является сушилка для рук и волос, позволяющая осуществлять сушильный процесс при помощи воздушного потока с пониженным влагосодержанием. В сушилке единственным электропотребляющим узлом является вентилятор. Сушилки для рук и волос, выпускаемые российскими и зарубежными фирмами, представляют собой корпус (воздушный канал), внутри которого расположены вентилятор и электронагреватель (электрическая спираль) [1]. Они устанавливаются неподвижно на внутренних стенах помещений (в туалетных, ваннных комнатах, в парикмахерских и др.). Назначение данных сушилок – обеспечить ускоренное испарение водяной пленки и водяных капель с поверхности рук и волос головы в поток воздушной струи, выходящей из специальной насадки.

Схема разработанной сушилки для рук и волос приведена на рис. 6 [1].

Сушилка для рук и волос работает в двух режимах: режиме сушки, режиме регенерации зернистого адсорбента.

Пуск вентилятора при открытых сквозных отверстиях в нижней крышке и закрытых в верхней крышке обеспечивает подачу воздуха через неподвижный слой адсорбента, его осушение и небольшой нагрев. На выходе из трубы Вентури теплая абсолютно сухая воздушная струя производит интенсивную сушку рук или волос. Десорбция водяных паров для регенерации адсорбента осуществляется понижением давления в его слое за счет эффекта эжектирования паров перфорированной поверхностью горловины при закрытии и открытии отверстий, соответственно, в нижней и верхней крышке с помощью синхронного поворота заслонок П – образной рукояткой.

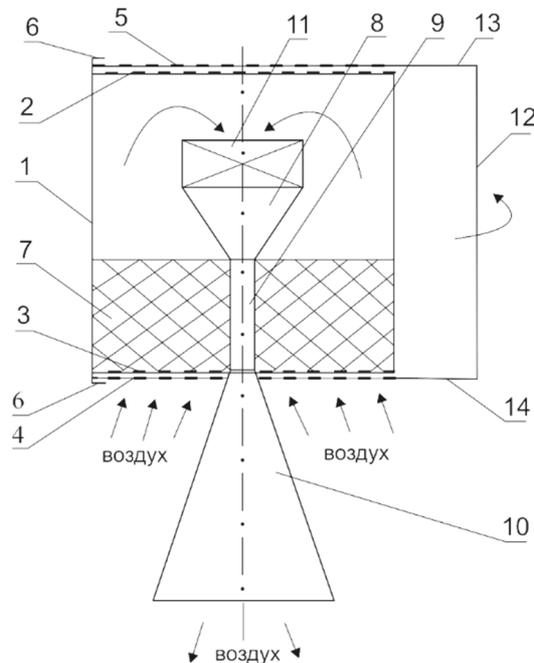


Рис. 6. Сушилка для рук и волос:

1 – корпус (вертикальный цилиндр); 2, 3 – торцевые неподвижные крышки верхняя и нижняя с перфорацией в виде сквозных отверстий диаметром 2 – 3 мм; 4, 5 – заслонки с перфорацией, которая симметрична перфорации крышек; 6 – желобные каналы; 7 – зернистый слой неподвижного адсорбента; 8 – конфузور; 9 – горловина с перфорированной боковой поверхностью; 10 – диффузор; 11 – каналный вентилятор; 12 – рукоятка

Приведем обоснование и расчет продолжительности сушильного процесса в данных условиях. Применительно к сушке материалов различают две формы влаги: свободную и связанную [3, 9]. Свободной называется влага, испаряющаяся с поверхности влажного материала с той же скоростью, что и с поверхности воды. Влага, испаряющаяся из материала с меньшей скоростью, чем с поверхности воды, называется связанной. Примем, что с поверхности рук и волос при сушке испаряется свободная влага. Согласно кривой скорости сушки это соответствует первому периоду сушки. Продолжительность сушки для первого периода сушки  $\tau_1$  рассчитывают по уравнению [3]:

$$\tau_1 = \frac{W}{\beta_d F \Delta \bar{d}}, \quad (24)$$

где  $W$  – количество испаренной жидкости, кг/ч;  $\beta_d$  – коэффициент массоотдачи, кг/м<sup>2</sup>·ч(кг/кг сух. возд.);  $F$  – площадь фазового контакта, м<sup>2</sup>(для сушки рук – суммарная влажная двухсторонняя поверхность кистей рук  $F \approx 200 \cdot 200 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 0,08 \text{ м}^2$ );  $\Delta \bar{d}$  – средняя движущая сила процесса, г/кг сух. возд.

Коэффициент массоотдачи можно определить по уравнению:

$$\beta_d = 910(v_b \rho_b)^{0,8} = 910(1,0 \cdot 1,2)^{0,8} \approx 1053 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot (\text{кг/кг сух.возд.}), \quad (25)$$

где  $v_b$ ,  $\rho_b$  – соответственно, скорость воздушного потока у влажных рук, м/с, плотность воздушного потока, кг/м<sup>3</sup>.

Средняя движущая сила процесса определяется по уравнению:

$$\Delta \bar{d} = \frac{\Delta d_1 - \Delta d_2}{2,3 \lg \Delta d_1 / \Delta d_2}, \quad (26)$$

где  $\Delta d_1$ ,  $\Delta d_2$  – соответственно, начальное влагосодержание насыщенного воздуха в условиях сушки и рабочее влагосодержание воздушного потока при сушке, кг/кг сух. возд.

Согласно рис. 1:

$$\Delta d_1 = (8 - 3)10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг сух. возд.}, \quad \Delta d_2 = (8 - 6,3)10^{-3} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг сух. возд.}$$

$$\Delta \bar{d} = \frac{\Delta d_1 - \Delta d_2}{2,3 \lg \Delta d_1 / \Delta d_2} = \frac{(5-1,7) \cdot 10^{-3}}{2,3 \lg 5 \cdot 10^{-3} / 1,7 \cdot 10^{-3}} \approx 3,06 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг сух. возд.}$$

Для процесса сушки рук и волос уравнение 24 примет вид:

$$\tau_1 = \frac{W}{\beta_d F \Delta \bar{d}} = \frac{F \cdot \delta \cdot \rho_w}{\beta_d F \Delta \bar{d}} = \frac{\delta \cdot \rho_w}{\beta_d \Delta \bar{d}}, \quad (27)$$

где  $\delta$  – толщина водной пленки на кистях рук при сушке, м ( $\delta \approx 0,1 \cdot 10^{-3}$  м);  $\rho_w$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

Продолжительность сушки составит:

$$\tau_1 = \frac{\delta \cdot \rho_w}{\beta_d \Delta \bar{d}} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^3}{1053 \cdot 3,062 \cdot 10^{-3}} = 0,031 \text{ ч. (1,86 мин.)}$$

Отметим, что в расчете продолжительности сушки рук принят осушенный воздушный поток с влажностью 3 г/кг сух. возд., а не абсолютно сухой воздух, применение которого позволило бы еще более сократить время сушки.

Применяя, описанную выше, методику расчета осушителей воздуха на основе силикагеля марки КСМ для разработанной сушилки при исходных данных (рис. 1):

- ✓ расход воздуха  $L = 200$  м<sup>3</sup>/ч (240 кг/ч);
- ✓ температура воздуха в помещении  $t_1 = 16$  °С;
- ✓ начальная относительная влажность воздуха в помещении  $\phi_1 = 60$  %;
- ✓ влажностное содержание воздуха на выходе из сушилки  $d_2 = 3$  г/кг сух. возд.,

определены следующие конструктивные и технологические параметры сушилки:

- ✓ площадь поперечного сечения слоя сорбента 0,11 м<sup>2</sup>;
- ✓ высота слоя сорбента 0,18 м;
- ✓ объем слоя силикагеля равен 0,0197 м<sup>3</sup>;
- ✓ аэродинамическое сопротивление слоя силикагеля 440 Па;
- ✓ температура воздушной струи на выходе из сушилки равна 25,2 °С (температура воздуха повысилась на  $\Delta t = 25,2 - 16 = 9,2$  °С).

К достоинствам разработанной сушилки для рук и волос следует отнести:

- ✓ снижение расхода электроэнергии (исключен электронагреватель);
- ✓ увеличение срока эксплуатации сушилки из-за отсутствия возможности теплового перегрева ее рабочих элементов;
- ✓ повышение комфортности сушильного процесса;
- ✓ снижение электроопасности;
- ✓ снижение стоимости.

### Заключение.

Разработана методика расчета осушителей воздуха на основе силикагеля марки КСМ с применением модифицированной  $I-d$  – диаграммы влажного воздуха и числа единиц переноса, которая создает научную основу для проектирования и производства эффективного оборудования систем обеспечения микроклимата помещений, в частности, систем утилизации теплоты, бытовых устройств для жилищно-коммунального хозяйства.

Эффективность разработанных утилизаторов теплоты удаляемого воздуха достигается за счет полного отбора скрытой теплоты водяных паров, содержащихся в нем на начальной стадии, эффективность разработанной сушилки для рук и волос – путем снижения расхода потребляемой электроэнергии и повышения качества сушильного процесса.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Аверкин, А. Г.** Совершенствование устройств тепловлажностной обработки воздуха и методов расчета климатехники / А. Г. Аверкин, А. И. Еремкин. – Москва-Вологда: «Инфра-Инженерия», 2019. – 186 с.
2. **Кейс, В. И.** Компактные теплообменники / В. И. Кейс, А. Л. Лондон. – М.: Энергия, 1967. – 222 с.
3. **Плановский, А. Н.** Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
4. **Павлов, К. Ф.** Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – М.: Химия, 1987. – 575 с.
5. **Кузнецов, И. Е.** Оборудование для санитарной очистки газов: справочник / И. Е. Кузнецов, К. И. Шмат, С. И. Кузнецов. – Киев: Техника, 1989. – 304 с.
6. **Кокорин, О. Я.** Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, кондиционирования воздуха (системы ВОК) / О. Я. Кокорин. – М.: Проспект, 1999. – 208 с.
7. **Товбин, Ю. К.** Молекулярная теория адсорбции в пористых телах / Ю. К. Товбин. – М.: Физматлит, 2012. – 624 с.
8. **Аверкин, А. Г.** Способ утилизации теплоты газового (воздушного) потока: пат. № 2300056 (Российская Федерация), МПК F24F 3/14 патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства». – № 2005104727/06; заявл. 21.02.2005; – опубл. 27.05.2007, Бюл. № 15. – 1 с.
9. **Гельперин, Н. И.** Основные процессы и аппараты химической технологии. Книга вторая / Н. И. Гельперин. – М.: Химия, 1981. – 812 с.
10. **Аверкин А. Г., Аверкин Ю. А.** Сушилка для рук и волос пат. №2433777 (Российская Федерация), МПК A47K 10/48 патентообладатель Аверкин Александр Григорьевич. № 2010108898/12; заявл. 09.03.2010; – опубл. 20.11.2011, Бюл. № 32. – 1 с.

*Поступила в редакцию 29 января 2021*

## INNOVATIVE AIR DRYING TECHNOLOGIES IN CLIMATE TECHNOLOGY BASED ON SOLID SORBENTS

**A. G. Averkin, A. I. Eremkin, Yu. A. Averkin**

---

Averkin Alexander Grigorievich, Dr. of Sn., Professor, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russian Federation, phone: +7(927)371-01-32; e-mail: algraw@mail.ru

Eremkin Alexander Ivanovich, Dr. of Sn., Professor, Head Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russian Federation, phone: +7(902)352-65-04; e-mail: tgv@pguas.ru

Averkin Yuri Alexandrovich, postgraduate student, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russian Federation, phone: +7(927)386-60-60; e-mail: averkin59@gmail.com.ru

---

The authors considered problems of using solid sorbents in ventilation and air conditioning systems associated with the improvement of the methodology for calculating air dryers based on adsorbents. A method for calculating air dehumidification devices based on KSM silica gel using a modified I-d diagram of wet air and a number of transfer units is presented. We give a description of some developed designs for heat recovery units for exhaust air based on granular silica gel: with a fixed sorbent bed, with a «fluidized bed», with a through two-phase air flow,

as well as devices for buildings for various purposes - hand and hair dryers. The criterion equations for constructive calculation of the developed devices are given. A conclusion was drawn concerning the effectiveness and feasibility of introducing these developed devices in the housing and communal complex of the regions of the Russian Federation.

**Keywords:** dehumidification; silica gel; calculation method; modified diagram; number of transfer units; heat recovery; dryer.

## REFERENCES

1. **Averkin A. G., Eremkin A. I., Averkin Yu. A.** *Improvement of devices for heat and humidity treatment of air and methods for calculating climatic engineering*. St. Moscow-Vologda, Infra-Engineering. 2019. 186 p. (in Russian)
2. **Keyes V. I.** *Compact heat exchangers. Per. from English*. St. Moscow, Energiya. 1967. 222 p. (in Russian)
3. **Planovsky A. N., Nikolaev P. I.** *Processes and devices of chemical and petrochemical technology*. St. Moscow, Chemistry. 1987. 496 p. (in Russian)
4. **Pavlov K. F., Romankov P. G., Noskov A. A.** *Examples and tasks for the course of processes and apparatuses of chemical technology*. St. Moscow, Chemistry. 1987. 575 p. (in Russian)
5. **Kuznetsov I. E.** *Equipment for sanitary gas cleaning. Directory*. St. Kiev, Technics. 1989. 304 p. (in Russian)
6. **Kokorin O. Ya.** *Energy-saving technologies for the functioning of ventilation and air conditioning systems (FOC systems)*. St. Moscow, Prospect. 1999. 208 p. (in Russian)
7. **Tovbin Yu. K.** *Molecular theory of adsorption in porous bodies*. St. Moscow, Fizmatlit. 2012. 624 p. (in Russian)
8. **Averkin A. G.** *Method of utilizing the heat of a gas (air) stream*. Pat. No. 2300056 (Russian Federation), IPC F24F 3/14 patentee Federal state educational institution of higher professional education Penza State University of Architecture and Construction. No. 2005104727/06; Appl. 02.21.2005; publ. 27.05.2007; bull. No. 15. 1 p. (in Russian)
9. **Gelperin N. I.** *Basic processes and apparatuses of chemical technology*. Book two. St. Moscow, Chemistry. 1981. 812 p. (in Russian)
10. **Averkin A. G., Averkin Yu. A.** *Hand and hair dryer*. Pat. No. 2433777 (Russian Federation), IPC A47K 10/48 patent holder Alexander Grigorievich Averkin. No. 2010108898/12; Appl. 03.09.2010; publ. 20.11.2011, bull. No. 32. 1 p. (in Russian)

*Received 29 January 2021*

### ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

**Аверкин, А. Г.** Инновационные технологии осушения воздуха в климатехнике на основе твердых сорбентов / А. Г. Аверкин, А. И. Еремкин, Ю. А. Аверкин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1(16). – С. 19-30.

### FOR CITATION:

**Averkin A. G., Eremkin A. I., Averkin Yu. A.** *Innovative air drying technologies in climate technology based on solid sorbents*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 19-30. (in Russian)

УДК 697.31

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

А. В. Ениватов, И. Н. Артемов, А. А. Лазарев, Д. А. Лазарев

Ениватов Александр Васильевич, старший преподаватель кафедры теплоэнергетических систем, институт механики и энергетики, ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», Саранск, Российская Федерация, тел.: +7(8342)25-41-01; e-mail: enivatovav@mail.ru

Артемов Игорь Николаевич, старший преподаватель кафедры теплоэнергетических систем, институт механики и энергетики, ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», Саранск, Российская Федерация, тел.: +7(8342)25-41-01; e-mail: Artemovin78@mail.ru

Лазарев Александр Александрович, директор ООО «Энергосервис», Спасск, Российская Федерация, тел.: +7(8342)25-41-01; e-mail: lazarev2004@mail.ru

Лазарев Даниил Александрович, студент, ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт», Москва, Российская Федерация, тел.: +7(8342)25-41-01; e-mail: lazarev2004@mail.ru

В работе приведен краткий обзор способов повышения эффективности топливоиспользования в теплогенерирующих установках. Приведенные в работе результаты исследования импульсной технологии интенсификации теплообмена в теплопередающих поверхностях и накопленный опыт в разработке и практической реализации создают основания для использования данного способа интенсификации теплообмена в теплогенераторах. Разработана тепловая схема для модернизации котельной с созданием условий организации сопоставимых экспериментальных измерений. Создана измерительная система и разработана программа экспериментальных исследований. Приведены результаты экспериментальных исследований при циркуляции теплоносителя в теплогенераторах в традиционном и импульсном режимах. При сопоставимых условиях и неизменной тепловой нагрузке котельной в периодах испытаний удельный расход газа на отпущенную в сеть тепловую энергию составляет соответственно: при традиционной циркуляции теплоносителя – 159,581 м<sup>3</sup>/Гкал; при импульсной циркуляции – 146,605 м<sup>3</sup>/Гкал. Снижение составляет 8,13 %.

**Ключевые слова:** теплогенератор; генератор гидравлического удара; импульсный режим; рабочая мощность; тепловой баланс; удельный расход топлива.

Неуклонный рост тарифов на энергоносители и природные ресурсы, возросшие экологические обязательства при работе теплогенераторов требует постоянного внимания и проведения всестороннего мониторинга, анализа производственных показателей функционирования систем теплоснабжения и применения эффективных технологий. Являясь приоритетным направлением энергосбережения, исследования в области совершенствования технологии энергопроизводства проводятся на различных уровнях. Разработка и реализация пилотных проектов и проводимые исследования на действующих объектах теплоэнергетики позволяют всесторонне учитывать сложившие факторы и отклонения.

Повышению эффективности топливоиспользования в теплогенерирующих установках посвящены в т.ч. и следующие работы [1...5]. Предлагается применение: глубокой утилизации тепловой энергии дымовых газов с применением различных теплопередающих, трансформаторных и преобразовательных устройств; устройств по повышению качества топлива (в т.ч. по созданию топливных суспензий и эмульсии); согласование тепловой мощности теплогенератора и горелочного устройства и т.д.

Одним из способов снижения расхода топлива на производство тепловой энергии является более полное (глубокое) охлаждение дымовых газов в теплогенераторах

в результате применения технических способов, средств и устройств для интенсификации теплообмена [6, 7]. Ведутся непрерывные исследования и практическое применение способов интенсификации теплообмена в теплопередающих элементах теплогенераторов, таких как перфорированные поверхности, многослойные конвективные поверхности, оребрение, вставки различной конфигурации. За счет увеличения местной «пристенной» скорости разрушается пограничный слой, что увеличивает теплоотдачу 1,2...5,4 раза при увеличении сопротивления движению газов в 1,13...7 раз [7].

Исследования интенсификации теплоотдачи от стенки к жидкости (или от жидкости к стенке) приведены также в работах [8...10]. Применение импульсной технологии циркуляции теплоносителя в теплообменном оборудовании позволяет повышать коэффициент теплопередачи на 1,2...1,6 раза [8...10]. Основываясь на накопленном опыте в разработке и практической реализации предлагается использовать способ интенсификации теплообмена в теплогенераторах за счет организации импульсной циркуляции в действующей котельной за счет преобразования постоянного режима течения теплоносителя путем его циклического прерывания.

Функциональная схема экспериментальной установки (тепловая схема котельной № 3 г. Спасск), показана на рис. 1. На рис. 2 представлен общий вид экспериментальной установки.

Задачи, решаемые при помощи экспериментальной установки:

- ✓ организация импульсной циркуляции теплоносителя водогрейного котла котельной г. Спасск;
- ✓ экспериментальная проверка гидравлической и энергетической эффективности работы разработанного режима работы котла с импульсной циркуляцией;
- ✓ оценка снижения удельного расхода газа.

На данной установке в сопоставимых условиях осуществляется измерение параметров теплоносителя при ее работе в двух режимах:

первый – при котором циркуляция теплоносителя через котлоагрегаты осуществляется традиционным способом;

второй – в режиме импульсной циркуляции теплоносителя через котлоагрегаты.

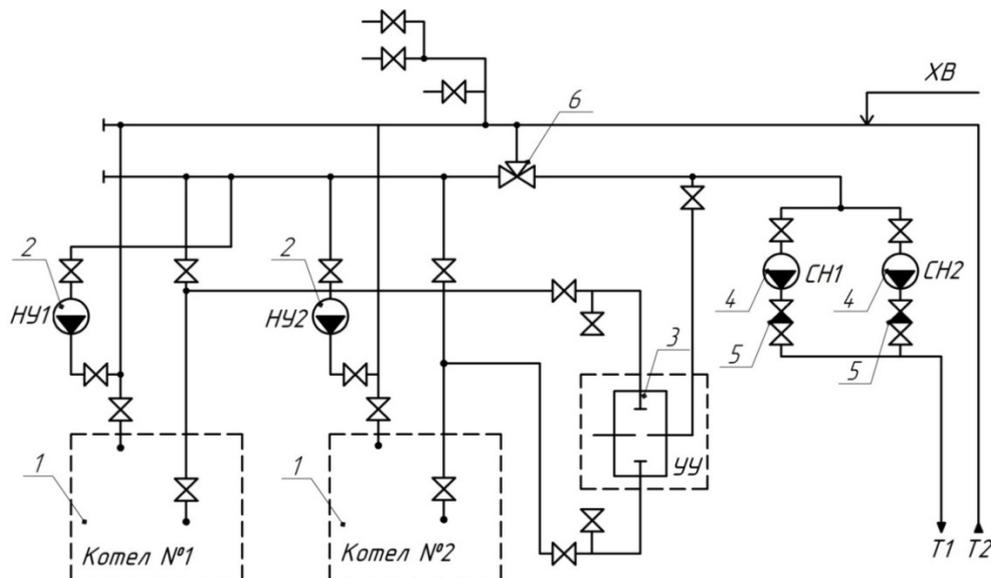


Рис. 1. Функциональная схема экспериментальной установки:

- 1 – котел водогрейный, 2 – циркуляционный насос, 3 – генератор импульсной циркуляции, 4 – сетевой насос, 5 – обратный клапан, 6 – трехходовой клапан



Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

В данных режимах экспериментальная установка работает следующим образом:

✓ в первом режиме теплоноситель обратного трубопровода от потребителя поступает в котлоагрегаты. Теплоноситель на выходе из котлоагрегата сетевыми насосами 4 подается потребителю. В период проведения эксперимента рециркуляционные насосы 2 и смесительный трехходовой клапан отключены.

✓ второй режим работы с импульсной циркуляцией имеет отличие от вышеприведенного в том, что теплоноситель на выходе из котлоагрегата предварительно подается в полном или частичном объеме на генератор импульсного режима 3 (см. рис. 1). Затем, как и в первом режиме, сетевыми насосами 4 подается потребителю. Также период проведения эксперимента рециркуляционные насосы 2 и смесительный трехходовой клапан отключены.

Генератор гидравлического удара предназначен для создания управляемых гидравлических ударов при подаче через него теплоносителя. Устройство изготовлено на кафедре теплоэнергетических систем с учетом технических и конструктивных решений [11], внешний вид показан на рис. 3. Устройство позволяет осуществлять импульсное движение теплоносителя [8].



Рис. 3. Внешний вид генератора гидравлического удара

Основным силовым элементом генератора гидравлического удара является ударный клапан, который в зависимости от частоты вращения привода позволяет получать периодический гидравлический удар. При этом амплитуда изменения давления зависит от скорости потока (расхода) теплоносителя.

Для обработки и сбора информации была собрана система, включающая в себя следующие узлы: персональный компьютер PC iRUHome 510 i5-3330/8Gb/1Tb/Gf610 с установленными лицензионными программами, аналого-цифровая плата E14-440, согласующее устройство (блок шунтов), блок питания, датчики температуры и давления, портативные расходомеры жидкости (теплоносителя) Portaflow 220 и 330.

Результаты экспериментальных исследований параметров (расход, температура) теплоносителя, отпущенного в сеть (в подающем Т1 и обратном Т2 трубопроводах коллектора) для традиционного и предлагаемого режима течения теплоносителя через котлоагрегаты соответственно представлены в табл. 1, 2. При этом в период проведения измерений на ручное управление (без подмеса) выведен трехходовой смесительный клапан. В табл. 1, 2 представлены усредненные значения параметров теплоносителя в целом за период измерения и за каждую последующую минуту измерения (последние значения за период 1 мин. 11 сек. и 1 мин. 29 сек.).

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований параметров теплоносителя в котельной при традиционной циркуляции теплоносителя

Время эксперимента, мин.	Расход теплоносителя отпущенная в сеть, м <sup>3</sup> /ч	Температура теплоносителя в подающем трубопроводе Т.1, °С	Температура теплоносителя в обратном трубопроводе Т.2, °С	Тепловая мощность, кВт
1	26,650	46,034	39,901	190,080
2	26,495	46,050	39,973	187,258
3	26,595	46,005	39,872	189,703
4	26,715	46,001	39,881	190,138
5	26,720	45,963	39,958	186,607
6	26,800	45,926	39,967	185,749
7	26,800	46,147	40,040	190,352
8	26,765	46,983	40,077	214,957
9	26,635	48,605	40,301	257,255
10	26,650	50,185	40,377	303,988
11	26,565	51,794	40,673	343,609
12	26,505	52,791	40,826	368,838
13	26,620	53,035	40,934	374,627
14	26,580	52,699	41,129	357,674
15	26,550	51,606	41,070	325,312
16	26,535	50,230	40,920	287,327
17	26,595	49,203	40,968	254,709
18	26,620	47,999	40,674	226,777
19	26,565	47,840	40,659	221,866
20	26,535	49,369	40,593	270,818
21	26,610	52,565	40,759	365,371
22	26,650	46,034	39,901	190,080
среднее	26,630	40,424	48,702	256,251

При проведении эксперимента в традиционном режиме циркуляции теплоносителя в работе находился один котлоагрегат № 1. В среднем за период эксперимента температура теплоносителя составляло в обратном трубопроводе Т2 = 40,424 °С и в подающем

трубопроводе  $T_1 = 48,702$  °С. Расход теплоносителя, отпущенного в сеть стабилен, среднее значение за период измерения составило  $26,63$  м<sup>3</sup>/ч. Средняя мощность теплогенератора в период проведения эксперимента  $256,251$  кВт. Также за период эксперимента фиксировались начальные и конечные показания счетчика природного газа. Продолжительность эксперимента соответствует периоду между начальным и конечным временем фиксации показания счетчика газа и составила 22 мин. 11 сек. Расход газа за данный период составил  $13$  м<sup>3</sup>.

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований параметров теплоносителя в котельной при импульсной циркуляции теплоносителя

Продолжительность, с	Расход теплоносителя отпущенная в сеть, м <sup>3</sup> /ч	Температура теплоносителя в подающем трубопроводе T.1, °С	Температура теплоносителя в обратном трубопроводе T.2, °С	Тепловая мощность, кВт
1	25,845	47,917	38,739	275,883
2	25,980	49,014	38,720	311,017
3	26,165	49,976	38,889	337,381
4	26,110	50,457	39,127	344,043
5	26,200	49,864	39,078	328,675
6	26,140	48,828	39,079	296,403
7	26,210	47,659	39,006	263,772
8	26,225	46,835	39,152	234,319
9	26,265	46,119	39,175	212,109
10	26,310	45,626	39,189	196,975
11	26,270	45,323	39,236	185,978
12	26,210	45,066	39,264	176,865
13	26,210	45,123	39,486	171,816
14	26,170	45,020	39,457	169,319
15	26,170	45,164	39,577	170,046
16	26,225	45,223	39,579	172,155
17	26,255	45,237	39,504	175,063
18	26,267	45,323	39,522	177,209
среднее	26,182	46,834	39,218	231,764

Во втором режиме, при импульсной циркуляции теплоносителя, в работе находился один котлоагрегат № 1. Средняя температура теплоносителя за период эксперимента составила в обратном трубопроводе  $T_2=39,218$  °С и в подающем трубопроводе  $T_1 = 46,834$  °С. Расход теплоносителя, отпущенного в сеть в среднем за период измерения, составил  $26,182$  м<sup>3</sup>/ч. Средняя тепловая мощность котла в период проведения эксперимента  $231,764$  кВт. Также за период эксперимента фиксировались начальные и конечные показания счетчика природного газа в момент их изменения и соответствующее время. Продолжительность эксперимента соответствует периоду между начальным и конечным временем фиксации показания счетчика газа и составила 18 мин. 29 сек. Расход газа за данный период составил  $9$  м<sup>3</sup>.

Объем произведенной тепловой энергии при средних значения мощности вырабатываемой тепловой энергии составил соответственно при традиционной циркуляции теплоносителя  $94,742$  кВт·ч, при импульсной циркуляции теплоносителя –  $71,396$  кВт·ч. Удельный расход газа на отпущенную в сеть тепловую энергию составляет: при традиционной циркуляции теплоносителя –  $0,1372$  м<sup>3</sup>/кВт·ч; при импульсной циркуляции теплоносителя –  $0,1261$  м<sup>3</sup>/кВт·ч. Снижение расхода газа составляет  $8,13$  %.

**Заключение.**

На основе результатов исследований и накопленного опыта в разработке и практической реализации импульсной технологии интенсификации теплообмена в теплогенераторах предложен вариант тепловой схемы котельной с импульсной циркуляцией теплоносителя в контурах котлоагрегата. Импульсная подача потока теплоносителя реализована при помощи двухконтурного устройства, основа работы которого – генерация импульсов с получением градиента располагаемого напора в контурах.

В ходе проведения экспериментов по исследованию режимов работы котлоагрегатов при традиционной и импульсной циркуляции теплоносителя получены параметры теплоносителя (расход и температура) в подающем и обратном трубопроводах коллектора котельной. При сопоставимых условиях в периодах испытаний, снижение удельного расхода газа на отпущенную в сеть тепловую энергию составило 0,0112 м<sup>3</sup>/кВт·ч (8,13 %).

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. **Ениватов, А. В.** Оптимизация тепловой схемы котельной с утилизатором тепла дымовых газов / А. В. Ениватов, И. Н. Артемов, И. А. Савонин // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 1. – С. 20-29.
2. **Ениватов, А. В.** Альтернативная тепловая схема квартальных котельных / А. В. Ениватов, Р. В. Янгляев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Материалы Международной научно-практической конференции. – Саранск, 2018. – С. 243-250.
3. **Иванов, И. А.** Пути повышения эффективности работы теплоэнергетических установок / И. А. Иванов, А. И. Озерский, М. Э. Шошиашвили, Ю. И. Бабенков // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2009. – № 6(154). – С.65-71.
4. **Капитонова, О. Н.** Система подготовки жидких топлив (СПЖТ) «Браво» / О. Н. Капитонова, И. А. Мутугиллина // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания: материалы 3 региональной студенческой научно-практической конференции. – Казань, 2012. – С. 6-8.
5. **Ениватов, А. В.,** Согласование мощности теплогенератора и горелочного устройства / А. В. Ениватов, И. Н. Артемов., А. А. Лазарев, С. В. Пиманкин, Д. А. Лазарев // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 10. – С. 23-26.
6. **Попов, И. А.** Перспективные методы интенсификации теплообмена для теплоэнергетического оборудования / И. А. Попов, А. Б. Яковлев, А. В. Щелков // Энергетика Татарстана. – 2011. – № 1. – С. 25-29.
7. **Попов, И. А.** Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена: Интенсификация теплообмена: монография / И. А. Попов, Х. М. Махьянов, В. М. Гуреев. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 560 с.
8. **Левцев, А. П.** Импульсные системы тепло- и водоснабжения / А. П. Левцев, А. Н. Макеев. – Саранск: Издательство Мордовского университета, 2015. – 172 с.
9. **Левцев, А. П.** Автономный источник энергоснабжения на базе дизель-генератора / А. П. Левцев, А. В. Ениватов // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 9. – С. 8-10.
10. **Левцев, А. П.** Моделирование теплопередачи в импульсной системе теплоснабжения / А. П. Левцев, А. Н. Макеев, А. А. Лазарев // Омский научный вестник. Серия Приборы, машины и технологии. – 2012. – № 1(107). – С. 216-218.
11. **Левцев А. П., Лапин Е. С., Могдарев М. П., Ениватов А. В., Панкратьев Р. В.** Ударный узел. Пат. на полезную модель 185737 Российская Федерация, МПК F15B 21/12, F24D 3/02. / заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева». – № 2018135041; заявл. 04.10.2018; – опублик. 17.12.2018, Бюл. № 35.

*Поступила в редакцию 25 января 2021*

## PRACTICAL APPLICATION OF IMPULSE CIRCULATION OF A HEAT CARRIER IN WATER BOILERS

**A. V. Enivatov, I. N. Artemov, A. A. Lazarev, D. A. Lazarev**

---

Enivatov Alexander Vasilievich, Senior lecturer of the Department of heat and power systems, Institute of mechanics and energy, Mordovia State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russian Federation, phone: +7(8342)25-41-01; e-mail: enivatovav@mail.ru

Artemov Igor Nikolaevich, Senior lecturer of the Department of heat and power systems, Institute of mechanics and energy, Mordovia State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russian Federation, phone: +7(8342)25-41-01; e-mail: Artemovin78@mail.ru

Lazarev Alexander Alexandrovich, Director of Energoservice, Spassk, Russian Federation, phone: +7(8342)25-41-01; e-mail: lazarev2004@mail.ru

Lazarev Daniil Alexandrovich, student, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russian Federation, phone: +7(8342)25-41-01; e-mail: lazarev2004@mail.ru

---

The paper provides a brief overview of ways to improve the efficiency of fuel use in heat generating plants, including a more complete (deep) cooling of flue gases due to the intensification of heat exchange. The results of the study of the pulse technology of heat transfer intensification in heat transfer surfaces and the accumulated experience in the development and practical implementation presented in the works create the grounds for using this method of heat transfer intensification in heat generators. A thermal scheme has been developed for modernization of the boiler house with the creation of conditions for organizing comparable experimental measurements. A measuring system has been created and a program of experimental research has been developed. The results of experimental studies are presented for the flow of the coolant in heat generators in the traditional and pulse modes. Under comparable conditions and constant heat load of the boiler house during the test periods, the specific gas consumption for the heat energy supplied to the network is respectively: with the traditional circulation of the coolant – 159,581 m<sup>3</sup>/Gcal; with impulse circulation – 146,605 m<sup>3</sup>/Gcal. The decrease is 8,13 %.

**Keywords:** heat generator; hydraulic shock generator; pulse mode; operating power; heat balance; specific fuel consumption.

### REFERENCES

1. **Enivatov A. V., Artemov I. N., Savonin I. A.** Optimization of the heating scheme of a boiler house with a flue gas heat recovery. Engineering Bulletin of Don. 2018. No. 1. Pp. 20-29. (in Russian)
2. **Enivatov A. V.** Alternative thermal scheme of quarter boiler rooms. Energy efficient and resource saving technologies and systems. Materials of the International Scientific and Practical Conference, Saransk. 2018. Pp. 243-250. (in Russian)
3. **Ivanov I. A., Ozersky A. I., Shoshiashvili M. E., Babenkov Y. I.** Ways to improve the efficiency of heat and power plants. Izvestiya universities North Caucasus region. 2009. No. 6 (154). Pp. 65-71. (in Russian)
4. **Kapitonova O. N., Mutugillina I. A.** The system for the preparation of liquid fuels (LFS) Bravo. Intellectual potential of the XXI century: stages of knowledge: materials 3 region. stud. scientific-practical. Kazan. 2012. Pp. 6-8. (in Russian)

5. **Enivatov A. V., Artemov I. N., Lazarev A. A., Pimankin S. V., Lazarev D. A.** Coordination of the power of the heat generator and the burner. *Engineering Bulletin Don*. 2020. No. 10. Pp. 23-26. (in Russian)
6. **Popov I. A., Yakovlev A. B., Shchelkov A. V.** Promising methods of heat transfer intensification for heat and power equipment. *Energy of Tatarstan*. 2011. No. 1. Pp. 25-29. (in Russian)
7. **Popov I. A., Makhyanov H. M., Gureev V. M.** Physical foundations and industrial application of heat transfer intensification: Heat transfer intensification. Kazan. 2009. 560 p. (in Russian)
8. **Levtsev A. P., Makeev A. N.** Impulse heat and water supply systems. Saransk. 2015. 172p. (in Russian)
9. **Levtsev A. P., Enivatov A. V.** Autonomous power supply based on a diesel generator. *Tractors and agricultural machines*. 2013. No. 9. Pp 8-10. (in Russian)
10. **Levtsev A. P., Makeev A. N., Lazarev A. A.** Modeling of heat transfer in a pulsed heat supply system. *Omsk Scientific Bulletin. Series Devices, machines and technologies*. 2012. No. 1(107). Pp. 216-218. (in Russian)
11. **Levtsev A. P., Lapin E. S., Mogdarev M. P., Enivatov A. V., Pankratiev R. V.** Impact node. Pat. for utility model 185737 (Russian Federation), IPC F15B 21/12, F24D 3/02 / applicant and patentee of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education National Research Mordovian State University named after N. P. Ogareva. No. 2018135041; declared 10.04.2018; publ. 17.12.2018, Bul. No. 35. (in Russian)

*Received 25 January 2021*

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

**Ениватов, А. В.** Практическое применение импульсной циркуляции теплоносителя в водогрейных котельных / А. В. Ениватов, И. Н. Артемов, А. А. Лазарев, Д. А. Лазарев // *Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура*. – 2021. – № 1(16). – С. 31-38.

**FOR CITATION:**

**Enivatov A. V., Artemov I. N., Lazarev A. A., Lazarev D. A.** *Practical application of impulse circulation of a heat carrier in water boilers*. *Housing and utilities infrastructure*. 2021. No. 1(16). Pp. 31-38. (in Russian)

УДК 628.54:544.723.2

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИИ ДООЧИСТКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Д. О. Игнаткина, А. А. Войтюк, А. В. Москвичева, Е. А. Котовчихина

Игнаткина Дарья Олеговна, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры водоснабжения и водоотведения, институт архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(927)256-90-92; e-mail: dashaignatkina@mail.ru

Войтюк Александр Андреевич, директор, ООО «ОдинНаучСтройПроект», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(905)434-00-80; e-mail: voytyuk.1987@list.ru

Москвичева Анастасия Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, институт архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(927)527-63-00; e-mail: styu85@mail.ru

Котовчихина Елена Андреевна, магистрант, институт архитектуры и строительства, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(902)095-56-57; e-mail: kotovchikhina@mail.ru

Рассмотрена актуальная проблема, связанная с образованием крупнотоннажных отходов производства, которые чаще всего не подвергаются вторичной переработке и дальнейшему использованию. Предложены перспективные пути достижения положительных результатов в обозначенной проблеме, позволяющие решить одновременно две задачи: утилизацию производственных отходов и очистку производственных сточных вод. Отражены основные результаты лабораторных исследований по получению гранулированного композитного сорбента на основе растительного и минерального сырья Волгоградской области. Описаны методики проведения исследований по изучению эффективности доочистки сточных вод сорбционным методом с использованием гранулированного композитного сорбента на примере предприятия табачной фабрики. Приведены экспериментальные зависимости, полученные в результате проведения опытов с предлагаемым авторами сорбционно-фильтрующим материалом в статическом и динамическом режимах. Описаны условия и установки, на которых производились лабораторные исследования. Сформулированы основные результаты, позволяющие производить оценку эффективности использования разработанного гранулированного композитного сорбента в технологиях сорбционной доочистки сточных вод.

**Ключевые слова:** отходы производства; утилизация; сорбент; очистка сточных вод; сорбция.

В последнее время актуальным направлением развития промышленности является малоотходное производство, в результате возможно использование некоторых производственных отходов для очистки сточных вод (СВ). На крупных промышленных предприятиях, как правило, СВ проходят локальную очистку, а вот крупнотоннажные отходы, образующиеся в результате производственной деятельности при переработке исходного сырья для получения готовой продукции, чаще всего вообще не подвергаются вторичной переработке и дальнейшему использованию. Главной причиной такой ситуации является отсутствие производственных линий по их утилизации.

Таким образом, вышесказанное свидетельствует о возрастающем на сегодняшний день интересе к сорбентам, являющимися отходами различных производств. Много исследований посвящено сорбционным материалам, изготовленным из отходов растительного происхождения, которые чаще всего обладают специфическими сорбционными свойствами к определенному спектру загрязняющих веществ, вследствие химического и термического модифицирования [1]. Но, как правило, ни один из этих видов сорбентов не может одновременно очищать воду, как от органических, так и от неорганических поллютантов.

В связи с этим перспективным направлением является создание композиционного сорбирующего материала, сочетающего в себе свойства как минерального, так и углеродного сорбента. Получить такой сорбент возможно с использованием вторичных ресурсов, в частности некоторых отходов производства, что позволит решить ряд проблем, а именно очистки промышленных СВ и утилизации отходов.

Авторами была поставлена задача по разработке способа получения такого фильтрующего материала. В результате многочисленных исследований в лабораторных условиях с использованием отходов растительного и минерального сырья Волгоградской области был получен гранулированный композитный сорбент (ГКС) [2]. В качестве сырьевых материалов для получения сорбционно-фильтрующего материала использовались:

✓ многотоннажный отход растительного происхождения, образующийся на табачной фабрике – табачная пыль (ТП), который образуется в количестве около 800 т/год при изготовлении табачно-махорочных изделий на рассматриваемом предприятии;

✓ природный материал – бентонитовая глина (БГ) Долговского проявления, при получении сорбционного материала использовалась суспензия бентонитовой глины (СБГ). Месторождение БГ находится в 4 км восточнее х. Нижнедолговский Нехаевского района Волгоградской области. Основные технические характеристики ГКС представлены в табл. 1. Как видно из табл. 1, полученный ГКС обладает достаточно развитой структурой микро- и мезопор. Данные свойства эффективно сказывается на адсорбции из водных растворов органических и неорганических компонентов. Разработанный сорбционно-фильтрующий материал является механически прочным, так как согласно ГОСТ Р 51641-2000 «Материалы фильтрующие зернистые. Общие технические условия» его истираемость не превышает – 0,5%, а измельчаемость – 4 %. Кроме того, предварительная кислотная модификация ГКС способствует увеличению его химической стойкости. Таким образом, полученные технические параметры ГКС позволяют рекомендовать его использование в качестве фильтрующей загрузки для очистки СВ.

Таблица 1

Основные технические характеристики ГКС

Наименование параметра		Значение параметра			
Соотношение исходных компонентов ТП: СБГ, масс., %		60:40			
Концентрация серной кислоты (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), %		15			
Длительность кислотной обработки, мин		50			
Температура прокаливания, °С		400...650			
Длительность термообработки, мин		240			
Содержание влаги не более, масс. %		2...3			
Суммарный объём пор, см <sup>3</sup> /г		0,8...1,8			
Удельный объём пор, см <sup>3</sup> /г		0,20...0,35			
Удельная поверхность по БЭТ (азот), м <sup>2</sup> /г		70...125			
Средний размер пор, Å		71,03			
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>		0,7...1,25			
Размер гранул, мм	диаметр, <i>d</i>	1...3			
	длина, <i>l</i>	4...7			
Сорбционная емкость по МГ, мг/г		103,41			
Сорбционная емкость по йоду, %		46,57			
Значение рН		5,5...7,5			
Зольность, %		57			
Механическая стойкость, %	истираемость	0,35			
	измельчаемость	2,8			
Химическая стойкость, мг·О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	исходный раствор	NaCl	NaOH	HCl	H <sub>2</sub> O
		0,7	0,35	0,25	4,0
	отфильтрованный раствор	NaCl	NaOH	HCl	H <sub>2</sub> O
		2,87	4,35	2,44	7,26

Для подтверждения эффективности доочистки СВ сорбционным методом с использованием разработанного ГКС ставились опыты по выявлению остаточного содержания загрязнений, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) в фильтрате в статических и динамических условиях на примере СВ табачной промышленности, предварительно прошедших механическую очистку и электрохимическую обработку, состав которых представлен в табл. 2.

Таблица 2

Состав загрязняющих компонентов СВ табачной фабрики (ТФ) после электрохимической обработки для изучения сорбционной доочистки в статических и динамических условиях

Загрязняющий компонент	Концентрация
БПК <sub>полн.</sub>	178...180 мг·О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
ХПК	204...210 мг·О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
АПАВ	0,9...1,2 мг/дм <sup>3</sup>
Активный хлор	940...1000 мг/дм <sup>3</sup>

При условии проведения адсорбции в статическом режиме предполагается, что очищаемая жидкость подвергается активному перемешиванию с сорбентом в течение необходимого времени, после чего происходит отделение поглощающего материала с загрязнителями путем фильтрацией или отстаиванием. Если же проводить последующее введение в очищаемую воду новых порций адсорбирующего материала, то можно будет получить практически любую необходимую степень очистки, по имеющимся концентрациям извлекаемых загрязнителей, до достижения законодательных нормативов [2...4].

Процесс сорбции, который предполагает наличие статического режима обычно осуществляется в адсорбционных аппаратах с перемешивающими устройствами [5]. Изучение эффективности извлечения поллютантов, содержащихся в СВ после электроокисления, определялось по результатам опытов по исследованию динамики поглощения загрязняющих веществ ГКС из реальных СВ, которые проводились путем контакта сточной жидкости (объемом 0,2 дм<sup>3</sup>). С помощью аппарата Шуттеля в течение четырех часов навески сорбента (от 0,5 до 10 г) подвергались постоянному перемешиванию. Для нахождения равновесной концентрации соответствующего загрязняющего вещества производилось отделение растворов от гранул сорбента путем фильтрования через бумажный фильтр. Поглощающая емкость ГКС по рассматриваемым поллютантам находилась по разности исходных и равновесных концентраций, а затем строились изотермы сорбции [6...11].

На основании результатов опытов по динамике изменения основных загрязнителей в процессе сорбции ГКС во времени (рис. 1) очевидно, что сорбционное равновесие наступает в интервале 120...180 минут контакта СВ с сорбентом было определено необходимое время контакта, которое составило 4 часа.

Усредненные результаты экспериментов по определению сорбционных характеристик ГКС в отношении загрязняющих веществ, входящих в состав СВ предприятия табачной промышленности РФ, концентрация которых принята с учетом проведенных ранее исследований по механической очистке и электрохимической обработке, представлены на рис. 2 в виде построенных изотерм сорбции. При этом характер полученных изотерм сорбции примерно одинаков для всех исследованных в СВ поллютантов [12...13].

Из приведенных на рис. 2 изотерм сорбции загрязняющих компонентов из СВ предприятия табачной промышленности РФ с применением ГКС видно, что с повышением равновесной концентрации рассматриваемых поллютантов в растворе, сорбционная емкость увеличивается (рис. 2, а). В областях низких концентраций поглощательная способность растет медленно (рис. 2, б) для анионогенных поверхностно-активных веществ (АПАВ), в то время как у активного хлора наблюдается резкий рост (рис. 2, в). Статическая сорбционная емкость для БПК<sub>полн.</sub> и ХПК составила 27,1-28,5 мг/г и 33,4-35,7 мг/г соответственно (рис. 2,

а), АПАВ – 0,028...0,035 мг/г (рис. 2, б), активного хлора – 49,8...51,6 мг/г (рис. 2, в), при равновесных концентрациях не превышающих ПДК [14].

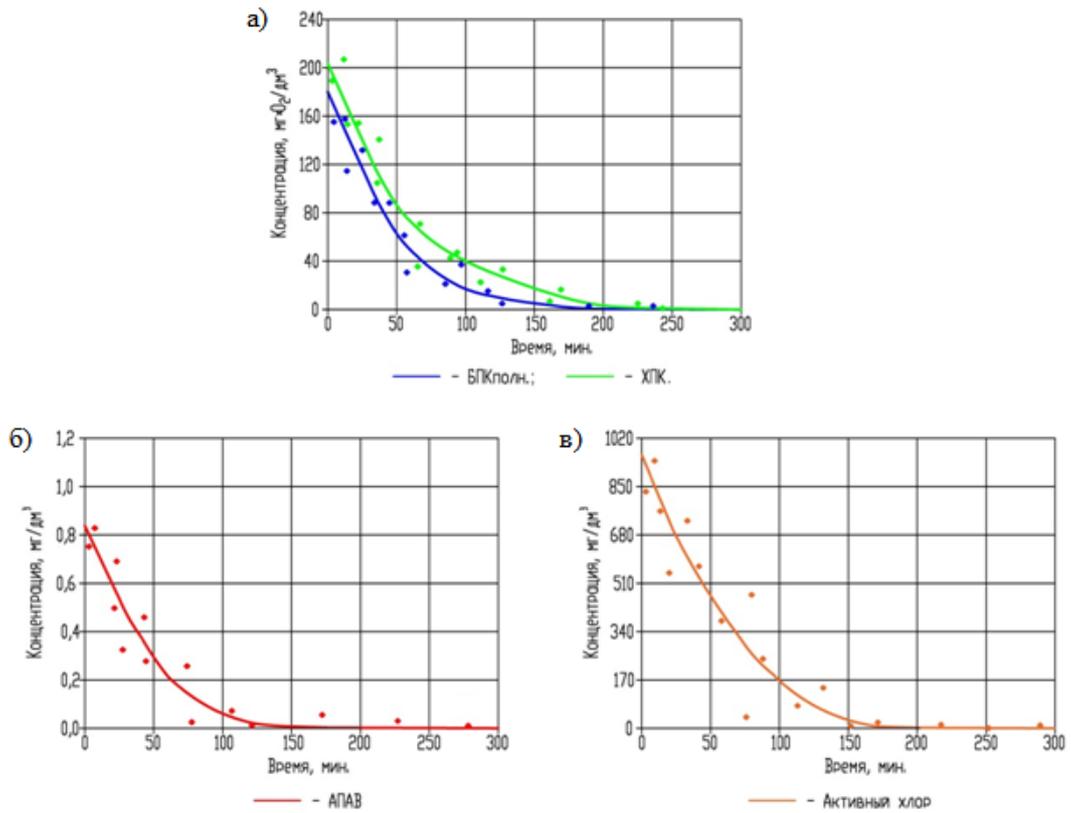


Рис. 1. Зависимость изменения концентрации загрязняющих веществ от времени контакта и навески ГКС: а – БПК<sub>полн.</sub> и ХПК; б – АПАВ; в – активный хлор

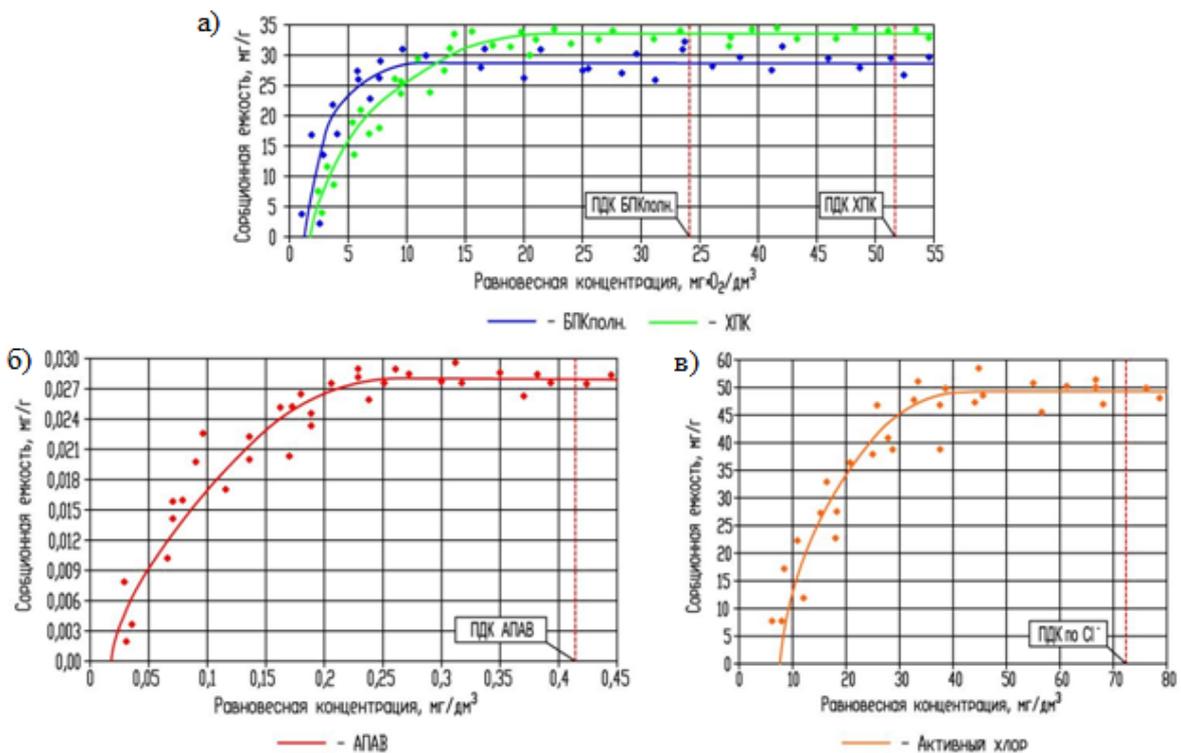


Рис. 2. Зависимость статической сорбционной емкости от концентраций загрязняющих компонентов в фильтрате: а – БПК<sub>полн.</sub> и ХПК; б – АПАВ; в – активный хлор

Лабораторные исследования по определению сорбционной емкости ГКС в динамических условиях, т.е. путем пропускания загрязняющего раствора через колонку, заполненную слоем сорбента проводились на модельной установке (рис. 3), позволяющей одновременно изучать параметры работы сорбционных фильтров с разной высотой слоя загрузки. Через установку пропускать предварительно очищенный сток ТФ с постоянным расходом ( $q$ ) – 2,5...4 л/сутки, скорость фильтрования составляла ( $v_{\phi}$ ) – 2...10 м/ч, при этом время пребывания в фильтрующей колонке достигало в среднем 3,5 ч. Общая масса сорбента в фильтре составила ~ 327 г [15...17].

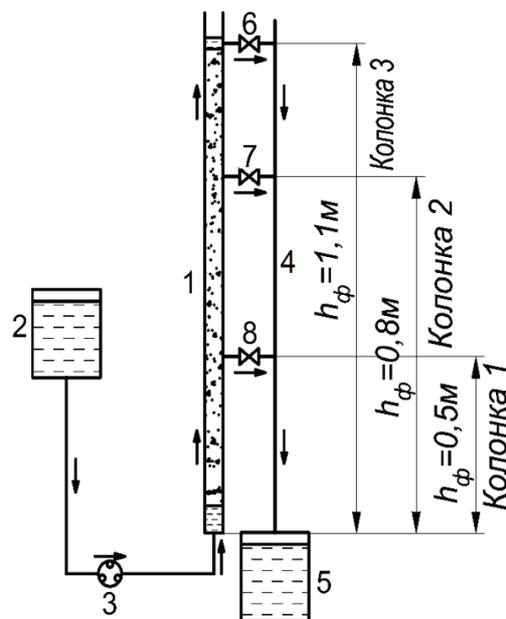


Рис. 3. Принципиальная схема модельной установки сорбционного фильтра:

1 – сорбционная колонка; 2 – резервуар исходной воды; 3 – регулируемый перистальтический насос; 4 – линия отвода очищенной воды; 5 – резервуар очищенной воды; 6, 7, 8 – устройства для отбора проб

Результаты экспериментов по определению динамической сорбционной емкости от изменения концентраций загрязняющих компонентов (табл. 2) в фильтрате из СВ ТФ приведены в виде выходных кривых поглощения на рис. 4.

Практически, с начала эксперимента происходит значительное снижение исходных концентраций БПК<sub>полн.</sub> и ХПК из рассматриваемых СВ. Таким образом, в фильтрате на выходе из колонок: концентрации БПК<sub>полн.</sub> – 12...14 мг·О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, ХПК – 21...23 мг·О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Эффективность сорбции БПК<sub>полн.</sub> и ХПК на фильтрующих колонках достигала в среднем 92,8 % и 89,5 % соответственно (рис. 4, а).

При фильтровании сточной жидкости, содержащей АПАВ – 0,9...1,2 мг/дм<sup>3</sup>, в фильтрате из колонок значения рассматриваемого загрязнителя в среднем составляло 0,2...0,34 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация АПАВ в фильтрате постепенно нарастает со временем. Эффективность задержания АПАВ на ГКС в целом в фильтрующих колонках достигала значения 80 % (рис. 4, б).

Начальная концентрация активного хлора в СВ достигала 940...1000 мг/дм<sup>3</sup>, в фильтрате на выходе из колонок в среднем получены значения в диапазоне 38...45 мг/дм<sup>3</sup>, а эффективность 95,8 % (рис. 4, в).

Динамическая сорбционная емкость для БПК<sub>полн.</sub> и ХПК составила 22,5...23,4 мг/г и 26,9...28,1 мг/г соответственно (рис. 4, а), АПАВ – 0,021...0,023 мг/г (рис. 4, б), активного хлора – 40,8...43,5 мг/г (рис. 4, в).

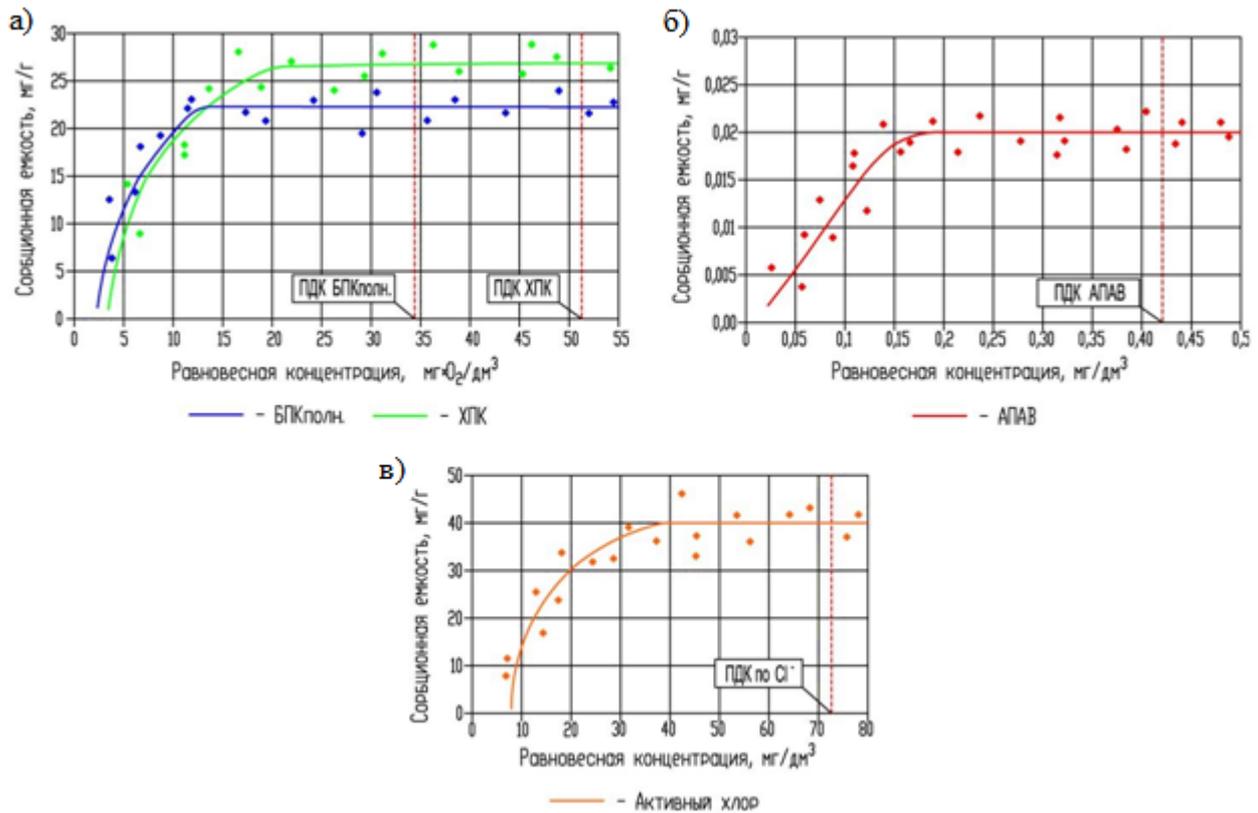


Рис. 4. Зависимость динамической сорбционной емкости от концентраций загрязняющих компонентов в фильтрате: а – BPKполн. и ХПК; б – АПАВ; в – активный хлор

Сопоставление результатов по эффективности извлечения загрязняющих веществ по показателям BPKполн., ХПК, АПАВ и активному хлору с нормами сброса в канализационную сеть города и замкнутую систему водоснабжения (ЗСВ) в табл. 3.

Таблица 3

Эффективность извлечения загрязняющих веществ по показателям BPKполн., ХПК, АПАВ и активному хлору

Наименование загрязняющих веществ	Изменение концентраций загрязняющих веществ		*ПДК загрязняющих веществ	
	после электрохимической обработки	после адсорбера	<sup>1</sup> Канализационная сеть города	<sup>2</sup> Технические нужды ЗСВ ТФ
BPKполн., мг·О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	178...180	12...14	34,44	15
ХПК, мг·О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	204...210	21...23	51,66	25
АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	0,9...1,2	0,2...0,34	0,41	0,5
Активный хлор, мг/дм <sup>3</sup>	940...1000	38...45	72,3 (по Cl <sup>-</sup> )	150

Примечание. \*ПДК загрязняющих веществ: <sup>1</sup> установлены согласно постановлению Администрации Волгограда от 18 июня 2015 г № 840; <sup>2</sup> приняты на основании технологического регламента ТФ.

В ходе проведения исследований в динамическом режиме с использованием модельной установки сорбционного фильтра (рис. 3) экспериментально были изучены зависимости эффективности доочистки по показателю ХПК СВ предприятия табачной индустрии РФ от скорости фильтрования при различной высоте слоя сорбента, результаты представлены на рис. 5.

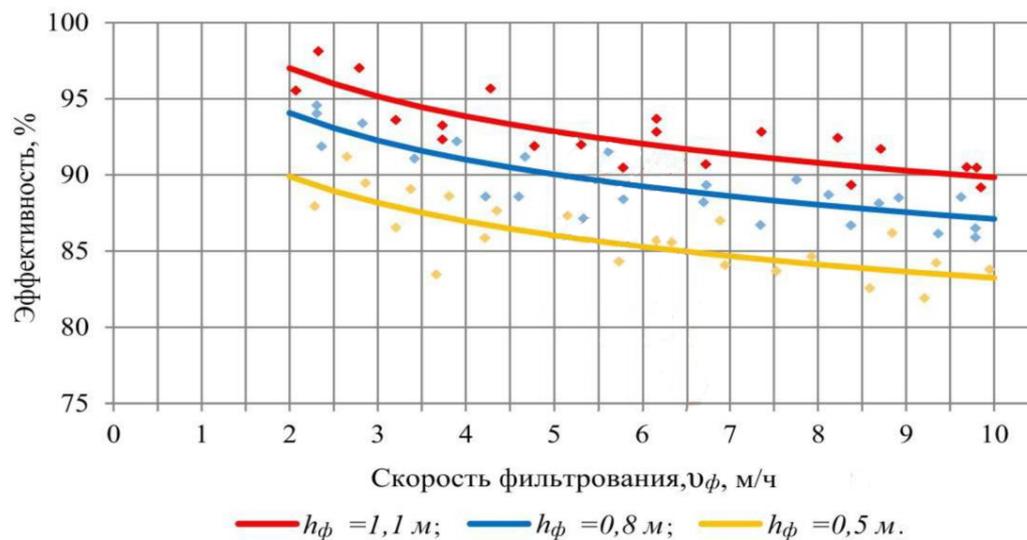


Рис. 5. Графики зависимости эффективности доочистки СВ предприятия табачной индустрии РФ по показателю ХПК от скорости фильтрации при различной высоте слоя сорбента

После обработки экспериментальных данных была получена математическая зависимость эффективности очистки ( $\mathcal{E}$ ) по ХПК от скорости фильтрации ( $v_{\phi}$ ) с диапазоном изменения ( $v_{\phi}$ ) – 2...10 м/ч при высоте слоя загрузки ГКС ( $h_{\phi}$ ) от 0,5 до 1,1 м [18].

$$\mathcal{E} = 99,357 \cdot v_{\phi}^{-0,048} \cdot h_{\phi}^{0,097}.$$

На основании построенных графиков (рис. 5), можно сделать вывод, что в динамических условиях эффект сорбционной доочистки СВ в 88...93 %, требуемый для осуществления возможности использования очищенных стоков для подпитки замкнутой системы водоснабжения ТФ достигается при значениях скорости фильтрации от 5 м/ч до 6,5 м/ч и высоте слоя загрузки ГКС, равной 0,8...1,1 м.

Утилизация отработанного сорбента возможна путем его сжигания. Кроме того, на сегодняшний день авторами проведены дополнительные исследования, на основании которых можно рекомендовать направления использования отработанного гранулированного композитного сорбента: в качестве поризующей добавки в глиняную массу при изготовлении керамических изделий и в качестве сухих строительных смесей для устройства полов.

### Заключение.

Разработан состав гранулированного композитного сорбента (ГКС), полученного из отходов производства, имеющего растительное происхождение – табачной пыли, и минерального компонента Волгоградской области – бентонитовой глины.

Получены основные технико-эксплуатационные показатели, которые свидетельствуют, что разработанный сорбент обладает достаточно развитой структурой микро- и мезопор, о чем свидетельствует средний размер пор 71,03 Å, сорбционная емкость по метиленовой голубой – 103,41 мг/г и йодопоглощение – 46,57 %, что оказывает существенное влияние на адсорбцию из водных растворов как органических, так и неорганических загрязняющих компонентов;

Разработана модельная установка адсорбера для отработки сорбционной технологии очистки сточных вод в лабораторных и полупромышленных условиях в динамическом режиме, которая позволяет изучить параметры и особенности работы сорбционных фильтров с разной величиной слоя загрузки ГКС. В результате установлены рациональные значения при проведении сорбционной доочистки по таким показателям как скорость фильтрации ( $v_{\phi}$  – 5...6,5 м/ч) и высота фильтрующего слоя ( $h_{\phi}$  – 0,8...1,1 м).

Приведены результаты экспериментального исследования, доказывающие эффективность использования ГКС в динамических и статических условиях для возможности очистки и доочистки СВ от для таких загрязнителей как: БПК<sub>полн.</sub>, ХПК, АПАВ и активный хлор(статическая сорбционная емкость: БПК<sub>полн.</sub> и ХПК составила 27,1...28,5 мг/г и 33,4...35,7 мг/г соответственно, АПАВ – 0,028...0,035 мг/г, активного хлора – 49,8...51,6 мг/г; динамическая сорбционная емкость: БПК<sub>полн.</sub> и ХПК составила 22,5...23,4 мг/г и 26,9...28,1 мг/г соответственно, АПАВ – 0,021...0,023 мг/г, активного хлора – 40,8...43,5 мг/г).

Опыты, проведенные с применением ГКС в статических и динамических условиях, продемонстрировали возможность достижения нормативов ПДК по значениям БПК<sub>полн.</sub>, ХПК, АПАВам, активному хлору для рассматриваемого предприятия – табачной фабрики, что делает возможным сброс в канализационную сеть города.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Grigorieva, V.** Optimal control of a wastewater cleaning plant / V. Grigorieva, E. N. Khalov // Eighth Mississippi State – UAB Conference on Differential Equations and Computational, Simulations. Electronic // Journal of Differential Equations, Conf. 19. – 2010. – Pp. 161–175.

2. **Игнаткина, Д. О.** Способ получения сорбента для очистки сточных вод от многокомпонентных загрязнений. пат. 2644880 (Российская Федерация), МПК МПК: В01J 20/24 (2006.01) патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет». – № 2017108520; заявл. 14.03.2017; – опубл. 14.02.2018, Бюл. № 5. – 10 с.

3. **Климов, Е. С.** Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е. С. Климов, М. В. Бузаева. – Ульяновск: УЛГТУ, 2011. – 201 с.

4. **Когановский, А. М.** Адсорбционная технология очистки сточных вод / А. М. Когановский. – Киев: Техника, 1981. – 175 с.

5. **Яковлев, С. В.** Очистка производственных сточных вод: учеб. пособие / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин. – Москва: Стройиздат, 1985. – 216 с.

6. **Ахмадеев, В. Я.** Физико-химические методы и основные теоретические принципы адсорбционной очистки сточных вод от органических соединений / В. Я. Ахмадеев, Н. В. Савина. – М.: ЦНИИ «Электроника», 1975. – 60 с.

7. **Zuckerman, M. M.** Activated Carbon Adsorption of organic from Aqueous Phase / M. M. Zuckerman, A. H. Molof // Water Poll. Control fed. – 1970. – Vol. 42. – Pp. 43.

8. **Якимова, Т. И.** Исследование адсорбции растворенных веществ промышленными АУ / Т. И. Якимова, А. В. Мамченко, А. М. Когановский // Химия и технология воды. – 1978. – № 1. – С. 26.

9. **Jisti, D. M.** Activated Carbon Adsorption of Petrochemicals / D. M. Jisti, R. A. Conway // J. Water Poll. Control fed. – 1974. – Vol. 46. – Pp. 947.

10. **Woolard, C. D.** Evaluation of the use of modified coal ash as a potential sorbent for organic waste streams / C. D. Woolard, J. Strong, C. R. Erasmus // Applied Geochemistry. – 2002. – Vol. 17. – № 8. – Pp. 1159-1164.

11. **Букалов, Г. Э.** Исследование возможности очистки многокомпонентных сточных вод сорбцией на углеродном сорбенте / Г. Э. Букалов // Теория. Практика. Инновации. - 2017. – № 6(18). – С. 192-197.

12. **Игнаткина, Д. О.** Современные решения в вопросе разработки эффективных технологических схем очистки сточных вод на предприятиях пищевой промышленности (ППП) / Д. О. Игнаткина, Э. П. Доскина, Е. В. Федулова, В. А. Коробков // Технология очистки воды «ТЕХНОВОД-2019»: материалы XII Международная научно-практическая

конференция, Москва, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова. – Новочеркасск, 2019. – С. 291-297.

13. **Москвичева, Е. В.** Современные системы оборотного водоснабжения промышленного предприятия / Е. В. Москвичева, А. Р. Салахутдинова, Д. О. Игнаткина, П. А. Сидякин, Д. В. Щитов, З. К. Ибрагимова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия Строительство и архитектура. – 2015. – Вып. 39(58). – С. 151-163.

14. **Игнаткина, Д. О.** Разработка технологии очистки многокомпонентных сточных вод предприятия табачной промышленности: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.23.04 / Игнаткина Дарья Олеговна. – Пенза, 2019. – 24 с

15. **Игнаткина, Д. О.** Технология получения гранулированного сорбционно-фильтрующего композитного материала на основе отхода производства (на примере предприятия табачной индустрии РФ) / Д. О. Игнаткина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2017. – Вып. 49(68) – С. 110-121.

16. **Игнаткина, Д. О.** Composite Sorbent Filter Material on the Basis of Man-Caused and Minerals / Д. О. Игнаткина, Е. В. Москвичева, А. А. Войтюк // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 945. – Pp. 983-987. – URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.945>.

17. **Андреева, С. Ю.** Математическая модель определения извлекаемой в процессе сорбционной очистки загрязняющих веществ // С. Ю. Андреева // Региональная архитектура и строительство. – 2017. – № 1(30). – С. 118-123.

18. **Игнаткина, Д. О.** Математическое описание экспериментальных закономерностей процесса сорбционной доочистки сточных вод на примере предприятия табачной индустрии РФ / Д. О. Игнаткина, А. П. Поздняков, А. В. Москвичева, Е. В. Москвичева, А. А. Войтюк // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2019. – № 4(77). – С. 110-121.

*Поступила в редакцию 30 января 2021*

## **THE EFFECTIVENESS OF COMPOSITE SORPTION MATERIALS USE IN THE TECHNOLOGY OF MULTICOMPONENT WASTEWATER ADDITIONAL TREATMENT**

**D. O. Ignatkina, A. A. Voytyuk, A. V. Moskvicheva, E. A. Kotovchikhina**

---

Ignatkina Darya Olegovna, Cand. tech. Sciences, Senior Lecturer of the Department of Water Supply and Sanitation, Volgograd State Technical University, Institute of Architecture and Construction, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(927)256-90-92; e-mail: [dashaignatkina@mail.ru](mailto:dashaignatkina@mail.ru)

Voytyuk Alexander Andreevich, Director of OdinNauchStroyProekt, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(905)434-00-80; e-mail: [voityuk.1987@list.ru](mailto:voityuk.1987@list.ru)

Moskvicheva Anastasia Vladimirovna, Cand. tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Water Supply and Sanitation, Volgograd State Technical University, Institute of Architecture and Construction, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(927)527-63-00; e-mail: [styu85@mail.ru](mailto:styu85@mail.ru)

Kotovchikhina Elena Andreevna, graduate student, Volgograd State Technical University, Institute of Architecture and Construction, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(902)095-56-57; e-mail: [kotovchikhina@mail.ru](mailto:kotovchikhina@mail.ru)

---

The authors consider the relevant problem associated with the formation of large-capacity industrial waste, which is most often not recycled and further used. Promising ways to achieve positive results in this problem are proposed, namely, to solve two problems simultaneously: the disposal of industrial waste and treatment of industrial wastewater (SW). The main results of laboratory studies on the production of granular composite sorbent (GCS) based on vegeta-

ble and mineral raw materials of the Volgograd region are presented. The experimental dependences obtained as a result of experiments with the sorption-filtering material proposed by the authors in static and dynamic modes are presented on the example of real SW, one of the enterprises of the food industry. The conditions and installations on which laboratory tests were carried out are described. The main results are formulated that allows us to evaluate the effectiveness of using developed GCS in the technologies of sorption post-treatment of SW.

**Keywords:** production waste; recycling; sorbent; waste water treatment; sorption.

## REFERENCES

1. **Grigorieva V., Khalov E.N.** *Optimal control of a wastewater cleaning plant*. Eighth Mississippi State. UAB Conference on Differential Equations and Computational, Simulations. Electronic. Journal of Differential Equations. Pp. 161-175.
2. **Ignatkina D. O.** *A method of obtaining a sorbent for wastewater treatment from multi-component contaminants*. pat. No. 2644880 (Russian Federation), IPC IPC: B01J 20/24 (2006.01) patent holder of the federal state budgetary educational institution of higher education "Volgograd State Technical University". No. 2017108520; declared 03/14/2017; publ. 02/14/2018, Bul. No. 5. 10 p. (in Russian)
3. **Klimov E. S., Buzaeva M. V.** *Natural sorbents and complexons in wastewater treatment*. Ulyanovsk: UISTU, 2011. 201 p. (in Russian)
4. **Koganovsky A. M.** *Adsorption technology of wastewater*. Kiev, Technics. 1981. 175 p. (in Russian)
5. **Yakovlev S. V., Karelin Ya. A.** *Industrial wastewater treatment: textbook. Allowance*. Moscow, Stroyizdat. 1985. 216 p. (in Russian)
6. **Akhmadeev V. Ya., Savina N.V.** *Physicochemical methods and basic theoretical principles of adsorptive purification of waste water from organic compounds*. Moscow, Central Research Institute Electronics. 1975. 60 p. (in Russian)
7. **Zuckerman M. M., Molof A. H.** *Activated Carbon Adsorption of organic from Aqueous Phase*. Control fed. 1970. Vol. 42. Pp. 43.
8. **Yakimova T. I., Mamchenko A. V., Koganovsky A. M.** *Study of the adsorption of dissolved substances by industrial AU*. Chemistry and technology of water. 1978. No. 1. Pp. 26. (in Russian)
9. **Jisti D. M., Conway R. A.** *Activated Carbon Adsorption of Petrochemicals*. J. Water Poll. Control fed. 1974. Vol. 46. Pp. 947.
10. **Woolard C. D., Strong J., Erasmus C.R.** *Evaluation of the use of modified coal ash as a potential sorbent for organic waste streams*. Applied Geochemistry. 2002. Vol. 17. No. 8. Pp. 1159-1164.
11. **Bukalov G. E.** *Investigation of the possibility of purification of multicomponent waste waters by sorption on a carbon sorbent*. Theory. Practice. Innovation. 2017. No. 6(18). Pp. 192-197. (in Russian)
12. **Ignatkina D. O., Doskina E. P., Fedulova E. V., Korobkov V. A.** *Modern solutions in the development of effective technological schemes for wastewater treatment at food industry enterprises (PPP)*. Technology of water purification TECHNOVOD-2019. Moscow, October 22-23. 2019. Yuzhno-Ros. state polytechnic un-t (NPI) them. M.I. Platova. Novochoerkassk. 2019. Pp. 291-297. (in Russian)
13. **Moskvicheva E. V., Salakhutdinova A. R., Ignatkina D. O., Sidyakin P. A., Shchitov D. V., Ibragimova Z. K.** *Modern systems of recycling water supply of an industrial enterprise*. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Ser. Construction and architecture. 2015. Issue. 39(58). Pp. 151-163. (in Russian)
14. **Ignatkina D. O.** *Development of a technology for purification of multicomponent wastewater from a tobacco industry enterprise*. Penza. 2019. 24 p. (in Russian)

15. **Ignatkina D. O.** *Technology of obtaining granular sorption - filtering composite material based on production waste (on the example of an enterprise of the tobacco industry in the Russian Federation)*. Vestn. Volgogr. state architect-build un-that, Building and architecture. 2017. Issue. 49(68). Pp. 110-121. (in Russian)

16. **Ignatkina D. O., Moskvicheva E. V., Voytyuk A. A.** *Composite Sorbent Filter Material on the Basis of Man-Caused and Minerals*. Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. Pp. 983-987. – URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.945>. (in Russian)

17. **Andreeva S. Yu.** *Mathematical model for determining the pollutants recovered in the process of sorption purification*. Regional architecture and construction. 2017. No. 1(30). Pp. 118-123. (in Russian)

18. **Ignatkina D. O., Pozdnyakov A. P., Moskvicheva A. V., Moskvicheva E. V., Voytyuk A. A.** *Mathematical description of the experimental regularities of the process of sorption post-treatment of waste water on the example of an enterprise of the tobacco industry in the Russian Federation*. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering, Construction and architecture. 2019. No. 4(77). Pp. 110-121. (in Russian)

*Received 30 January 2021*

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

**Игнаткина, Д. О.** Эффективность применения композитных сорбционных материалов в технологии доочистки многокомпонентных сточных вод / Д. О. Игнаткина, А. А. Войтюк, А. В. Москвичева, Е. А. Котовчихина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1(16). – С. 39-49.

**FOR CITATION:**

**Ignatkina D. O., Voytyuk A. A., Moskvicheva A. V., Kotovchikhina E. A.** *The effectiveness of composite sorption materials use in the technology of multicomponent wastewater additional treatment*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 39-49. (in Russian)

УДК 628.16 : 628.3

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ ОСАДКОВ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД МИКРОВОЛНОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

**М. В. Обухова**

Обухова (Землянова) Марина Витальевна, старший преподаватель кафедры водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Российская Федерация, тел.: +7(3452)28-39-23; e-mail: obuhovamv@tyuiu.ru

Рассмотрены проблемы накопления и обработки осадков сточных вод и осадков, образующихся на предприятиях водоподготовки. Показаны причины, препятствующие использованию на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства традиционных способов обработки и утилизации осадков. Поставлена цель экспериментально доказать, что микроволновая обработка осадков интенсифицирует процесс уплотнения. Для её достижения проведены экспериментальные исследования. Сформулировано заключение об эффективности использования микроволновой обработки для интенсификации уплотнения осадков. Полученные экспериментальные данные сходятся с имеющимися данными в отечественной и зарубежной научно-технической литературе.

**Ключевые слова:** осадки природных и сточных вод; микроволны; уплотнение.

Для большинства городов Российской Федерации особо острой является проблема обработки и утилизации осадков, образующихся при очистке сточных вод. Ежегодно на отечественных предприятиях жилищно-коммунального хозяйства образуется порядка 1 млрд. м<sup>3</sup> осадков сточных вод влажностью 98 % и более [1].

В состав осадков сточных вод входят органические и минеральные загрязнения, выделенные из воды в результате механической, биологической и физико-химической очистки, вещества, обладающие общетоксическими, канцерогенными свойствами, тяжёлые металлы, патогенные организмы, нитраты, пестициды, фенолы, вредные и дурно пахнущие газы [2].

Традиционные способы обработки осадков, такие как уплотнение, обезвоживание, стабилизация, кондиционирование, часто характеризуются высокой стоимостью и сложностью оборудования, высокой продолжительностью процесса обработки и энергоёмкостью, необходимостью применения дорогостоящих реагентов. Поэтому сегодня на большинстве канализационных очистных станций России осадки подвергаются минимальной обработке и затем складываются на открытых иловых площадках, которые занимают огромные площади земли. Хранение осадков на иловых полях не соответствует современным нормам экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности, и со временем осадки становятся источником загрязнения окружающей природной среды [3].

Не менее актуальна для предприятий жилищно-коммунального хозяйства мегаполисов проблема обработки и утилизации отходов, образующихся при подготовке питьевых вод, – осадков природных вод (или отходов водоподготовки). Их количество зависит от цветности и мутности природной воды в поверхностных водоисточниках, содержания железа и других компонентов в подземных водах и может составлять от 0,1 до 3,5 % от объема очищаемой воды.

Другим отходом станций водоподготовки являются промывные воды. По усредненным данным, объём образующихся промывных вод на фильтровальной станции составляет 7...10 % от её производительности, что в пересчете на сухой вес сбрасываемых вод может достигать нескольких сотен тонн загрязненного физико-химическими и микробиологическими элементами осадка.

Состав гидроксидных осадков, образующихся при реагентной очистке природных вод, определяется загрязнением речной воды (природного и антропогенного происхождения), а также видами применяемых коагулянтов [3]. Отходы водоподготовки, как правило, менее опасны для окружающей среды и человека, чем осадки сточных вод.

На большинстве водопроводных очистных станциях в Российской Федерации обработка осадков и промывных вод не осуществляется. Отходы водоподготовки накапливаются в накопителях или на иловых картах. Это негативно сказывается на экологической обстановке и требует отчуждения значительных земельных участков. Нередко отходы сбрасываются в виде шламовой пульпы в водоёмы, что обеспечивает поступление в них больших масс осадочного материала, загрязненного продуктами гидролиза коагулянтов и различными примесями, выделенными из исходной воды.

Традиционным способом сокращения объёма осадков перед их дальнейшей обработкой является уплотнение (или сгущение). Основными способами уплотнения являются гравитационный, флотация, центрифугирование. Все перечисленные способы имеют существенные недостатки – большая продолжительность процесса, высокая влажность получаемых осадков (гравитационное уплотнение), высокие энергозатраты (флотация), потребность в использовании реагентов (центрифугирование) [3, 4].

С целью интенсификации существующих способов уплотнения осадков природных и сточных вод выполнено исследование влияния микроволнового излучения на процессы уплотнения. Экспериментальная часть проводилась в лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения Тюменского индустриального университета.

#### *Методика экспериментальных исследований*

В качестве объектов исследования использовались осадки водоочистной станции (мкр. Метелёва, г. Тюмень) и избыточный активный ил канализационных очистных сооружений города Тюмени. Осадки использовались исходные, без каких-либо добавок. Обработка осадков микроволновым излучением осуществлялась по запатентованной автором технологии [5, 6].

Для исключения погрешности результатов, опыты выполнялись не менее трёх раз при равных исходных данных по стандартным методикам исследований. В таблицах и графических данных представлены средние результаты серии экспериментов.

Продолжительность микроволновой обработки пробы (1...2 мин) принята исходя из следующих условий: при меньшей продолжительности изменений процесса уплотнения осадков не наблюдалось, при продолжительности более 1...2 мин отмечалось значительное повышение температуры проб осадков и, как следствие, увеличиваются энергозатраты.

Анализируемые свойства: степень уплотнения осадков природных и сточных вод.

#### *Порядок проведения экспериментов*

1. Отбор проб осадков: осадки водоподготовки отбирались после горизонтальных отстойников Метелёвской водоочистной станции; избыточный активный ил – после вторичных отстойников очистных сооружений канализации. Объём одной пробы водопроводных осадков – 100 мл, избыточного активного ила – 200 мл.

2. Приготовление вариантов проб.

Водопроводные осадки: проба № 1 – исходные осадки; проба № 2 – осадки, обработанные микроволновым излучением.

Осадки сточных вод: проба № 3 – исходный избыточный активный ил; проба № 4 – ил после микроволновой обработки.

3. Порядок обработки проб микроволнами: проба в жаропрочной посуде помещалась в СВЧ-печь и обрабатывалась электромагнитным излучением мощностью 0,7 кВт, обработка происходила в два этапа по 1 мин каждый.

4. Пробы осадков помещались в лабораторные цилиндры. В течение одного часа через каждые 10 мин фиксировалась высота слоя уплотнённого осадка в цилиндре.

*Результаты экспериментальных исследований*

Полученные экспериментальные данные по микроволновой обработке водопроводных осадков представлены в табл. 1. Построены сравнительные гистограммы, отображающие динамику процесса уплотнения осадков (рис. 1).

Таблица 1

Динамика снижения границы раздела фаз осадков природных вод при уплотнении

Продолжительность уплотнения в лабораторном цилиндре, мин	Высота границы раздела фаз, см	
	проба № 1 – исходные водопроводные осадки	проба № 2 – водопроводные осадки, обработанные микроволнами
0	17,4	14,0*
10	17,5	12,6
20	17,3	11,9
30	17,3	11,3
40	17,1	10,9
50	17,0	10,5
60	16,8	10,2

\*Примечание: 14,0 – объём проб осадков после микроволновой обработки вследствие испарения сокращался, следовательно, высота слоя осадка в цилиндре тоже уменьшалась. Начальный объём всех проб водопроводных осадков – 100 мл.

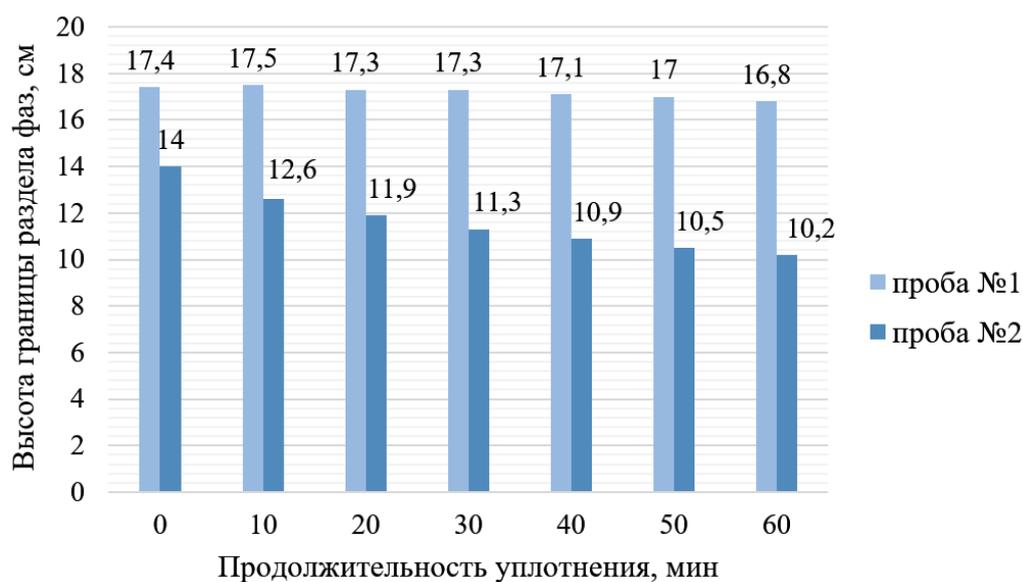


Рис. 1. Гистограммы динамики уплотнения водопроводного осадка: проба № 1 – исходный водопроводный осадок; проба № 2 – осадок, обработанный микроволновым излучением

По полученным графическим данным можно сделать вывод о том, что водопроводный осадок, обработанный микроволновым излучением, уплотняется интенсивнее, чем исходный. Отмечается повышение однородности осадков (рис. 2).

Экспериментальные данные по микроволновой обработке осадков сточных вод представлены в табл. 2. Построены сравнительные гистограммы, отображающие характеристику процесса уплотнения осадков (рис. 3).

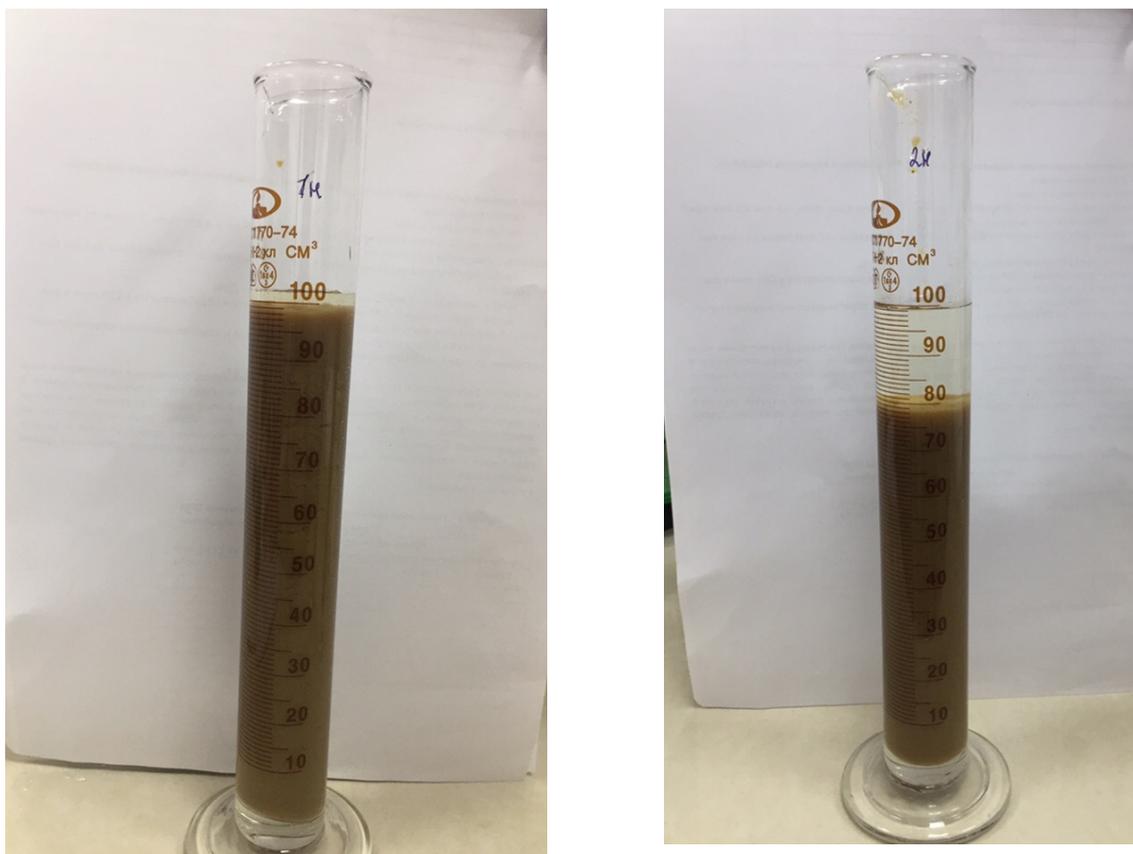


Рис. 2. Высота слоя уплотнённого водопродонного осадка в цилиндре:  
фото слева – проба № 1 исходный водопродонный осадок;  
фото справа – проба № 2 осадок, обработанный микроволновым излучением

Таблица 2

## Динамика снижения границы раздела фаз активного ила при уплотнении

Продолжительность уплотнения в лабораторном цилиндре, мин	Высота границы раздела фаз, см	
	проба № 3 – исходный активный ил	проба № 4 – активный ил, обработанный микроволнами
0	9,8	9,4*
10	7,7	5,6
20	6,8	4,6
30	5,8	3,8
40	5,0	3,3
50	4,6	3,1
60	4,5	3,0

\*Примечание: 9,4 – объём проб осадков после микроволновой обработки вследствие испарения сокращался, следовательно, высота слоя осадка в цилиндре тоже уменьшалась. Начальный объём всех проб ила – 200 мл.

Сравнительные гистограммы показывают, что микроволновая обработка активизирует процесс уплотнения активного ила.

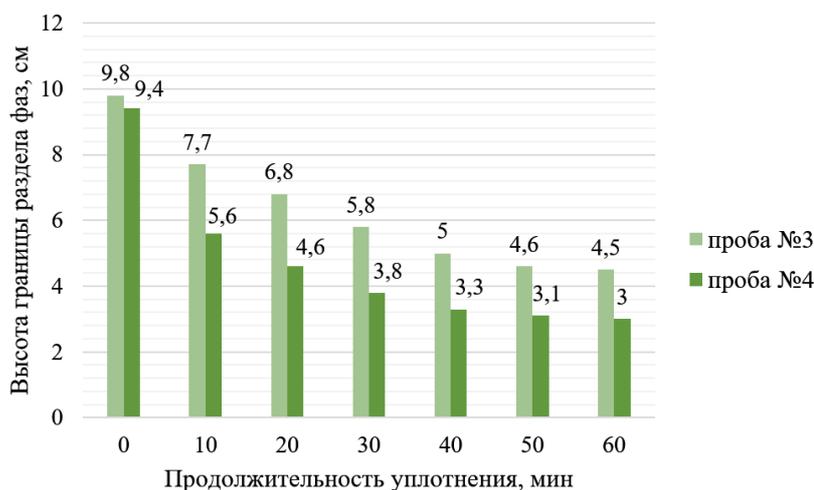


Рис. 3. Гистограммы динамики уплотнения избыточного ила: проба № 3 – исходный активный ил; проба № 4 – активный ил, обработанный микроволнами

#### *Анализ полученных данных*

В результате выполненных экспериментов установлено:

✓ водопроводные осадки, обработанные микроволновым излучением мощностью 0,7 кВт в течение двух минут, уплотняются в среднем на 39 % интенсивнее, чем исходные осадки без обработки;

✓ микроволновая обработка сокращает продолжительность уплотнения ила: активный ил, обработанный в СВЧ-печи при мощности 0,7 кВт в течение двух минут, уплотняется в среднем на 33 % интенсивнее, чем ил без обработки.

Полученные результаты сходятся с имеющимися данными в отечественной и зарубежной научно-технической литературе [7...13].

#### **Заключение.**

Выполненные экспериментальные исследования подтверждают, что микроволновая обработка осадков природных и сточных вод интенсифицирует процесс уплотнения. Интенсификация уплотнения осадков происходит в результате улучшения влагоотдачи, которое происходит при разрушении (под действием микроволн) гидратной оболочки вокруг частицы осадка и в переводе части связанной воды в свободное состояние. Из-за повышения степени уплотнения осадков сокращаются их объёмы, что в свою очередь позволяет сократить затраты на последующие процессы сбраживания, обезвоживания, обеззараживания и утилизации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Лобовников, А. О.** Эколого-экономическая эффективность использования наилучших доступных технологий утилизации осадков сточных вод / А. О. Лобовников, Ю. В. Завизион // Управление экономическими системами. – Кисловодск, 2013. – № 2. – С. 38. – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33822162&selid=18886926>.

2. **Туровский, И. С.** Осадки сточных вод. Обезвоживание и обеззараживание / И. С. Туровский. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 376 с.

3. **Кичигин, В. И.** Обработка и утилизация осадков природных и сточных вод: учебное пособие / В. И. Кичигин, Е. Д. Палагин. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2008. – 204 с.

4. **Яковлев, С. В.** Водоотведение и очистка сточных вод: учебное пособие для вузов / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – М.: АСВ, 2002. – 704 с.

5. **Землянова, М. В.** Эффективность применения электромагнитного излучения в технологиях обработки осадков сточных вод / М. В. Землянова, Е. И. Вялкова // Экология и промышленность России. – 2015. – № 6. – С. 47-49.

6. **Землянова, М. В., Вялкова, Е. И., Обухов, Л. В.** Безреагентный способ обработки и обеззараживания осадков сточных вод. пат. №2569533 (Российская Федерация), МПК C02F 11/00, C02F 1/30 патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет» (ТюмГАСУ). – № 2014135074/05; заявл. 25.08.2014 : опубл. 27.11.2015, Бюл. № 33. – 7 с.

7. **Гапоненков, И. А.** СВЧ-обработка осадков сточных вод пищевых производств / И. А. Гапоненков, О. А. Фёдорова // Вестник МГТУ. – 2013. – Т. 16. – № 4. – С. 681-686.

8. **Левин, Е. В.** Установка СВЧ-обработки осадков сточных вод. пат. №2582415 (Российская Федерация), МПК C02F 11/00, C02F 1/30, A61L 2/12, H05B 6/64 патентообладатель Левин Е. В. – № 2014123835/05 : заявл. 10.06.2014 : опубл. 20.12.2015, Бюл. № 12. – 6 с.

9. **Ахмедова, О. О.** Повышение эффективности локальных очистных сооружений сточных вод за счет применения комбинированных электрофизических методов воздействия / О. О. Ахмедова, С. Ф. Степанов, А. Г. Сошинов, К. Н. Бахтиаров // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 5. – С. 27-32.

10. **Jibao Liu.** Microwave-acid pretreatment: A potential process for enhancing sludge dewaterability / Jibao Liu, Yuansong Wei, Kun Li [et al]. // Water research. – 2016. – № 90. – Pp. 225-234. – doi: 10.1016/j.watres.2015.12.012.

11. **Nuno, M. G. C.** Evaluation of continuous mesophilic, thermophilic and temperature phased anaerobic digestion of microwaved activated sludge / Nuno Miguel Gabriel Coelho, Ronald L Droste, Kevin J Kennedy // Water research. – 2011. – № 45. – Pp. 2822–2834. – doi: 10.1016/j.watres.2011.02.032.

12. Patent CN203402944U, IPC C02F1/30; C02F1/463. 124. Water treatment device capable of utilizing microwave-reinforced micro-current to conduct electrolysis sterilization and remove suspended matter ; application 16.08.2013 ; publication 22.01.2014 / Chen Jin, Lin Li, XieWeijing, Zhao Liangyan ; applicants Changjiang Waterway Inst Planning Design & Res. – Direct text.

13. **Wojciechowska, E.** Application of microwaves for sewage sludge conditioning / E. Wojciechowska // Water research. – 2005. – № 39. – Pp. 4749–4754.

*Поступила в редакцию 1 февраля 2021*

## **INTENSIFICATION OF THE SEDIMENT COMPACTION PROCESS FOR NATURAL AND WASTE WATERS BY MICROWAVE IRRADIATION**

**M. V. Obukhova**

---

Obukhova (Zemlyanova) Marina Vitalievna, Senior Lecturer of the Department of Water Supply and Sanitation, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation, phone: +7(3452)28-39-23; e-mail: obuhovamv@tyuiu.ru

---

The problems of accumulation and treatment of sewage sediments and sludge formed at the water treatment plants are considered. The reasons preventing use of the traditional methods of sludge processing and disposal at the housing and communal services are shown. The goal of experimentally proving that microwave sediments treatment intensifies the compaction process was set. To achieve it, the experimental studies have been carried out. A conclusion was formulated on the effectiveness of using microwave treatment to intensify the sediments compaction. The obtained experimental data correspond to the available data in domestic and foreign scientific and technical literature.

**Keywords:** sediments of natural and waste waters; microwave; compaction.

#### REFERENCES

1. **Lobovnikov A. O., Zavizion Yu. V.** *Ecological and economic efficiency of using the best available technologies for recycling sewage sludge*. Kislovodsk, Management of Economic Systems. No. 2. Pp. 38. 2013. – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33822162&selid=18886926>, free. (in Russian)
2. **Turovsky I. S.** *Sewage sludge. Dewatering and disinfection*. Moscow, DeLi print. 2008. 376 p. (in Russian)
3. **Kichigin V. I., Palagin E. D.** *Processing and utilization of natural and waste water sediments*: textbook. Samara, Publishing House of the Architecture and Construction State University of Samara. 2008. 204 p. (in Russian)
4. **Yakovlev S. V., Voronov Yu. V.** *Water disposal and wastewater treatment: textbook for universities*. Moscow: DIA, 2002. 704 p. (in Russian)
5. **Zemlyanova M. V., Vyalkova E. I.** *Efficiency of the application of electromagnetic radiation in technologies of treatment of sewage sludge*. Ecology and Industry of Russia. 2015. No. 6. Pp. 47-49. (in Russian)
6. **Zemlyanova M. V., Vyalkova E. I., Obukhov L. V.** *Reagent-free method of treatment and disinfection of sewage sludge*. Pat. No. 2569533 (Russian Federation), IPC C02F 11/00, C02F 1/30 patentee Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering». No. 2014135074/05; Appl. 25.08.2014; publ. 27.11.2015. (in Russian)
7. **Gaponenkov I. A., Fedorova O. V.** *SHF-processing of sewage sludge from food production*. Herald of Moscow State Technical University. 2013. Vol. 16. No. 4. Pp. 681-686. (in Russian)
8. **Levin E. V.** *Installation of microwave treatment of sewage sludge*. Pat. No. 2582415 (Russian Federation), IPC C02F11/00, C02F 1/30, A61L 2/12, H05B 6/64. patentee Levin E. V. No. 2014123835/05; Appl. 10.06.2014; publ. 20.12.2015. (in Russian)
9. **Akhmedova O. O., Stepanov S. F., Soshinov A. G., Bakhtiarov K. N.** *Improving the efficiency of local wastewater treatment facilities by using of combined electrophysical methods of exposure*. Modern Problems of Science and Education. 2009. No. 5. Pp. 27-32. (in Russian)
10. **Jibao Liu, Yuansong Wei, Kun Li, Juan Tong, Yawei Wang, Ruilai Jia** *Microwave-acid pretreatment*. Water Research. 2016. No. 90. Pp. 225-234. – doi: 10.1016/j.watres.2015.12.012.
11. **Nuno, M. G. C, Ronald L Droste, Kevin J Kennedy.** *Evaluation of continuous mesophilic, thermophilic and temperature phased anaerobic digestion of microwaved activated sludge*. Water Research. 2011. No. 45. Pp. 2822-2834. – doi 10.1016/j.watres.2011.02.032.
12. **Chen Jin, Lin Li, Xie Weijing, Zhao Liangyan.** *Water treatment device capable of utilizing microwave-reinforced micro-current to conduct electrolysis sterilization and remove suspended matter*. Pat. No. CN203402944U, IPC C02F1/30; C02F1/463, applicants Changjiang Waterway Inst Planning Design & Res; Appl. 16.08.2013; publ. 22.01.2014.
13. **Wojciechowska E.** *Application of microwaves for sewage sludge conditioning*. Water Research. 2005. No. 39. Pp. 4749-4754.

Received 1 February 2021

#### ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

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

#### FOR CITATION:

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

---

## ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ, РЕСТАВРАЦИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВО

---

### CITY. RECONSTRUCTION, RESTORATION AND LANDSCAPING

---

УДК 721.001:72.06

#### АНАЛИЗ ПОТРЕБНОСТЕЙ НАСЕЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ЦЕНТРА В СЕЛЬСКОМ ПОСЕЛЕНИИ

**Н. В. Кузнецова, А. О. Полухтина**

---

Кузнецова Наталья Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Архитектура и строительство зданий», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация, тел.: +7(910)756-51-191; e-mail: nata-kus@mail.ru

Полухтина Ангелина Олеговна, магистрант кафедры «Архитектура и строительство зданий», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация, тел.: +7(915)677-75-05; e-mail: poluhtina.angelina@yandex.ru

---

В данной статье поднимается проблема изучения возможности повышения качества жизни в сельском поселении путём создания многофункциональных общественных центров. Перед авторами была поставлена задача изучения современных потребностей населения, обсуждения с жителями архитектурных предпочтений и определения требований, предъявляемых к многофункциональным общественным центрам. Для достижения поставленной задачи был проведён социологический опрос жителей населённых пунктов Тамбовской области. Процесс сбора информации включал в себя несколько этапов: разработку анкеты, проведение опроса и обработку данных. В ходе анализа полученных данных были составлены диаграммы, отражающие процентное соотношение ответов, а также были сформулированы выводы о значимости многофункционального общественного центра, выявлены основные требования к характеристикам многофункционального общественного центра.

**Ключевые слова:** сельские поселения; архитектура сельских поселений; социально-культурная сфера; многофункциональный центр.

Город – крупный и развитый населённый пункт. Издавна города возникали как центры развития торговли и искусства, в них появлялись важные технические достижения.

Сельское поселение – один или несколько объединённых общей территорией сельских населённых пунктов (поселков, сел, станиц, деревень, хуторов, кишлаков, аулов и других), в которых местное самоуправление осуществляется населением непосредственно и (или) через выборные и иные органы местного самоуправления [Федеральный закон от 06.10.2003 N 131-ФЗ (ред. от 22.12.2020) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации»]. Чаще всего жители данных населённых пунктов занимаются сельским хозяйством.

Жизнь городских и сельских поселений тесно взаимосвязана. Города производят необходимую для сельской местности продукцию – сельскохозяйственные машины, инструменты, строительные материалы, одежду. В свою очередь, в сельских поселениях выращивают продукцию растениеводства и животноводства, необходимую городам. Город и деревня – принципиально разные населённые пункты. Каждый из них имеет своё устройство, уклад жизни и прочие характеристики, однако сельская местность и города являются единым взаимосвязанным целым.

На первый взгляд современная Россия – городская страна. В результате урбанизации

до 73 % населения живёт в городе. Например, в Тамбовской области, по данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики, численность сельского населения на 01.01.2020 составляет 38,6 % и 61,4 % населения в городе.

Однако, большая часть населения, живущего в городской местности, занимается подсобным сельским хозяйством. Многие горожане имеют дачи, земельные участки и дома в сельской местности и пригороде. В итоге сложилась необычная для других стран ситуация, когда, по данным А. Алексеева и Ю. Симагина, «статистика говорит, что Россия – городская страна,  $\frac{3}{4}$  населения живёт в городе, но на самом деле значительная, если не большая часть городского населения имеет аграрный менталитет» [1].

Развитие сельского хозяйства выступает на современном этапе стратегически важным компонентом обеспечения национальной безопасности страны. Достижение таких целей невозможно без повышения качества жизни на селе. За последнее десятилетие возрастают объёмы и темпы строительства в пригородных зонах городов и в сельской местности. На практике происходит нередко спонтанное переформирование поселений без продуманного генерального плана с необходимым зонированием территории, необходимой транспортной, инженерной и социальной инфраструктурой [2].

Под социальной инфраструктурой понимается система организаций, обеспечивающих на территории условия воспроизводства рабочей силы, социализации и социальной защиты, а также сохранения и развития демографического, трудового и духовного потенциалов общества [3]. За 1991...2003 г. село потеряло 19,8 тыс. детских садов (49 %); 8,2 тыс. начальных и основных школ (27,5 %); 1,8 тыс. участковых больниц (38 %); 15,6 тыс. клубов (25 %); 4,3 тыс. библиотек (4,3 %); 9 тыс. почтовых отделений (10 %); практически полностью разрушена система бытового обслуживания сельского населения [4]. За период с 2000 по 2012 г. количество учреждений культурно-досугового типа в сельской местности уменьшилось на 33,1 %. Четвертая часть сельских клубов нуждается в капитальном ремонте. Сокращаются масштабы деятельности сельских библиотек, а имеющаяся материальная база культурно-бытовых объектов не соответствует нормам и не позволяет создать условия для полноценного отдыха и воспитания детей. Половина сельских населённых пунктов вообще не имеет ни стационарных, ни передвижных форм культурного обслуживания [5]. Также не всегда учитываются потребности жителей, проживающих в сельской местности, перспективы развития населённых пунктов, социально-демографический портрет населения.

Сельский социум представляет собой особое социально-культурное пространство, его место в социальной структуре, экономическом и духовном развитии общества обуславливает актуальность научных исследований изменений жизнедеятельности, проблем и перспектив функционирования села [6].

Данные о качестве жизни городского и сельского населения отражены в сравнительных анализах образа жизни городских и сельских жителей, полученных в ходе проведения социологических исследований.

В статье, представленной в электронной версии газеты «Известия» [В. Левашов «Деревенская мерка: что говорит исследование Росстата о жизни на селе», электронная версия газеты «Известия», выпуск от 9 апреля 2019 г.], отразились объективные преимущества жизни в сельской местности. Так, жители деревень меньше, чем горожане, страдают от:

- ✓ загрязнения воздуха (15,4 % против 6,7 %);
- ✓ шума от соседей (12,8 % против 4,8 %);
- ✓ отсутствия солнечного света в домах (8,3 % против 4,9 %).

Ни одного из предложенных исследователями недостатков условий жизни в сёлах не выбрали 63,7 % респондентов, а в городах – 57,4 %.

По мнению В. Левашова, эксперта Центра социальной демографии и экономической социологии Института социально-политических исследований, если судить по объективным показателям – например, качеству дорог, наличию водопровода и канализации, уровню доходов – жизнь в деревне действительно заметно уступает по качеству городской. Но в

том, что касается вопросов экологии и субъективных аспектов, связанных с мировосприятием в целом, сельские жители действительно считают, что живут лучше, чем горожане.

Это становится основной причиной переезда городского населения на постоянное место жительства в сельскую местность. При этом эта тенденция характерна не только для России и затрагивает в первую очередь обеспеченные слои населения.

Здоровое питание, экологически чистые продукты, забота об окружающей среде ведёт к заинтересованности людей сельской жизнью.

Социологические исследования все больше раскрывают данный вопрос в своих работах. Так, в источнике [Социологический анализ качества жизни жителя мегаполиса и сельской местности. Режим доступа: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=901220>], говорится о выводах, сделанных автором в ходе проведённого опроса:

- ✓ чем старше человек становится, тем больше он стремится за город;
- ✓ большинство людей живут в городе, не имея возможность перебраться за город из-за некоторых причин;
- ✓ люди, которые живут за городом или имеют дачные участки, готовы и хотят жить там несмотря на то, что дорога в ближайший город будет требовать дополнительных расходов и затрат времени;
- ✓ респонденты не готовы выращивать продукты самостоятельно, им проще купить их в магазине.

Особый интерес представляют социологические опросы, связанные с молодёжью села. В ходе социологического исследования М. Н. Муханова [7] и А. И. Ляхова [8] приходят к выводу, что большой процент молодёжи недоволен социально-культурной инфраструктурой села. Низкий уровень комфортности, качество предоставляемых услуг, не соответствующих требованиям, предъявляемым с развитием технологий и времени, влияет на миграционные настроения среди молодёжи. С помощью создания благоустроенного села, предоставлением возможности самореализации, повышением квалифицированных рабочих мест, удовлетворением культурно-досуговых запросов жителей, станет возможным сохранение числа молодых жителей села.

Проблемы, вызванные отсутствием инфраструктуры, культурной среды, надлежащего медицинского обслуживания деструктивно сказываются на социальном самочувствии населения, вызывая отказ от проживания в сельской местности.

Место постоянного жительства человека должно удовлетворять его финансовые, культурные и бытовые потребности. Сельская и городская среда должны составлять единую систему комфортного проживания человека.

Как показывают исследования и опыт изучения зарубежных аналогов многофункциональных общественных центров, чаще всего такие центры становятся местом притяжения местных жителей и эффективным способом решения проблем, связанных с инфраструктурой и удовлетворением современных потребностей человека.

Социально- культурные объекты, расположенные в едином пространстве, важны для небольших поселений, так как экономика небольших поселений не позволяет строительство нескольких общественных зданий, а связи социума сельских поселений более тесные, по сравнению с городским сообществом, что говорит о необходимости создания единого, общего пространства, где население разного возраста может проводить свободное время, общаться, решать важные вопросы населённого пункта. Таким образом, получается, что нет необходимости отделять объекты социально-культурного назначения от общественного пространства и выстраивать отдельные замкнутые миры школы, клуба, дома культуры, библиотеки и т.д.– выражает мнение в своей работе Н. А. Улинич [9].

Многофункциональный общественный центр, становится объединяющим ядром жителей, где для них предусматриваются благоустроенные зоны, в том числе, для свободного общения: на природе (детские площадки, места отдыха взрослых, амфитеатр и др.) и в помещении, закрытом от неблагоприятных погодных условий.

В последнее время в России начинают строиться или переоборудоваться такие центры, но они имеют ограниченный набор первичных функций и чаще всего располагаются на местах бывших Домов культуры или управлений колхозов, без учёта изменившейся градостроительной ситуации, и учёта потребностей всех жителей. Зачастую такие центры не приспособлены для маломобильных групп населения и не отражают региональные аспекты архитектуры данного поселения.

Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г., утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 № 1662-р, одной из основных целей государственной аграрной политики определено устойчивое развитие сельских территорий [10]. Устойчивое развитие сельской местности заключается в решении таких проблем как: увеличение числа сельских жителей и улучшение их качества жизни, а также развитие социальных, экономических и экологических сфер жизни.

Одним из путей решения данных проблем является создание в небольших поселениях многофункционального пространства, которое будет способствовать общности населения, создавать условия для проведения досуга, общения, развития детей и взрослых, получения услуг. Такие пространства будут являться материальными идентификаторами (отличительными признаками, чертами) данного села, посёлка и являться точкой притяжения местного населения.

С целью разработки проекта многофункционального центра в соответствии с потребностями населения, обоснования выбора его функционального наполнения и архитектурного решения был проведён опрос жителей. Сбор информации ставил следующие задачи: анализ проблем жителей сельской местности, изучение общественного мнения по вопросу строительства многофункционального центра; сбор информации о функциональном составе центра; обсуждение с жителями архитектурных предпочтений центра.

Процесс сбора информации включал в себя разработку анкеты, проведение опроса и обработку результатов.

Анкета включает: общие вопросы; вопросы о проблемах, с которыми сталкиваются жители сел, об актуальности создания многофункционального центра в небольших поселениях, архитектурных предпочтениях, о желаемом функционале центра, проведении досуга опрашиваемых.

Учитывая дальнейшее изучение вопроса формирования многофункциональных общественных центров небольших поселений вблизи крупных городов (на примере города Тамбова), анкетирование проводилось путём распространения в сети Интернет среди жителей небольших населённых пунктов вблизи городов Тамбовской области и самого города Тамбова, чтобы лучше понять потребности и запросы местного населения в социально-культурной сфере и их восприятия архитектурного облика.

Обработка анкет показала, что общее число респондентов составило 167 человек. Наибольшее число участников анкетирования представлено молодёжью в возрасте от 18 до 30 лет и людьми в возрасте от 30 до 40 лет.

Характеристика респондентов в разрезе групп возраста представлена на рис. 1. В социальном положении среди респондентов преобладают работающие и студенты. Социальный статус анкетированных по роду занятий и семейному положению отражён на диаграмме (рис. 2).

Основной контингент респондентов проживает в областном центре – 106 человек; 61 – в населённых пунктах области. Распределение анкетированных по месту проживания представлено на рис. 3.

Вопрос «Если Вы житель областного центра, хотели бы вы проживать в пригородной/сельской местности недалеко от города?» показал, что большинство отвечают утвердительно на этот вопрос или уже являются жителями поселений области.

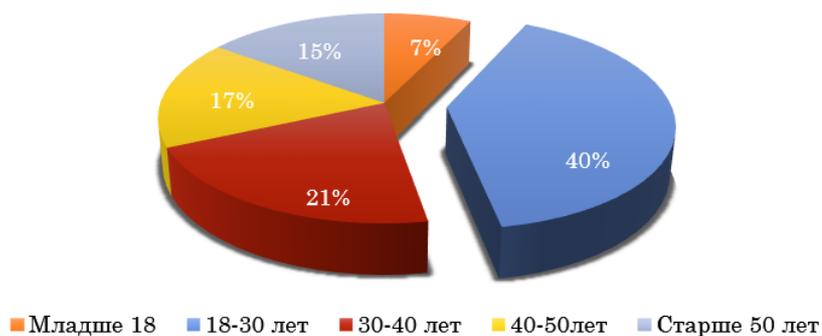


Рис. 1. Возрастная характеристика респондентов

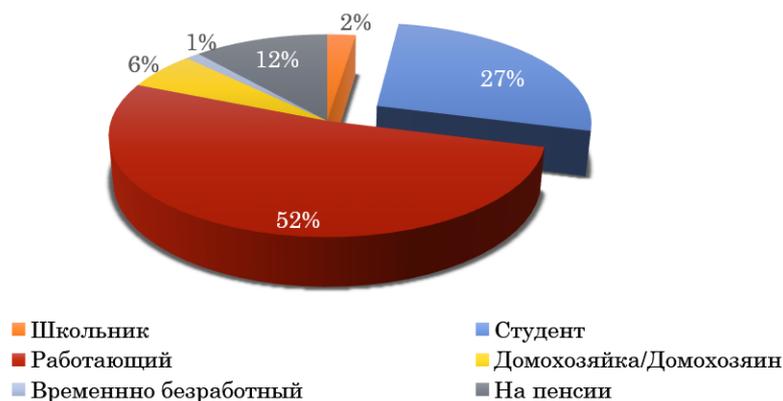


Рис. 2. Социальный статус анкетируемых по роду занятий и семейному положению



Рис. 3. Место проживания анкетируемых

В качестве причин нежелания проживать в пригородной/сельской местности (42 %) самыми значимыми является отсутствие развитой инфраструктуры (рис. 4).

Основными причинами возможного сокращения населения в поселениях ближайших к городу, респонденты выделяют: отсутствие развитой инфраструктуры (59 %), желание жить в крупном городе (36 %) и маятниковость работы (25 %).

Анализ предпочтений жителей областного центра, желающих поселиться в населённых пунктах области, по удалённости от города показал, что большинство готово поселиться в пригороде (рис. 5). Вероятнее всего, основываясь на результатах выше поставленных вопросов, выбор в пользу пригорода связан именно с отсутствием развитой инфраструктуры, что подталкивает жителей не уезжать далеко от города.



Рис. 4. Причина нежелания проживать в пригородной/ сельской местности

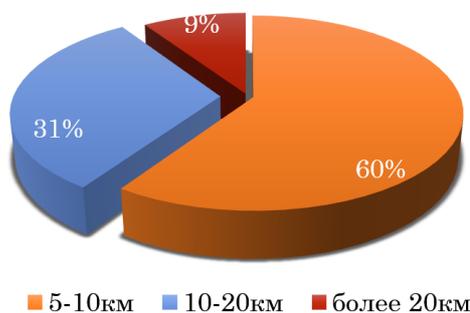


Рис. 5. Анализ жителей, желающих поселиться в населённых пунктах области

При этом удалённость места проживания анкетируемых жителей поселений области составила от 5...10 до более 20 км (рис. 6).

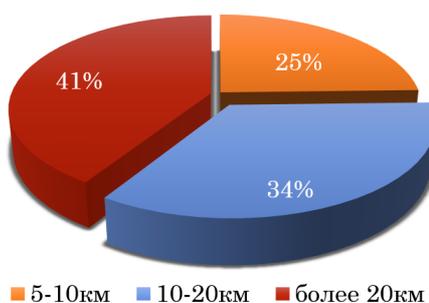


Рис. 6. Удалённость места проживания жителей области

Анализ ответов респондентов на вопрос о частоте посещения областного центра по бытовым вопросам показал, что у сельских жителей постоянно возникает потребность в поездках в город. Более 51 % анкетируемых испытывают потребность в посещении города 1...3 раза в месяц, 28 % совершают 1...2 поездки в неделю, а 21 % посещают в город 3 раза в неделю.

Предпочтения респондентов о проведении свободного времени распределились следующим образом (рис. 7).

Полученные результаты свидетельствовали о том, что важнейшими формами досуга для людей являются проведение времени с друзьями, прогулки, просмотр телепередач.

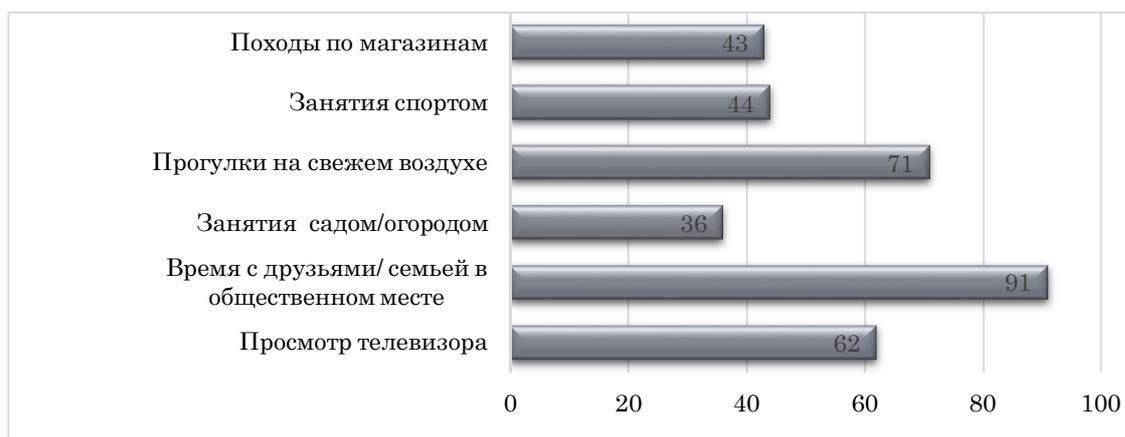


Рис. 7. Анализ проведения досуга

Жители Тамбовской области ценят общение, как традиционную форму проведения досуга, но в то же время много времени проводят за просмотром телепередач, что говорит о том, что люди интересуются событиями, происходящими в их городе, стране, мире.

Анализ ответов о частоте посещения музеев, выставок, театров, кинотеатров, событий общественной жизни распределил ответы анкетированных следующим образом: 40 % респондентов посещают музеи, выставки, театры, кинотеатры или события общественной жизни раз в один-два месяца, 31 % не посещает вовсе, 23 % два-три раза в месяц, 6 % еженедельно.

Уточняющий вопрос о форме проведения досуга и частоте посещения общественно-культурных мероприятий показал, что редкое посещение связано с отсутствием или трудностью таких мест для жителей села.

О важности создания многофункционального общественного центра в небольших поселениях утвердительно ответили 126 человек (рис. 8).



Рис. 8. Важность создания многофункционального общественного центра

Анкетированными были выделены основные функции в многофункциональном центре (рис. 9).

Результаты опроса показывали, что основными функциональными блоками должны стать: медицинское обслуживание, дополнительное образование, спорт, досуг, торговля, организация места встреч.

Сельские жители сталкиваются с нехваткой медицинских учреждений, медицинских работников. В современном обществе важным является соблюдение единства и преемственности оказания медицинской помощи населению в городской и сельской местности. Создание пунктов медицинского обслуживания в многофункциональных центрах может способствовать оказанию населению качественной доврачебной помощи, проведению мероприятий, направленных на профилактику и снижение заболеваемости, травматизма среди сельского населения.

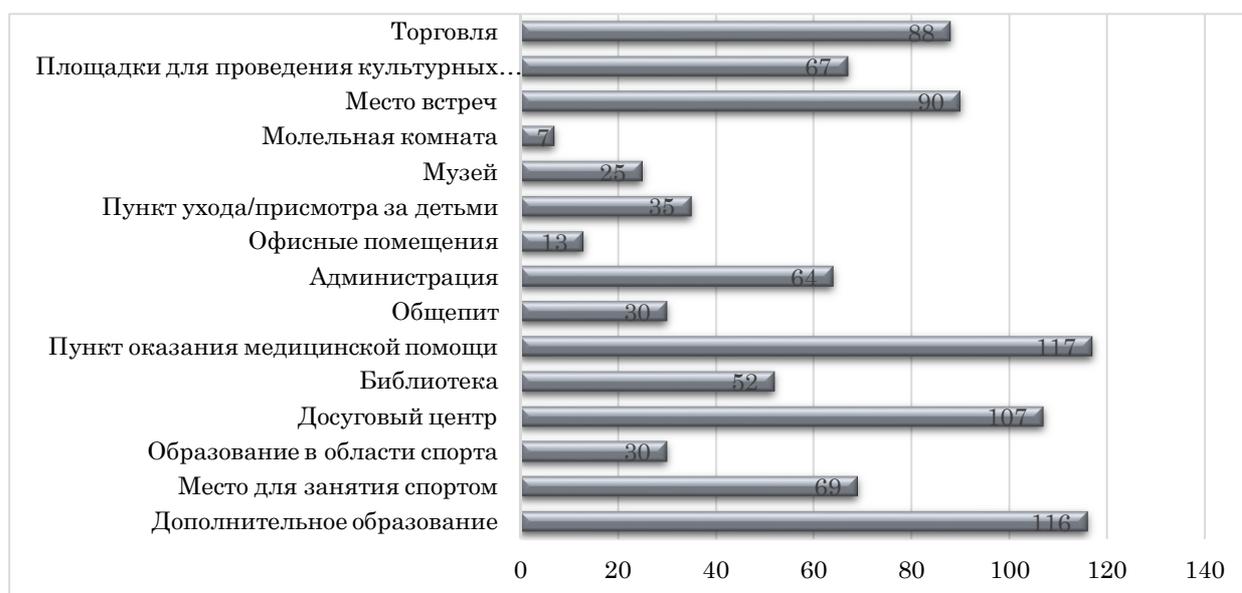


Рис. 9. Основные функции, выделенные анкетирруемыми в многофункциональном центре

Дополнительное образование – актуальная составляющая обучения, воспитания и развития личности. Дети сельских поселений должны находиться в равных условиях с городскими детьми. Эффективное размещение блоков дополнительного образования в многофункциональных центрах позволит ориентировать детей на профессиях, востребованных в регионе, подготовить их к обучению по выбранной профессии.

В настоящее время активно развивается дистанционное обучение. Создание в многофункциональных центрах «блоков дистанционного образования» может способствовать решению одной из ключевых проблем небольших поселений - «образовательной миграции».

Культурно-зрелищное и спортивное назначения центров способны привлечь на свои площадки людей разных возрастов. Спортивные соревнования, творческие выступления детей объединят родителей, бабушек и дедушек, болеющих и гордящихся первыми победами детей и внуков.

Немаловажной проблемой небольших поселений остаётся организация торговли, что отразили 52,7 % опрошенных. Создание торговых точек позволит удовлетворить, в шаговой доступности, население продуктами питания, бытовой химией, канцелярскими товарами, одеждой и другими товарами в соответствии с потребительским спросом жителей.

Важной проблемой является и нарушение связей между потребителем и товарами – результатами труда сельских жителей в рамках подсобных хозяйств. На торговых площадках многофункционального центра возможно организовать сельские ярмарки. Включение в программу ярмарки культурно-массовых мероприятий, подготовленных на территории многофункционального центра, широкая реклама ярмарки, будут способствовать привлечению жителей ближайших городов в центры.

Таким образом, развитие торговли в сельской местности позволит не только обеспечить жителей села необходимыми товарами, но и будет способствовать получению ими дохода за выращенную продукцию, будет стимулировать детей к изучению традиций, народных обрядов, промыслов, гордости за свою «малую Родину».

При ответе на вопрос «Считаете ли Вы, что многофункциональный общественный центр способен привлечь больше населения в сельскую местность и частично прекратить отток?» положительно ответили 139 человек (67 – ответ «да», 72 – ответ «скорее да») (рис. 10).



Рис. 10. Распределение ответов на вопрос: «Считаете ли Вы, что multifunctional общественный центр способен привлечь больше населения в сельскую местность и частично прекратить отток?»

Преобладает и количество положительных ответов (151 ответ, в том числе: 92 – ответ «да», 59 – ответ «скорее да») в вопросе о возможности multifunctional общественного центра решить проблему проведения досуга молодёжи и пенсионного возраста (рис. 11).



Рис. 11. Распределение ответов на вопрос: «Способно ли, на Ваш взгляд, создание multifunctional общественного центра решить проблему проведения досуга молодёжи и людей пенсионного возраста?»

Следующие вопросы анкеты предлагали опрашиваемым оценить различные архитектурно-функциональные характеристики здания по пятибалльной шкале (где 5 – самая высокая оценка, 1 – самая низкая оценка) (рис. 12) и представления о внешнем образе multifunctional общественного центра (рис. 13, 14, 15).

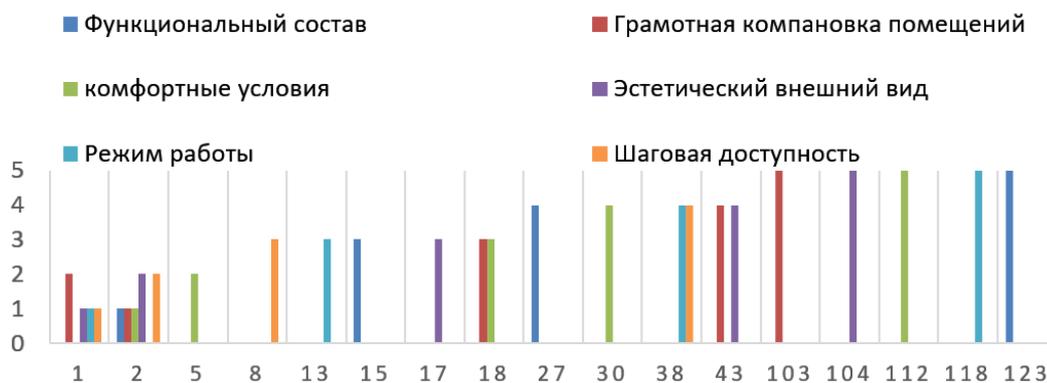
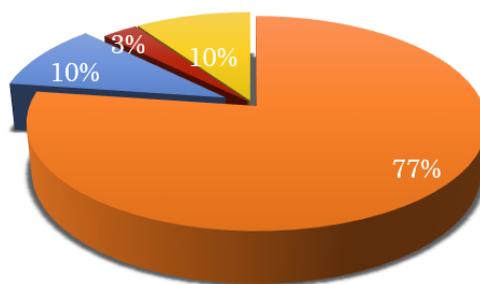


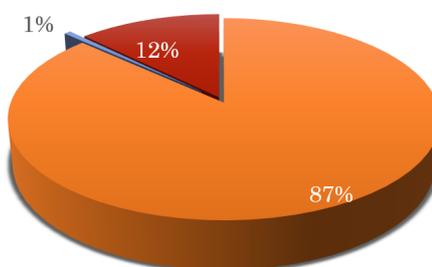
Рис. 12. Оценка важности характеристики здания по пятибалльной шкале

Проанализировав ответы на данные вопросы, можно прийти к выводу, что жители хотят видеть multifunctional общественный центр с главенствующим элементом в центральной части архитектурного объекта, при этом центр должен соответствовать окру-

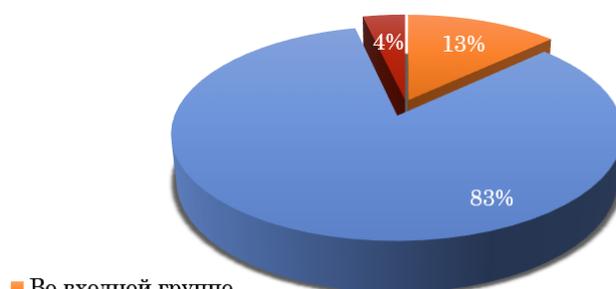
жающей природе, окружающим объектам и учитывать исторические традиции. Окружающая среда должна дополнять архитектурный объект и выгодно подчёркивать его достоинства.



- Соответствующим окружающей природе/объектам и историческим традициям
  - Значительно выделяться перед другими объектами размерами и стилистикой
  - Должен проектироваться, не учитывая окружающие объекты/ природу в принципе
- Рис. 13. Оценка важности соответствия образа многофункционального общественного центра окружающей среде



- Да
  - Нет
  - Затрудняюсь ответить
- Рис. 14. Распределение ответов на вопрос: «Должны ли детали окружающей среды подчёркивать достоинства архитектуры?»



- Во входной группе
  - В центральной части объекта
  - Главенствующий элемент не обязателен, главное целостность
- Рис. 15. Распределение ответов на вопрос: «Где должен находиться главенствующий элемент в образе объекта?»

Участие в анкетировании людей различных возрастных групп, отличающихся местом проживания, направленностью сферы профессиональных интересов, позволило отразить мнение различных слоёв населения об образе жизни людей небольших поселений, их проблемах, их мнение о создании многофункциональных общественных центров в небольших поселениях.

Свыше 75 % опрошенных считают важным создание многофункциональных центров в небольших поселениях.

Многофункциональные центры включают в себя все функции, которые недостаёт конкретному сельскому поселению. Располагаясь в шаговой доступности, они дополняют существующую социально-культурную инфраструктуру.

**Заключение.**

Анализ ответов опрошенных позволил сформировать требования к характеристикам здания: комфортные условия в шаговой доступности, целостность здания с грамотной компоновкой помещений, с эстетичным внешним видом, соответствующим окружающей среде и объектам.

Выполненный анализ показал, что свыше 38 % опрошенных хотели бы проживать в пригородной/сельской местности, а 36,5 % уже являются жителями поселений области (что вместе составляет 74,8 %). Результат отражает высокую социальную значимость создания для людей многофункциональных центров, отвечающих их потребностям и расположенных в шаговой доступности. Создание качественного общественного пространства, сочетающего множество функций, способно не только решать проблемы сельских жителей, но и стать одним из путей развития села.

Полученные результаты могут быть использованы для практического применения в ходе разработки проекта многофункционального общественного центра.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. **Голенкова, З. Т.** Социология в России / З. Т. Голенкова, В. А. Ядов. – М.: Издательство Института социологии РАН, 1998. – 696 с.
2. **Новиков, В. А.** Типология и архитектура современной загородной усадьбы / В. А. Новиков // Architecture and Modern Information Technologies. – 2012. – специальный выпуск. – 5 с.
3. **Суглобов, А.Е.** Сельская социальная инфраструктура: проблемы, тенденции развития // Дайджест Финансы. – 2006. – № 9. – С. 45-51
4. **Бондаренко, Л. В.** Сельская Россия в начале XXI века (социальный аспект) // Социологические исследования. – 2005. – № 11. – С. 69-76.
5. **Забелина, Н. В.** Региональные проблемы развития социальной инфраструктуры села // Региональная экономика: теория и практика. – № 3. – 2014. – С. 30-37
6. **Затеева Н. А., Татарова С.П.** Исследование сельского социума: этапы и направления // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 2. – С. 491-495.
7. **Муханова, М. Н.** Сельская молодёжь России: настоящее и будущее // Россия и современный мир. – 2015. – № 3. – С. 26-42.
8. **Ляхова, А. И.** Проблемы трансформации инфраструктуры села как фактор застоя социокультурного уровня развития сельского жителя // Вестник экономики, права и социологии – 2018. – № 4. – С. 245-249.
9. **Улинич, Н. А.** Многофункциональная архитектура в контексте сельских общественных пространств / Н. А. Улинич // Architecture and Modern Information Technologies. – 2018. – № 1(42). – С. 150-162.
10. **Гаевская, З. А.** Устойчивое развитие сельской местности нечерноземья и типология / З. А. Гаевская // Architecture and Modern Information Technologies. – 2011. – № 3(16). – С. 6.

*Поступила в редакцию 26 января 2021*

**ANALYSIS OF THE POPULATION NEEDS TO DEVELOP  
A MULTIFUNCTIONAL COMMUNITY CENTRE IN A RURAL SETTLEMENT**

**N. V. Kuznetsova, A. O. Polukhtina**

---

Kuznetsova Natalia Vladimirovna, Cand. of Engineering Sci., Associate Professor of Department architecture and construction of buildings, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, phone: +7(910)756-51-191; e-mail: nata-kus@mail.ru

Polukhtina Angelina Olegovna, graduate student of the Department architecture and construction of buildings, Tambov State Technical University, Tambov, the Russian Federation, phone: +7(915)677-75-05; e-mail: polukhtina.angelina@yandex.ru

This article raises the issue of how to improve the quality of life in rural areas by creating multifunctional community centers. The authors were assigned the task of studying the current needs of the population, discussing with residents their architectural preferences and the need to create a multifunctional community center. To achieve this goal a social survey was conducted among residents of Tambov city and the Tambov region. The process of collecting information included several stages: developing a questionnaire, conducting a survey and processing data. During the analysis of the data obtained, diagrams were compiled that reflect the percentage of responses. The conclusion was drawn about the significance of a multifunctional public center, and the main requirements for the characteristics of a multifunctional public center were identified.

**Keywords:** rural settlements; architecture of rural settlements; social and cultural sphere in rural areas; multifunctional centers in rural areas.

## 1. REFERENCES

1. **Golenkova Z. T. Yadov V. A.** *Sotsiologiya v Rossii*. Moscow, Publishing House of the Institute of Sociology of the Russian Academy of Sciences. 1998. 696 p. (in Russian)
2. **Novikov V. A.** *Typology and architecture of a modern country estate*. Architecture and Modern Information Technologies. 2012. Special issue. 5 p. (in Russian)
3. **Suglovov A. E.** *Rural social infrastructure: problems, development trends*. Digest Finance. 2006. No. 9. Pp. 45-51. (in Russian)
4. **Bondarenko L. V.** *Rural Russia at the beginning of the XXI century (social aspect)*. Sociological research. 2005. No. 11. Pp. 69-76 (in Russian)
5. **Zabelina N. V.** *Regional problems of rural social infrastructure development*. Regional economy: theory and practice. No. 3. 2014. Pp. 30-37. (in Russian)
6. **Zateeva N. A., Tatarova S. P.** *Research of rural society: stages and directions*. Scientific and methodological electronic journal Concept. 2016. Vol. 2. Pp. 491-495. (in Russian)
7. **Mukhanova M. N.** *Rural youth of Russia: present and future*. Russia and the modern world. 2015. No. 3. Pp. 26-42. (in Russian)
8. **Lyakhova A. I.** *Problems of transformation of rural infrastructure as a factor of stagnation of the socio-cultural level of rural development*. Bulletin of Economics, Law and Sociology. 2018. No. 4. Pp. 245-249. (in Russian)
9. **Ulinich N. A.** *Multifunctional architecture in the context of rural public spaces*. Architecture and Modern Information Technologies. 2018. No. 1(42). Pp. 150-162. (in Russian)
10. **Gaevskaya Z. A.** *Sustainable development of rural areas of the non-Chernozem region and typology*. Architecture and Modern Information Technologies. 2011. No. 3(16). Pp. 6. (in Russian)

*Received 26 January 2021*

### ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

**Кузнецова, Н. В.** Анализ потребностей населения для разработки многофункционального общественного центра в сельском поселении / Н. В. Кузнецова, А. О. Полухтина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1(16). – С. 57-68.

### FOR CITATION:

**Kuznetsova N. V., Polukhtina A. O.** *Analysis of the population needs to develop a multifunctional community centre in a rural settlement*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 57-68. (in Russian)

---

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

---

УДК 004.422.8 : 504.054

### АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКИХ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

**О. В. Курипта, К. В. Гармонов, Ю. А. Воробьева**

---

Курипта Оксана Валериевна, канд. техн. наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-59-18; e-mail: kuripta-oksana@mail.ru

Гармонов Кирилл Валерьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-28-92; e-mail: garmonkir@mail.ru

Воробьева Юлия Александровна канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-49; e-mail: cccp38@yandex.ru

---

В статье проведен сравнительный анализ и выделены особенности отечественных и зарубежных программных продуктов в области расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от различных объектов, в том числе от автозаправочных станций. Поставлена задача разработки программного модуля, позволяющего оценивать влияние заправочных станций на окружающую среду и выбирать мероприятия по повышению класса их экологической безопасности. Рассмотрены основные факторы, учитывающие распространение вредных веществ от автозаправочных станций: характер и направление их распространения в приземном слое атмосферы, динамика выбросов от источника, метеорологические параметры, технические характеристики заправочного оборудования и другие. Дается описание многокритериального анализа экологической безопасности АЗС, позволяющего комплексно оценивать влияние всех факторов и устанавливать степень негативного воздействия не только действующих, но и вновь проектируемых заправочных станций на городскую среду. Приведено описание разработанного программного инструментария для контроля и мониторинга воздействия городских АЗС на окружающую городскую застройку. Выстроена диаграмма прецедентов, отображающая функциональную структуру программного инструментария на основе унифицированного языка моделирования UML. Описываются функциональные возможности для пользователя при работе с программным инструментарием.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность; автозаправочные станции; программный инструментарий; автоматизированный расчет.

Интенсивный рост количества автозаправочных станций (АЗС) в городах становится объектом повышенной экологической опасности, так как является источником постоянного выброса вредных веществ в окружающую среду. Исследования показали, что расположение АЗС в черте города носит хаотичный характер, зачастую без учета нормативных требований, регулирующих размер санитарного разрыва от жилых домов, и факторов, способствующих распространению вредных веществ [1...3]. Все это приводит к ухудшению экологической ситуации в городской застройке.

Аналитический обзор существующих методов и приемов определения воздействия вредных веществ от источников загрязнения атмосферы, расположенных на территории АЗС, показал, что известные методики расчета не в полной мере отражают реальную ситуацию и посвящены решению отдельных вопросов распространения вредных веществ

транспортной инфраструктуры города [4...9].

Наибольший интерес представляет методика [5], позволяющая оценить степень влияния АЗС на прилегающие здания и жизнедеятельность людей с учетом различных факторов. Важно отметить, что одним из результатов данной методики является систематизированный перечень возможных мер, позволяющих повысить класс экологической безопасности АЗС и снизить их негативное влияние на городскую среду. Однако этот метод очень трудоемок и требует большого количества разнородных оценок, их анализа, обработки результатов, соотнесения полученных результатов с классом экологической безопасности, а также формирования перечня мероприятий по повышению класса безопасности АЗС. Использование автоматизации для оценки экологической безопасности АЗС позволяет существенно упростить применение рассматриваемого подхода.

Автоматизация расчета позволяет облегчить работу эксперта, а именно оценку экологической безопасности АЗС. Также автоматизация позволяет формировать отчеты по результатам проведенных исследований и, при необходимости, в автоматическом режиме формировать перечень мероприятий по повышению экологической безопасности рассматриваемой территории.

В результате анализа существующих программных продуктов в области расчета и определения выбросов вредных веществ в атмосферу от различных объектов (табл. 1), в том числе от АЗС, были выделены следующие их особенности:

- ✓ наличие перегруженного интерфейса или, наоборот, недостаточность информации для объективной оценки состояния окружающей среды;
- ✓ зачастую в основе расчетов используется американская система индекса качества воздуха AQI, а не рекомендованные Министерством природы РФ методики (за исключением дорогостоящих профессиональных программ);
- ✓ при использовании мобильных приложений отсутствует возможность проводить сравнительный анализ с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК), установленными постановлениями Главного государственного санитарного врача Российской Федерации;
- ✓ настольные приложения имеют высокую стоимость и проводят расчеты на основе нормативных документов, в связи с чем нет полной картины экологичности АЗС;
- ✓ не учитывается оценка воздействия АЗС на экологическое состояние окружающей среды;
- ✓ отсутствует возможность формирования рекомендаций мероприятий по повышению экологичности АЗС.

В результате была поставлена задача разработать программное средство, позволяющее не только быстро оценить влияние АЗС на прилегающую территорию, но и предложить меры по повышению класса заправочных станций, что поможет снизить степень негативного воздействия на окружающую среду действующих или вновь проектируемых АЗС.

Для количественной оценки экологической безопасности АЗС предлагается разделить все выявленные факторы, влияющие на состояние городской среды от источников выбросов на АЗС, на шесть категорий:

- ✓ природные и климатические факторы;
- ✓ градостроительные факторы;
- ✓ архитектурно-планировочные факторы территории АЗС;
- ✓ технологические факторы, применяемые на АЗС;
- ✓ технические факторы, учитывающие техническое состояние и срок службы оборудования АЗС;
- ✓ качественные факторы, учитывающие фоновую концентрацию вредных веществ в городской среде [10].

Таблица 1

## Сравнительный анализ программных продуктов по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от различных объектов

Критерии сравнения	Наличие рассматриваемого критерия у программного продукта						
	УПРЗА «ЭКОцентр – Стандарт»	АЗС-Эколог 2.2	УПРЗА «Эколог»	ПК «Русь» «Охрана окружающей среды» Модуль «АЗС»	AirVisual	Эковизор,	AirMatters
Тип приложения: ✓ Web-приложение; ✓ мобильное приложение; ✓ десктопное приложение	- - +	- - +	- - +	+ - +	- + -	- + -	- + -
Зависимость от Интернета	-	-	-	-	+	+	+
Интуитивно понятный интерфейс	-	-	-	-	-	+	+
Сохранение расчетов	+	+	+	+	-	-	-
Лицензия	+	+	+	+	-	-	-
Функциональные возможности:							
Расчет выбросов от АЗС	+	+	+	+	-	-	-
Расчет среднесуточных выбросов	+	+	+	+	-	-	-
Расчет среднегодовых выбросов	+	+	+	-	-	-	-
Построение зоны влияния на загрязнение атмосферы совокупности источников выброса	+	-	-	-			
Учет направления ветра	+	+	+	-	-	-	-
Возможность привязки устройства газоочистки к источнику выделения	-	+	+	-	-	-	-
Разбиение валового выброса на составляющие	+	+	+	+	-	-	-
Автоматическое построение нормативных санитарно-защитных зон	+	-	+	-	-	-	-
Совместимость с другими программами	+(только УПРЗА)	-	+(только УПРЗА)	+(одной серии)	-	-	-
Соответствие текущим нормам и правилам	+	+	+	+	-	-	-
Индекс качества воздуха AQI	-	-	-	-	+	+	+
Ведение статистики	+	+	+	+	+	+	+

Результатом многокритериального анализа факторов является показатель оценки экологической безопасности, позволяющий комплексно оценить влияние всех факторов и косвенно охарактеризовать степень негативного воздействия на городскую среду не только действующих, но и вновь проектируемых АЗС, предварительно оценив возможный вред от их эксплуатации в будущем:

$$\Psi = \frac{K}{T} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $K$  – сумма баллов по всем критериям факторов;  $T$  – максимально возможное количество баллов по всем критериям и равное 182 балла.

$$K = \sum_1^6 N_{p1_i} + \sum_1^4 N_{p2_i} + \sum_1^4 N_{p3_i} + \sum_1^4 N_{p4_i} + \sum_1^5 N_{p5_i} + \sum_1^4 N_{p6_i}, \quad (2)$$

где  $N_{p1}$ ,  $N_{p2}$ ,  $N_{p3}$ ,  $N_{p4}$ ,  $N_{p5}$ ,  $N_{p6}$  – набор показателей по каждому критерию.

Для обоснования принятия решения в соответствии с полученным значением показателя экологической безопасности АЗС предлагается рейтинговая система определения класса экологической безопасности АЗС (табл. 2). Показатель экологической безопасности АЗС  $\Psi$  служит критерием принятия решения.

Таблица 2

Рейтинговая система оценки класса экологической безопасности АЗС [5]

Показатель экологической безопасности АЗС, $\Psi$	Класс экологической безопасности АЗС	Характеристика класса
91...100 %	A+ (высоко экологичный)	воздействие источников выбросов на АЗС не наносит ущерба для окружающей среды и жизнедеятельности человека
71...90 %	A (экологичный)	воздействие источников выбросов на АЗС соответствует минимуму ущерба для окружающей среды и обеспечивает комфортность среды жизнедеятельности
51...70 %	B (средней экологичности)	воздействие источников выбросов на АЗС обеспечивает приемлемый ущерб для окружающей среды, для устранения которого требуется применение минимального количества мероприятий
21...50 %	C (опасный)	воздействие источников выбросов на АЗС обеспечивает значительное влияние на окружающую среду и дискомфорт среды жизнедеятельности, на устранение которых потребуются применение значительного количества мероприятий
0...20 %	D (высокоопасный)	воздействие источников выбросов на АЗС обеспечивает максимальный ущерб для окружающей среды и обуславливает ее деградацию

В ходе проектирования программного инструментария на основе унифицированного языка моделирования UML построена диаграмма прецедентов, отображающая его функциональную структуру (рис. 1). Главным субъектом является пользователь – эксперт, который производит оценку экологического состояния городской АЗС.

Сценарий использования «Открытие сессии» состоит из двух возможных действий пользователя: заполнение анкеты для проведения первичной экологической оценки городской АЗС или загрузки файла с уже проведенной первичной экологической оценкой для дальнейшего определения мероприятий по повышению класса экологической безопасности городской АЗС.

Сценарий использования «Взаимодействие с факторами» применяется как для проведения первичной экологической оценки, так и в случае изменения значений необходимых критериев в ходе загруженного файла с уже имеющейся экологической оценкой АЗС.

Сценарий использования «Взаимодействие с мероприятиями» применяется пользователем в том случае, если необходимо повысить класс экологической безопасности АЗС.

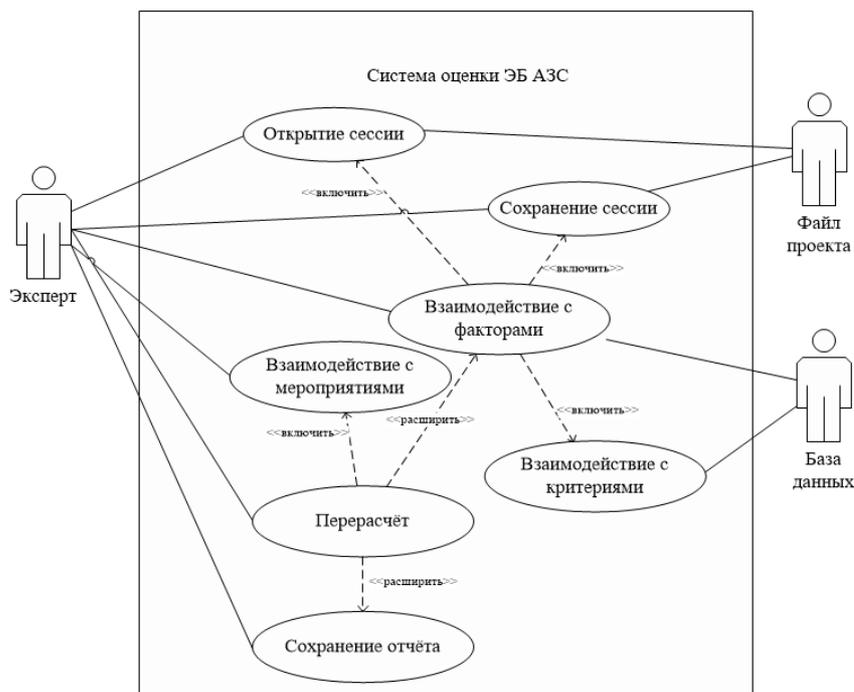


Рис. 1. Диаграмма прецедентов системы оценки ЭБ АЗС

Сценарий использования «Сохранение сессии» применяется после проведения экологической оценки городской АЗС и расчета класса экологической безопасности или после работы по повышению класса экологической безопасности АЗС.

На основе проведенного объектно-ориентированного проектирования программного приложения были выделены функциональные блоки, которые будут реализованы в виде программных модулей.

Структурная схема программного инструментария представляет собой, взаимодействие его компонентов (рис. 2) на основе трёхуровневой архитектуры построения приложений и включает в себя следующие части:

✓ *уровень абстракции (модуль загрузки данных)*. Выполняется загрузка информации из базы данных, файла и сохранение данных.

✓ *уровень бизнес-логики (модуль расчета и модуль перерасчета показателя ЭБ АЗС)*. Выполняется преобразование данных: расчет показателей ЭБ АЗС. Данные поступают или отправляются на следующий уровень – уровень презентации.

✓ *уровень презентации (формирование отчета)*. Данные отображаются конечному пользователю. Он может их видеть и производить манипуляции (но в таком случае данные будут проходить уровень бизнес-логики). Уровень производит рендеринг графических (в основном) элементов, и простые операции бизнес-логики: валидация данных и т.п.

База данных в данном программном приложении реализуется в виде набора документно-ориентированных бинарных файлов, данные в которых сериализованы/десериализованы, имеют расширение \*.dbgs и содержат:

- ✓ таблицу факторов и соответствующий набор критериев по каждому фактору;
- ✓ таблицу или изображения, характеризующие экологические характеристики городских АЗС;
- ✓ таблицу рейтинга критериев оценки, влияющих на распространение вредных веществ от АЗС;
- ✓ таблицу перечня мероприятий по повышению класса экологической безопасности городских АЗС.



Рис. 2. Структурная схема программного приложения оценки ЭБ АЗС

В качестве архитектурного паттерна для реализации уровня презентации применен архитектурный паттерн MVVM. То есть, если пользователю нужно внести изменения в программный продукт, не нужно перестраивать или проектировать новую архитектуру, нужно только добавить к нему новый компонент и привязать его к уровню бизнес-логики [11].

Разработанный программный продукт представляет собой десктопное приложение, поставляемое инсталляционным пакетом [12].

Реализация программного продукта была произведена на объектно-ориентированном языке программирования C# с использованием IDE VisualStudio и применением технологии WPF и .NETCore. Для создания установщика программного продукта применялась программа InnoSetup с применением языков ScriptPascal и C++. Для реализации базы данных были разработаны нереляционные документо-ориентированные бинарные файлы. Для формирования и просмотра сгенерированного отчёта по проделанным действиям применен текстовый редактор MicrosoftWord.

В программном приложении предусмотрено два варианта работы с главным меню: первый – это проведение первичной экологической оценки АЗС, второй – загрузка файла с уже проведенной экологической оценкой АЗС.

Для проведения первичной оценки необходимо заполнить входные данные об исследуемой городской АЗС: название топливной компании, ее номер, адрес расположения. Дата проведения оценки появляется автоматически. После этого необходимо выбрать экологический фактор, в результате чего справа загрузятся соответствующие ему критерии оценки, влияющие на распространение вредных веществ от АЗС и содержащие варианты соответствия, каждому из которых присвоено определенное количество баллов. На рис. 3 в качестве примера представлено интерфейсное окно – форма выбора и заполнения данных критериев оценки природно-климатических факторов.

Аналогично пользователь проводит экологическую оценку городской АЗС по всем шести факторам. После чего нажимает на кнопку «Рассчитать», в результате появляется диалоговое окно с результатом расчета показателя экологической безопасности АЗС и соответствующем ему классом экологической безопасности, а также перечнем мероприятий необходимых для повышения показателя экологической безопасности АЗС.

Фактор ПК – Природно-климатический			
Обозначение критерия	Название критерия		
Nпк <sub>1</sub>	Скорость господствующего ветра (количественный стимулятор)	<input type="radio"/> – ниже 2 м/с	0
		<input checked="" type="radio"/> – 2,1-5 м/с	3
		<input type="radio"/> – 5,1-7 м/с	5
		<input type="radio"/> – свыше 7 м/с	7
Nпк <sub>2</sub>	Направление господствующего ветра (качественный стимулятор)	<input type="radio"/> – господствующий ветер направлен от АЗС к жилой застройке	0
		<input type="radio"/> – господствующий ветер направлен от АЗС к жилой застройке под углом 45°	3
		<input checked="" type="radio"/> – господствующий ветер направлен от АЗС к жилой застройке под углом 90°	7
		<input type="radio"/> – господствующий ветер направлен в противоположную сторону от жилой застройки	7
Nпк <sub>3</sub>	Частота наличия туманов (количественный стимулятор)	<input type="radio"/> – 0-10 дней в год	0
		<input type="radio"/> – 11-30 дней в год	1
		<input checked="" type="radio"/> – 31-60 дней в год	2
		<input type="radio"/> – свыше 60 дней в год	3
Nпк <sub>4</sub>	Количество осадков (количественный стимулятор)	<input type="radio"/> – 0-200 мм в год	0
		<input type="radio"/> – 201-500 мм в год	1
		<input checked="" type="radio"/> – 501-1000 мм в год	2
		<input type="radio"/> – свыше 1000 мм в год	3
Nпк <sub>5</sub>	Частота шторма и температурной инверсии (количественный стимулятор)	<input type="radio"/> – менее 30 дней в год	0
		<input type="radio"/> – 31-40 дней в год	1
		<input checked="" type="radio"/> – 41-60 дней в год	2
		<input type="radio"/> – свыше 60 дней в год	3
Nпк <sub>6</sub>	Рельеф местности (качественный стимулятор)	<input type="radio"/> – жилая застройка располагается ниже АЗС	0
		<input type="radio"/> – АЗС и жилая застройка размещается в низине	0
		<input type="radio"/> – АЗС располагается ниже жилой застройки	3
		<input checked="" type="radio"/> – АЗС и жилая застройка располагается на равнине	4
		<input type="radio"/> – АЗС располагается с подветренной стороны возвышенности высотой до 5 м	4
		<input type="radio"/> – АЗС располагается с подветренной стороны возвышенности высотой от 5 м	5
		<input type="radio"/> – между АЗС и жилой застройкой располагается возвышенность высотой до 5 м	6
		<input type="radio"/> – между АЗС и жилой застройкой располагается возвышенность высотой от 5 м	7

Рис. 3. Интерфейсное окно «Форма заполнения природно-климатических факторов»

В случае необходимости повышения класса экологической безопасности данной АЗС у пользователя есть возможность выбрать необходимые меры и нажать на кнопку «Пересчитать» и получить новый результат.

После проведения необходимых расчетов пользователь имеет возможность сохранения данных в виде: генерации отчета в файл формата Word с результатами всех проведенных расчетов, генерации файла с расширением \*.gs содержащий результаты первичной оценки экологического состояния городской АЗС, который можно загрузить впоследствии для дальнейшей работы (все показатели критериев оценки по факторам, а также данные по АЗС загрузятся автоматически).

Программный инструментарий предусматривает проверку правильности введенных данных и заполнение полей анкеты АЗС при первичной оценке и отображение сообщений, если пользователь, выходя из программного приложения, забыл сохранить результаты первичной экологической оценки по критериям в формате \*.gs и если не сформировал отчет по проведенным расчетам в формате Word.

### Заключение.

В результате проведенных исследований сделан вывод, что существующие программные разработки в области расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от различных объектов, в том числе от АЗС, не позволяют в полной мере учесть все факторы, воздействующие на распространение загрязнений, либо имеют функциональные недоработки.

Авторами предложен программный инструментарий, основанный на многокритериальном анализе экологической безопасности АЗС, позволяющий комплексно оценивать влияние множества факторов и устанавливать степень негативного воздействия не только действующих, но и вновь проектируемых заправок станций на городскую среду.

Использование трехуровневой архитектуры позволило разработать функциональную среду приложения, которая способствует оптимизации конечного программного продукта.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бакаева, Н. В.** Численное моделирование распространения газоздушных потоков на территории автозаправочных станций и анализ их влияния на застройку местности / Н. В. Бакаева, О. В. Пилипенко, К. В. Гармонов // Строительство и реконструкция. – 2018. – № 5(79). – С. 79-87.
2. **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.
3. **Бакаева, Н. В.** Экспериментальное моделирование распространения вредных веществ, выделяющихся от автозаправочных станций / Н. В. Бакаева, К. В. Гармонов, М. Н. Жерлыкина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 3(6). – С. 71-78.
4. **Щукина, Т. В.** Климатологическое формирование рассеивания в атмосфере выбросов вредных веществ от производственных предприятий / Т. В. Щукина, М. Н. Жерлыкина, К. В. Гармонов // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2018. – № 1. – С. 73-80.
5. **Гармонов, К. В.** Методика оценки экологической безопасности городских автозаправочных станций дис... канд. тех. наук: 05.23.19 / Кирилл Валерьевич Гармонов; Курск, 2019. – 193 с.
6. **Ахтямов, Р. Г.** Оценка и пути уменьшения экологической опасности объектов автотранспортной инфраструктуры урбанизированной территории: дис.... канд. тех. наук: 03.00.16 / Расул Гумерович Ахтямов; Казань, 2009. – 195 с.
7. **Донцова, Т. В.** Балансовый метод оценки загрязнения воздушной среды крупных городов на принципах биосферной совместимости: дис.... канд. тех. наук: 05.23.19 / Татьяна Васильевна Донцова; Волгоград, 2016. – 161 с.
8. **Сапожкова, Н. В.** Разработка метода комплексной оценки воздействия автотранспорта на экологическую безопасность городской среды для обоснования мониторинга и защитных мероприятий: дис.... канд. тех. наук: 05.23.19 / Наталья Васильевна Сапожкова; Волгоград, 2012. – 183 с.
9. **Аброськин, А. А.** Динамическая система экологического мониторинга атмосферного воздуха для обеспечения экологической безопасности строительных объектов: дис...канд. тех. наук: 05.23.19 / Алексей Андреевич Аброськин; Волгоград, 2018. – 142 с.
10. **Бакаева, Н. В.** Практические рекомендации по повышению экологической безопасности автозаправочных станций в черте городской застройки / Н. В. Бакаева, О. В. Пилипенко, К. В. Гармонов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2018. – № 4(24). – С. 84-94.
11. **Курипта, О. В.** Программный модуль расчета физического износа зданий на основе экспериментальной оценки их повреждений / О. В. Курипта, Ю. А. Воробьева, О. В. Минакова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 12. – С. 17-25.
12. **Трубников, И. В., Курипта, О. В., Гармонов, К. В.** Программный инструментальный оценки экологической безопасности городских АЗС. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 202616753, 22.06.2020. заявл. № 202615546 от 03.06.2020.

*Поступила в редакцию 14 января 2021*

## AUTOMATION OF CALCULATIONS FOR ENVIRONMENTAL SAFETY OF URBAN GAS STATIONS

**O. V. Kuripta, K. V. Garmonov, Yu. A. Vorobyeva**

---

Kuripta Oksana Valerievna, Cand. Tech. Sciences, Associate Professor, Department of management systems and information technologies in construction, Voronezh State Technical University, phone: +7(473)271-59-18; e-mail: kuripta-okcana@mail.ru

Garmonov Kirill Valerievich, Cand. Tech. Sciences, Associate Professor, Department of hydraulics, water supply and wastewater disposal, Voronezh State Technical University, phone: +7(473)271-28-92; e-mail: garmonkir@mail.ru

Vorobyeva Yulia Aleksandrovna, Cand. Tech. Sciences, Associate Professor, Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University, phone: +7(473)271-52-49; e-mail: cccp38@yandex.ru

---

The article provides a comparative analysis and highlights the features of both domestic and foreign existing software products in the field of calculating emissions of pollutants into the atmosphere from various facilities, including gas stations. The task is to develop a proprietary software module that allows assessing impact of gas stations on the environment and choosing measures to improve the class of gas stations. The main factors that take into account the spread of harmful substances from gas stations are considered: the nature and direction of their distribution in the surface layer of the atmosphere, the dynamics of emissions from the source, meteorological parameters, technical characteristics of filling equipment, etc. The description of the multicriteria analysis of gas stations environmental safety allows us to comprehensively assess the impact of all factors and establish the degree of negative impact of not only existing, but also newly designed gas stations on the urban environment. The description of the developed software tools for control and monitoring of the impact of city gas stations on the surrounding urban development is given. A use case diagram has been built that displays the functional structure of software tools based on the unified modeling language UML. The functionality for the user when working with software tools is described.

**Keywords:** environmental safety; gas stations; software tools; automated calculation.

### REFERENCES

1. **Bakaeva N. V., Pilipenko O. V., Garmonov K. V.** *Numerical modeling of the distribution of gas-air flows in the territory of gas stations and analysis of their influence on the development of the area.* Construction and reconstruction. 2018. No. 5(79). Pp. 79-87. (in Russian)
2. **Yaremenko S. A., Skrypnik A. I., Garmonov K. V.** *Methods for predicting environmental damage to water facilities in cities during air protection.* Housing and communal infrastructure. 2018. No. 2(5). Pp. 69-76. (in Russian)
3. **Bakaeva N. V., Garmonov K. V., Zherlykina M. N.** *Experimental modeling of the spread of harmful substances emitted from gas stations.* Housing and communal infrastructure. 2018. No. 3(6). Pp. 71-78. (in Russian)
4. **Shchukina T. V., Zherlykina M. N., Garmonov K. V.** *Climatological formation of dispersion in the atmosphere of emissions of harmful substances from industrial enterprises.* High technologies in the construction complex. 2018. No. 1. Pp. 73-80. (in Russian)
5. **Garmonov K. V.** *Methodology for assessing the environmental safety of city gas stations.* Kursk. 2019. 193 p. (in Russian)
6. **Akhtyamov R. G.** *Assessment and ways of reducing the environmental hazard of objects of motor transport infrastructure in an urbanized area.* Kazan. 2009. 195 p. (in Russian)
7. **Dontsova T. V.** *Balance method for assessing air pollution in large cities on the principles of biosphere compatibility.* Volgograd. 2016. 161 p. (in Russian)
8. **Sapozhkova N. V.** *Development of a method for a comprehensive assessment of the impact of vehicles on the environmental safety of the urban environment to justify monitoring and protective measures.* Volgograd. 2012. 183 p. (in Russian)

9. **Abroskin A. A.** *Dynamic system of environmental monitoring of atmospheric air to ensure the environmental safety of construction sites.* Volgograd. 2018. 142 p. (in Russian)
10. **Bakaeva N. V., Pilipenko O. V., Garmonov K. V.** *Practical recommendations for improving the environmental safety of gas stations within urban development.* Biosphere compatibility: man, region, technology. 2018. No. 4(24). Pp. 84-94. (in Russian)
11. **Kuripta O. V., Vorobieva Yu. A., Minakova O. V.** *Software module for calculating the physical deterioration of buildings on the basis of an experimental assessment of their damage.* Bulletin of the Belgorod State Technological University after V. G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 17-25. (in Russian)
12. **Trubnikov I. V., Kuripta O. V., Garmonov K. V.** Software tools for assessing the environmental safety of city gas stations. Certificate of registration of the computer program RU 202616753, 22.06.2020. Appl. No. 202615546 dated 03.06.2020(in Russian)

*Received 14 January 2021*

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

**Курипта, О. В.** Автоматизация расчетов экологической безопасности городских автозаправочных станций / О. В. Курипта, К. В. Гармонов, Ю. А. Воробьева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1(16). – С. 69-78.

**FOR CITATION:**

**Kuripta O. V., Garmonov K. V., Vorobyeva Yu. A.** *Automation of calculations for environmental safety of urban gas stations.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 69-78. (in Russian)

УДК 504.75 : 621.87

## К ВОПРОСУ УМЕНЬШЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ЗА СЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МАШИНАМИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ПОМЕХ В РАДИОКАНАЛЕ

А. Д. Кононов, В. К. Маршаков, А. А. Кононов

Кононов Александр Давыдович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)271-52-70; e-mail: sovet\_femit@mail.ru

Маршаков Владимир Кириллович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры радиофизики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(473)252-40-50; e-mail: mvk@phys.vsu.ru

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

С целью снижения вредных выбросов в атмосферу за счет автоматического и дистанционного управления технологическими машинами дорожно-строительного комплекса рассмотрены возможности повышения эффективности передачи и приема информационных сигналов и команд управления. С учетом причин и источников возникновения помех различной природы, способных воздействовать на полезные информационные сигналы в радиоканале и на основе анализа различных методологий, предложены схемы дешифраторов с частотной и кодовой селекцией сигналов для повышения эффективности функционирования системы в режиме дистанционного управления комплексом технологических дорожно-строительных машин.

**Ключевые слова:** технологические машины; дорожно-строительный комплекс; экономия расхода топлива; уменьшение загрязнения атмосферы; канал радиуправления; передача сигналов.

Автоматизация управления технологическими машинами дорожно-строительного комплекса является весьма актуальной проблемой, так как позволяет значительно повысить эффективность их использования при одновременном улучшении условий труда оператора [1].

При этом если улучшение условий труда оператора позволяет обеспечить комфортное выполнение трудовых функций одного человека на рабочем участке, то повышение эффективности использования машин приводит не только к увеличению производительности, но и к значительной экономии расхода топлива, что является очень важным с экологической точки зрения. Это становится особенно актуально при использовании группы строительных машин с повышенной массой и мощностью двигателя [2, 3] и, соответственно, большим потреблением топлива в процессе выполнения технологических операций.

Кроме экономии топлива «напрямую», следует учитывать, что повышение производительности обеспечивает сокращение времени выполнения необходимых работ, следовательно, косвенно приводит к еще меньшему загрязнению атмосферы выхлопными газами.

Все эти положительные моменты могут быть достигнуты в максимальном варианте при обеспечении высокой точности управления машинами без существенных ошибок в передаче и приеме информационных сигналов и команд.

В реальных системах управление и дистанционная связь осуществляется при воздействии внешних помех, поступающих на вход приемного устройства из радиоканала, и внутренних шумов самого приемника, что приводит к искажениям информационных сигналов.

Даже при весьма высоком отношении мощностей сигнала и помехи абсолютная дос-

товерность приема команд управления не может быть гарантирована. Можно говорить лишь о определенной вероятности достоверности принятого сигнала.

Помехоустойчивость системы дистанционного управления движущимися объектами было бы хорошо оценивать по степени обеспечения функциональных задач автоматизированной системы управления рабочими агрегатами в целом при заданных уровнях и характере сигнала и помехи. Но тогда анализ проблемы помехоустойчивости становится очень сложным, что вынуждает ограничивать область рассмотрения этой проблемы самой системой передачи информации или даже ее отдельными частями. При оценке помехоустойчивости таких информационных систем область рассмотрения обычно ограничивают самим каналом радиопередачи, а анализ производят с точки зрения обеспечения требуемой по условиям безопасности достоверности передачи сообщения по каналу связи при конкретных характеристиках и уровнях помех и сигналов. Такая оценка для любых систем не может быть однозначной, так как попутные степень и характер соответствия зависят от предназначения информационной системы. Поэтому, возможны различные критерии оценки схожести принимаемых управляющих сигналов с переданными значениями и соответствующие критерии оптимальности устройств приема.

Возможные помехи, которые могут появляться в каналах, предназначенных для радиопередачи технологическими машинами дорожно-строительного комплекса, по электрической и статистической структуре могут быть флуктуационными, сосредоточенными и импульсными [4...6]. В результате анализа основных видов помех в канале радиопередачи дорожно-строительной техникой оказывается, что помехи импульсного типа являются наиболее распространенным типом помех, влияющих на устройство приема информации по неосновным и основному каналам. Для подавления импульсных помех во многих устройствах можно использовать ту особенность, что спектр полезного сигнала уже спектра импульсной помехи. Потенциальные возможности таких устройств бесконтактного радиопередачи [7...10] могут быть оценены по характеристикам подавления  $Q_1$  и снижения помехоустойчивости  $Q_2$  из-за расширения спектра неимпульсных помех при подавлении импульсных

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

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

где  $\tau_n$ ,  $\tau_c$  – соответственно длительность помехи и принимаемого сигнала;  $U_{\text{вхн}}$ ,  $U_{\text{вхс}}$  – снимаемое с выхода приемного устройства напряжение помехи и сигнала;  $\beta_{\text{ш}}(f)$  – максимальное значение эффекта на выходе приемного устройства при подачу на его вход единичной гармонической составляющей;  $S(f)$  – спектр импульсной помехи;  $y_y(f)$  и  $y_{\text{ш}}(f)$  – частотные характеристики узкополосного и широкополосного трактов соответственно.

Если спектральная плотность суммы неимпульсных помех в области частот приема с частотными характеристиками узкополосного и широкополосного трактов (соответственно  $\Delta F$  и  $\Delta f$ ) постоянна, то выражение (2) примет вид:

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

В качестве одного из эффективных способов защиты от импульсных помех может быть также предложен метод селекции по длительности, смысл которого заключается в обнаружении и подавлении помех с помощью селектора по длительности (является по своей

эффективности близким к методу запираания приемного устройства для случаев, когда импульсы команды длиннее импульсов помехи).

Таким образом, получить частичное или полное подавление помех возможно, используя различные методы борьбы с импульсными помехами. Следует отметить, что в самом благоприятном случае (при полном подавлении помехи) на вход дешифратора приемника системы дистанционного управления поступает сигнал, практически от переданного не отличающийся. Тогда можно рассчитывать на очень малую вероятность ошибочного приема на выходе дешифратора. При только частичном подавлении помехи вероятность ошибочного приема имеет какое-то конечное значение. Из вышесказанного следует, что важной является не только задача создания самого радиоприемного устройства с помехоустойчивостью, близкой к потенциальной, но и задача создания помехоустойчивой схемы дешифратора. В реальных практических процессах управления полезные сигналы при приеме подвергаются различным искажениям, которые могут в зависимости от метода декодирования и вида модуляции вызвать меньшую или большую ошибку. С этой точки зрения системы дистанционного управления технологическими машинами дорожно-строительного комплекса с использованием для передачи команд кодовой и частотной селекции сигналов являются наиболее перспективными.

На рис. 1 приведена структурная схема дешифратора для канала с кодово-импульсной модуляцией. Функционирование устройства в целом заключается в следующем. Снимаемое с выхода приемного устройства напряжение  $U_{ex}$ , которое определяется совокупностью двоичных кодов, поступает на формирователь адреса команды (ФАК), преобразователь последовательного кода в параллельный (ПК) и формирователь импульса синхронизации (ФИС). После преобразователя ПК, сигнал поступает на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), в котором вырабатывается сигнал, пропорциональный  $2^0, 2^1, 2^2, \dots$ . Распределение полученного сигнала управления в соответствии с сигналом адреса команды происходит в аналоговом коммутаторе (АК). Далее (после АК) сигнал должен подаваться на схемы управления исполнительными механизмами технологических машин. Вся работа радиоканала синхронизируется генератором синхронизирующих импульсов (ГСИ).

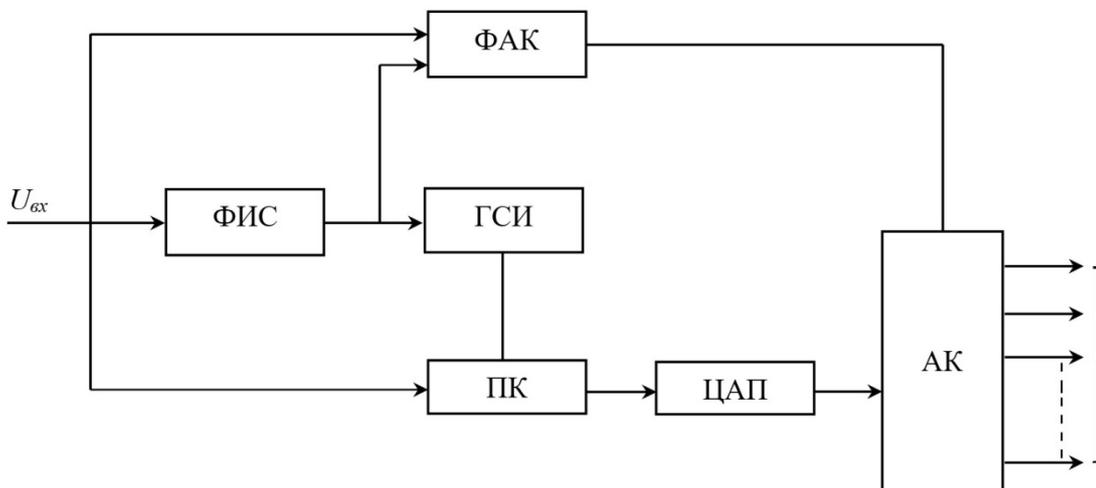


Рис. 1. Структурная схема дешифратора системы подавления помех с кодово-импульсной модуляцией канала радиуправления технологическими машинами дорожно-строительного комплекса

На рис. 2 показан вариант функциональной схемы построения дешифратора с использованием частотной селекции сигнала. Снимаемое с выхода радиоприемника напряжение  $U_{ex}$  (представляет собой для каждого момента времени сумму низкочастотных колебаний), поступает на разделительные фильтры  $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ , с которых напряжения подаются в со-

ответствующие детекторы, выделяющие из них постоянные составляющие. В итоге полученный сигнал преобразуется и передается к выходным устройствам, предназначенным для связи с исполнительными механизмами технологических машин. Следует отметить, что в системе предусмотрено наличие построенной по принципу присутствия одновременно передаваемых частот схемы защиты, которая получает параллельно сигналы с детекторов и при необходимости (случай нарушения нормального функционирования системы дистанционного управления) вырабатывает сигнал остановки дорожно-строительных машин.

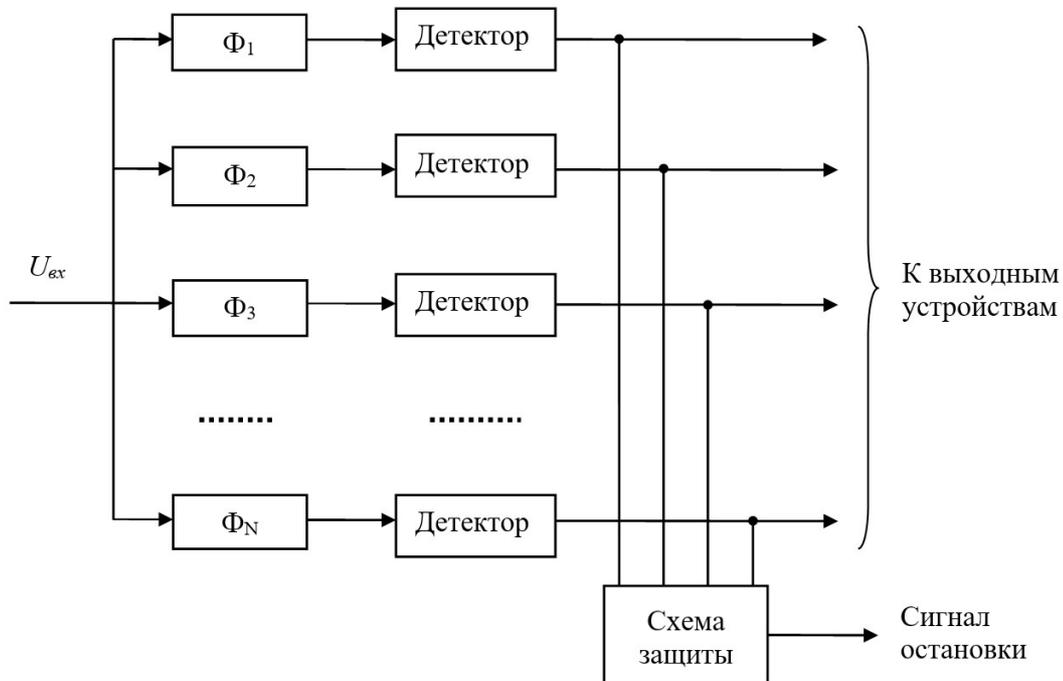


Рис. 2. Функциональная схема дешифратора с частотной селекцией сигнала в системе радиоуправления технологическими машинами дорожно-строительного комплекса

В принципе, при прохождении сигнала по каналу радиоуправления могут возникать и ложные команды, то есть те, которые не передавались. В общем случае вероятность образования ложной команды может быть определена опытным путем при моделировании работы системы или предварительных натурных испытаниях по формуле:

$$P_{\Delta}(t) = M(t), \quad (4)$$

где  $M(t)$  – среднее число ложных команд в единицу времени.

В другом случае возможен пропуск команды из-за подавления части команд. Вероятность подавления находится через отношение числа подавленных команд  $n_n$  к числу правильно переданных команд  $n_l$

$$P_n = \frac{n_n}{n_l}. \quad (5)$$

Резюмируя последние две формулы, можно сказать, что если в какой-то момент времени не поступают команды управления, то на вход приемного устройства будут действовать только помехи. В этой ситуации помехоустойчивость серьезно зависит от порогового значения, то есть при превышении помехой порогового напряжения на выходе может появиться ложный сигнал. Естественно, что на вход дешифратора будет попадать меньше ложных команд, если сделать больше пороговое напряжение. Но, при очень высоких значениях «порога» может возникнуть эффект потери полезных команд из-за слабости сигнала

(например, из-за больших расстояний на рабочем участке). В реальных процессах дистанционного управления строительными и дорожными машинами более опасно появление ложной команды, чем пропуск полезной, которую можно при необходимости повторить. Поэтому, в качестве рекомендаций следует указать целесообразность выбирать величину порогового напряжения выше оптимального значения, то есть больше той величины, когда вероятность подавления  $P_n$  равна вероятности образования ложной команды  $P_{\Delta}$ . Таким способом защищают дешифратор от образования команды, которая не вырабатывалась, а возникла сама из-за помех.

В качестве итога отметим, что у представленных вариантов повышения помехозащищенности радиоканала есть свои положительные стороны.

В системах с кодово-импульсной модуляцией, обладающих достаточно высокой помехозащищенностью при работе с высоким уровнем «шума», используются различные помехоустойчивые коды. При этом функционирование таких систем не критично к вариациям параметров количества помех вокруг.

Системы с частотной селекцией сигнала могут использовать защиту по постоянному количеству параллельно передаваемых частот. Это дает возможность экономного использования «полосы» пропускания канала управления группой машин и даже объединения каналов с целью расширения широкополосности передаваемого сигнала.

### **Заключение.**

Полученные результаты могут быть полезны решению проблемы уменьшения загрязнения атмосферы и более рационального использования топлива за счет увеличения эффективности функционирования технологических машин дорожно-строительного комплекса, что обеспечивается повышением точности автоматического и дистанционного управления с применением устройств защиты от помех.

Особенно значимый положительный экологический эффект будет получен при дистанционном управлении группой современных строительных и дорожных машин с повышенной массой и мощностью двигателя, для которых в ручном режиме управления не представляется возможным заметно влиять на повышение производительности, уменьшение времени выполнения работ, экономию удельного расхода топлива и, следовательно, уменьшение вредных выбросов в атмосферу.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. **Кононов, А. А.** Развитие научных основ повышения эффективности управления рабочими процессами землеройно-транспортных машин: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.05.04 / А. А. Кононов; Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. – Воронеж, 2007. – 36 с.
2. **Устинов, Ю. Ф.** Система автоматического управления основным отвалом автогрейдера / Ю. Ф. Устинов, А. Д. Кононов, А. А. Кононов, В. И. Гильмутдинов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2012. – № 10(646). – С. 40-45.
3. **Тепляков, И. М.** Результаты математического моделирования работы автогрейдера ДЗ-199 при копании грунта основным отвалом / И. М. Тепляков, В. И. Гильмутдинов, А. А. Кононов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1999. – № 8. – С. 94.
4. **Гильмутдинов, В. И.** Система эффективного интерфейса исходных данных с вычислительным устройством / В. И. Гильмутдинов, А. А. Кононов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах – 2018. – № 3(13). – С. 6-10.
5. **Гильмутдинов, В. И.** К вопросу использования пространственно-временных характеристик сигнала в системах передачи информации через магнитоактивную среду /

В. И. Гильмутдинов, А. А. Кононов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах – 2019. – № 1(15). – С. 7-11.

6. **Гильмутдинов, В. И.** Определение энтропии принимаемого двумерного сигнала с  $m$ -распределением огибающих ортогонально-поляризованных компонент / В. И. Гильмутдинов, А. А. Кононов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах – 2019. – № 3-4(17-18). – С. 36-40.

7. **Ульянов, Н. А.** Система для группового вождения самоходных сельскохозяйственных машин / Н. А. Ульянов, В. Т. Чикунов, Ю. В. Авдеев, Ю. Т. Бреев, В. И. Гильмутдинов, В. Н. Костюков, Г. В. Подуруев, И. М. Тепляков // Авторское свидетельство SU 743612 A1, 30.06.1980. Заявка № 2605047 от 10.04.1978.

8. **Авдеев, Ю. В.** Разработка алгоритма определения координат в задаче дистанционного управления движением машинно-тракторных агрегатов / Ю. В. Авдеев, А. Д. Кононов, А. А. Кононов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник. – Минск, 2012. – С. 24-31.

9. **Устинов, Ю. Ф.** Повышение эффективности процесса разработки грунта косопо-ставленным отвалом землеройно-транспортной / Ю. Ф. Устинов, А. Д. Кононов, А. А. Кононов, С. А. Иванов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2008. – № 1(589). – С. 69-72.

10. **Кононов, А. Д.** Исследование характера ослабления информационного сигнала в канале радиуправления технологическими машинами дорожно-строительного комплекса / А. Д. Кононов, А. А. Кононов, В. И. Гильмутдинов, С. А. Иванов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2020. – № 1(12). – С. 77-88.

*Поступила в редакцию 25 января 2021*

## **ON REDUCING ATMOSPHERIC POLLUTION THROUGH INCREASING EFFICIENCY OF CONTROLLING TECHNOLOGICAL TRANSPORT IN THE ROAD-BUILDING COMPLEX IN THE PRESENCE OF RADIO CHANNEL INTERFERENCE**

**A. D. Kononov, V. K. Marshakov, A. A. Kononov**

---

Kononov Aleksander Davidovich, Cand. of Phys.-math. Sciences, Associate Professor of the Department of management systems and information techniques in construction, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-52-70; e-mail: sovet\_femit@mail.ru

Marshakov Vladimir Kirillovich, Cand. of Phys.-math. Sciences, Associate Professor of the Department of Radio-physics, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)252-40-50; e-mail: mvk@phys.vsu.ru

Kononov Andrey Aleksandrovich, Dr. of Sn., Professor of the Department of management systems and information techniques in building, Voronezh state technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7(473)271-52-70; e-mail: kniga126@mail.ru

---

In order to reduce harmful emissions into the atmosphere due to automatic and remote control of technological transport of the road-building complex, the possibilities of improving efficiency of transmitting and receiving information signals and control commands are considered. Taking into account the causes and sources of interference of different nature, capable of affecting useful information signals in the radio channel, and based on the analysis of different methodologies, schemes of decoders with frequency and code signals selection are proposed for improving efficiency of the system operating in the mode of remote control of a complex of road-building transport.

**Keywords:** technological transport; road-building complex; fuel economy; reduction of atmospheric pollution; radio control channel; signal transmission.

## REFERENCES

1. **Kononov A. A.** *Development of scientific bases for improving the efficiency of management of working processes of earthmoving and transport machines.* Voronezh. Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. 2007. 36 p. (in Russian)
2. **Ustinov Yu. V., Kononov A. D., Kononov A. A., Gilmutdinov V. I.** *A system of automatic control of the main blade of an autograder.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2012. No. 10(646). Pp. 40-45. (in Russian)
3. **Teplyakov I. M., Gilmutdinov V. I., Kononov A. A.** *Outcomes of mathematical simulation of operation of an autograder DZ-199 at digging the ground with the main blade.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 1999. No. 8. Pp. 94. (in Russian)
4. **Gilmutdinov V. I., Kononov A. A.** *System of the effective interfacing of input data with a computing device.* Information techniques in building, social and economical systems. 2018. No. 3(13). Pp. 6-10. (in Russian)
5. **Gilmutdinov V. I., Kononov A. A.** *To the problem of using time-space performances of a signal in the systems of the information transmitting through a magnetoactive medium.* Information techniques in building, social and economical systems. 2019. No. 1 (15). Pp. 7 – 11. (in Russian)
6. **Gilmutdinov V. I., Kononov A. A.** *Determination of the entropy of the received two-dimensional signal with the  $m$  - distribution of the envelopes of orthogonally polarized components.* Information techniques in building, social and economical systems. 2019. No. 3-4(15). Pp. 36-40. (in Russian)
7. **Ulyanov N. A., Chikunov V. T., Avdeev Yu. V., Breev Yu. T., Gilmutdinov V. I., Kostyukov V. N., Poduruev G. V., Teplyakov I. M.** *System for group driving of self-propelled agricultural machines.* Author's certificate SU 743612 A1, 30.06.1980. Appl. No. 2605047. 10.04.1978.
8. **Avdeev Yv. V., Kononov A. D., Kononov A. A.** *Development of an algorithm of determining coordinates in the problem of remotely controlling the motion of machine-tractor aggregates.* Mechanization and electrification of an agriculture. The interdepartmental subject collection. Minsk. 2012. Pp. 24-31. (in Russian)
9. **Ustinov Yu. F., Kononov A. D., Kononov A. A., Ivanov S. A.** *Improving the efficiency of the process of developing the soil with an oblique dump of earthmoving and transport equipment.* News of Higher Educational Institutions. Construction. 2008. No. 1(589). Pp. 69-72. (in Russian)
10. **Kononov A. D., Kononov A. A., Gilmutdinov V. I., Ivanov S. A.** *Investigation of the nature of information signal attenuation in the radio control channel of technological machines of the road-building complex.* Housing and utilities infrastructure. 2020.No. 1(12). Pp. 77-88. (in Russian)

Received 25 January 2021

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

**Кононов, А. Д.** К вопросу уменьшения загрязнения атмосферы за счет повышения эффективности управления технологическими машинами дорожно-строительного комплекса в условиях наличия помех в радиоканале / А. Д. Кононов, В. К. Маршаков, А. А. Кононов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1(16). – С. 79-85.

**FOR CITATION:**

**Kononov A. D., Marshakov V. K., Kononov A. A.** *On reducing atmospheric pollution through increasing efficiency of controlling technological transport in the road-building complex in the presence of radio channel interference.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 79-85. (in Russian)

УДК 534.21:628.517.2

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТ ДОЗ ШУМА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕР ШУМОЗАЩИТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ С НЕПОСТОЯННЫМИ РАБОЧИМИ МЕСТАМИ

И. Л. Шубин, В. И. Леденев, А. И. Антонов, Н. П. Меркушева

Шубин Игорь Любимович, д-р техн. наук, директор, ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН», Москва, Российская Федерация, тел.: +7(495)482-40-76; e-mail: niisf@niisf.ru

Леденев Владимир Иванович, д-р техн. наук, профессор кафедры городского строительства и автомобильных дорог, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация, тел.: +7(4752)63-09-20; e-mail: gsiad@mail.tambov.ru

Антонов Александр Иванович, д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой архитектуры и строительства зданий, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация, тел.: +7(910)759-15-57; e-mail: aiant58@yandex.ru

Меркушева Наталия Павловна, инженер, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Российская Федерация, тел. +7(953)721-78-22; e-mail: natasha\_monastireva@mail.ru

В настоящее время широкое распространение имеют предприятия с автоматизированными технологическими линиями. Для обслуживания и наблюдения за технологическими процессами работники (операторы) непрерывно перемещаются по помещению в соответствии с графиками обслуживания. Такие перемещения рабочих носят название непостоянных рабочих мест. Важной задачей в этом случае являются оценка шумовых воздействий на работников и разработка мероприятий по ограничению этих воздействий. В статье рассмотрена методика разработки организационно-технологических мероприятий по шумозащите в производственных помещениях с непостоянными рабочими местами. В предложенной методике используются карты доз шума. Показано, что такие карты более удобны для получения достоверной информации о воздействии шума на организм рабочего в течение смены. При их использовании одновременно учитывается пространственное положение работающего и временные воздействия на него шума разной величины. Разработана компьютерная программа для построения карт доз шума. Показаны возможности компьютерного моделирования при проектировании технологических процессов с непостоянными рабочими местами с учетом обеспечения нормативных требований по фактору шумности. Дан пример решения практической задачи.

**Ключевые слова:** производственные здания; непостоянные рабочие места; шумовой режим; расчет шума; доза шума; защита от шума.

В последнее время широкое распространение на промышленных предприятиях получают автоматизированные производства, на которых небольшое количество работающих производят обслуживание и оперативный контроль за работой больших групп машин [1]. Находясь на таких непостоянных рабочих местах, рабочие во время смены подвергаются непостоянному по уровню шумовому воздействию.

В нормативной литературе по защите от шума отсутствует понятие непостоянного рабочего места. Поэтому нет официально принятой методики оценки их шумового режима. Опыт оценки шума постоянных рабочих мест при непостоянном шумовом режиме помещений с использованием эквивалентных уровней шума, определяемых в октавных полосах частот, и эквивалентного уровня в децибелах А (дБА) показывает, что такую оценку можно применить и для непостоянных рабочих мест.

В этом случае эквивалентные уровни звукового давления в октавных полосах частот могут определяться по формуле:

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \sum_{L=1}^n t_i \cdot 10^{0.1L_i} \right), \quad (1)$$

где  $t_i$  – время, в течение которого рабочий находится на  $i$ -ом месте с постоянным уровнем  $L_i$ ;  $T$  – общее время воздействия шума на рабочего;  $N$  – количество мест, на которых находится рабочий за время  $T$ .

Имея сведения об эквивалентных уровнях звукового давления в октавных полосах частот можно определить и эквивалентные уровни шума в дБА.

Оценка шума непостоянных рабочих мест необходима для решения технических задач при разработке мер по обеспечению соответствия шумового режима нормативным требованиям и для гигиенических исследований непостоянных шумовых воздействий на организм человека. Для этого требуется производить акустические расчеты шума на местах пребывания рабочего от каждого отдельного источника шума и при их суммарном действии в момент определения шума.

Как видно из формулы (1), для определения  $L_{\text{экв}}$  необходимо иметь методы расчета прямой и отраженной звуковой энергии, формирующейся в помещениях на месте нахождения рабочих.

Для расчета прямого звука в настоящее время разработаны расчетные методы и компьютерные программы для их реализации [2, 3, 4], учитывающие размеры и форму источника шума. Они могут также использоваться и при оценке прямого звука на непостоянных рабочих местах в помещениях с автоматизированными производствами.

Распределение отраженной звуковой энергии зависит от большого количества различных факторов. Среди них особое значение имеет характер отражения звука от ограждений [1]. В результате многочисленных исследований установлено, что в производственных помещениях отражение звука от ограждений имеет зеркально-диффузный характер.

При зеркально-диффузном отражении звука в помещении образуется отраженное звуковое поле, энергия в котором определяется двумя составляющими: зеркальной и диффузной. Расчет зеркальной энергии может производиться методами геометрической акустики, а рассеянной энергии статистическими методами. В настоящее время разработан комбинированный метод расчета, в котором распределение прямого звука и зеркальной составляющей отраженного звука производится методом прослеживания лучей, а диффузно рассеянная составляющая отраженного звука определяется численным статистическим энергетическим методом. Подробно методика расчета шума в помещениях комбинированным методом рассмотрена в статьях [5, 6].

Следует отметить, что при определении диффузно рассеянной энергии используется оригинальная расчетная модель, в основе которой лежит представление о связи плотности потока диффузно отраженной энергии и градиента ее плотности в квазидиффузном звуковом поле [7]. Аналогичные принципы используются также и в зарубежной практике [8...13].

Для снижения шума на непостоянных рабочих местах наиболее эффективными являются мероприятия, разрабатываемые на стадии технологического проектирования [14]. При этом должны использоваться шумовые карты помещений [15]. Карты дают возможность обоснованно прогнозировать условия шумового режима, в которых будут находиться рабочие в течение смены, и определять зоны шума с уровнями, превышающими норму.

Для расчета уровней шума и построения шумовых карт в помещениях с целью последующего определения шумового режима непостоянных рабочих мест разработана компьютерная программа [16].

На рис. 1, в качестве примера показан фрагмент программы с картой уровней шума в дБА. В помещении размерами  $30 \times 12 \times 4,8$  м действуют два источника шума, которые в ближней к ним части помещения создают уровни шума, превышающие допустимую величину  $L_{\text{доп}} = 75$  дБА. На карте видно, что необходимы мероприятия по снижению шума на значительной части помещения. Эффективным мероприятием в этом случае является корректировка шумовых воздействий на работников за счет изменения их времени пребывания

в шумных и тихих зонах помещения. В данной статье рассматривается методика корректировки шумового режима на непостоянных рабочих местах за счет изменения технологического процесса: изменения времени пребывания работников в разных зонах помещения, переноса мест контроля процесса производства, ограничения времени пребывания в акустически опасных зонах и т.д. Методика основана на использовании карт воздействия шума на рабочего, находящегося на непостоянных рабочих местах.

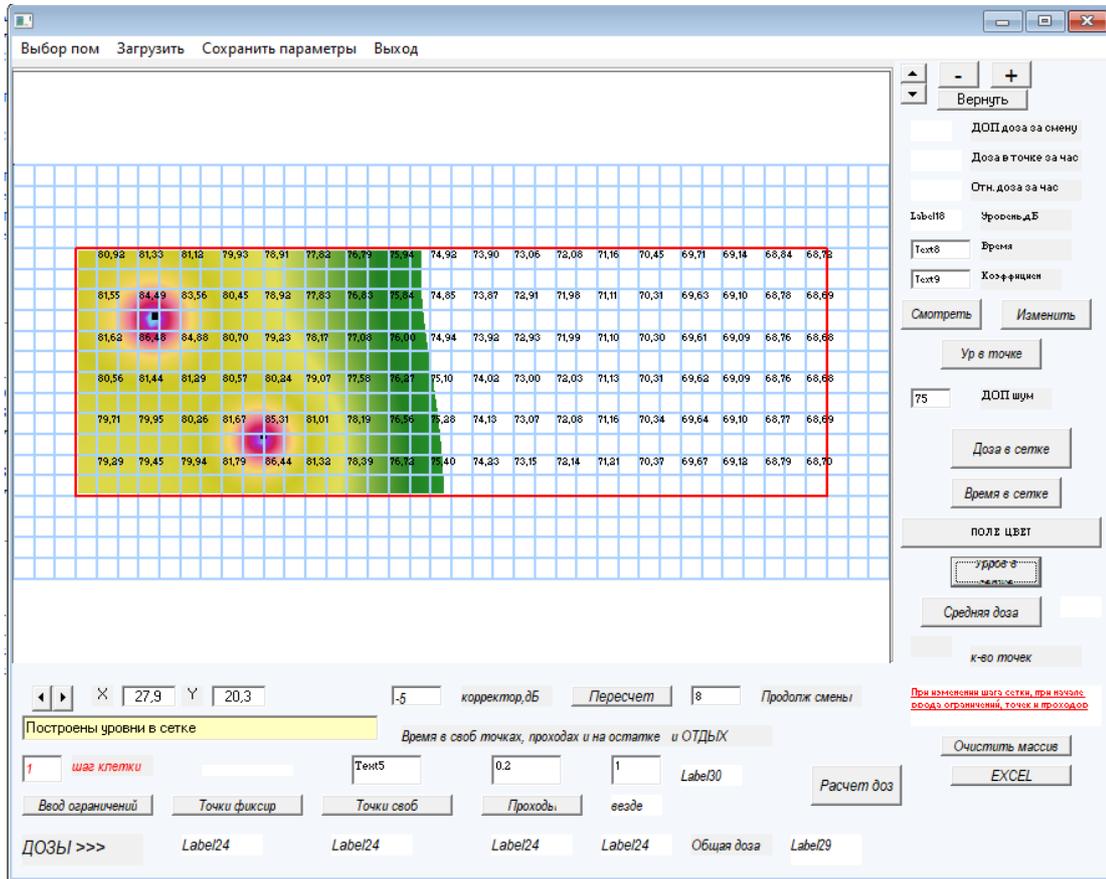


Рис. 1. Компьютерная форма с результатами оценки акустической ситуации в производственном помещении

Использование эквивалентных уровней звукового давления для оценки шумового воздействия на непостоянные рабочие места не всегда удобно. Требуется постоянный пересчет из уровней в звуковую энергию и затем обратно. По этой причине при проектировании акустического режима на непостоянных рабочих местах авторами предлагается использовать дозы шума.

Под дозой шума принимается акустическое воздействие на человека за время действия непостоянного шума, определяемое согласно [17]:

$$D = \int_0^T p_A^2 dt = \int_0^T p_0^2 10^{0.1L} dt, \quad (2)$$

где  $p_A$  – мгновенное значение звукового давления по коррекции «А» шумомера, Па;  $p_0$  – пороговое значение звукового давления, Па;  $t$  – время измерений, ч;  $T$  – общее время усреднения, ч;  $L$  – переменный во времени уровень звука, дБА.

Оценку уровня зашумленности удобно производить с использованием безразмерной величины относительной дозы

$$D_{ш} = D/D_{доп}, \quad (3)$$

где  $D_{\text{доп}}$  – допустимое значение дозы шума, соответствующее предельно допустимому уровню шума  $L_{\text{доп}}$ .

Для оценки степени зашумления пространства производственного помещения вместо шумовых карт в эквивалентных уровнях звукового давления предлагается использовать карты в почасовых относительных дозах шума:

$$D' = D / D_{\text{доп}} T_{\text{см}}, \quad (4)$$

где  $T_{\text{см}} = 8$  ч – продолжительность смены.

Величина  $D'$  показывает, какую часть допустимой дозы  $D_{\text{доп}}$  получает работник, находясь на рабочем месте в течение часа. На рис. 2 дана такая карта для ситуации, приведенной на рис. 1. Если на шумовой карте (рис. 1) границей между закрашенной и не закрашенной частью помещения является допустимый уровень шума, то при использовании карты  $D'$  границей служит допустимая относительная часовая доза  $D'_{\text{доп}} = 1/8 = 0,125$ .

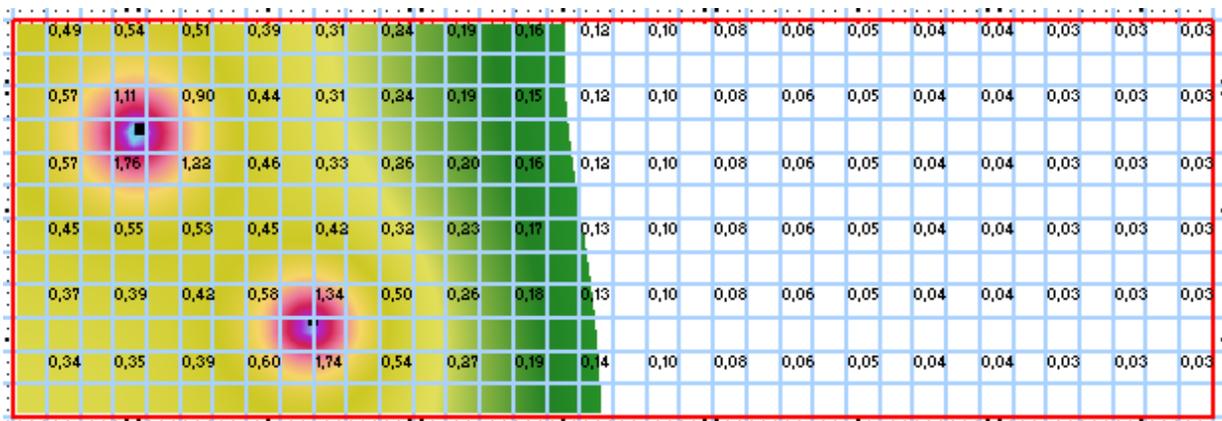


Рис. 2. Карта относительных часовых доз

Если работник равновероятно находится на всех частях помещения, с помощью карт доз можно рассчитать среднюю относительную часовую дозу  $\overline{D'}$  и затем эквивалентный уровень воздействия шума по формуле

$$L_{\text{экв}} = L_{\text{доп}} + 10 \lg(\overline{D'} \cdot T), \quad (5)$$

В данном случае  $\overline{D'} = 0,258$ , а  $L_{\text{экв}} = 75 + 10 \lg(0,258 \cdot 8) = 78,1$  дБА.

В реальных помещениях значительную часть производственного пространства занимают зоны, недоступные для посещения, например, участки складирования материалов. Эти зоны необходимо исключить из анализа и тем самым ограничить область расположения непостоянных рабочих мест.

В качестве примера на рис. 3 приведена карта помещения, на которой серым цветом отмечены части помещения, в которых не могут находиться непостоянные рабочие места и вообще не могут находиться работники. К ним относятся источники шума и ближайшее пространство рядом с ними, например, размерами  $3 \times 3$  м.

Эти зоны исключаются из оценки шума непостоянных рабочих мест. Тогда на оставшейся площади помещения, равной  $S = 331 \text{ м}^2$ , средняя относительная часовая доза составит  $\overline{D'} = 0,187$ , что соответствует относительной дозе  $D_{\text{ш}} = 0,187 \cdot 8 = 1,5$  и эквивалентному уровню  $L_{\text{экв}} = 76,7$  дБА.

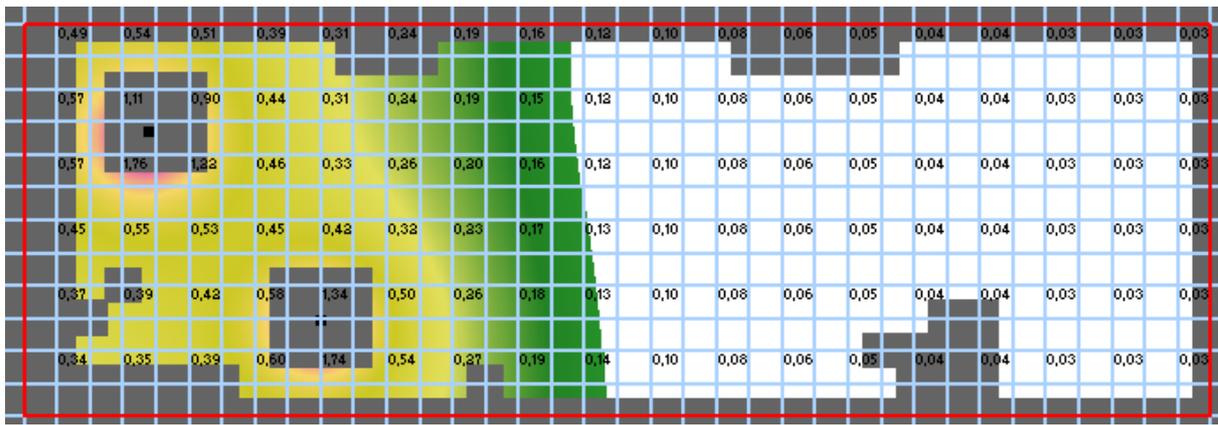


Рис. 3. Шумовая карта с зонами, где не могут находиться работники (отмечены серым цветом)

Для уменьшения шумового воздействия до уровня, соответствующего нормам, решено принять разные ограничительные меры. В данном случае предлагается использовать, например, три варианта ограничений.

*Вариант 1.* Для обеспечения нормативных требований можно ограничить время пребывания работников в цехе. Время, за которое работник наберет относительную дозу  $D_{ш} = 1$ , согласно (4) составит  $T = 1/\bar{D}' = 1/0,187 = 5,35$  ч. В этом случае в течение времени  $T_{отд} = 8 - 5,35 = 2,65$  ч работник должен находиться в тихом помещении с  $D = 0$ .

*Вариант 2.* С помощью карт допустимых часовых доз можно запроектировать зоны ограничения доступа работающих, чтобы при их свободном перемещении по остальному пространству общая относительная доза шума за смену была в районе единицы  $D_{ш} = 1$ , а эквивалентный уровень соответствовал допустимой величине. Обозначим через  $S_{ог}$  и  $\bar{D}'_{ог}$  площадь зоны ограничения доступа и среднюю часовую относительную дозу на ней. Уравнение, связывающее существующую ситуацию и планируемые мероприятия по ограничению доступа работающих на часть помещения, имеет вид:

$$S_{ог} (\bar{D}'_{ог} - \bar{D}'_{доп}) \geq S (\bar{D}'_{ог} - \bar{D}'_{доп}), \quad (6)$$

где  $\bar{D}'_{доп} = 0,125$  - допустимая средняя относительная часовая доза.

Величины  $S_{ог}$  и  $\bar{D}'_{ог}$  являются неизвестными, они связаны между собой еще одним уравнением:

$$\bar{D}'_{ог} = \frac{\sum D'_i S_i}{S_{ог}} \text{ при } \sum S_i = S_{ог}, \quad (7)$$

где  $S_i$ ,  $D'_i$  - площадь и относительная часовая доза на  $i$ -ом участке помещения с ограничением доступа работников.

Уравнения (6) и (7) не имеют однозначного решения. Очевидно, что зона ограничения доступа должна находиться в части помещения, где уровни шума превышают допустимую величину (закрашенная зона карты на рис. 3). Определение зоны ограничения можно найти подбором. В качестве помощника в поиске решения может быть полезной связь между искомыми величинами  $S_{ог}$  и  $\bar{D}'_{ог}$

$$\bar{D}'_{ог} \geq \frac{S (\bar{D}' - \bar{D}'_{доп})}{S_{ог}} + \bar{D}'_{доп}. \quad (8)$$

Для рассматриваемого примера неравенство (8) имеет вид

$$\bar{D}'_{ог} \geq \frac{331(0,187 - 0,125)}{S_{ог}} + 0,125. \quad (9)$$

График границы неравенства приведен на рис. 4.

Алгоритм определения зоны ограничения доступа рекомендуется производить в следующей последовательности. Начиная с зоны с максимальными уровнями или дозами выбираются места ограничения доступа  $S_{ог}$  одновременным подсчетом средней относительной часовой дозы  $\bar{D}'_{ог}$  по уравнению (7). Подбор будет закончен, когда средняя величина часовой относительной дозы совпадет с графиком рис. 4 или будет выше его. Для рассматриваемого примера эта зона отображена на рис. 5 серым цветом. В данном случае дополнительная зона ограничения доступа составляет площадь  $S_{ог} = 49 \text{ м}^2$ , а  $\bar{D}'_{ог} = 0,57$ .

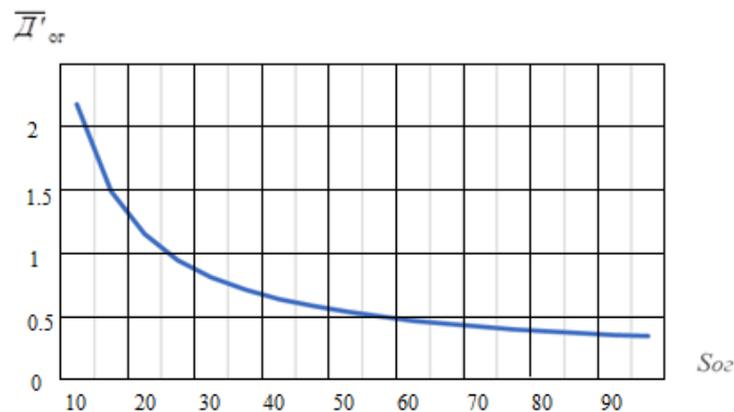


Рис. 4. График границы неравенства (9)

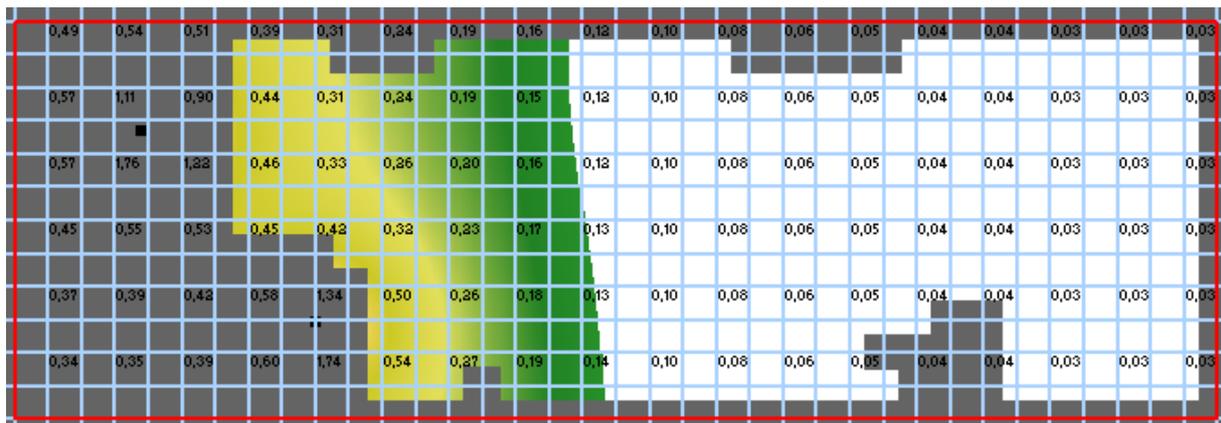


Рис. 5. Шумовая карта с дополнительной зоной ограничения доступа

*Вариант 3.* Вариант, когда имеется значительное ограничение пребывания работников в помещении, не всегда возможен, например, по технологическим требованиям. В этом случае рекомендуется совместить оба рассмотренных подхода. Зона ограничения доступа будет включать зону с одной стороны от оборудования (источника шума). На рис. 6 представлен альтернативный вариант ограничения доступа работающих. Зона ограничения доступа включает дополнительно зону с  $S_{ог} = 16 \text{ м}^2$  пространства между шумным оборудованием и ближайшими стенами. При этом средняя относительная часовая доза свободного пространства будет составлять  $\bar{D}' = 0,163$ . В данном случае время ограничения пребывания в рабочем пространстве будет меньше по сравнению с вариантом 1 и составит  $T_{отд} = 8 - 1/0,65 = 1,9 \text{ ч}$ .

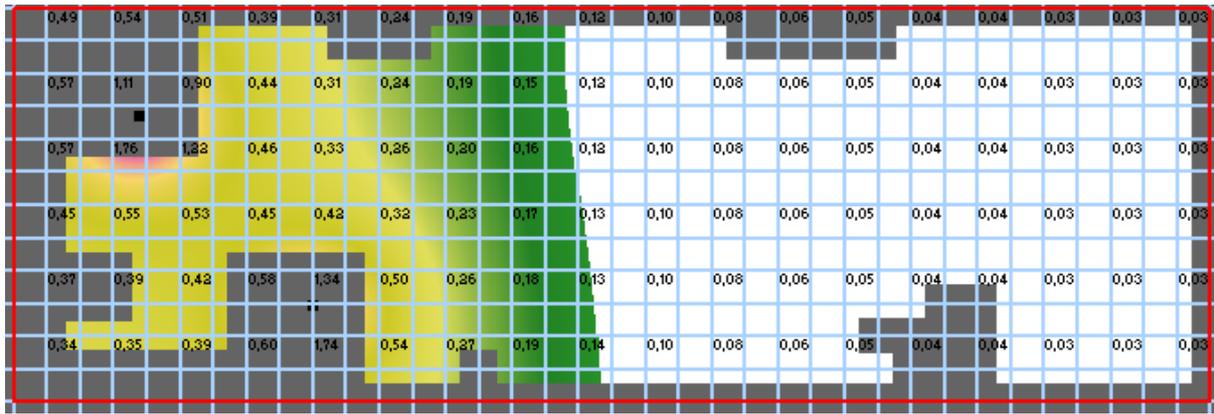


Рис. 6. Шумовая карта с оптимальной зоной ограничения доступа

При предыдущих расчетах было принято, что работники перемещаются по всему рабочему пространству помещения и с одинаковой вероятностью находятся на всех участках помещения за исключением зон ограничения доступа. В действительности у работников имеются рабочие зоны, на которых они должны находиться большую часть рабочего времени.

На рис. 7 синим цветом отмечены такие 4 рабочих места. Координаты их представлены в таблице. Как и в предыдущих вариантах работник будет перемещаться по всему помещению ( $S_{\text{пом}} = 311 \text{ м}^2$ ) со средней относительной часовой дозой  $\overline{D}'_{\text{пом}} = 0,163$  в течение определенного времени, например  $T_{\text{пом}} = 1 \text{ ч}$ . Остальное время  $T_{\text{м}} = T_{\text{см}} - T_{\text{пом}}$  он будет находиться на фиксированных рабочих местах.

Первое и второе место находятся в зоне действия значительных шумов от технологического оборудования. При нахождении в каждом из этих мест работник набирает за час больше половины суточной дозы шума (см. таблицу). Остальные места находятся в относительно тихой части помещения с низкими относительными часовыми дозами шума 0,056 и 0,043. Время пребывания на этих рабочих местах также должно быть различным. В расчеты вводятся весовые относительные коэффициенты пребывания работника на рабочих местах  $k_i$ . Например, в первых двух местах коэффициенты  $k_i = 0,3$ , а в остальных  $k_i = 2$  (см. таблицу). Таким образом, в тихой части помещения работник будет находиться почти в 7 раз дольше.

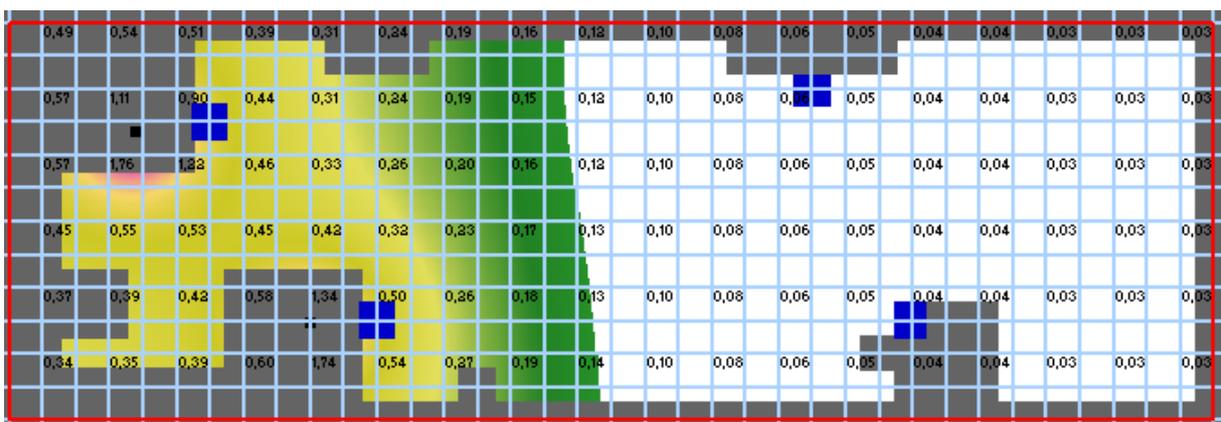


Рис. 7. Шумовая карта с указанием фиксированных рабочих мест

Параметры фиксированных рабочих мест

Наименование параметра	Значение параметра			
	1	2	3	4
номер места				
координата $X$	6,0	11,0	24,0	27,0
координата $Y$	9,0	3,0	10,0	3,0
коэффициент $K_i$	0,3	0,3	2	2
время пребывания, ч	0,436	0,436	2,903	2,903
доза относительная часовая	0,674	0,586	0,056	0,043
относительная доза	0,293	0,255	0,164	0,125

Алгоритм расчета времени пребывания работника на рабочих местах в этом случае заключается в следующем.

Уравнение ограничения дозы шума имеет вид:

$$1 - \overline{D}'_{\text{пом}} \geq \sum D'_i T_i, \quad (10)$$

где  $T_i$ ,  $D'_i$  – время и относительная часовая доза для  $i$ -го рабочего места.

Из следующего уравнения:

$$T_{\text{см}} - T_{\text{пом}} \geq \sum k_i T_i \quad (11)$$

предварительно рассчитывается время нахождения работника в каждом рабочем месте

$$T_i = \frac{(T_{\text{см}} - T_{\text{пом}})}{\sum k_i} k_i. \quad (12)$$

Полученные значения времени  $T_i$  подставляются в (10) и проверяется неравенство. Если оно выполняется, то общая относительная доза работника за смену меньше единицы, а эквивалентный уровень меньше допустимого значения.

Если правая часть неравенства превышает левую, то шумовое воздействие на работника превышает допустимую величину. Для достижения нормативных требований можно понизить время пребывания работника на рабочих местах  $T_i = T_i/m$  пропорционально коэффициенту:

$$m = \frac{\sum D'_i T_i}{1 - \overline{D}'_{\text{пом}} T_{\text{пом}}}. \quad (13)$$

В этом случае работнику должно предоставляться время отдыха или работы в тихом помещении:

$$T_{\text{отд}} = T_{\text{см}} - T_{\text{пом}} - \sum T_i. \quad (14)$$

Для примера на рис. 7 и в таблице приведены следующие результаты. Время пребывания рабочих местах № 1 и № 2 составляет 0,44 ч, а на местах № 3 и № 4 по 2,90 ч. Находясь в течение времени  $T_{\text{м}} = 6,68$  ч на этих местах работник получает относительную дозу равную  $0,293 + 0,255 + 0,164 + 0,125 = 0,83$ .

Кроме этого, ещё за 1 час перемещения по помещению работник получает 0,165 относительной дозы. Итого за время  $T_{\text{пом}} + T_{\text{м}} = 1 + 6,68 = 7,68$  ч общая доза воздействия шума будет равна нормативной величине  $1 = 0,837 + 0,163$ . Необходимое время отдыха по выражению (14) составит  $8 - 7,68 = 0,32$  ч.

### Заключение.

Изложена методика разработки организационно-технологических мероприятий по шумозащите в производственных помещениях с непостоянными рабочими местами. Вместо традиционных карт уровней шума в предложенной методике используются карты доз шума.

Показано, что такие карты более удобны для оценки воздействия шума на организм рабочего в течение смены. При их использовании учитывается пространственное положение работающего и продолжительность воздействия на него шума разной величины.

Показаны возможности компьютерного моделирования при проектировании технологических процессов с непостоянными рабочими местами с учетом обеспечения нормативных требований по фактору шумности. Дан пример решения практической задачи. Рассмотренная в статье методика может эффективно использоваться на стадии технологического проектирования объекта, а также совместно с другими мерами снижения шума на непостоянных рабочих местах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Шубин, И. Л.** Компьютерное проектирование средств шумозащиты в зданиях с автоматизированными процессами / И. Л. Шубин, А. И. Антонов, В. И. Леденев, Н. П. Меркушева // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2020. – № 10(1034). – С. 36-38.
2. **Антонов, А. И.** Методы расчета уровней прямого звука и опыт их использования в практике оценки шумового режима на территориях застройки и внутри зданий / А. И. Антонов, А. М. Макаров, Е. О. Соломатин // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт. Материалы 4-й Международной научно-практической конференции института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ. – Тамбов, 2017. – С. 44-47.
3. **Антонов, А. И.** Расчеты уровней прямого звука от линейных источников шума, располагающихся на промышленных предприятиях и в городской застройке / А. И. Антонов, В. И. Леденев, Е. О. Соломатин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2013. – № 31-1(50). – С. 329-335.
4. **Гусев, В. П.** Расчетные модели излучения звука точечными источниками шума промышленных предприятий / В. П. Гусев, А. И. Антонов, Е. О. Соломатин, А. М. Макаров // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 3(381). – С. 191-196.
5. **Giyasov, B. I.** Method for noise calculation under specular and diffuse reflection of sound / B. I. Giyasov, V. I. Ledenyov, I. V. Matveeva // Инженерно-строительный журнал. – 2018. – № 1(77). – С. 13-22.
6. **Tsukernikov, I.** Noise calculation method for industrial premises with bulky equipment at mirror-diffuse sound reflection / I. Tsukernikov, A. Antonov, V. Ledenev, T. Nevenchannaya // Procedia Engineering Proceedings of the 3rd International Conference on Dynamics and Vibroacoustics of Machines, DVM2016. – 2017. – Pp. 218-225.
7. **Antonov, A. I.** Coupling Coefficient of Flux Density and Density Gradient of Reflected Sound Energy in Quasi-Diffuse Sound Fields / A.I. Antonov, V.I. Ledenyev, T.O. Nevenchannaya, I.E. Tsukernikov, I.L. Shubin // Journal of Theoretical and Computational Acoustics. – 2019. – Vol. 27. – No. 2. – Pp. 1850053.
8. **Ollendorff, F.** Diffusionstheorie des Schallfeldes im Strassentunnel // Acustica. – 1976. – Vol.34. – № 2. – Pp. 311-315.
9. **Picaud, J.** A mathematical model of diffuse sound field based on a diffusion equation / J. Picaud, L. Simon, J.D. Polak // Acustica. – 1997. – Vol.83. – Pp.614-621.
10. **Valeau, V.** On the use of a diffusion equation for room-acoustic prediction / V. Valeau, J. Picaud, M. Hodgson // Journal of the Acoustical Society of America. – 2006. – Vol. 119. – Pp. 1504-1513.
11. **Visentin, C. A.** numerical investigation of the sound intensity field in rooms by using diffusion theory and particle tracing / C. Visentin, V. Valeau, N. Prodi, J. Picaud // Proceedings of the 20th International Congress on Acoustics, ICA. -Sydney. Australia. – 2010. – Pp. 23-27.
12. **Billon, A.** On the use of a diffusion model for acoustically coupled rooms / A. Billon,

J. Picaut, V. Valeau, A. Sakout // Journal of the Acoustical Society of America. – 2012. – Vol. 120.

13. **Jing, Y.** Visualizations of sound energy across coupled rooms using a diffusion equation model / Y. Jing, N. Xiang // Journal of the Acoustical Society of America. – 2012. – Vol. 124.

14. **Антонов, А. И.** Цифровизация акустических расчетов при автоматизированных проектированиях зданий / А. И. Антонов, В. И. Леденев, Н. В. Матвеева, Н. П. Меркушева // Приволжский научный журнал. – 2019. – № 4(52). – С. 31-40.

15. **Антонов, А. И.** Построение и использование шумовых карт при разработке шумозащитных мероприятий в производственных помещениях с непостоянными рабочими местами / А. И. Антонов, И. В. Матвеева, Н. П. Меркушева, М. А. Пороженко // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2018. – № 4(24). – С. 48-56.

16. Расчет эквивалентных уровней и доз шума в помещениях с перемещающимися рабочими местами при действии источников постоянного шума / А. И. Антонов, О. А. Жоголева, В. И. Леденев // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RUS № 2019611755. опубли. 04.02.2019. Заявка № 2019610531 от 22.01.2019.

17. **Денисов, Э. И.** Физические основы и методика расчета дозы шума / Гигиена труда. – 1979. – № 11. – С. 24-28.

*Поступила в редакцию 27 января 2021*

## USE OF NOISE DOSE MAPS IN DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL NOISE PROTECTION MEASURES IN INDUSTRIAL SPACES WITH NON-PERMANENT WORKPLACES

**I. L. Shubin, V. I. Ledenev, A. I. Antonov, N. P. Merkusheva**

---

Shubin Igor Lyubimovich, Dr. of Sn., Director, Research Institute of Construction Physics of RAASN, Moscow, Russian Federation, phone: +7(495)482-40-76; e-mail: niisf@niisf.ru

Ledenev Vladimir Ivanovich, Dr. of Sn., Professor of the Department of urban construction and highways, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, phone: +7(4752)63-09-20; e-mail: gsiad@mail.tambov.ru

Antonov Alexander Ivanovich, Dr. of Sn., Associate Professor, Head of the Department of Architecture and Construction of Buildings, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, phone: +7(910)759-15-57; e-mail: aiant58@yandex.ru

Merkusheva Natalia Pavlovna, engineer, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, phone: +7(953)721-78-22; e-mail: natasha\_monastireva@mail.ru

---

Currently, enterprises with automated technological lines are widespread. For maintenance and monitoring of technological processes, workers (operators) continuously move around the room in accordance with service schedules. These movements of workers are called intermittent jobs. An important task in this case is the assessment of noise impacts on workers and the development of measures to limit these impacts. The article discusses the methodology for the development of organizational and technological measures for noise protection in industrial premises with non-permanent workplaces. The proposed method uses noise dose maps. It is shown that such maps are more convenient for obtaining reliable information about the effect of noise on the worker's body during a shift. When using them, the spatial position of the worker and the temporary effects of noise of different magnitude on him are simultaneously taken into account. A computer program has been developed for constructing noise dose maps. The possibilities of computer modeling in the design of technological processes with non-permanent workplaces, taking into account the provision of regulatory requirements for the noise factor, are shown. An example of solving a practical problem is given.

**Keywords:** industrial buildings; non-permanent workplaces; noise mode; noise calculation; noise dose; noise protection.

## REFERENCES

1. **Shubin I. L., Antonov A. I., Ledenev V. I., Merkusheva N. P.** *Computer design of noise protection means in buildings with automated processes.* Bulletin of construction equipment. 2020. No. 10(1034). Pp. 36-38. (in Russian)
2. **Antonov A. I., Makarov A. M., Solomatin E. O.** *Methods for calculating the levels of direct sound and the experience of their use in the practice of assessing the noise regime in the areas of development and inside buildings.* Sustainable development of the region: architecture, construction, transport. Materials of the 4th International Scientific and Practical Conference of the Institute of Architecture, Construction and Transport of TSTU. 2017. Pp. 44-47. (in Russian)
3. **Antonov A. I., Ledenev V. I., Solomatin E. O.** *Calculations of direct sound levels from linear noise sources located at industrial enterprises and in urban development.* Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Building and architecture. 2013. No. 31-1(50). Pp. 329-335. (in Russian)
4. **Gusev V. P., Antonov A. I., Solomatin E. O., Makarov A. M.** *Calculation models of sound radiation by point sources of noise at industrial enterprises.* News of higher educational institutions. Textile industry technology. 2019. No. 3(381). Pp. 191-196. (in Russian)
5. **Giyasov B. I., Ledenyov V. I., Matveeva I. V.** *Method for noise calculation under specular and diffuse reflection of sound.* Engineering and construction journal. 2018. No. 1(77). Pp. 13-22.
6. **Tsukernikov I., Antonov A., Ledenev V., Nevenchannaya T.** *Noise calculation method for industrial premises with bulky equipment at mirror-diffuse sound reflection.* Procedia Engineering Proceedings of the 3rd International Conference on Dynamics and Vibroacustics of Mashines, DVM. 2016. 2017. Pp. 218-225.
7. **Antonov A. I., Ledenyev V. I., Nevenchannaya T. O., Tsukernikov I. E., Shubin I. L.** *Coupling Coefficient of Flux Density and Density Gradient of Reflected Sound Energy in Quasi-Diffuse Sound Fields.* Journal of Theoretical and Computational Acoustics. 2019. Vol. 27. No. 2. Pp. 1850053.
8. **Ollendorff F.** *Diffiusionstheorie des Schallfeldes im Strassentunnel.* Acustica 1976. Vol. 34. No. 2. Pp. 311-315.
9. **Picaut J., Simon L., Polak J. D.** *A mathematical model of diffuse sound field based on a diffusion equation.* Acustica. 1997. Vol. 83. Pp. 614-621.
10. **Valeau V., Picaut J., M. Hodgson** *On the use of a diffusion equation for room-acoustic prediction.* Journal of the Acoustical Society of America. 2006. Vol. 119. Pp. 1504-1513.
11. **Visentin C., Valeau V., Prodi N., Picaut J.** *A numerical investigation of the sound intensity field in rooms by using diffusion theory and particle tracing.* Proceedings of the 20th International Congress on Acoustics, ICA-2010. Sydney. Australia. 2010 Pp. 23-27.
12. **Billon A., Picaut J., Valeau V., Sakout A.** *On the use of a diffusion model for acoustically coupled rooms.* Journal of the Acoustical Society of America. 2012. Vol. 120.
13. **Jing Y., Xiang N.** *Visualizations of sound energy across coupled rooms using a diffusion equation model.* Journal of the Acoustical Society of America. 2012. Vol. 124.
14. **Antonov A. I.** *Digitalization of acoustic calculations for automated design of buildings* / A. I. Antonov, V. I. Ledenev, N. V. Matveeva, N. P. Merkusheva. Privolzhsky scientific journal. 2019. No. 4(52). Pp. 31-40. (in Russian)
15. **Antonov A. I., Matveeva I. V., Merkusheva N. P., Porozhenko M. A.** *Construction and use of noise maps in the development of noise protection measures in industrial premises with non-permanent workplaces.* Biosphere compatibility. 2018. No. 4(24). Pp. 48-56. (in Russian)
16. **Antonov A. I., Zhogoleva O. A., Ledenev V. I.** *Calculation of equivalent levels and doses of noise in rooms with moving workplaces under the influence of constant noise sources.* Certificate of state registration of the computer program RUS No. 2019611755. publ. 02/04/2019. Application No. 2019610531 dated January 22, 2019. (in Russian)

17. **Denisov E. I.** *Physical foundations and methods for calculating the dose of noise.* Occupational health. 1979. No. 11. Pp. 24-28. (in Russian)

*Received 27 January 2021*

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

**Шубин, И. Л.** Использование карт доз шума при разработке организационных мер шумозащиты в производственных помещениях с непостоянными рабочими местами / И. Л. Шубин, В. И. Леденев, А. И. Антонов, Н. П. Меркушева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1(16). – С. 86-97.

**FOR CITATION:**

**Shubin I. L., Ledenev V. I., Antonov A. I., Merkusheva N. P.** *Use of noise dose maps in development of organizational noise protection measures in industrial spaces with non-permanent workplaces.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 86-97. (in Russian)

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

УДК 625.741

**ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПАРКОВОК НА ГОРОДСКОЙ  
ТЕРРИТОРИИ С УСПОКОЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТА**

**С. В. Алексиков, А. И. Лескин, И. С. Алексиков, Д. И. Гофман**

Алексиков Сергей Васильевич, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(969)287-85-61; e-mail: al34rus@mail.ru

Лескин Андрей Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(905)397-18-65; e-mail: leskien@inbox.ru

Алексиков Илья Сергеевич, канд. техн. наук, инженер, Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(903)370-83-76; e-mail: al34rus@mail.ru

Гофман Дмитрий Иванович, преподаватель кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(903)372-68-04; e-mail: obsov2012@mail.ru

Рассмотрены возможности организации успокоенного движения автотранспорта на городских территориях, путем устройства малогабаритных парковок на магистральных и внутриквартальных проездах. Поставлена задача обоснования габаритов парковочных островков и условий их эффективного применения для снижения скорости автомобилей. В результате исследований статистически обоснованы размеры парковочных островков, допустимая высота бордюра, условия эффективного применения малогабаритных парковок в зависимости от ширины проезжей части. Сформирован вывод о возможности использования парковочных островков для снижения скорости автотранспорта в зоне успокоенного движения городского транспорта на магистральных и внутриквартальных проездах городских территорий.

**Ключевые слова:** городская дорога; парковка автомобилей; проезжая часть; скорость автомобилей; парковочный островок; успокоенное движение.

Для повышения безопасности дорожного движения на городских улицах районного и местного значения, расположенных на территории прилегающей к дорогам; на проездах к городским магистралям; участках улично-дорожной сети в зонах культурно-развлекательных центров, университетов, детских и молодежных учебно-воспитательных учреждений, школ, больниц и т.п., является устройство зон «успокоенного движения автомобильного транспорта» [1...4].

Мероприятий по «успокоению движения» направлены на снижение скорости автомобилей до 20...30 км/ч, за счет инженерно-планировочных решений, направленных на организацию движения транспорта по зигзагообразной траектории (рис. 1). Отклонение траектории движения автомобилей достигается поочередным смещением оси проезжей части в одну из сторон участками протяженностью до 50 м. Такое смещение возможно в результате размещения зон озеленения, направляющих островков безопасности и других элементов благоустройства дороги в шахматном порядке. Рациональным является устройство прибордюрных парковок автомобилей малой вместимости на островках безопасности, расположенных через 8...12 м (рис. 2).

© Алексиков С. В., Лескин А. И., Алексиков И. С., Гофман Д. И., 2021



Рис. 1. Пример организации движения транспорта в зоне успокоенного движения жилой зоны г. Кельн, ФРГ (фото автора)

Организация двустороннего зигзагообразного движения возможна на дорогах с шириной проезжей части от 7,0 до 8,5 м и от 10,5 до 12,0 м (рис. 2, а...- рис. 2, б). При меньшей ширине проезжей части дороги движение автомобилей возможно только по одной полосе (рис. 2, в).

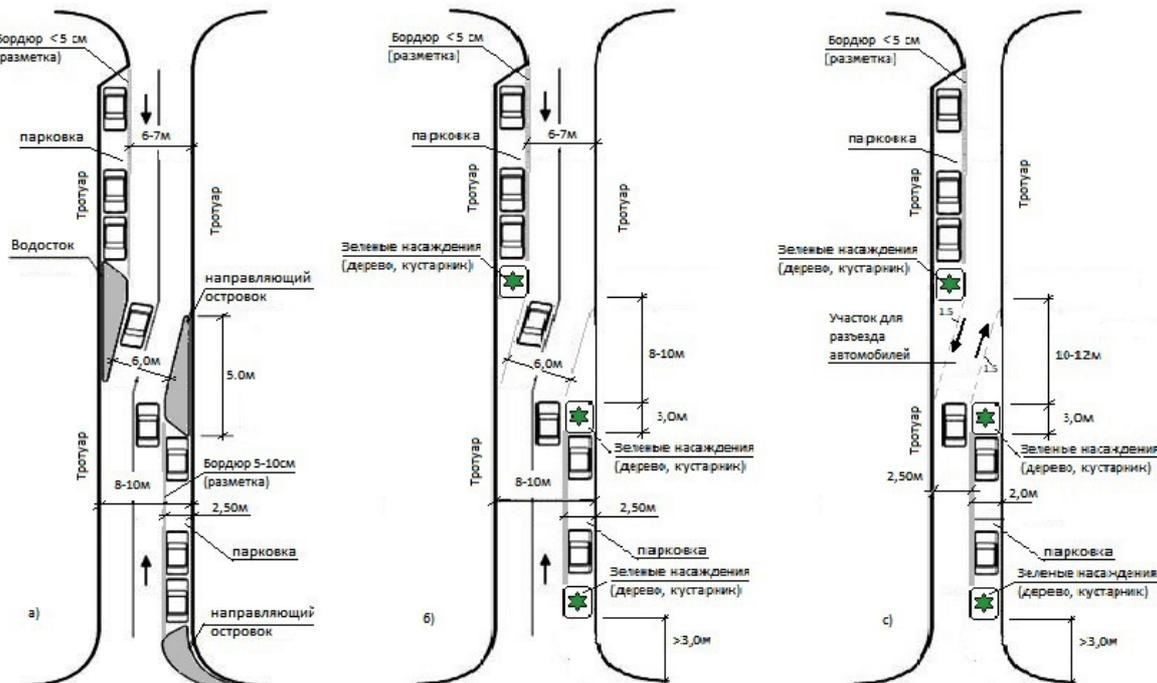


Рис. 2. Схемы организации парковок на участках успокоенного движения автомобилей:  
 а – двухстороннее движение с треугольными направляющими островками;  
 б – двухстороннее движение с прямоугольными направляющими островками;  
 в – одностороннее движение с прямоугольными направляющими островками

При устройстве треугольных направляющих островков, парковка автомобилей рациональна за ними (рис. 2, а). На островках в форме прямоугольников (рис. 3) или равнобедренных трапеций (рис. 4) возможна парковка одного или двух автомобилей.

Трапецидальный парковочный направляющий островок следует устраивать радиусами закругления углов трапеции 1,5 и 5,0 м и углами боковых граней  $45^\circ$ . Ширина и длина парковочных направляющих островков определяется размерами машино-места, с учетом зон безопасности вокруг автомобилей.



Рис. 3. Пример организации одностороннего движения автомобилей на дороге с прямоугольными направляющими островками

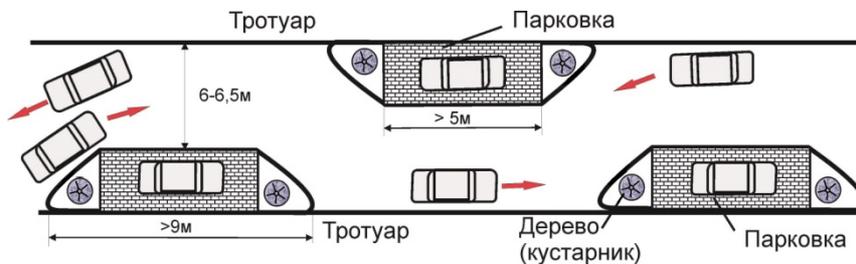


Рис. 4. Схема размещения трапецидальных парковок на участке успокоенного движения

Для обоснования размеров машино-места выполнен анализ более 1500 автомобилей, припаркованных на УДС г. Волгограда, измерены их размеры и зазоры безопасности, радиусы разворота при съезде-выезде с парковок. Установлено, что в структуре припаркованного автотранспорта более 92 % автомобилей приходится на транспортные средства малого и среднего классов (согласно СП 113.13330.2012). Минимальный внешний радиус разворота автомобилей равен 5,5м.

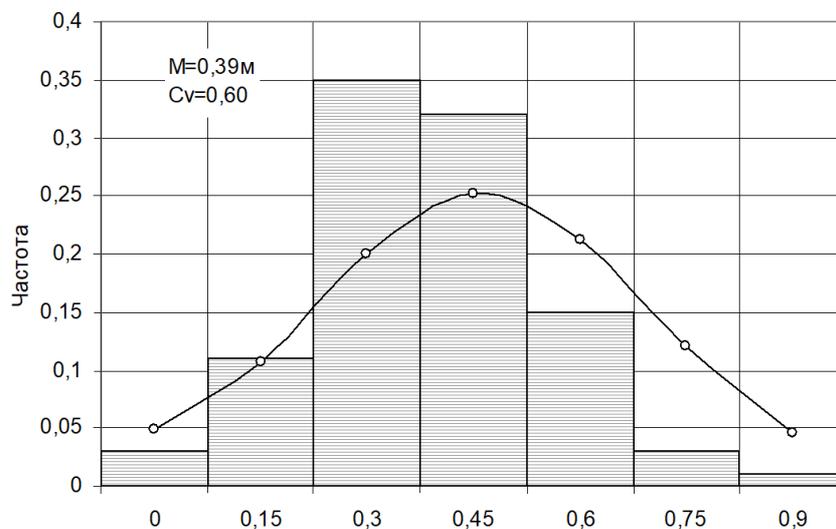


Рис. 5. Статистическое распределение расстояния от автомобиля до бордюра

Средневзвешенная длина припаркованных автомобилей составляет 4,578 м, ширина – 1,763 м, занимаемая площадь – 8,07 кв. м. Расчетная площадь машино-места определяется размерами автомобиля и расстояниями безопасности вокруг него, которые распределяются по нормальному закону (рис. 5). Выполненные исследования позволили обосновать ширину зоны безопасности вокруг автомобилей и площадь машино-места, с надежностью 90 % (таблица).

Геометрические параметры машино-места

Наименование параметра	Значение $\bar{L}$ , м	Коэффициент вариации * $C_v$	Расчетные значения с надежностью P=90 %	
			$L_{max}$ , м	$L_{min}$ , м
Расстояние безопасности между припаркованными автомобилями, м.	1,22	0,16	1,48	0,96
Расстояние безопасности от автомобиля до бордюра, м.	0,39	0,60	0,70	0,08
Длина машино-места, м.	5,47	-	5,77	5,16
Ширина машино-места, м.	2,98	-	3,25	2,72
Площадь машино-места (с учетом зоны безопасности), кв.м.	16,3	-	18,7	14,0

\*Примечание. Расстояние безопасности со стороны багажника автомобиля, согласно СП 113.13330.2012, принято 0,5 м.

Ширина парковочного островка (полосы) определяется шириной расчетного автомобиля ( $b_a$ ), защитной зоной со стороны тротуара (бордюра) ( $b_b = 0,08...0,70$  м) и со стороны проезжающих автомобилей (0,50 м) [2...4]:

$$B = b_a + b_b + 0,50 . \quad (1)$$

Согласно выполненным исследованиям, средняя ширина полосы парковки, с учетом защитной зоны, равна 2,65 м, максимальная ширина (с надежностью 90 %) – 2,96 м, минимальная ширина (с надежностью 90 %) – 2,34 м. Парковочные островки рекомендуется устраивать на один-два автомобиля, в зависимости от схемы внутриквартальных и магистральных проездов. Для удобства въезда-выезда с парковки, ее длину рекомендуется дополнительно увеличивать на 2 м [8].



Рис. 6. Пример организации парковки автомобилей в одном уровне с проезжей частью (фото автора)

Парковочные островки отделяются от проезжей части бордюром или устаиваются в одном уровне с дорогой (рис. 6) с поперечным уклоном 15...20 % в сторону проезда. При устройстве бордюров важно обеспечить беспрепятственный въезд транспортного средства на парковочный островок.

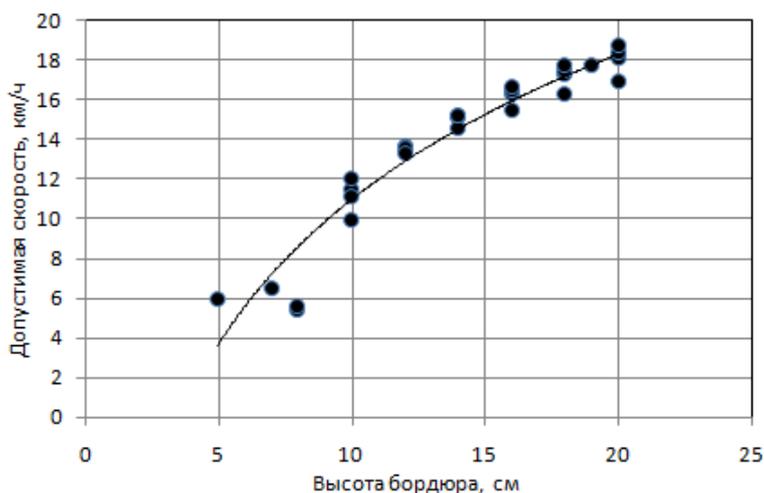


Рис. 7. Зависимость допустимой скорости автомобилей от высоты бордюра

Для определения допустимой высоты бордюра на границе между парковочной площадкой и проезжей частью дороги выполнены исследования беспрепятственного въезда легкового автомобиля на парковку. В эксперименте использованы автомобили Daewoo Matiz (с шиной 145/70 R13), Toyota Corolla (с шиной 205/55/R16), Mitsubishi Outlander (с шиной 225/55 R18). Заезд автомобиля выполнялся под углом 45° к бордюру на различных парковках с высотой бордюра от 5 до 20 см. Скорость автомобиля изменялась в зависимости от высоты бордюра от 5,5 до 19 км/ч (рис.7). Исследования показали, что допустимая высота бордюра, через которую возможен беспрепятственный переезд колеса автомобиля, зависит от его скорости ( $V$ ) и высоты профиля колеса ( $h_{пр}$ ):

$$h_6 = 1,18 \cdot V^{0,262} \cdot h_{пр}^{0,702} \quad (2)$$

Для обоснования допустимой высоты бордюра, в качестве расчетного, принят автомобиль малого класса Daewoo Matiz с шиной 145/70 R13. При высоте бордюра 5 см заезд расчетного автомобиля на парковочную площадку выполняется беспрепятственно. Так как скорость легковых автомобилей при заезде на парковку не более 5...10 км/час, бордюр высотой более 10 см создает серьезное препятствие для нормального выезда автомобиля малого класса на парковочный островок. В этом случае бордюрный камень должен иметь скошенный край.

Для снижения аварийности и лучшей ориентации водителей при зигзагообразном движении по дороге, в торце парковочных островков целесообразно высаживать деревья или кустарник. При этом необходимо обеспечить достаточную видимость проезжей части дороги и встречных транспортных средств (ТС). Свободная ширина проезжей части местных проездов должна быть достаточна для проезда специального автотранспорта (автомобилей скорой помощи и пожарных машин). Ширина парковочного островка зависит от ширины местного проезда и ширины парковочного места. При ширине проезда до 4 м и широкого тротуара, парковки автомобилей возможна с частичным использованием тротуарного пространства [3...8].

Общую протяженность зигзагообразного участка следует назначать до 150...200 м (Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. Минтранс РФ, 2002). Особое внимание уделять информационному обеспечению участников

движения. Рекомендуется ограниченно использовать запрещающие знаки. Основное внимание следует предлагать схемам движения с целью обеспечения рекомендуемой скорости движения ТС с учетом требований организации дорожного движения [9].

При организации парковки в зоне успокоенного движения на внутриквартальных проездах предлагается использовать следующие решения: при ширине проезда менее 4 м парковка запрещена; при ширине проезда от 4 м до 6 м парковочный островок устраивается с одной стороны проезда; при ширине более 6 м парковочный островок устраивается с обеих сторон проезда.

Информация о введении регулирования скорости на территории жилой застройки обеспечивается установкой дорожных знаков 5.21 и 5.22. При этом существуют следующие ограничения: скорость автомобилей не должна быть более 20 км/ч; пешеходы пользуются преимуществом передвижения, т. е. водители не должны подвергать пешеходов опасности. Пешеходы, в свою очередь, не должны препятствовать движению автомобилей. Стоянка грузовых ТС запрещена за исключением мест, обозначенных дорожными знаками и (или) разметкой. Стоянка автомобилей должна осуществляться с неработающим двигателем. Транзитное движение автомобилей и учебная езда запрещается. Водители, выезжающие из зоны успокоенного движения должны уступить дорогу автомобилям, движущимся по основной дороге [8].

На границах жилых зон необходимо установить знаки 5.21 и 5.22, в пределах которой действуют требования правил дорожного движения, регламентирующие движение транспортных средств в режиме успокоенного движения.

С целью исключения транзитного движения автомобилей через жилую зону рекомендуется устройства тупиков и петлевых проездов [8...13]. Тупики представляют собой заградительные устройства в виде ограждений, газона с зелеными насаждениями (кустарника, деревьев), малых архитектурных форм. Тупиковые проезды должны соответствовать СП 42.13330.2011, включать прямоугольные разворотные площадки размером не менее 12×12 м или круглые с радиусом разворота не менее 10 м. В отдельных случаях возможно использование Т-образного разворота. Использование разворотной площадки для парковки автомобилей не допускается (рис. 8).



Рис. 8. Парковка автомобиля перед разворотной площадкой (фото автора)

Согласно методическому документу «Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Методы успокоения движения», на проездах следует устраивать разездные площадки через расстояние не более 200 м.

**Заключение.**

Выполненные исследования учитывают отечественный и зарубежный опыт проектирования объектов транспортной инфраструктуры городов, дополняют рекомендации Минтранса РФ в части устройства автомобильных парковок на направляющих островках безопасности, для снижения скорости транспортных средств в зоне успокоенного движения.

Обоснованы геометрические размеры парковочных островков на магистральных и внутриквартальных проездах городских территорий. Полученные результаты могут быть использованы при разработке проектных решений планировки внутриквартальных городских территорий.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. **Чернецов, М. В.** Классификация методов геометрического и визуального воздействия искривлений прямолинейных участков дорог и улиц населенных пунктов / М. В. Чернецов, М. М. Девятков // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2004. – № 4. – С. 76-80.
2. **Алексиков, С. В.** Обоснование параметров городских дорог автомобильных парковок / А. И. Болдин, С. В. Алексиков // Дороги и мосты. – М. – 2016. – Вып. 35/1. – С. 189-202.
3. **Алексиков, С. В.** Проектирование автомобильных парковок на автомагистралях Волгограда / С. В. Алексиков, А. И. Болдин, Б. Х. Санжапов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 43. – С. 253-260.
4. **Алексиков, С. В.** Проектирование прибордюрных парковок на городских дорогах / С. В. Алексиков, А. И. Болдин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 47(66). – С. 172-180.
5. **Адамовичус, В. П.** Гаражи и стоянки / В. П. Адамовичус, В. В. Шештокас. – М.: Издательство Стройиздат, 2004. – 214 с.
6. **Фишельсон, М. С.** Транспортная планировка городов / М. С. Фишельсон. – М.: Издательство Высшая школа, 1985. – 239 с.
7. **Организация дорожного движения в городах:** методическое пособие / Ю. Д. Щелкова. – М.: Научно-исследовательский центр ГАИ МВД Россия, 1995. – 143 с.
8. **Лобанов, Е. М.** Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов. – М.: Издательство Транспорт, 1990. – 240 с.
9. **Иносэ, Х., Хамада Т.** Управление дорожным движением / Х. Иносэ, Т. Хамада. – М.: Издательство Транспорт, 1983. – 248 с.
10. **Андересен Б.** Гаражи. Проектирование и строительство / Б. Андересен, О. Силла. – М.: Издательство Стройиздат, 1986. – 205 с.
11. **Прасоленко, О. В.** Вплив мережі паркування автомобільного транспорту на параметри руху транспортних потоків / О. В. Прасоленко, В. Ф. Харченко // Коммунальное хозяйство городов. – 2008. – Вып. 81. – С. 308-313.
12. **Turner, D.** Red Routes and Parking / D. Turner // Parking News. – 1999. – April – Pp. 16-19.
13. **Langdon, Ph.** Calming rural roads / Ph. Langdon // Planning. 2003. – Т. 69. – No. 5. – Pp. 30.

*Поступила в редакцию 20 января 2021*

**ORGANIZATION OF AUTOMOBILE PARKING LOTS IN THE CITY AREA  
WITH A CALMED TRAFFIC FLOW**

**S. V. Aleksikov, A. I. Leskin, I. S. Aleksikov, D. I. Hoffman**

---

Aleksikov Sergey Vasilievich, Dr. of Sn., Professor, Head of the Department of Construction and Operation of Transport Structures, Volgograd state technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(969)287-85-61; e-mail: al34rus@mail.ru

Leskin Andrey Ivanovich, Cand. tech. Sciences, Associate Professor, Department of Construction and Operation of Transport Facilities, Volgograd state technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(905)397-18-65; e-mail: leskien@inbox.ru

Aleksikov Ilya Sergeevich, Cand. tech. Sciences, engineer, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(903)370-83-76; e-mail: al34rus@mail.ru

Hoffman Dmitry Ivanovich, Lecturer, Department of Construction and Operation of Transport Structures, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(903)372-68-04; e-mail: obsov2012@mail.ru

---

The possibilities of organizing calm traffic flow for vehicles in urban areas by arranging small-sized parking lots on the main and intra-quarter passages are considered. The task of substantiating the dimensions of the parking pockets and the conditions for their effective use to reduce the speed of cars is set. As a result of the research, the dimensions of the parking pockets, the permissible height of the curb, the conditions for the effective use of small-sized parking lots depending on the width of the carriageway have been statistically substantiated. A conclusion was made on the possibility of using parking pockets to reduce the speed of vehicles in the zone of calmed traffic of urban transport on the main and intra-quarter passages of urban areas.

**Keywords:** city road; parking lots; carriageway; car speed; parking pocket; calmed traffic flow.

#### REFERENCES

1. **Chernetsov M. V., Devyatov M. M.** *Classification of methods of geometric and visual impact of curvatures of rectilinear sections of roads and streets of settlements*. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Building and architecture. 2004. No. 4. Pp. 76-80. (in Russian)
2. **Aleksikov S. V., Boldin A. I.** *Substantiation of the parameters of urban roads of car parking lots*. Moscow, Roads and bridges. 2016. Issue. 35/1. Pp. 189-202. (in Russian)
3. **Aleksikov S. V., Boldin A. I., Sanzhapov B. Kh.** *Design of car parks on Volgograd highways*. Bulletin of the Volgograd State. architectural and construction un-that. 2016. No. 43. Pp. 253-260. (in Russian)
4. **Aleksikov S. V., Boldin A. I.** *Design of parking lots on city roads*. Bulletin of the Volgograd state. architecture-engineering university. 2017. No. 47(66). Pp. 172-180. (in Russian)
5. **Adamovich V. P., Shestokas V. V.** *Garages and parking lots*. Moscow, Publishing house Stroizdat. 2004. 214 p. (in Russian)
6. **Fishelson M. S.** *Transport planning of cities*. Moscow, Higher School Publishing House. 1985. 239 p. (in Russian).
7. **Schelkov Yu. D.** *Organization of road traffic in cities: Methodological manual*. Moscow, Research Center of the State Automobile Inspection of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 1995. 143 p. (in Russian)
8. **Lobanov E. M.** *Transport layout of cities*. Moscow, Transport Publishing House. 1990. 240 p. (in Russian)
9. **Inose X., Hamada T.** *Traffic management*. Moscow, Publishing house Transport. 1983. 248 p. (in Russian)
10. **Anderesen B.** *Garages. Design and construction*. Moscow, Publishing house Stroyizdat. 1986. 205 p. (in Russian)
11. **Prasolenko O. V., Kharchenko V. F.** *Injection of the parking lot of motor transport on the parameters of the traffic flow*. Utilities of cities. 2008. Issue. 81. Pp. 308-313. (in Ukraine)
12. **Turner D.** *Red Routes and Parking*. Parking News. 1999. April. Pp. 16-19.
13. **Langdon Ph.** *Calming rural roads*. Planning. 2003. Vol. 69. No. 5. Pp. 30.

*Received 20 January 2021*

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

**Алексиков, С. В.** Организация автомобильных парковок на городской территории с успокоенным движением транспорта / С. В. Алексиков, А. И. Лескин, И. С. Алексиков, Д. И. Гофман // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1(16). – С. 98-106.

**FOR CITATION:**

**Aleksikov S. V., Leskin A. I., Aleksikov I. S., Hoffman D. I.** *Organization of automobile parking lots in the city area with a calmed traffic flow.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 98-106. (in Russian)

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

УДК 332.87

### **ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА**

**Н. М. Лебедь, М. Е. Дементьева**

---

Лебедь Никита Михайлович, магистрант, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Российская Федерация, тел.: +7(916)681-21-88; e-mail: di-pamo.lebed@yandex.ru

Дементьева Марина Евгеньевна, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищного коммунального комплекса, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Российская Федерация, тел.: +7(916)353-18-31; e-mail: 7dem@mail.ru

---

Проанализированы основные проблемы в системе управления жилыми домами, характерные для развития российской экономики на современном этапе. Поставлена задача изучения зарубежного опыта управления жилыми зданиями и оценки возможности его использования в отечественной практике с учетом российского менталитета и особенностей законодательства. Установлены возможности решения таких проблем, как недобровольство со стороны собственников жилых помещений качеством и тарифами жилищно-коммунальных услуг, несовершенство законодательства в части страхования деятельности управляющих компаний и недоработка механизма дотаций в сфере ЖКХ, отсутствие отлаженной системы образования и обучения сотрудников и руководителей управляющих компаний, неэффективный отбор и назначение управляющих компаний в рамках муниципалитетов. Приведено описание практики управления жилыми зданиями в различных странах, их особенностей и преимуществ. Для достижения поставленных целей по повышению качества управления жилым фондом дан ряд предложений, основанных на наиболее эффективных зарубежных методиках.

**Ключевые слова:** техническая эксплуатация; капитальный ремонт; управляющая компания; приватизация.

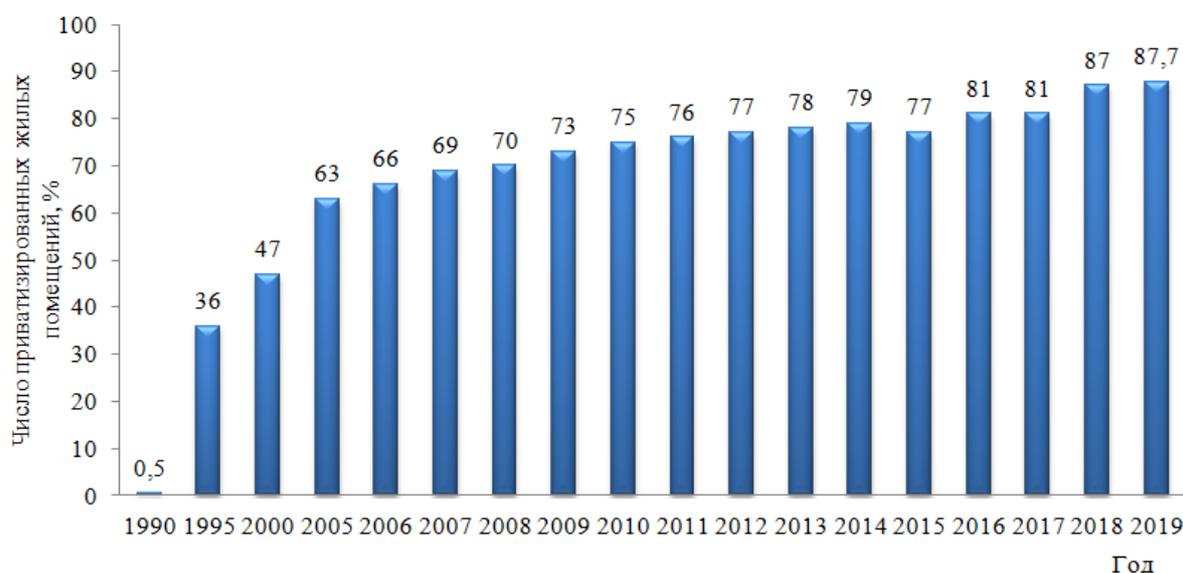
Актуальность рассмотрения российского и зарубежного опыта управления жилыми зданиями определена, прежде всего, значительной ролью сферы жилищно-коммунального хозяйства в обеспечении качества жизни населения всей страны [1..4]. Начиная с 90-х годов XX века, ознаменовавшихся переходом российской экономики на рыночный путь развития, все сферы и отрасли претерпели серьезные изменения, направленные на их развитие и совершенствование. Сфера жилищно-коммунального хозяйства отличается тем, что все имеющиеся ресурсы направляются прежде всего на обеспечение качества услуг здесь и сейчас. Поэтому такая ситуация серьезно осложнила процесс модернизации сферы ЖКХ.

Вопросами обеспечения качества эксплуатации жилых зданий вплоть до 90-х годов XX века в России занимались государственные структуры. В последующие годы Правительством РФ было принято решение о передаче ответственности за содержание жилых помещений их собственникам путем приватизации, а управление жилищным фондом передавалось в руки специализированных компаний, получивших название управляющих компаний. Однако, как показала практика, стремительный рост приватизированных помещений, характерный для периода с 1990 года по 2014 год (рисунок) выявил неподготовленность российского законодательства к подобным изменениям, что и повлекло за собой отставание развития отрасли жилищно-коммунального хозяйства от остальных сфер экономики.

Проведенные исследования показали, что обнажился ряд проблем, актуальных и

в настоящее время и требующих срочного разрешения, в частности:

- ✓ недовольство со стороны собственников жилых зданий качеством и тарифами жилищно-коммунальных услуг;
- ✓ несоответствие российского законодательства современным реалиям сферы жилищно-коммунального хозяйства, а именно, несовершенство законодательного определения необходимости страхования деятельности управляющих компаний и отсутствие отрегулированного механизма дотаций в сфере ЖКХ;
- ✓ отсутствие отлаженной системы образования и обучения представителей управляющих компаний, эксплуатационных предприятий;
- ✓ неэффективный отбор и назначение управляющих компаний со стороны муниципалитетов, а именно, в случае если собственники жилья не могут принять единогласного решения по выбору той или иной управляющей компании, или же создания товарищества для управления жилым домом, это делает за них муниципальный орган власти, ориентируясь исключительно на такие составляющие, как отсутствие банкротства и задолженностей перед поставщиками жилищно-коммунальных услуг.



Статистические данные о приватизации жилья в России в период с 1990 года по 2019 год по данным Федеральной службы государственной статистики

Таким образом, указанные выше проблемы определяют необходимость изучения зарубежного опыта управления жилыми зданиями, с целью его использования в отечественной практике с учетом российского менталитета.

Проведенный анализ научных исследований по теме зарубежного опыта управления жилыми зданиями [5...16], позволил выделить наиболее интересный опыт ряда стран, и оценить возможности его использования с учетом проблем имеющих место в российской практике управления. В частности, при решении первой проблемы в сфере управления жилыми зданиями, связанной с недовольством собственников жилья качеством и тарифами жилищно-коммунальных услуг, особый интерес вызывает опыт европейских стран. Так, например, в западноевропейских странах, таких как, Германия, Норвегия, Нидерланды Дания, Швейцария, а также в восточноевропейских странах, таких как, Польша, Венгрия, Чехия для обеспечения качества услуг в жилищной сфере создаются на добровольной основе объединения собственников жилья в многоквартирном доме [7, 11]. Однако несмотря на добровольность, каждый собственник обязан участвовать с таким объединением. В России создание подобных объединений является добровольным, как и участие в них всех собственников жилья, что трактуется как бесплатная и не нужная деятельность. В указанных

же зарубежных странах, участники подобных объединений получают вознаграждение, что повышает эффективность выполнения их функций, имеющих следующую направленность:

- ✓ обеспечение согласия и взаимопонимания между всеми собственниками жилых помещений в многоквартирном доме;
- ✓ принятие общих решений в части выбора комплекса услуг, в частности, их размеров, и распределения оставшихся после их оплаты финансовых средств;
- ✓ создание отдельного счета юридического лица, на котором аккумулируются все денежные средства собственников жилья многоквартирных домов, идущих на оплату жилищно-коммунальных услуг;
- ✓ выбор управляющей компании, которая будет осуществлять от лица всего объединения собственников жилья деятельность по поиску поставщиков жилищно-коммунальных услуг, заключение с ними договоров и контроль за их качеством и количеством.

Исходя из этого, управляющая компания в рамках представленной модели взаимодействия несет следующие функциональные обязательства:

- ✓ оценка технического состояния дома, определение объема необходимых работ для его улучшения, который согласуется в последующем с объединением собственников жилья;
- ✓ подготовка, расчет, планирование и проведение текущего и перспективного ремонта и обслуживания многоквартирных домов, включая организацию капитальных ремонтных работ;
- ✓ анализ и оценка поставщиков и подрядчиков, последующая подготовка рекомендуемого списка жильцам;
- ✓ организация работ по сбору и распределению платежей, поступающих от собственников жилья.

Таким образом, реализация подобной модели взаимодействия между собственниками жилья в многоквартирных домах, объединений собственников, управляющих компаний и поставщиков жилищно-коммунальных услуг, обеспечивает прозрачность деятельности каждого из них, а также повышает степень доверия со стороны собственников в целом.

Интересен опыт стран Восточной Европы – Венгрии и Словакии по разрешению проблемы качества жилищно-коммунальных услуг. В этих странах создана высокая конкуренция между поставщиками услуг, основанная на узкой специализации каждого участника данного рынка. Так, в частности ремонт трубопровода проводится одной компанией, обслуживание приборов учета систем теплоснабжения другой компанией, обслуживание насосов третьей. Таким образом, каждая определенная компания специализируется на выполнении отдельного вида работ, тем самым повышается их качество и снижается цена, что влечет за собой одобрение со стороны собственников жилья многоквартирных домов и их объединений.

С целью разрешения проблемы несоответствия российского законодательства современным реалиям существования сферы жилищно-коммунального хозяйства, связанной с отсутствием законодательного определения необходимости страхования деятельности управляющих компаний, и эффективно отлаженного механизма дотаций сферы ЖКХ, интересен опыт западноевропейских стран. Так, в Швейцарии и Дании деятельность управляющей компании рассматривается как предпринимательская деятельность, сопряженная с рядом рисков, которые могут понести собственники жилья в многоквартирных домах, страхование которых является эффективным механизмом управления ими. Наличие договора страхования повышает конкурентоспособность управляющей компании и уровень доверия к ней со стороны собственников жилья многоквартирных домов. Что же касается совершенствования системы дотаций в сферу ЖКХ, осуществляемых со стороны органов государственной власти, то в настоящее время в России она сводится преимущественно к финансовой поддержке собственников ветхого жилья, реализуемой путем их переселения в более качественные жилые помещения. В западных странах механизм дотаций, субсидирования,

тарифов и льгот эффективно налажен. Так, в частности в Чехии в случае, если собственник рационально расходует услуги жилищно-коммунального хозяйства, он получает льготы и преференции на их оплату в следующий период. Более того, Правительства многих зарубежных стран оказывают регулярную финансовую помощь объединениям собственников жилья и управляющим компаниям с целью обеспечения качества жилищно-коммунальных услуг и повышения уровня благоустроенности помещений и придомовых территорий.

По результатам проведенных исследований была выполнена аналитическая оценка особенностей и преимуществ различных моделей управления жилыми зданиями в зарубежных странах (таблица).

Особенности практик управления жилыми зданиями в зарубежных странах

Страна	Особенности управления жилыми зданиями	Преимущества
Норвегия, Дания, Германия, Нидерланды, Швейцария, Польша, Венгрия, Чехия	Создание объединений собственников жилья на добровольной основе с обязательным участием всех собственников	Регулирование объемов и качества услуг ЖКХ самими собственниками. Четкая формулировка прав и обязанностей объединения жильцов и управляющих компаний. Прозрачность деятельности управляющих компаний и поставщиков услуг ЖКХ. Высокая степень доверия со стороны собственников в целом к сфере ЖКХ.
Венгрия и Словакия	Создание высоко конкурентного рынка поставщиков услуг ЖКХ. Узкая специализация каждого участника данного рынка.	Высокое качество услуг ЖКХ.
Швейцария и Дания	Развитие страхования предпринимательской деятельности управляющих компаний.	Перенос рисков деятельности управляющих компаний на страховую компанию. Соблюдение договорных обязательств между управляющими компаниями, собственниками жилья и поставщиками услуг ЖКХ.
Чехия	Развитая система дотаций и субсидий собственникам жилья, экономно расходующим все виды услуг	Низкая стоимость услуг ЖКХ. Высокая ответственность жильцов жилых помещений, управляющих компаний и поставщиков услуг ЖКХ.
Польша и Швеция	Создание акционерного общества со 100 % принадлежностью капитала государству.	Разработанная законодательная база в сфере ЖКХ. Высокое качество услуг ЖКХ. Эффективная система работы управляющих компаний.

Проблема, связанная с отсутствием отлаженной системы образования и обучения управляющих в сфере жилищно-коммунального хозяйства, в западных странах решается по-разному. Практика решения данного вопроса зарубежными странами показала то, что как правило, он решается путем создания и организации обязательных образовательных курсов для сотрудников управляющих компаний и специалистов в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Так, например, в Германии основными требованиями к руководителю управляющей компании являются наличие высшего образования в экономической, юридической или социальной сфере, обладание необходимыми знаниями и компетенциями в сфере ЖКХ. Более того, управляющий должен иметь опыт в решении конфликтов, быть коммуникабельным и уметь вести переговоры. В Венгрии, для получения должности управ-

ляющего кондоминиумом претендент должен пройти соответствующие курсы, направленные на его профессиональную подготовку или переподготовку. В России с 2015 года появилось требование о лицензировании деятельности управляющих компаний, которое включает прохождение руководителем квалификационного экзамена. Однако для получения квалификационного аттестата требуется организация комплексного подхода к подготовке управляющих в сфере ЖКХ.

Основной задачей, на решение которой направлен опыт Польши, является оказание качественных услуг жилищно-коммунального хозяйства посредством обеспечения высокоэффективной системы функционирования всех участников. Помимо этого, в Польше отлажена система дотаций, льгот и субсидирования компаний сферы жилищно-коммунального хозяйства. В Швеции активно развиваются ассоциации квартиросъемщиков, имеющие свою отдельную штаб-квартиру, а также территориальные подразделения в регионах и муниципалитетах. Число участников подобных ассоциаций достигает в настоящее время более ста тысяч членов, что заставляет прислушиваться к их мнению представителей государственной власти. Ассоциации квартиросъемщиков осуществляют контроль за качеством и тарифами услуг жилищно-коммунального хозяйства, а также за их рациональным расходованием и бережным отношением собственников жилья к общему имуществу.

Таким образом, проанализировав опыт большинства зарубежных стран в части организации управления жилыми зданиями, можно сделать вывод о том, что все страны руководствуются тремя основными принципами:

- ✓ первый принцип предполагает управление каждым жилым зданием как самостоятельным объектом;
- ✓ согласно второму принципу управление ориентировано преимущественно на клиента (собственника жилья), на максимальное удовлетворение его потребностей и запросов;
- ✓ в соответствии с третьим принципом предполагается полная информационная открытость. Во исполнение указанного принципа в таких странах как Франция и Финляндия основной услугой в сфере ЖКХ выступает информационная технология, дающая возможность собственникам жилья получения информации, не выходя из дома [17].

### **Заключение.**

В работе был выполнен анализ зарубежного опыта организации управления жилыми домами, который позволил выделить их преимущества и недостатки и оценить возможность их применения в условиях российской системы управления сферы ЖКХ. Исчерпывающий анализ научных исследований в области управления жилищным фондом позволил установить, что основной проблемой на сегодняшний день выступает недовольство собственников качеством и стоимостью жилищно-коммунальных услуг. Авторами отмечено, что в решении указанной проблемы наиболее рациональным видится опыт зарубежных стран в части обязательного участия собственников жилья в специализированных объединениях, выступающих в качестве ведущего звена в системе управления многоквартирными домами, для чего необходима серьезная переработка законодательства по данному вопросу.

Сформулированы предложения по разрешению проблемы повышения эффективности управления путем создания специальной информационной базы учебных заведений, которые должны пройти экспертизу образовательных программ со стороны представителей профессионального сообщества в сфере жилищно-коммунального хозяйства для перспективного обучения управленцев, обладающих необходимыми знаниями и компетенциями в указанной сфере.

Реализация всех представленных в работе направлений совершенствования системы управления жилыми домами позволит повысить конкурентоспособность на российском рынке, тем самым обеспечив должное качество услуг в сфере ЖКХ без повышения их стоимости, а также увеличить лояльность со стороны населения к компаниям, осуществляющим свою деятельность в рассматриваемой сфере, тем самым снизив объемы неплатежей.

Дальнейшие исследования предполагают адаптацию зарубежного опыта к российской практике с поправкой на отечественный менталитет.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Мосякина, К. Е.** Современные проблемы жилищно-коммунального хозяйства / К. Е. Мосякина // Аллея науки. – 2018. – Т. 6. – № 6(22). – С. 439-444.
2. **Дементьева, М. Е.** Основы управления качеством услуг / М. Е. Дементьева // Жилищное строительство. – 2007. – № 8. – С. 1-4.
3. **Реорганизация системы управления жилищно-коммунальным хозяйством на основе сбалансированного управления** / Н. А. Солопова, Ж. В. Селезнева. – Новосибирск: Издательство АНС «СибАК», 2019. – 140 с.
4. **Дементьева, М. Е.** Обеспечение качества услуг в жилищной сфере / М. Е. Дементьева // Жилищное строительство. – 2007. – № 2. – С. 22.
5. **Зарубежный опыт местного самоуправления и его реформирования** / В. Г. Игнатов, В. И. Бугов. – Ростов-на-Дону: Издательство СКАГС, 2004. – 144 с.
6. **Ломова, М. Н.** Опыт зарубежных стран в решении проблем управления жилым фондом в России / М. Н. Ломова // Экономическая наука и практика: материалы I Международной научной конференции. – Чита: Издательство Молодой ученый, 2012. – С. 201-203.
7. **Прокофьев, К. Ю.** Отечественный и зарубежный опыт управления многоквартирными домами / К. Ю. Прокофьев, В. А. Моисеев, Ю. А. Егорова // Жилищные стратегии. – 2015. – № 2(4). – С.303-318.
8. **Панова, О. И.** Управление многоквартирными домами в России и за рубежом / О. И. Панова // Экономика строительства. – 2015. – № 2(32). – С. 26-30.
9. **Лукьянова, А. А.** Зарубежный опыт управления многоквартирными домами / А. А. Лукьянова, А. С. Савина // Экономика и социум. – 2016. – № 12-2(31). – С. 81-84.
10. **Албогачиев, А. М.** Опыт зарубежных стран в решении проблем управления жилым фондом в России / А. М. Албогачиев // Экономика и социум. – 2018. – № 6(49). – С. 86-89.
11. **Дедюхина, Е. С.** Зарубежный опыт капитального ремонта многоквартирных домов с использованием инновационных механизмов / Е. С. Дедюхина, М. А. Петренко // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2014. – № 5(10). – С. 7-14.
12. **Дементьева, М. Е.** Планирование капитального ремонта жилищного фонда / М. Е. Дементьева // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник материалов международной научной конференции. – Москва, 2017. – С. 809-813.
13. **Валиев, Ш. З.** Зарубежный опыт деятельности объединений собственников жилья / Ш. З. Валиев, И. Г. Гавриленко, М. А. Суренян // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2015. – № 1(11). – С. 114-117.
14. **Кицай, Ю. А.** Роль управляющих компаний в жилищно-коммунальном хозяйстве: зарубежный и отечественный опыт / Ю. А. Кицай // Теория и практика общественного развития. – 2012. – № 1. – С. 162-164.
15. **Сыропятова, С. Б.** Зарубежный опыт управления ЖКХ / С. Б. Сыропятова // Вестник ВУиТ. – 2010. – № 21. – С. 85-89.
16. **Масаев, Ю. А.** Анализ развития методологии комплексного управления жилищным фондом РФ на основе зарубежного опыта / Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев, А. А. Синьков, Т. В. Фролова, А. Б. Коржук // Вестник КузГТУ. – 2017. – № 1(118). – С. 171-178.
17. **Дементьева, М. Е.** Возможности применения BIM-технологий при разработке эксплуатационных программ / М. Е. Дементьева, А. В. Дементьева // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 8(1008). – С. 43-45.

*Поступила в редакцию 16 ноября 2020*

## DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE IN MANAGING FACILITIES OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

N. M. Lebed, M. E. Dement'eva

Lebed Nikita Mikhailovich, graduate student, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation, phone: +7(916)681-21-88; e-mail: dinamolebed@yandex.ru

Dement'eva Marina Evgen'evna, Cand. Tech. Sciences, associate Professor, Department of Housing and Communal Services, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation, phone: +7(916)353-18-31; e-mail: 7dem@mail.ru

The authors analyzed the main problems in the management system of residential buildings, typical for the development of the Russian economy at the present stage. The task is to study foreign experience in managing residential buildings and assess the possibility of its use in domestic practice, taking into account the Russian mentality and the specifics of legislation. We as well determined possibilities for solving such problems as dissatisfaction on the part of the owners of residential premises with the quality and tariffs of housing and communal services, imperfection of legislation in terms of insurance of the activities of management companies and a flaw in the mechanism of subsidies in the field of housing and communal services. The authors identified as well such problems as lack of a well-functioning system of education and training of employees of management companies, ineffective selection and appointment of management companies within municipalities. The description of the practice of managing residential buildings in various countries, their features and advantages is given. In order to achieve the set goals for improving the quality of housing management, a number of offers have been made being based on the most effective foreign methods.

**Keywords:** technical operation; overhaul; management company; privatization.

### REFERENCES

1. **Mosyakina K. E.** *Modern problems of housing and communal services*. Alley of Science. 2018. T. 6. No. 6(22). Pp. 439-444. (in Russian)
2. **Dement'eva M. E.** *Basics of service quality management*. Housing Construction. 2007. No. 8. Pp. 1-4. (in Russian)
3. **Solopova N. A., Selezneva J. V.** *Reorganization of the management system for housing and communal services on the basis of balanced management*. Novosibirsk, Publishing house ANS «SibAK». 2019. 140 p. (in Russian)
4. **Dement'eva M. E.** *Ensuring the quality of housing services*. Housing Construction. 2007. No. 2. Pp. 22. (in Russian)
5. **Ignatov V. G., Butov V. I.** *Foreign experience of local self-government and its reform*. Rostov-on-Don, SKAGS publishing house. 2004. 144 p. (in Russian)
6. **Lomova M. N.** *Experience of foreign countries in solving the problems of housing management in Russia*. Economic Science and Practice: a collection of articles of the I International Scientific Conference. Chita, 2012. Pp. 201-203. (in Russian)
7. **Prokofiev K. Yu., Moiseev V. A., Egorova Yu. A.** *Domestic and foreign experience in the management of apartment buildings*. Housing strategies. 2015. No. 2(4). Pp. 303-318. (in Russian)
8. **Panova O. I.** *Management of apartment buildings in Russia and abroad*. Construction economics. 2015. No. 2(32). Pp. 26-30. (in Russian)
9. **Lukyanova A. A., Savina A. S.** *Foreign experience in management of apartment buildings*. Economy and society. 2016. No. 12-2(31). Pp. 81-84. (in Russian)
10. **Albogachiev A. M.** *Experience of foreign countries in solving the problems of housing management in Russia*. Economy and society. 2018. No. 6(49). Pp. 86-89. (in Russian)

11. **Dedyukhina E. S., Petrenko M. A.** *Foreign experience of overhaul of apartment buildings using innovative mechanisms.* Proceedings of universities. Investments. Construction. The property. 2014. No. 5(10). Pp. 7-14. (in Russian)
12. **Dement'eva M. E.** *Planning major repair of housing stock.* Moscow, Integration, partnership and innovation in building science and education: a collection of articles of the international scientific conference. 2017. Pp. 809-813. (in Russian).
13. **Valiev Sh. Z., Gavrilenko I. G., Surenyan M. A.** *Foreign experience in the activities of associations of homeowners.* USPTU Bulletin. Science, education, economics. Series: Economics. 2015. No. 1(11). Pp. 114-117. (in Russian)
14. **Kitsay Yu. A.** *The role of management companies in housing and communal services: foreign and domestic experience.* Theory and practice of social development. 2012. No. 1. Pp. 162-164. (in Russian)
15. **Syropyatova S. B.** *Foreign experience in housing and communal services management.* VUiT Bulletin. 2010. No. 21. Pp. 85-89. (in Russian)
16. **Masaev Yu. A., Masaev V. Yu., Sinkov A. A., Frolova T. V., Korzhuk A. B.** *Analysis of the development of the methodology for the integrated management of the housing stock of the Russian Federation based on foreign experience.* Bulletin of KuzSTU. 2017. No. 1(118). Pp. 171-178. (in Russian)
17. **Dement'eva M. E., Dement'eva A. V.** *Possibilities of application of BIM-technologies at development of exploitation programs.* BST: Construction Equipment Bulletin. 2018. No. 8(1008). Pp. 43-45. (in Russian)

*Received 16 November 2020*

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

**Лебедь, Н. М.** Отечественный и зарубежный опыт управления объектами жилищно-коммунального хозяйства / Н. М. Лебедь, М. Е. Дементьева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1(16). – С. 107-114.

**FOR CITATION:**

**Lebed N. M., Dement'eva M. E.** *Domestic and foreign experience in managing facilities of housing and communal services.* Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 107-114. (in Russian)

УДК 332.834

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИНАНСОВОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ КРИЗИСНОЙ СИТУАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

О. В. Коробова, Е. Л. Дмитриева, К. Н. Савин

Коробова Ольга Викторовна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры «Менеджмент», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, тел.: +7(4752)63-23-75; e-mail: ovk77@list.ru

Дмитриева Екатерина Львовна, канд. экон. наук, доцент, заведующий кафедрой «Менеджмент», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия, тел.: +7(4752)63-23-75; e-mail: e.l.dmitrieva@yandex.ru

Савин Константин Николаевич, д-р экон. наук, д-р техн. наук, профессор, почетный работник ЖКХ России, почетный работник Высшего профессионального образования РФ, Президент Ассоциации «ЖКХ-68», Тамбов, Россия, тел.: +7(4752)63-23-75; e-mail: kon-savin@yandex.ru

В работе рассматривается вопрос прогнозирования кризисной ситуации на примере строительного предприятия. Обосновывается необходимость использования методов финансового анализа и способов диагностики банкротства для выявления возможной кризисной ситуации. В качестве источников информации для оценки объекта исследования использована годовая бухгалтерская отчетность предприятия ОА «ТАМАК», расположенного в Тамбовской области. Проводится анализ изменения стоимости имущества и основных элементов источников финансирования деятельности, оценивается ликвидность и платежеспособность, финансовая устойчивость. Делаются выводы о доходности и рентабельности организации. Для определения возможного банкротства предприятия в ближайшее время используются отечественные и зарубежные методы диагностики банкротства. Последовательное использование отдельных элементов финансового анализа в совокупности с общепринятыми методами прогнозирования банкротства позволило определить «слабые» стороны деятельности организации. Последовательность примененных действий может быть использована для аналогичных предприятий с целью прогнозирования кризисных моментов деятельности.

**Ключевые слова:** кризисное состояние; банкротство; строительная организация; деревообрабатывающее предприятие; ликвидность; платежеспособность; финансовая устойчивость.

В современных экономических условиях деятельность любых коммерческих предприятий связана с рисками и неопределенностью, как следствие возможностью возникновения кризисных ситуаций. Однозначного определения понятия «кризис» в экономике нет, исследователи трактуют этот термин по-разному. Если следовать определению, которое представлено И. А. Бланком, то это состояние, при котором хозяйствующий субъект не способен осуществлять финансовое обеспечение своей хозяйственной деятельности [1]. Такой взгляд на кризисную ситуацию, складывающуюся на предприятии, позволяет с помощью финансового анализа проводить мониторинг деятельности организации и выявлять возможное кризисное состояние заранее. Именно методы финансового анализа позволяют определить достаточно ли у организации денежных средств на расчетном счете, чтобы покрыть срочную задолженность, оценить уменьшающуюся ликвидность и платежеспособность, выявить неустойчивое финансовое состояние, оценить предпосылки для банкротства и т.д. Одним из кризисных состояний является банкротство, т.е. ситуация, когда организация неплатежеспособна, не может удовлетворить требования своих кредиторов.

Многочисленные методы прогнозирования банкротства используются и в отечественной и в зарубежной практике анализа финансово-хозяйственной деятельности с тем, чтобы предотвратить возможную кризисную ситуацию. В настоящее время существует множество исследований и публикаций, касающихся методов финансового анализа и прогнози-

рования банкротства. Одними из наиболее популярных и известных исследователей, занимающихся вопросами финансового анализа, являются Бочаров В. В., Герасименко Г. П., Ковалев В. В., Любушин Н. П., Шерemet А. Д. и другие. Исследования финансовой составляющей процедуры банкротства рассматривают в своих трудах Д. А. Ендовицкий, Е. П. Жарковская и Б. Е. Бродский. Методы диагностики банкротства представлены в работах И. А. Бланка, Д. А. Ендовицкого и М. В. Щербакова, Е. Н. Станиславчик, Г. В. Фёдоровой [1...5]. Но в настоящий момент предлагаемые методики, позволяющие выявить кризисную ситуацию на предприятии, требуют доработки и применимы не ко всем хозяйствующим субъектам.

В финансовом анализе основными отечественными методами являются определение ликвидности предприятия и наличие у него собственных оборотных средств. Эта информация является исходной для расчета коэффициента утраты (восстановления) платежеспособности [2]. Кроме того, широкое применение получили: шестифакторная модель Зайцева О. П.; комплексный индикатор финансовой устойчивости Ковалева В. В.; модель Сайфулина Р. С. и Кадыкова Г. Г. и т.д. [3].

Наиболее известными зарубежными методами прогнозирования кризисных ситуаций выступают двухфакторная и пятифакторная модели Э. Альтмана; оценка финансового состояния с целью диагностики банкротства У. Бивера; четырехфакторная модель Р. Лиса; модель оценки вероятности задержки платежей и другие [4].

На примере строительной организации рассмотрим применение методов финансового анализа, в том числе прогнозирования банкротства, с целью прогнозирования кризисной ситуации и определения недостатков ее деятельности.

Объектом исследования является АО «ТАМАК», предприятие, основными видами деятельности которого являются:

- ✓ производство быстровозводимых домов по немецкой каркасно-панельной технологии;
- ✓ производство комплектов для строительства домов из клееного профилированного бруса;
- ✓ производство цементно-стружечных плит;
- ✓ малоэтажное строительство;
- ✓ проектирование;
- ✓ производство деревянных евроокон и лестниц.

Анализ прогнозирования кризисных ситуаций проводится на основе данных годовой бухгалтерской отчетности. Основными источниками информации при этом выступают бухгалтерский баланс и отчет о финансовых результатах.

Прежде всего отметим, что в качестве исследуемого периода использован календарный год. Сравнение показателей на начало и конец года показало, что за это время имущество предприятия уменьшилось на 10,33 % за счет снижения стоимости оборотных активов на 17,67 %. У организации уменьшились запасы на 6,58 %, дебиторская задолженность на 20,52 %, краткосрочные финансовые вложения на 26,71 % и денежные средства на 32,1 %. Такая ситуация может свидетельствовать о снижении ликвидности и платежеспособности организации. Если рассматривать источники финансирования, то за исследуемый период у организации уменьшились заемные средства за счет долгосрочных обязательств на 13,8 %, краткосрочных кредитов и займов на 11,2 %, кредиторской задолженности на 34,4 %. Имущество предприятия формируется, в основном, за счет заемных средств.

На основе общеизвестных формул рассчитаем показатели ликвидности и платежеспособности [2]. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

По данным на начало и на конец периода коэффициент абсолютной ликвидности превышает нормативное значение 0,2. АО «ТАМАК» обладает достаточным количеством денежных средств для погашения своих краткосрочных обязательств и на начало и на конец исследуемого периода. Данный коэффициент снижается к концу года на 0,06, что является

негативной тенденцией для организации, но средств на расчетном счете тем не менее достаточно для удовлетворения требований по текущей задолженности.

Таблица 1

## Анализ показателей ликвидности и платежеспособности АО «ТАМАК»

Показатели	Значения, тыс. руб.			Изменение показателей
	Нормативные значения	На начало периода	На конец периода	
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,2	0,39	0,33	-0,06
Коэффициент быстрой (промежуточной) ликвидности	0,8-1	0,99	0,91	-0,08
Коэффициент текущей ликвидности	2	1,63	1,66	0,03
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	$\geq 0,1$	-0,04	-0,05	-0,01
Коэффициент восстановления (утраты) платежеспособности	1	0,838	0,834	-0,004

Коэффициент быстрой ликвидности на начало и на конец периода находится в пределах нормативного значения от 0,8-1. Такое значение коэффициента означает, что доля текущих обязательств ОАО «ТАМАК» находится в таких числовых пределах, которые могут быть погашены в срок. Показатель снижается к концу года на 0,08, что негативно для предприятия, но не критично.

Коэффициент текущей ликвидности показал на начало и конец периода значение меньше нормативного. Следовательно, предприятие не имеет достаточно оборотных средств для своевременного погашения срочной задолженности. Но данный показатель показывает увеличение значения к концу года на 0,03, следовательно, оно имеет возможности приблизить показатель к нормативному значению в ближайший период.

Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами на начало и на конец периода показал значение, меньше норматива, равного 0,1. Данный показатель уменьшился к концу года на 0,01. Это свидетельствует об отсутствии платежеспособности предприятия, то есть о недостатке собственных оборотных средств для продолжения текущей деятельности.

Для оценки уровня банкротства на предприятии отечественными методами следует рассчитать коэффициент восстановления (утраты) платежеспособности. На исследуемом предприятии он составляет на начало периода 0,838 и снижается на 0,004 на конец периода. Это значение меньше 1 (нормативного значения), следовательно, у предприятия возникает реальная угроза утратить платежеспособность в течении ближайших трех месяцев.

Проведем анализ финансовой устойчивости исследуемой организации [5]. На начало исследуемого периода предприятию присуща нормальная финансовая устойчивость. Об этом свидетельствует: недостаток собственных оборотных средств; излишек собственных оборотных и долгосрочных заемных источников средств для формирования запасов, и затрат; излишек общей величины основных источников средств для формирования запасов и затрат. На конец периода предприятию присуще неустойчивое финансовое состояние: недостаток собственных оборотных средств; недостаток собственных оборотных и долгосрочных заемных источников средств для формирования запасов, и затрат; излишек общей величины основных источников средств для формирования запасов и затрат.

В табл. 2 для более детального анализа финансового состояния рассмотрим показатели финансовой устойчивости [5].

Таблица 2

## Динамика показателей финансовой устойчивости АО «ТАМАК»

Наименование показателя	Норматив	Значение показателя		Изменение показателя
		на начало периода	на конец периода	
Показатели, определяющие состояние оборотных средств				
Коэффициент обеспеченности материальных запасов собственными средствами	не менее 50 %	100,3	90,8	-9,4
Коэффициент маневренности собственных оборотных средств	20 %...50 %	13,16	7,37	-5,7
Показатели, определяющие состояние основных средств				
Индекс постоянного актива	50 %...80 %	107,66	107,53	-0,137
Коэффициент маневренности собственного капитала	30 %...60 %	67,22	55,95	-11,26
Коэффициент долгосрочного привлечения заемных средств	50 %	74,89	63,48	-11,40
Коэффициент реальной стоимости имущества	50 %	60,24	65,02	4,77
Показатели, характеризующие финансовое состояние предприятия в целом				
Коэффициент финансовой независимости (автономии, концентрация собств. капитала)	50 %...60 %	35,5	40,33	4,74
Коэффициент соотношения заемных средств к собственным	100 %	129,2	110,1	-19,1
Коэффициент финансовой зависимости	100 %	280,9	247,9	-33,01

Анализируя показатели финансовой устойчивости по табл. 2 можно резюмировать следующее. Коэффициент обеспеченности материальных запасов собственными средствами на начало и на конец года соответствует нормативному значению, которое должно быть больше или равно 50 %. На начало года этот показатель равен 100,3 %, на конец – 90,8 %. Коэффициент маневренности собственных оборотных средств на начало периода составил 13,16 %, на конец – 7,37 %. Данный коэффициент показывает способность предприятия поддерживать уровень собственного оборотного капитала и пополнять оборотные средства в случае необходимости за счет собственных источников. В данном случае видно, что предприятие теряет такую возможность, так как данный показатель должен находиться в пределах от 20 % до 50 %.

Индекс постоянного актива к концу года на начало периода составил 107,66 %, на конец 107,53 %. Показывает, какая доля собственных источников средств направляется на покрытие внеоборотных активов, то есть основной части производственного потенциала предприятия. Нормативное значение находится в пределах от 50 % до 80 %, в данном случае числовое значение данного коэффициента и на начало, и на конец года превышает норматив, следовательно, внеоборотные активы превышают собственный капитал.

Коэффициент маневренности собственного капитала на начало периода составил 67,22 %, на конец 55,95 %. Показывает финансовую устойчивость и отражает долю собственных средств, используемых для финансирования деятельности предприятия. Коэффициент превышает нормативное значение, следовательно предприятие финансово устойчиво.

Коэффициент долгосрочного привлечения заёмных средств на начало составил 74,89 %, на конец 63,487 %.

Коэффициент реальной стоимости имущества на начало равен 60,24 % и на конец 65,02 %. Такое значение превышает норматив в 50 %, что свидетельствует о росте доли реального имущества предприятия, что является положительной тенденцией для промышленного предприятия.

Коэффициент финансовой независимости на начало года составил 35,59 % и на конец 40,33 %. Это означает увеличение финансовой устойчивости.

Коэффициент соотношения заёмных средств к собственным на начало периода равен 129 % и на конец 110 %. Данный показатель служит одним из экономических показателей и дает общее представление о пропорции, которую составляют заемные и собственные средства.

Коэффициент финансовой зависимости на конец и на начало года имеет значения 281 % и 248 %. Это свидетельствует об уменьшении финансовой зависимости предприятия.

О той либо иной степени финансового кризиса свидетельствует изменение доходов и расходов организации. За исследуемый период выручка от продаж увеличилась на 2 %, а себестоимость на 15 %. При этом валовая прибыль снизилась на 2 %.

В табл. 3 приведены показатели рентабельности предприятия [2].

Таблица 3

## Анализ показателей рентабельности АО «ТАМАК»

Показатели	На начало периода	На конец периода	Изменения
Рентабельность совокупных активов (совокупного капитала)	1,6	0,6	-1
Рентабельность внеоборотных активов	4,2	1,5	-2,7
Рентабельность оборотных активов	2,6	1,1	-1,5
Рентабельность собственных оборотных средств	6,7	2,8	-3,8
Рентабельность собственного капитала	4,5	1,6	-2,9
Рентабельность производственного капитала	13,9	-0,3	-14,2
Рентабельность производства продукции	12,1	-0,2	-12,3
Рентабельность продаж (реализации)	10,8	-0,2	10,6

К концу периода наблюдается снижение большинства показателей рентабельности, а рентабельность производства продукции, рентабельность продаж, рентабельность производственного капитала, которая показывает, сколько прибыли от продаж приходится на 1 рубль затрат, выручки и производственного капитала предприятия к концу периода – отрицательная, что говорит об убыточности текущей деятельности предприятия. Так, например, отрицательное значение в конце отчетного периода принимает рентабельность производственного капитала (-0,3). Показатель отражает величину прибыли, приходящейся на каждый рубль производственного капитала (материальных активов) предприятия. Снижение показателей рентабельности свидетельствует о снижении эффективности хозяйственной деятельности предприятия и о наличии финансового кризиса. Но однозначно сказать, что предприятие в ближайшем будущем станет банкротом, конечно, нельзя без использования методов диагностики банкротства.

Рассмотрим, какие выводы по кризисной ситуации позволяют сделать отечественные и зарубежные модели прогнозирования банкротства.

Четырехфакторная модель, разработанная учеными Иркутской государственной экономической академии [6] показала, что на начало периода по данной модели основной показатель составил 5,29, а на конец периода – 4,84. Эти значения больше 0,42 (нормативного

значения), следовательно, вероятность банкротства на АО «ТАМАК» минимальна (не более 19 %).

По методике прогнозирования банкротства, разработанной учеными Казанского государственного технологического университета (г. Казань) [7], предприятие можно отнести ко 2-му классу, так как АО «ТАМАК» имеет удовлетворительное финансовое состояние. Соотношение заемных и собственных средств на начало периода равно 0,75, а на конец периода – 1,48. Показатели находятся в норме и вероятность банкротства невелика.

Шестифакторная математическая модель О. П. Зайцевой (г. Новосибирск) [8, 9] показала, что комплексный коэффициент банкротства на начало периода составил 0,801, на конец периода 0,918 при норме 1,57. На начало периода фактический показатель меньше нормативного. Это означает, что вероятность банкротства мала. А в конце периода показатель больше, но менее нормы, вероятность банкротства практически не возрастает.

Модели А. В. Кольшкина [10, 11] позволили сделать вывод: на начало периода модель 1 имеет значение 2,65, а на конец периода – 3,29. Эти значения относятся к благополучным. Это означает, что у АО «ТАМАК» маленький риск банкротства. Модель 2 на начало периода 0,96, на конец периода – 1,02. На начало периода значение находится в зоне неопределенности, а на конец периода переходит в благополучные значения. Предприятию также не угрожает банкротство. Модель 3 на начало периода имеет показатель равный 2,68, а на конец периода – 2,59. И на начало, и на конец периода значения отражают положительное финансовое состояние предприятия.

Модель Р. С. Сайфуллина и Г. Г. Кадыкова (Чувашия) [10] отражает, что при полном соответствии значений финансовых коэффициентов минимальным нормативным уровням индекс  $Z$  равен 1. На начало периода  $Z$  равно 6,102. Это означает, что финансовое состояние предприятия удовлетворительно. На конец периода  $Z$  равно 2,616. Это также характеризуется удовлетворительным финансовым состоянием предприятия.

Ковалевым В.В. [12] предлагается использовать комплексный индикатор финансовой устойчивости. Его значение на начало периода составляет 133,8, на конец периода – 144,65. Оба значения больше 100 и это означает, что на АО «ТАМАК» хорошая финансовая ситуация и уровень банкротства минимален.

Для обобщающей оценки финансовой устойчивости предприятия может быть использована методика, приведенная в учебном пособии Л. В. Донцовой и Н. А. Никифоровой [13]. Были подсчитаны коэффициенты абсолютной, быстрой и текущей ликвидности (см. табл. 1). Дополнительно доля оборотных средств в активах составила на начало периода 0,62, на конец периода 0,57, коэффициент капитализации на начало периода 1,8; на конец периода 1,48, коэффициент финансовой независимости на начало периода 0,24, на конец периода 0,29, коэффициент финансовой устойчивости на начало периода 0,62, на конец периода 0,66. Можно сделать вывод что АО «ТАМАК» относится к 3-му классу предприятия. Это проблемные предприятия, у которых вряд ли существует риск потери средств, но выполнение обязательств в срок представляется сомнительным.

Также были использованы и зарубежные методы выявления банкротства [14]. Исходя из расчетов по двухфакторной модели Альтмана, можно сделать вывод, что вероятность банкротства низка. Показатель  $Z$  на начало периода составил -1,56; на конец периода эта величина не изменилась. А из расчетов по пятифакторной модели Альтмана вероятность банкротства средняя. На начало периода значение  $Z$  составляет 1,864, а на конец периода – 1,905.

Четырехфакторная модель Лиса [4]: исходя из расчетов по данной модели на начало периода результирующий показатель составляет 0,137, а на конец периода – 0,052. Эти значения больше 0,037. Это означает, что вероятность банкротства на АО «ТАМАК» мала.

По модели Р. Таффлера [14] на начало и на конец периода значения больше 0,3. Это значит, что предприятие имеет долгосрочные финансовые перспективы и уровень банкротства очень маленький.

По модели Г. Спрингейта [15] на начало и на конец года значения резуль­тативного показателя меньше 0,862. Это значит, что и на начало, и на конец года предприятие имеет высокую степень банкротства.

Исследования зарубежных и отечественных ученых в области прогнозирования угрозы банкротства предприятий позволяют сделать вывод, что из множества используемых коэффициентов можно выбрать несколько действительно полезных и более точно прогнозирующих банкротство предприятия. При этом использование разных моделей в практике требует подхода к той или иной ситуации.

Используя отечественные и зарубежные методики расчета угрозы банкротства, можно сделать вывод, что предприятие АО «ТАМАК» – финансово устойчиво и не имеет угроз банкротства, но существуют некоторые проблемные аспекты в финансовой деятельности, которые требуют проведения более детального финансового анализа.

### **Заключение.**

Существующие методы финансового анализа и модели прогнозирования банкротства позволяют выявить кризисное состояние предприятия для того, чтобы разработать управленческие решения, направленные на улучшение состояния его финансово-хозяйственной деятельности.

Методы диагностики банкротства, применяемые при финансовом анализе, нацелены на выявление внутренних факторов, так называемых слабых сторон работы организации, которые руководство может минимизировать или полностью ликвидировать. На примере предприятия АО «ТАМАК», которое занимается деревообработкой и деревянным домостроением были рассмотрено использование методов финансового анализа с целью выявления кризисной ситуации.

Установлено, что выявить возможную кризисную ситуацию на предприятии можно, используя в совокупности различные методы прогнозирования банкротства, и отечественные, и зарубежные.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. **Бланк, И. А.** Финансовый менеджмент: учебный курс для вузов / И. А. Бланк. – Киев: Никацентр, 2002. – 528 с.
2. **Финансовый и инвестиционный анализ:** учебное пособие / Л. В. Минько, Е. М. Королькова, О. В. Коробова., Е. Л. Дмитриева. – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2017 – URL: <http://elib.tstu.ru>.
3. **Федорова, Е. А.** Модели прогнозирования банкротства: особенности российских предприятий / Е. А. Федорова, Е. В. Гиленко, С. Е. Довженко // Проблемы прогнозирования. – 2013. – № 2. – С. 85-92.
4. **Торбина, В. А.** Зарубежные методы прогнозирования банкротства / В. А. Торбина // Экономика, Бизнес, Инновации: сборник статей III Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2018. – С. 131-137.
5. **Коробова, О. В.** Финансовый менеджмент на предприятии: учебное пособие / О. В. Коробова, Н. В. Наумова. – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – URL: <http://elib.tstu.ru>.
6. **Давыдова, Г. В.** Методика количественной оценки риска банкротства предприятий / Г. В. Давыдова, А. Ю. Беликов // Управление риском. – 1999. – № 3. – С. 13-20.
7. **Глушкова, Ю. В.** Оценка вероятности банкротства предприятий по методике, предложенной учёными Казанского государственного технологического университета (на примере машиностроительных предприятий Восточного Оренбуржья) / Ю. В. Глушкова, К. В. Шпота // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 3-7. – С. 80-83.

8. **Галицкая, Ю. Н.** Прогнозирование риска банкротства предприятия при помощи отечественных моделей с целью сохранения платежеспособности / Ю. Н. Галицкая, О. О. Терещенко // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – № 12-1(58). – С. 82-85.
9. **Зайцева, О. П.** Антикризисный менеджмент в российской фирме / О. П. Зайцева // Сибирская финансовая школа. – 1998. – № 11-12(28-29). – С. 66-73.
10. **Рознина, Н. В.** Модели количественной оценки вероятности банкротства, разработанные отечественными специалистами / Н. В. Рознина, М. В. Карпова // Разработка стратегии социальной и экономической безопасности государства: материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Лесниково, 2015. – С.184-189.
11. **Колышкин, А. В.** Прогнозирование развития банкротства в современной России: автореф. дис. ...д-ра экон. наук : 08.00.05 / А. В. Колышкин ; С.-Петербург. Государственный университет. – СПб., 2003. – 32 с.
12. **Ковалев, В. В.** Финансовый анализ: методы и процедуры: учебник / В. В. Ковалев. – М.: Издательство: «Финансы и статистика». – 2002. – 560 с.
13. **Донцова, Л. В.** Анализ финансовой отчетности / Л. В. Донцова, Н. А. Никифорова. – М.: Дело и сервис, 2017. – 144 с.
14. **Толмачева, И. В.** Зарубежные и отечественные методы прогнозирования банкротства предприятий / И. В. Толмачева, А. И. Есир, А. А. Татарой // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. – 2019. – № 3(63). – С. 293-299.
15. **Кучер, В. О.** Анализ российских и зарубежных методик оценки вероятности банкротства // Академическая публицистика. – 2018. – № 6. – С. 47-52.

*Поступила в редакцию 26 января 2021*

## USING FINANCIAL ANALYSIS TO ASSESS THE CRISIS SITUATION IN A BUILDING COMPANY

**O. V. Korobova, E. L. Dmitrieva, K. N. Savin**

---

Korobova Olga Victorovna, Cand. of Econ. Sciences, Associate Professor of the Department of Management, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, phone: +7(4752)63-23-75; e-mail: ovk77@list.ru

Dmitrieva Ekaterina Lvovna, Cand. of Econ. Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Management, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, phone: +7(4752)63-23-75; e-mail: e.l.dmitrieva@yandex.ru;

Savin Konstantin Nikolaevich, Dr. of Econ. Sn., Dr. of Tech. Sn., Professor, Honorary Worker of Housing and Utilities of Russia, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, President of the Association Housing and Utilities-68, Tambov, Russian Federation, phone: +7(4752)63-23-75; e-mail: kon-savin@yandex.ru

---

The paper considers the issue of predicting a crisis situation on the example of a building company. The necessity of using methods of financial analysis and methods of diagnosing bankruptcy to identify a possible crisis situation is justified. As sources of information for the assessment of the object of research, the annual accounting statements of OA «ТАМАК», an enterprise located in the Tambov region, are used. The analysis of changes in the cost of property and the main elements of sources of financing of activities is carried out, liquidity and solvency, financial stability are assessed. Conclusions are drawn on the profitability of the organization. To determine whether the company may become bankrupt in the near future, domestic and foreign methods of diagnosing bankruptcy are used. Consistent use of individual elements of financial analysis in conjunction with generally accepted methods of forecasting bankruptcy allowed us to identify «weak points».

**Keywords:** crisis state; bankruptcy; building company; woodworking enterprise; liquidity; solvency; financial stability.

## REFERENCES

1. **Blank I. A.** *Financial management: a training course for universities*. Kiev, Nikatsentr. 2002. 528 p. (in Russian)
2. **Minko L. V., Korolkova E. M., Korobova O. V., Dmitrieva E. L.** *Financial and investment analysis*. Tambov, Publishing House of FGBOU VPO TSTU. 2017. - ГAccess mode: <http://elib.tstu.ru/TSTU Electronic Library System> (in Russian)
3. **Fedorova E. A., Gilenko E. V., Dovzhenko S. E.** Model of bankruptcy forecasting: characteristics of Russian enterprises. *Problems of forecasting*. 2013. No. 2. Pp. 85-92. (in Russian)
4. **Torbina V. A.** *Foreign methods of forecasting bankruptcy*. Economics, Business, Innovations: collection of articles of the III International Scientific and Practical Conference. - Penza, 2018. Pp. 131-137.
5. **Korobova O. V., Naumova N. V.** *Financial management at the enterprise* [Electronic resource, multimedia]: textbook / O. V. Korobova, Tambov: Publishing House of FGBOU VO "TSTU", 2016. 1 electron. opt. disk (CD-ROM). – URL: <http://elib.tstu.ru/TSTU Electronic Library System> (in Russian)
6. **Davydova G. V., Belikov A. Yu.** *Methodology of quantitative assessment of the risk of bankruptcy of enterprises*. 1999. No. 3. Pp. 13-20. (in Russian)
7. **Glushkova Yu. V., Shpota K. V.** *Assessment of the probability of bankruptcy of enterprises according to the methodology proposed by scientists of the Kazan State Technological University (on the example of machine-building enterprises of the Eastern Orenburg region)*. Actual problems of humanities and natural sciences. 2016. No. 3-7. Pp. 80-83. (in Russian)
8. **Galitskaya Yu. N., Tereshchenko O. O.** *Forecasting the risk of bankruptcy of an enterprise using domestic models in order to preserve solvency*. Economics and business: theory and practice. 2019. No. 12-1(58). Pp. 82-85. (in Russian)
9. **Zaitseva O. P.** *Anti-crisis management in the Russian firm*. Siberian Financial School. 1998. No. 11-12(28-29). Pp. 66-73. (in Russian)
10. **Roznina N. V., Karpova M. V.** *Models of quantitative assessment of the probability of bankruptcy, developed by domestic specialists*. Development of the strategy of social and economic security of the state: materials of the All-Russian Correspondence scientific and practical conference. Lesnikovo. 2015. Pp. 184-189.
11. **Kolyshkin A. V.** *Forecasting the development of bankruptcy in modern Russia*: abstract. dis. ... Doctor of Economic Sciences : 08.00.05. St. Petersburg State University-St. Petersburg, 2003. 32 p. (in Russian)
12. **Kovalev V. V.** *Financial analysis: methods and procedures*: textbook. Moscow, Publishing house Finance and Statistics. 2002. 560 p.
13. **Dontsova L. V., Nikiforova N. A.** *Analysis of financial statements*. Moscow, Deloi service. 2017. 144 p. (in Russian)
14. **Tolmachev I. V., Eser A. I., Tatarii A. A.** *Of Foreign and domestic methods of predicting bankruptcy of enterprises*. Bulletin of the Transnistrian University. Series Physical, mathematical and technical sciences. Economics and management. 2019. No. 3(63). Pp. 293-299. (in Russian)
15. **Kucher V. O.** *Analysis of Russian and foreign methods for assessing the probability of bankruptcy*. Academic journalism. 2018. No. 6. Pp. 47-52. (in Russian)

*Received 26 January 2021*

**Для цитирования:**

**Коробова, О. В.** Использование финансового анализа для оценки кризисной ситуации в строительной организации / О. В. Коробова, Е. Л. Дмитриева, К. Н. Савин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1(16). – С. 115-123.

**FOR CITATION:**

**Korobova O. V., Dmitrieva E. L., Savin K. N.** *Using financial analysis to assess the crisis situation in a building company*. Housing and utilities infrastructure. 2021. No. 1(16). Pp. 115-123. (in Russian)

## ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ WRITING RULES AND GUIDELINE

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

Издание включено в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук с 22.12.2020 г.

Статьи в журнале публикуются бесплатно.

Осуществляется подписка на журнал «Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура». Подписной индекс в каталоге агентства «Экономическая газета» – 81025.

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](mailto: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](mailto:vstu.gkh@gmail.com). Автор присылает:

- ✓ файл текста статьи;
- ✓ отсканированная последняя страница с датой отправки статьи и подписями всех авторов (рядом с подписью указывается фамилия и инициалы автора);
- ✓ экспертное заключение о возможности открытого опубликования, заверенное печатью и подписью ответственного лица.

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

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

### ***Требования к оформлению статьи***

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

Структура статьи:

#### **русскоязычная часть:**

- ✓ **индекс УДК** – в левом верхнем углу, прописными буквами (шрифт 12 пт, обычный);
- ✓ **название статьи** – прописными буквами с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **инициалы, фамилии авторов**, с выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);
- ✓ **сведения об авторах**: последовательно для каждого – фамилия, имя, отчество, ученая степень, звания (звания в негосударственных академиях наук и почётные звания не указывать), должность, наименование учреждения, в котором работает автор, город, страна, контактный телефон; e-mail автора, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);
- ✓ **аннотация** объёмом от 200 до 250 слов, выравнивание по ширине, отступ слева и справа 1 см (шрифт 11 пт, обычный);

✓ **ключевые слова** от 5 до 12 слов, указывающие на принципиально важные объекты и особенности исследования, отделяются друг от друга точкой с запятой, выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);

✓ **текст статьи** (в тексте статьи должны быть отражены: актуальность проблемы, оценка степени ее разработанности, цели, задачи и методы решения научной задачи, полученные результаты). В конце статьи обязательно приводится **заключение**.

При оформлении текста статьи следует придерживаться следующих требований:

✓ русские и греческие буквы и индексы, а также цифры, аббревиатуры и стандартные функции (Re, cos и др.) в тексте, формулах, подписях к рисункам и в таблицах набираются прямым шрифтом; латинские буквы – курсивом;

✓ в статье должен быть необходимый минимум формул, которые:

❖ следует набирать шрифтом Times New Roman в редакторе формул MS Equation или MathType;

❖ начинать с красной строки;

❖ располагать по центру и нумеровать арабскими цифрами в скобках у правого края страницы;

❖ ссылки на формулы в тексте – арабскими цифрами в скобках;

✓ рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и добавлены в текст после первого упоминания;

✓ до и после рисунка и таблицы необходимо сделать пробел (шрифт 12 пт);

✓ иллюстрации представляются в редакцию

❖ в виде отдельных файлов (рисунков и фотографий), записанных с расширением .TIFF или .JPEG; линии чертежа – не тоньше 1 пт; иллюстрации, в том числе фотографии, должны иметь хорошую проработку деталей;

❖ подписи к рисункам нумеруются и располагаются под ними, выравнивание текста по центру (шрифт 10 пт, обычный), в конце точка не ставится;

✓ таблицы оформляются следующим образом:

❖ шрифт выбирается автором самостоятельно с учетом возможности качественного чтения текста;

❖ наименования в таблицах даются полностью, без сокращения слов;

❖ номер таблицы располагается отдельно, выравнивание текста по правому краю (шрифт 10 пт, обычный);

❖ название таблицы размещается над таблицей, выравнивание текста по центру (шрифт 11 пт, обычный), в конце точка не ставится;

✓ **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**, составляемый по следующим правилам;

❖ список используемой литературы должен включать не менее 10 источников;

❖ шрифт 12 пт, выравнивание текста по ширине, абзацный отступ 1 см;

❖ в список включаются *только опубликованные работы*, в порядке упоминания в статье; ссылки на них в тексте статьи даются арабскими цифрами в квадратных скобках;

❖ в списке не должно быть нормативных документов (ГОСТ, СП, технических регламентов, правовых актов и т.п. неавторизованных источников) – ссылки на них даются в тексте статьи в развернутом виде или в форме подстраничных сносок;

❖ библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003; включенные в текст статьи или подстраничные библиографические ссылки следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5-2008;

❖ ссылки на интернет-сайты не допускаются; для статей из зарегистрированных *электронных журналов* указываются фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, выходные данные выпуска, адрес сайта журнала и дата обращения к электронному ресурсу;

**англоязычная часть:**

✓ **название статьи;**

✓ **инициалы, фамилии авторов**, выравниванием по центру (шрифт 12 пт, полужирный);

✓ **сведения об авторах** – последовательно для каждого: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученые звания, должность, название организации (учреждения), города, страны, контактный телефон; e-mail автора; выравнивание по ширине, (шрифт 10 пт, обычный);

✓ **аннотация:** перевод, идентичный русскому варианту;

✓ **ключевые слова** (Keywords);

✓ **библиографический список** (REFERENCES).



ISSN 2541-9110



9 772541 911015